

**INTERCONEXIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS)
ADVANT OCS CON MOD 300 DE LAS ESTACIONES PLANTA DOL Y PLANTA
ODC DEL TERMINAL PETROLERO DE COVEÑAS**

ANTONIO JOSÉ GÁNDARA FUENTES

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2006

**INTERCONEXIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS)
ADVANT OCS CON MOD 300 DE LAS ESTACIONES PLANTA DOL Y PLANTA
ODC DEL TERMINAL PETROLERO DE COVEÑAS**

Autor:

ANTONIO JOSÉ GÁNDARA FUENTES

**Informe de Práctica Empresarial para optar el título de
Ingeniero Electrónico**

Director:

M.I(c). JOSÉ ALEJANDRO AMAYA PALACIO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2006

DEDICATORIA

A mis padres, por su infinito apoyo, colaboración y motivación.

A mis hermanos, quienes siempre se preocuparon para que saliera adelante.

A Dios, por dar culminada esta importante meta.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento al Terminal Petrolero de Coveñas, a todo el personal que de una u otra manera colaboró con el desarrollo de la aplicación.

Al Sr: Manuel Moreno Herrera, por haberme apoyado y colaborado en la solución del proyecto.

A Ecopetrol por haberme brindado una oportunidad en su empresa.

Al Oleoducto de Colombia (ODC) y Distrito de Oleoductos (DOL) por haber permitido la realizar esta practica en sus instalaciones.

Al Profesor José Alejandro Amaya Palacio por sus consejos.

A la Universidad Industrial de Santander.

A todos mis amigos que me ayudaron a cumplir de manera directa e indirecta esta meta.

RESUMEN

TITULO: INTERCONEXIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS) ADVANT OCS CON MOD 300 DE LAS ESTACIONES PLANTA DOL Y PLANTA ODC DEL TERMINAL PETROLERO DE COVEÑAS¹

AUTOR: ANTONIO JOSÉ GÁNDARA FUENTES²

PALABRAS CLAVES: SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO, ADVANT OCS, MODBUS, FIBRA ÓPTICA, PLC, BRIDGE MULTIPLEXER, ADVABUILD.

DESCRIPCIÓN:

Este documento contiene la información correspondiente a la práctica industrial que tiene por nombre la interconexión de los sistemas de control distribuido de la estación Coveñas DOL y la estación Coveñas ODC, con el fin de compartir de manera simultánea los procesos operativos llevados a cabo entre estas dos estaciones. El objetivo principal es el de transportar la información de las señales desde la estación Coveñas DOL hasta el DCS de la planta ODC, usando como protocolo de comunicación el Modbus RTU y como medio de comunicación la fibra óptica.

La interconexión comienza, seleccionando los nodos o subsistemas del DCS que se usarán para la comunicación; después las señales de la operación conjunta y las adicionales, para direccionarlas a través de uno de los puertos seriales del sistema Advant OCS; Este procedimiento requiere de procedimientos tanto en Software como en Hardware. Finalizada la anterior acción se establecen los elementos que se interpondrán entre las dos estaciones, debido a que los DCS solo tienen la opción de ser configurados como Maestro. Entre estos elementos sobresalen un PLC AEG PC-948/145 y un Bridge Multiplexer NW-BM85-000 de la marca Modicon que servirán de dispositivo esclavo para la comunicación.

Cuando se encuentra lista la conexión y realizadas las respectivas pruebas, se procede a la configuración gráfica y de la base de datos en el sistema Advant OCS de la estación ODC a través de la herramienta AdvaBuilt, que contiene los programas Structure Builder (stb) y el Display Builder respectivamente. Con este procedimiento culmina el objeto de la práctica industrial.

¹ Practica Industrial.

² Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Ingeniería Electrónica, Director: José Amaya Palacio

SUMMARY

TITLE: INTERCONNECTION OF THE DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS (DCS) ADVANT OCS WITH MOD 300 IN THE STATIONS PLANT DOL AND PLANT ODC OF THE PETROLEUM TERMINAL OF COVEÑAS³

AUTHOR: ANTONIO JOSÉ GÁNDARA FUENTES⁴

KEY WORDS: DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS, ADVANT OCS, MODBUS, OPTICAL FIBER, PLC, BRIDGE MULTIPLEXER, ADVABUILD.

DESCRIPTION:

This document contains the information corresponding to the industrial practice called interconnection of the DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS I of the Coveñas DOL and ODC stations, with the purpose of sharing in a simultaneous way, the operating processes carried out between these two stations. The main objective is to transport information of the signals from the Coveñas DOL station to the DCS of the ODC plant, using as communicating protocol the Modbus RTU and as communicating tool the optical fibre.

The interconnection begins, selecting the nodes or subsystems of the DCS that will be used for communicating, after that the signals of the conjunct and additional operation to redirection them through one of the serial socks of the system Advant OCS. This procedure requires of procedures both in Software and in Hardware. When this is finished, it is established the elements which will be interposed between the two stations, due to the DCS only have the option of being configured as Master. Among these elements it is stand out a PLC AEG PC-948/145 and a bridge Multiplexer NW-BM85-000 of the Modicon Mark that will be useful as slave appliance for the communication.

When the connection is ready and the respective proofs are carried out, continue the graphic configuration and the data base in the system Advant Ocs of the ODC station through Advabuilt tool, that contains the programs Structure Builder (stb) and the Display Builder respectively. With this procedure is finished the object of this industrial practice.

³ Industrial Practice.

⁴ Faculty of Physical-Mechanical Engineering, Electronic Engineering, Director: José Amaya Palacio.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 5 |
| 2.1 Sistemas de Control Distribuido (DCS). | 6 |
| 2.2 SCADA: | 8 |
| 2.3 PLC: | 9 |
| 2.4 ADVANT OCS CON MOD 300..... | 10 |
| 2.5 Medio de Comunicación: | 12 |
| 2.6 Protocolo de Comunicación:..... | 12 |
| 3. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN | 13 |
| 3.1 Selección de las Señales para Interconexión..... | 13 |
| 3.1.1 Señales de Intervención Conjunta con la Planta Coveñas ODC. | 14 |
| 3.1.2 Señales adicionales para la interconexión* | 16 |
| 3.2. Diseño y Construcción de la Interconexión. | 17 |
| 3.2.1. PC CONFIG ó Configuración del Protocolo. | 20 |
| 3.2.2. Pruebas. | 24 |
| 3.2.3 Dispositivo Esclavo. PLC AEG MODICON PC-984/145. | 28 |
| 3.2.5. BRIDGE MULTIPLEXER NW-BM85-000..... | 30 |
| 4. CONFIGURACIÓN DE LA INFORMACIÓN | 36 |
| 4.1 DISPLAY BUILDER..... | 39 |
| 4.2 REFLECTION X. | 43 |
| CONCLUSIONES | 50 |
| RECOMENDACIONES | 52 |
| BIBLIOGRAFÍA | 53 |

| | |
|---|-----------|
| ANEXOS..... | 55 |
| ANEXO A. CONFIGURACIÓN ADVANT OCS Y CONFIGURACION DEL PLC. .55 | 55 |
| A.1 Configuración CCF. | 55 |
| A.2 DISPLAY BUILDER. | 59 |
| A.3 CONFIGURACIÓN DE PUERTOS. | 62 |
| A.4 CONFIGURACIÓN MODSOFT..... | 64 |
| A.5 CONFIGURACIÓN DE PUERTOS DEL BRIDGE MULTIPLEXER. | 66 |
| ANEXO B. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA | 69 |
| B.1 Terminal Petrolero de Coveñas. | 71 |
| B.1.1 Distrito De Oleoductos (DOL):..... | 71 |
| B.1.2. Distrito Caño Limón – Coveñas (DCC):..... | 72 |
| B.1.3. Oleoducto De Colombia (ODC):..... | 73 |
| B.1.4. Oleoducto Central S.A. (OCENSA): | 73 |
| B.1.5. Planta Costa Afuera: | 73 |
| ANEXO C. SISTEMA ADVANT CON MOD 300..... | 74 |
| C.1 Hardware del Sistema ADVANT OCS Con MOD 300. | 77 |
| C.1.1 Tipos de Controladores. | 77 |
| C.1.2 Nodo o Subsistema Multibus..... | 77 |
| C.1.3 Controlador SC_Controller. | 80 |
| C.1.4 Controlador AC460..... | 82 |
| C.1.5 Controlador AC410..... | 83 |
| C.1.6 WORKSTATIONS o Estaciones de Trabajo..... | 83 |
| ANEXO D. NORMA RS-232 Y RS-422. | 85 |
| D.1. Standard RS-232C. | 85 |
| D.1.1.Pines y Funciones..... | 85 |
| D.1.2.Tipos de enlaces..... | 86 |

| | |
|--|------------|
| D.2 Standard RS-422. | 86 |
| D.2.1. Tipos de configuración. | 87 |
| ANEXO E. SEÑALES DIGITALES Y ANÁLOGAS SELECCIONADAS. | 88 |
| ANEXO F. GRAFICOS ADICIONALES. | 103 |

TABLA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 . Diagrama básico de la interconexión. | 17 |
| Figura 2 <i>SYSTEM STATUS</i> | 19 |
| Figura 3 Configuración del Puerto. | 20 |
| Figura 4. PC CONFIG. | 24 |
| Figura 5. Conexión RS-232 Para Pruebas Modbus. | 25 |
| Figura 6. Conexión Sencilla del RS-422 de la Prueba. | 25 |
| Figura 7. Mdbus Ventana Principal. | 26 |
| Figura 8. Configuración del Mdbus. | 27 |
| Figura 9. Bridge Multiplexor. | 30 |
| Figura 10. Conexionado Final Para la Comunicación Entre los Dos DCS's. | 35 |
| Figura 11. Base de Datos da la Estación ODC. | 37 |
| Figura 12. Raíz Base De Datos ODC. | 38 |
| Figura 13. Contenido de la Base de Datos ODC. | 39 |
| Figura 14. Cuadro de Dialogo de un Elemento Dinámico Para Una Señal Análoga. | 40 |
| Figura 15. Configuración de Valores. | 41 |
| Figura 16. Cuadro de Dialogo de Objetos Dinámicos para Variables Digitales. | 42 |
| Figura 17. Ventana Principal del Reflection X. | 45 |
| Figura 18. RECIBO ODC. | 46 |
| Figura 19. Múltiple de Tees. | 48 |
| Figura 20. Bombas Booster Eléctricas. | 49 |

| | |
|---|-----|
| Figura 21. Configuración de una Señal Sencilla Análoga FCM. | 56 |
| Figura 22. Configuración de una Señal Digital..... | 57 |
| Figura 23. <i>DISPLAY BUILDER</i> y La Opción <i>NEW</i> | 59 |
| Figura 24. OPEN OBJECT. | 60 |
| Figura 25. Ventana Principal..... | 64 |
| Figura 26. Configuración de Parámetros. | 65 |
| Figura 27. Datos de la configuración. | 66 |
| Figura 28. Ventana Principal en Conexión HyperTerminal – Bridge..... | 66 |
| Figura 29. Ventana del Mapa de Direcciones del Bridge para el Puerto 4..... | 67 |
| Figura 30. Ventana del Mapa de Direcciones del Bridge para el Puerto 3..... | 68 |
| Figura 31. Estación Coveñas DOL..... | 72 |
| Figura 32. Distrito Caño Limón – Coveñas. | 72 |
| Figura 33. Oleoducto de Colombia ODC. Coveñas. | 73 |
| Figura 34. Manuales Advant OCS con MOD 300 Software. | 76 |
| Figura 35. SUBSISTEMA MULTIBUS..... | 79 |
| Figura 36. SC_CONTROLLER ODC. | 81 |
| Figura 37. Controlador AC460 ODC. | 82 |
| Figura 38. <i>WORKSTATIONS</i> ODC..... | 84 |
| Figura 39. Bombas Centrifugas. BPC..... | 103 |
| Figura 40. Bombas Principales de Tornillo. BPT..... | 104 |
| Figura 41. Tanques de Nafta. | 105 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Señales de la operación Conjunta ODC-DOL..... | 15 |
| Tabla 2. Configuración de Direcciones del Puerto DOL..... | 21 |
| Tabla 3. Rango de Direcciones Modbus. | 22 |
| Tabla 4. TABLA DE PINES..... | 86 |
| Tabla 5. Pines conector DB25. | 87 |
| Tabla 6. Señales Análogas y Registros Modbus..... | 88 |
| Tabla 7. Señales Digitales Disponibles Para La Interconexión..... | 92 |

INTRODUCCIÓN

Actualmente la industria petrolera mundial afronta una crisis de recursos por el agotamiento inminente de las reservas. Para aliviar un poco este percance, los países han otorgado nuevas licencias para la exploración y explotación de aquellas zonas que inicialmente fueron descartadas por la baja probabilidad de encontrar algún tipo de hidrocarburo. Estos hechos han conllevado a una reestructuración en todos los niveles de producción de las empresas dependientes de este campo, implementando nuevas políticas que aprovechen mejor los recursos con que actualmente cuentan estas organizaciones.

En medio de esta crisis, Colombia no es ajena a estos problemas, por eso la actual empresa Colombiana de Petróleo, Ecopetrol S.A., ya está tomando medidas en el asunto y está iniciando nuevos proyectos que tengan en consideración estas nuevas condiciones; determinaciones que han provocado dentro de la empresa una visión que tiene presente un aprovechamiento al máximo de las herramientas con que se cuenta, y por tales motivos, los proyectos asignados deben ser realizados con ajustes económicos considerables y que tengan en cuenta la reutilización de los materiales que se encuentren en óptimas condiciones. El proyecto, objeto de este trabajo de tesis, cumple las exigencias actuales de las nuevas políticas de Ecopetrol.

La práctica industrial se desarrolló en el Terminal Petrolero de Coveñas, puerto principal de las exportaciones de crudo de Colombia, y consistió en lograr la comunicación de los sistemas de control distribuidos Advant OCS con Mod 300, para el intercambio de datos operacionales rutinarios entre las estaciones Planta Coveñas ODC y Planta Coveñas DOL, por medio de los puertos seriales que

tienen cada uno de los controladores determinados para la integración de estos sistemas.

En pocas palabras en la aplicación designada se realizó una conexión extra para la supervisión en la planta ODC de los procesos operacionales más importantes y de aquellos compartidos operacionalmente por el sistema DCS de la estación DOL. Para lograr este objetivo, fue necesario primero que todo, establecer el medio de comunicación mas práctico, analizando las ventajas y disposiciones de cada uno de estos, dentro del Terminal petrolero, y después de varias alternativas, se seleccionó el protocolo de comunicación industrial Modbus, por ser el que mas se adaptaba a los controladores del DCS. Adicionalmente, para la interconexión fue necesario conectar dos dispositivos de la empresa Modicon: un PLC's y un *Bridge-Multiplexor*, que facilitaron el traslado de la información de un punto a otro.

Este informe se desarrolla en cinco capítulos, donde se describen paso a paso los procedimientos del trabajo realizado y de cada uno de los problemas presentados durante la implementación de la interconexión.

La práctica industrial se realizó en aproximadamente ocho meses no continuos por el tiempo que tardaron en llegar algunos materiales que se necesitaron, tiempo que se aprovechaba en la búsqueda de nuevas alternativas, para el mejoramiento y viabilidad de los procesos de supervisión y operación de la estación ODC.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Terminal petrolero de Coveñas es un complejo de estaciones de bombeo, de paso y de almacenamiento que tienen como función principal el abastecimiento de crudo a la refinería de Cartagena y a los Buque-Tanques internacionales. Cuenta con cuatro plantas independientes en lo que respecta a la zona de ubicación, pero que son administradas en su mayoría por Ecopetrol. Actualmente se encuentran interconectadas físicamente por un sistema de tuberías por donde se intercambia crudo.

Entre la planta ODC y la planta DOL existe un intercambio habitual de crudo, el cual es transportado por el sistema de tubería mencionado, pero por la actual situación de reducción de costos debido a la caída en las reservas, se ha visto la necesidad de tratar de integrar la operación de todo el Terminal en un solo punto de supervisión y control. Mientras se adaptan los nuevos operadores al conocimiento operacional de todas las plantas, se van acondicionando proyectos de integración para facilitar la futura supervisión desde un solo punto. Para esto el Terminal cuenta con muchos recursos que facilitan la elaboración para todos los nuevos proyectos.

El proyecto desarrollado, se realizó con el objetivo de observar en la planta ODC, todo el recorrido que hace el crudo bombeado desde su inicio en ODC hasta el punto final en los tanques de almacenamiento de la estación DOL. Esto se hace por que al salir el crudo de la estación ODC, no cuenta con una supervisión de todo el proceso.

Mediante el DCS de la estación DOL, se puede visualizar todo este procedimiento y a través de sus puertos se puede transmitir esta información configurándola en

un protocolo abierto. Con la interconexión se pretende familiarizar al personal de la planta ODC con varios de los procesos más importantes realizados frecuentemente entre las dos estaciones, pero por la poca cantidad de información existente para este procedimiento, se decidió también transmitir todas las señales que estaban configuradas con el mismo protocolo abierto designado para la comunicación. Para la conexión, adicionalmente se tendrán datos de los estados y señales análogas de las bombas principales de la estación ODC, niveles y volúmenes de los tanques tanto de crudo como de nafta - esta ya no se distribuye – y muchos estados de válvulas MOV's que se encuentran dispersas por toda la estación. Toda esta información es mostrada para familiarizarse con el proceso y tener un punto alternativo en caso de alarmas o emergencias y en caso tal, brindar apoyo por parte del personal ODC para la solución de problemas o en la falta de personal preparado.

Ante esta necesidad se brindó el apoyo para la elaboración de la interconexión por parte de la administración de las dos estaciones.

2. MARCO TEÓRICO

Para la práctica industrial, el Terminal petrolero de Coveñas cuenta con sistemas únicos para el control y la supervisión de casi todas las señales que se observan en las operaciones diarias de las estaciones que lo conforman. Esta operación es realizada por medio de sistemas que tiene como característica principal un soporte tecnológico suficiente para realizar operaciones continuas durante las 24 horas del día. A este tipo de herramienta se le conoce con el nombre de DCS (*Distributed Control System*), con la característica de que son capaces de comunicarse de manera abierta con sistemas clasificados en una menor categoría (Sistemas SCADA, RTU, PLC, Módulos I/O, etc.)

Para el desarrollo de la práctica fue necesario usar los DCS's de las dos estaciones mencionadas en los objetivos, todo porque los sistemas SCADA de donde procedían la mayoría de las señales eran diferentes y se encontraban dispersos. Como una de las características del DCS es la unificación para control y supervisión única, se decidió, que sea el punto de concentración para realizar la conexión. Si la comunicación fuese entre SCADA's, uno de los objetivos de la práctica estuviese inconcluso debido a que todas las señales no corresponderían o se tendrían que adaptar múltiples enlaces para cubrir la información necesaria en cada uno de los SCADA. Se observó que la manera ideal de realizar un enlace mas sencillo, era conectando los sistemas de control distribuido de ambas estaciones de manera directa.

Para observar las verdaderas diferencias entre los distintos sistemas actuales de control se hará una pequeña descripción de los sistemas mas usados en la industria.

2.1 Sistemas de Control Distribuido (DCS).

Es el sistema ideal para la mediana y grande industria, tiene como ventaja su gran robustez para soportar un funcionamiento las 24 horas todos los días. Tienen consigo, tanto un software, como un hardware para su puesta en marcha. Su nombre es denominado así por que su hardware de adquisición y control se encuentra disperso en nodos independientes por distintos lugares de la planta y se comunican entre si mediante protocolos de comunicación propios y a través de diferentes configuraciones de enlaces. En caso de fallas los componentes son independientes entre si, por lo tanto no se pierde todo el sistema. Un sistema Scada por el contrario, casi siempre no viene con el hardware y solo se adapta a sistemas operativos no considerados idóneos para la industria como lo es el Microsoft Windows.

Un sistema DCS tiene las siguientes características⁵:

- Unidades de Interface con campo I/O generalmente separadas por tipos AI (Analog Input), AO (Analog Output), DI (Digital Input), DO (Digital Output), pulsos, etc.
- Unidades de cálculo que pueden ser redundantes o no.
- Unidades de almacenamiento de datos Históricos.
- Pantallas de acceso para la operación y la ingeniería.
- Gran capacidad de control y supervisión (maneja cientos de ventanas para procesos). Mantiene registros de históricos y eventos.
- Realizan complejos lazos de control.
- Capacidad de comunicación con otros ordenadores encargados de la “gestión de procesos”, control avanzado, modelos matemáticos, etc.

⁵Del Castillo, Juan. Tendencias En Arquitecturas de Control [online]. Jul. 1998. <<http://www.alcion.es/Download/ArticulosPDF>>

- Ideal para procesos continuos (Manejos de Batches).

Las anteriores son las características generales de un sistema de control distribuido.

Algunas desventajas son:

- El costo del hardware y software es siempre elevado y casi siempre se necesitan licencias para su puesta en funcionamiento.
- Inicialmente las pantallas de la interfaz HMI eran específicas, pero se han ido estandarizando.
- Los buses de comunicación internos son específicos, los que dificultan la comunicación con otros elementos de control de otros fabricantes.
- El fallo de una CPU implica la pérdida de varios lazos de control, este inconveniente se puede minimizar mediante configuraciones redundantes.

Un sistema DCS por su característica de descentralización, evita la escalabilidad (la congestión por el aumento de usuarios), la tolerancia a fallos, réplicas de la configuración, autonomía y disponibilidad.

Un sistema DCS cuenta, además con un software que se adapta a las nuevas tendencias de la industria, tiene todos los niveles de acceso, donde se establecen las configuraciones permitidas para su operación. Tiene modo de solo supervisión, modo de operación, modos de ingeniería, modos de administración de recursos. Dependiendo del cargo, se admiten las configuraciones.

En la actualidad, algunas empresas están produciendo nuevos DCS's, con plataforma en el sistema Windows que se puedan acomodar a cualquier computador personal, que en relación con las estaciones de trabajo que regularmente se usan, tienen un costo bajo. En cambio, si se quiere invertir en la

modernización de las estaciones existentes, se necesita adquirir un hardware completamente nuevo, lo que es muy costoso.

2.2 SCADA⁶:

Por lo general a un sistema SCADA, se le denomina al software usado para la supervisión de señales. Pero en si, es un conjunto compuesto por lo general, por unidades terminales remotas llamadas RTU, estación maestra MTU y un sistema de comunicación que es inalámbrico por lo general (Radio frecuencias, microondas, etc). Este tipo de sistema a diferencia de los DCS tradicionales, corre bajo los sistemas operativos tradicionales y por sus condiciones, es idóneo solo para la supervisión. El control sobre este tipo de sistema depende de un hardware anexo, y estos casi siempre se presentan en condiciones para señales digitales.

Para lograr conformar un sistema de control parecido a un DCS, un SCADA debe tener los siguientes elementos:

- La instrumentación de campo.
- Las estaciones remotas (RTU, PLC).
- Red de comunicaciones. Un medio de comunicación y un protocolo de software.
- La estación central de supervisión, un PC.
- El software para la supervisión.

Entre las diferencias principales, un SCADA se caracteriza por ser un sistema centralizado; si este falla, se cae todo el sistema en comparación con el DCS. En los procesos de control, si el sistema lo permite, son ejecutados por el operador (el

⁶Distefano, Mario. Comunicaciones En Entornos Industriales. [online]. Agosto 1999. <<http://fing.uncu.edu.ar/catedras/archivos/electronica/tema12r.pdf>>

DCS puede ser automático y manual), y tiene la ventaja de que su hardware puede ser ubicado en sitios remotos y pueden usar redes inalámbricas y protocolos abiertos para sus comunicaciones internas.

Estos sistemas son más específicos para ciertos procesos, por lo tanto un conjunto ideal para reunir todos estos procesos independientes es el DCS. Siempre y cuando se pueda realizar control automático sobre estos.

2.3 PLC:

Este es el controlador lógico más sencillo, se caracteriza por que representa la interfaz entre las señales de campo y el sistema de monitoreo. Este tipo de elemento es lo más económico que se encuentra en el mercado y es muy inferior en precio al módulo I/O de los sistemas DCS. Es de fácil manejo y configuración, y de fácil adaptación a sistemas SCADA y DCS. Pero los de gama baja, manejan en su gran mayoría señales digitales que los hacen poco considerables en los sistemas de control que realizan procesos con variables análogas; por eso, en la estación objeto de estudio, se usan los módulos I/O que interpretan todas estas clases de señales. Sobre estos elementos se puede realizar la redundancia, tan importante en los sistemas industriales.

Por sus condiciones, los PLC básicos solo disponen de software que manejan lenguajes de programación diseñado para señales digitales, y no tanto para las análogas, y tiene como desventaja, el no poder manejar de manera eficiente datos históricos. Son usados muchas veces para adquisición de datos en los sistemas de control superiores.

Contrastando las anteriores características de cada sistema de control, se accedió al uso de los DCS para realizar la interconexión entre las estaciones Coveñas DOL y Coveñas ODC. Estos acumulan las señales en protocolo modbus

procedentes de distintos sistemas de adquisición y control dentro del Terminal y son el único punto referente para la supervisión de estas. En lo recorrido de este capítulo se muestran las principales funciones y diferencias de los sistemas de control, y a partir de este sistema escogido, se realizó la conexión con el sistema DCS, Advant OCS con MOD 300, de la compañía ABB.

2.4 ADVANT OCS CON MOD 300⁷.

Este es el sistema de control usado en el Terminal petrolero de Coveñas. Es una actualización de la primera versión del DCS de la compañía ABB, el MOD 300, del cual heredó gran parte del hardware de adquisición y control. Está compuesto físicamente por estaciones de trabajo ó *Workstation*, por controladores (Multibus, SC_Controller y AC460) y por los diferentes elementos que se integran por los puertos anexos que este sistema trae. En sus sitios de trabajo, el Advant usa un software con múltiples aplicaciones que suplen todos los problemas que se presentan en la administración y el manejo de los procesos en la industria. Este software tiene al sistema UNIX como plataforma y está compuesto por unas consolas especiales diseñadas específicamente para este tipo de sistemas.

Para la comunicación entre sus elementos, que para el caso del sistema Advant se les denomina nodos o subsistemas, se usa un medio cableado configurado con la topología de anillo y redundante para evitar fallas.

Para la interconexión, ambas estaciones cuentan con los nodos o subsistemas, para este caso se seleccionaron el SC_Controller llamado Controller_1 en la estación DOL y el nodo Multibus DP_COM_HIST de la estación ODC, este tipo de hardware es descrito con mas detalles en el anexo C. La selección del hardware se hizo, conociendo de antemano que las señales elegidas para la interconexión

⁷ASEA BROWN BOVERI. Advant OCS With MOS 300 Software Product Guide. by Advant 2003. OCS with MOD 300 Software 2003 ABB Inc.

residían configuradas en este punto -Controller_1-, es decir, los sistemas externos de donde se adquieren estas señales se encuentran conectados a los puertos seriales de este nodo. En la estación ODC se seleccionó el nodo DP_COM_HIST, por ser el menos usado en la actualidad, por lo tanto tiene más puertos disponibles.

Para la configuración, es necesario establecer condiciones por software; aquí se determinan tanto el protocolo como el diseño gráfico para el control y la supervisión. En esta configuración se introducen los parámetros de cada señal en la base de datos del sistema de control, y a partir de estos datos se modifica la presentación de los gráficos y la lógica, si esta los requiere. Esta información es modificada por medio de un software llamado AdvControl, que se encarga de todo el proceso lógico del sistema Advant OCS.

El sistema Advant OCS con MOD 300, como las otras marcas de DCS, se comunican internamente por medio del anillo, con un protocolo que no es abierto, por lo tanto, no acepta hardware diferente y esto hace que el costo sea más elevado. Para el caso de la interconexión que pretende comunicar dos nodos de dos DCS distintos, sería conveniente extender el anillo, pero como la separación entre las dos estaciones es aproximadamente de 2Km, los costos son muy superiores, y la información que se necesita por el momento no amerita una inversión de este tipo.

Este DCS tiene dos características importantes, la primera, es que los controladores son asignados dependiendo de lo crítico del proceso. Por ejemplo, para los procesos críticos se debe contar con redundancia; para este caso los subsistemas que cuentan con esta posibilidad son el SC_Controller y AC460. El nodo multibus no cumple esta función. Las consolas fabricadas por Hewlett Packard son la otra característica, éstas son de funciones especiales y traen consigo unidades externas de almacenamiento masivo (Unidades Raid) y

unidades de cinta. Tienen tarjetas para la conexión de dos monitores y puertos para TrackBall y teclados especiales.

2.5 Medio de Comunicación:

Para la interconexión entre las dos estaciones, se debe establecer el medio más eficiente para lograr una comunicación óptima, y para conseguir este objetivo fue necesario analizar cada uno de los medios con que se disponía en el Terminal. Entre los medios con que el Terminal cuenta, se destacan los más típicos: el par trenzado, la telemetría y la fibra óptica. De cada uno de estos se hizo el respectivo análisis, para determinar, cual era el más conveniente y cual requería menor costo. La fibra óptica fue el medio elegido, este era el que mejor se adaptaba y era uno de los requería menor inversión. Se tuvo que asumir un pequeño costo adicional para corregir un daño en uno de los tramos y la compra de dos conversores, para la modificación de las señales.

2.6 Protocolo de Comunicación:

El DCS es un sistema abierto, por lo tanto soporta varios de los protocolos más comunes. Para la aplicación se decidió usar el protocolo Modbus RTU. La selección de esta forma de transmisión fue por la cantidad de información que se tenía al respecto y conociendo de antemano que casi todos los sistemas integrados se conectan de esta forma. Después de analizar la interconexión, se determinó que este era el protocolo ideal, porque sino, era necesaria una inversión mas elevada, conociendo los elementos adicionales que se tenían que colocar para realizar con éxito la comunicación. Los extremos ubicados en cada unos de los subsistemas tienen puertos seriales con normas distintas, el nodo SC_Controller maneja el Standard RS-422, y el nodo multibus de la estación ODC soporta la norma RS-232. Para la solución de este inconveniente se tienen los conversores de Standard Black Box que corrigen esta situación. Las conexiones usadas fueron las más sencillas y las configuraciones de pines se muestran en el anexo D con más detalles.

3. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.

3.1 Selección de las Señales para Interconexión.

En este capítulo se indican las señales seleccionadas en uno de los nodos del Advant OCS de la estación Coveñas DOL para representarlas en el DCS de la estación Coveñas ODC. Para la selección de señales se acordó con el personal responsable de la operación y control de las dos estaciones, las señales de la operación conjunta, como también, las señales de mayor influencia en la operación de la estación DOL.

Inicialmente se manifestó que todas las señales manejadas por un DCS, estaban configuradas en la base de datos de la estación determinada. Todas estas señales proceden de dispositivos externos tales como PLC's, RTU's, sistemas supervisorios integrados por la lógica TCL cuando existe un código abierto de su protocolo y de TRIOS^{*} (Taylor Remote I/O); y todos en conjunto son adaptados a los nodos mediante los tres software de control proporcionados por Advant OCS para la interpretación de la información. Para las exigencias del proyecto fue necesario escoger aquellas señales contenían el formato del protocolo Modbus, por lo tanto había que observar que solo los PLC's, sistemas supervisorios y las RTU's podían proporcionar esta información.

Con la evolución de la automatización, han sido creadas nuevas aplicaciones que interpretan los datos procedentes de sistemas de control y medición externos no relacionados con los DCS. Esto lo hace de manera parecida a la lógica TCL del paquete de software AdvaControl^{**} del sistema Advant, en un ambiente más amigable y bajo la cobertura del sistema operativo Windows. Los programas

^{*}TRIO: Taylor I/O. Elementos del Advant para la adquisición de señales I/O.

^{**}AdvaControl: Herramienta del Sistema Advant. Anexo C.

encargados crean una lógica especial que es transformada al formato Modbus cuando sirve de punto intermedio entre el sistema de control externo y el DCS. Para nuestro caso, algunas de las señales seleccionadas presentan estas características.

Como todas las señales se encontraban configuradas en la base de datos de la estación Coveñas DOL, se escogieron la gran mayoría de ellas, configuradas con el protocolo Modbus, procedentes de los elementos mencionados, excepto, de los procedentes de los buses de campo propios, mas conocidos, como TRIOS. Pero existe la manera de que la información de los TRIOS sea vista como una señal de protocolo modbus; esto se hace recurriendo al canal CCF que se le asignó para la configuración. Conociendo el canal se establece por medio del PC CONFIG (configuración del protocolo), la información Modbus referente. Las señales que intervienen en el intercambio de crudo con la estación Coveñas ODC se describirán en el siguiente tema de este capítulo.

3.1.1 Señales de Intervención Conjunta con la Planta Coveñas ODC.

Las señales características de este proceso son de carácter digital, todas son para ejecutar comandos y estados de las válvulas motorizadas (MOV) que intervienen en el proceso. Después de salir el crudo de la estación Coveñas ODC, se encuentran varias válvulas que establecen la ruta del crudo dentro de la estación DOL; éstas son casi en su totalidad distribuidas por los brazos múltiples que entrelazan o alinean los tanques de almacenamiento y las recirculaciones de crudo por toda la estación. Las MOV's que intervienen, su respectiva función, el registro Modbus y bit correspondiente se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Señales de la operación Conjunta ODC-DOL.

| <i>TAG</i> | <i>FUNCIÓN</i> | <i>REGISTRO MODBUS</i> | <i>Nº DEL BIT</i> |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------|
| MOV-1630A est. | De ODC a Booster | 1032 | 15 |
| MOV-1630A comandos | De ODC a Booster | 1033 | 0 |
| MOV-1630A-D | De ODC de Booster disp | 1033 | 2 |
| MOV-5630A est. | Entrada / salida de ODC | 1035 | 9 |
| MOV-5630A comandos | Entrada / Salida de ODC | 1035 | 10 |
| MOV-5630A-D | Entrada / salida de ODC disp | 1035 | 12 |
| MOV-5640A | A múltiple T5 de recibo ODC | 1037 | 0 |
| MOV-5640A close | A múltiple T5 de recibo ODC | 1037 | 2 |
| MOV-5640A-D | A múltiple T5 de recibo ODC disp | 1037 | 3 |
| MOV-5640B | A múltiple T4 de recibo ODC | 1037 | 4 |
| MOV-5640B comandos | A múltiple T4 de recibo ODC | 1037 | 5 |
| MOV-5640B-D | A múltiple T4 de recibo ODC disp | 1037 | 7 |
| MOV-5640C | A múltiple T3 de recibo ODC | 1037 | 8 |
| MOV-5640C comandos | A múltiple T3 de recibo ODC | 1037 | 9 |
| MOV-5640C-D | A múltiple T3 de recibo ODC disp | 1037 | 11 |
| MOV-5640D | A múltiple T2 de recibo ODC | 1037 | 12 |
| MOV-5640D comandos | A múltiple T2 de recibo ODC | 1037 | 13 |
| MOV-5640D-D | A múltiple T2 de recibo ODC disp | 1037 | 15 |
| MOV-5640E | A múltiple T1 de recibo ODC | 1038 | 0 |
| MOV-5640E comandos | A múltiple T1 de recibo ODC | 1038 | 1 |
| MOV-5640E-D | A múltiple T1 de recibo ODC disp | 1038 | 3 |

Hay que aclarar que todas las señales son interpretadas por el sistema Advant OCS como registros en Modbus, es decir, hay 16 señales digitales contenidas en un solo registro o palabra como se le llama en el DCS. Fue necesario eliminar del subsistema seleccionado varias señales, para poder asignar los bits de estos a los comandos de las MOV's del proceso de intercambio. Estas señales desajustadas no desaparecen del sistema DCS del DOL, porque fueron inmediatamente configuradas en otro nodo. La mayoría de las señales representadas en este proyecto con código Modbus son solo monitoreadas en el DCS de la estación DOL. El control de estas señales es realizado en sistemas supervisorios adjuntos al DCS y desarrollados por medio del Software Intouch*. Son introducidos al Advant OCS por la lógica TCL.

En la cuarta columna de la tabla 1 se observa el bit correspondiente a la señal digital mencionada dentro de una palabra o registro en el Advant, y en la tercera el registro Modbus disponible para realizar la comunicación. Todos estos detalles fueron realizados previamente a la elaboración de este proyecto, lo que impedía una posible alteración de esa configuración, debido a que esa información ya estaba siendo usada en la operación diaria de esta estación, aunque exceptuando los cambios mencionados. La interpretación de la información es toda realizada por el software Advant OCS y en la sección de la configuración de las señales se mostrará con más detalle la asimilación de estos datos.

3.1.2 Señales adicionales para la interconexión *

Como se contaba con una gran cantidad de información y observando que son pocas las señales que se implican directamente con la estación ODC, se decidió traer buena parte de las señales de protocolo Modbus que maneja la estación Coveñas DOL. Estas señales son tanto análogas como digitales, pero todas

*Intouch: Software Scada para la administración grafica de procesos.

*Anexo E: Información del resto de señales.

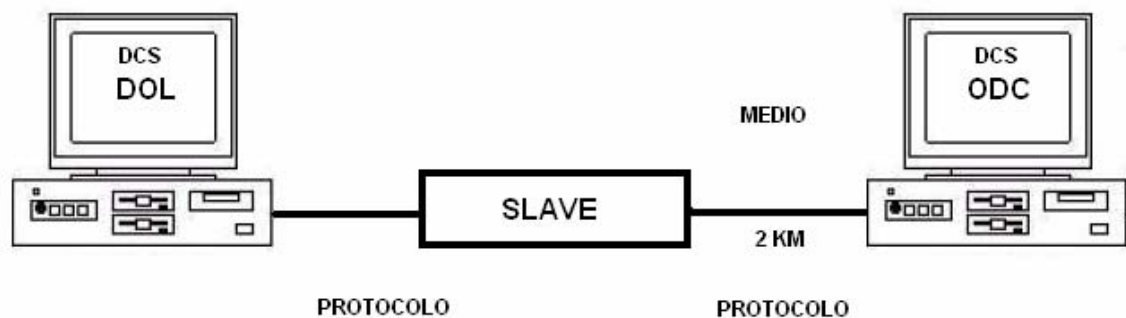
configuradas como registros. Entre estas señales se destacan temperaturas, niveles, velocidades, switches, volúmenes, etc. En el Anexo E se muestran todos los detalles de estas señales.

3.2. Diseño y Construcción de la Interconexión.

En esta sección se describe como se logró comunicar los dos sistemas de control y qué elementos intervinieron en la conexión. También se hará referencia a las direcciones Modbus mencionadas en la sección anterior y en el Anexo E, para las respectivas configuraciones de los dos sistemas.

El diagrama básico para lograr una comunicación segura, debe tener las siguientes características:

Figura 1 . Diagrama básico de la interconexión.



A continuación se mostrará con más detalles el respectivo desarrollo de la aplicación. Los sistemas de control distribuidos DCS son diseñados con el fin de administrar, monitorizar y controlar todo tipo de señales, sin importar su tipo y sus características. Esto los hace ideales para el manejo de cientos y hasta miles de señales. Estas condiciones son tomadas para establecer dentro de su configuración las alternativas de selección del estado de los DCS's con respecto a

las señales. Tanto en el Modbus como en otros protocolos y en sistemas de comunicación, los dispositivos se comunican mediante la condición de Maestro-Esclavo. Esta configuración fue tomada en cuenta para este proyecto. Estos términos se establecen por software; y analizando y realizando la respectiva configuración en el sistema Advant OCS, se observó en este, que solo es posible manejar la opción Maestro. No se puede configurar como esclavo. Esto no permite una conexión directa de los DCS de ambas estaciones, lo que complica un poco lo que al inicio del proyecto parecía más sencillo.

Para la interconexión es necesario interponer un elemento que sirviera de esclavo para que se pudieran comunicar los sistemas Advant. Lo más indicado es un PLC o una RTU. Existen muchas alternativas pero en lo acordado para el presupuesto, nos impedía seleccionar las mejores y más sencillas opciones.

El sistema de interconexión debe funcionar estableciendo el comando correcto para las direcciones del protocolo Modbus que se destinaron para la comunicación. Estos cambios se realizan en la configuración de puertos seriales y el protocolo más conocida como el *PC CONFIG*, dentro del sistema Advant OCS. Para ingresar y configurar estos puertos, hay que elegir el puerto físico y determinar sus parámetros como el protocolo, la velocidad, paridad, longitud de la trama, los bits de parada y el tiempo de respuesta. Todo esto con el fin de entablar una correcta sincronización de la comunicación.

En las siguientes imágenes se observan las ventanas principales para la configuración de los puertos. En el anexo A correspondiente a la configuración Advant OCS se describe el procedimiento.

Figura 2 **SYSTEM STATUS.**



Fuente: Software Advant OCS..

Todas las configuraciones se establecen de igual manera en el subsistema correspondiente en la estación ODC.

En la siguiente figura se muestra la ventana donde se configuran los parámetros de la comunicación, se llega a este punto mediante el SYSTEM STATUS observado en la figura anterior.

Figura 3 Configuración del Puerto.

| DIAGNOSTICS,26,00,1 | | |
|------------------------------|----------|-------------|
| SERIAL PORT CONFIGURATION | | |
| DEVICE/SUBDEV 2600: TYPE=DPS | STATE= | |
| | PORT1 | PORT2 |
| DEVICE NAME | TECLAB01 | TECLAB02 |
| FUNCTION | UNUSED | UNUSED |
| STATUS | N/A | N/A |
| SPEED (BAUD RATE) | 4800 | 4800 |
| WORD LENGTH (BITS) | 7 | 7 |
| PARITY | ODD | ODD |
| STOP BITS | 2 | 2 |
| PROTOCOL/PORT TYPE | KEYBOARD | KEYBOARD |
| INPUT TIMEOUT (SEC) | 6 | 6 |
| | PORT5 | PORT6 |
| DEVICE NAME | MODBUS5 | SUPERVISOR |
| FUNCTION | UNUSED | PLC PRIMARY |
| STATUS | N/A | ACTIVE |
| SPEED (BAUD RATE) | 9600 | 9600 |
| WORD LENGTH (BITS) | 8 | 8 |
| PARITY | NONE | NONE |
| STOP BITS | 1 | 1 |
| PROTOCOL/PORT TYPE | MODBUSB | MODBUSB |
| INPUT TIMEOUT (SEC) | 6 | 6 |

Fuente: Software Advant OCS.

3.2.1. PC CONFIG ó Configuración del Protocolo.

Una vez seleccionado el puerto, se configuran las señales del protocolo Modbus por medio del *PC CONFIG*, que se encuentra en la opción del *EXTERNAL_APPLICATION* en el menú principal de sistema Advant OCS. Para modificar este ítem es necesario estar logeado con el password de ingeniería del sistema, ya que es el único punto donde se puede alterar todo el DCS. Dentro de *PC CONFIG* aparecen todos los subsistemas del sistema, pero solo el nombre, no aparece el tipo. Para comenzar, se selecciona dentro del *PC CONFIG* el botón que dice *CONFIG_PC'S*, se ingresa y aparecen los nodos del DCS, escogemos el subsistema que nos interesa parándonos encima y se presiona el botón *MODIFY CONFIG* en la parte inferior de la ventana. Para nuestro caso, seleccionamos en la estación DOL el *CONTROLLER_1* y entramos a modificarlo. El pantallazo que continúa, muestra todos los puertos configurados en este nodo, no escogemos

ninguno de los mostrados. Hay que insertar un nuevo puerto, por tal razón, nos vamos al ítem ADD PORT. Dentro de esta nueva ventana se ingresa la siguiente información.

- PORT NAME: DOL_ODC.
- DEVICE: MODICON.
- TYPE: CONTROLLER.
- STATION: 1.
- PC NAME: PUERTO_DOL.
- GROUP CCF OUTPUTS: NO

La opción STATION se refiere al número del PLC dentro del bus de campo; si hay uno solo como en nuestro caso, se escribe 1, y el campo del GROUP CCF OUTPUTS es para asignar un mensaje por separado a cada salida de PLC con la opción NO y la opción YES, para múltiples salidas de un mensaje simple.

Luego de haber adicionado el puerto y oprimido el botón QUIT aparece otra pantalla donde se configuran las tramas MODBUS. En este nuevo ítem se establecen los siguientes parámetros.

Tabla 2. Configuración de Direcciones del Puerto DOL.

| <i>PC COMMAND</i> | <i>PC START POINT</i> | <i>NUMBER WORDS</i> | <i>CCF DATA TYPE</i> | <i>CCF I/O CHANNEL</i> | <i>SCAN RATE</i> |
|-------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|------------------------|------------------|
| <i>ROC</i> | <i>1001</i> | <i>56</i> | <i>D</i> | <i>6001</i> | <i>20</i> |
| <i>ROR</i> | <i>1201</i> | <i>80</i> | <i>A</i> | <i>1201</i> | <i>20</i> |

| | | | | | |
|------------|-------------|-----------|----------|-------------|-----------|
| <i>ROR</i> | <i>1281</i> | <i>80</i> | <i>A</i> | <i>1281</i> | <i>20</i> |
| <i>ROR</i> | <i>1361</i> | <i>80</i> | <i>A</i> | <i>1361</i> | <i>20</i> |
| <i>ROR</i> | <i>1441</i> | <i>80</i> | <i>A</i> | <i>1441</i> | <i>20</i> |
| <i>ROR</i> | <i>1521</i> | <i>30</i> | <i>A</i> | <i>1521</i> | <i>20</i> |

En esta tabla se observa el PC COMMAND, esto en el lenguaje MODBUS representa el código de función y para nuestro idioma los comandos que aparecen corresponden a leer bobinas de salida y leer registros de salidas, ROC (Read Output Coil) y ROR (Read Output Register) respectivamente.

El PC START POINT significa la localización de memoria disponible para estas señales dentro de Advant OCS, y estas mismas localizaciones se adjudican al PLC que se usa. Se nota que el punto de inicio coincide con las direcciones MODBUS mencionadas en las tablas de la sección anterior como con las de los anexos, tanto para las señales análogas como para las digitales.

Hay que aclarar que el punto de inicio en un controlador programable o DCS esta determinado por el tipo de señal, por ejemplo, para la mayoría de los PLC la tabla de direcciones debe estar en el siguiente rango.

Tabla 3. Rango de Direcciones Modbus.

| <i>TIPO DE SEÑAL</i> | <i>RANGO DE DIRECCIONES</i> |
|----------------------|-----------------------------|
| <i>ROC</i> | <i>1-9999</i> |
| <i>ROR</i> | <i>40001-49999</i> |
| <i>RIC</i> | <i>10001-19999</i> |
| <i>RIR</i> | <i>30000-39999</i> |

De la configuración, se observa que los números no coinciden con los de la tabla 3. Para estas situaciones, el mismo sistema por medio del PC COMMAND entiende el rango. Por ejemplo, para nuestro caso, los registros de salida comienzan en el 1201, el sistema Advant inmediatamente asimila el rango cuando se escoge el código de función e internamente lo entiende como el 41201. En todas las configuraciones se pueden establecer las direcciones de las dos maneras descritas.

NUMBER WORDS indica la cantidad de palabras que tiene la configuración. Una palabra contiene 16 bits y como fue dicho, todas las señales se interpretan como registros, por eso se nota que las palabras de las señales digitales son pocas ya que cada bit representa una dirección. Se observan 56 palabras que contienen 896 direcciones o bits, de los cuales algunos de los bits no tienen significado para nuestra situación. En la misma tabla 6 se indica el número del bit de la señal. Para los registros análogos, una palabra corresponde a un registro.

CCF DATA TYPE indica el tipo de señal. **A** para análogas y **D** para digitales.

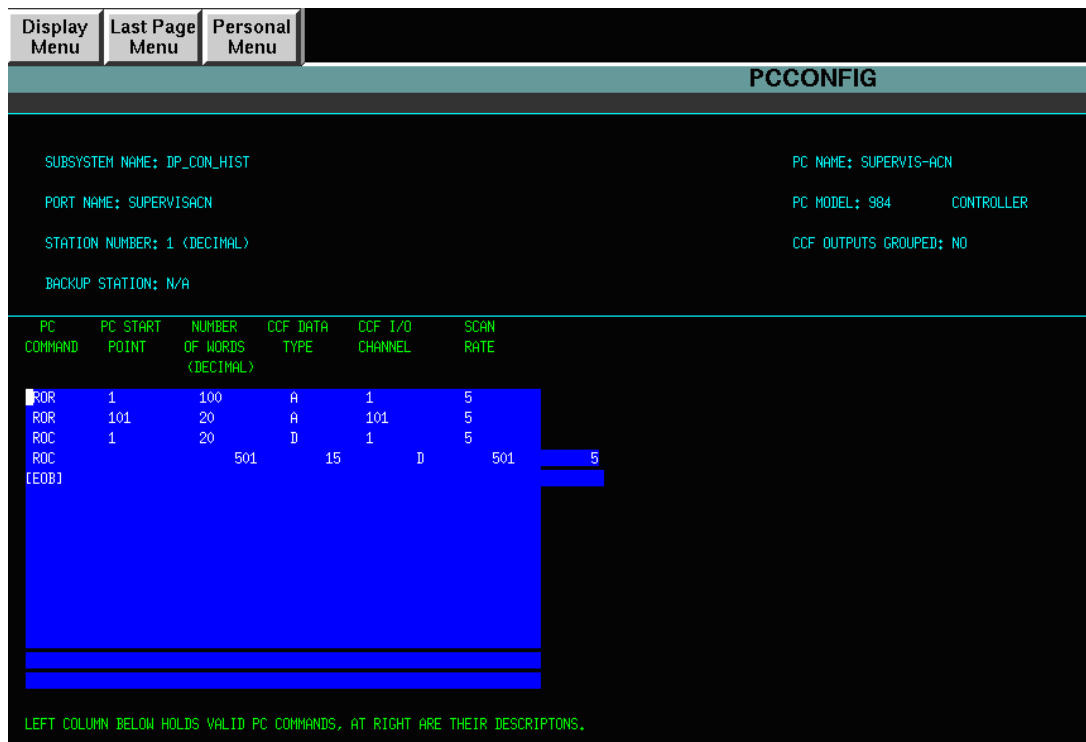
CCF I/O CHANNEL que es el más importante dentro del sistema Advant OCS, indica el canal dentro del controlador asignado para la dirección MODBUS. Se dice que es fundamental porque con el número del canal se configura la base de datos de las señales y a partir de esta, la configuración gráfica y de control; es decir, inmediatamente que se termina la configuración del proceso MODBUS en el DCS, solo interesa el canal dentro del Advant. Para seleccionar los canales apropiados hay que mirar cuales están disponibles para ambos subsistemas. Los asignados en la configuración de la tabla 2 no tienen ningún inconveniente con el funcionamiento del nodo en DOL y son perfectos para el proyecto.

SCAN RATE, ésta es la rata de escaneo del sistema, casi siempre se establece en 20 segundos.

Toda esta configuración se hizo pensando en los dos subsistemas a comunicar. Por lo tanto ambos extremos son modificados de igual manera y no cambió en nada con respecto al puerto en el DCS DOL.

La siguiente figura muestra una ventana con la configuración de uno de los puertos de sistema Advant, no es tan clara por los aspectos del software de comunicación con el DCS y Windows.

Figura 4. PC CONFIG.



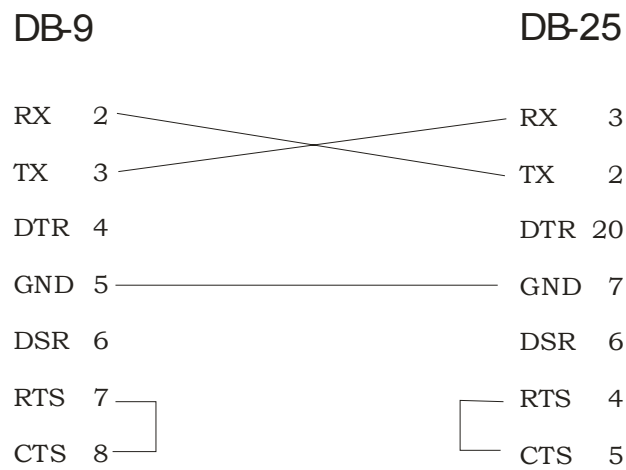
Fuente: Software Advant OCS.

3.2.2. Pruebas.

Las primeras pruebas fueron realizadas entre un PC portátil y los nuevos puertos configurados. Para esto fue necesario construir un cable serial RS-422 con terminales DB-25 macho para la conexión con el controlador; un DB-25 macho adaptado, debido a que este conector en el conversor RS-232 ↔ RS-422 es un

DB-37, y un cable serial RS-232 DB-25 macho para el conversor, con un DB-9 hembra para el PC portátil, cable que servirá para la respectiva prueba con el nodo MULTIBUS. El conexionado para la interconexión tiene la siguiente configuración para el caso serial RS-232.

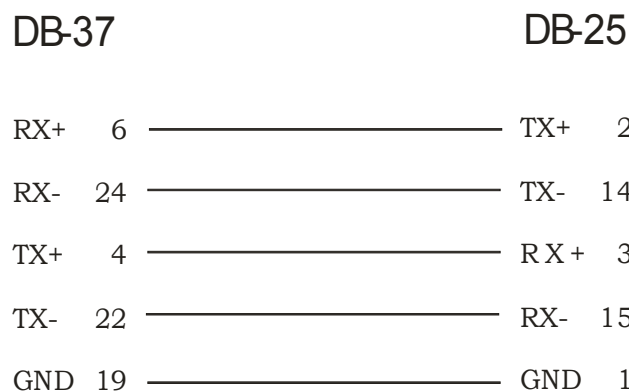
Figura 5. Conexión RS-232 Para Pruebas Modbus.



Fuente: Autor del Proyecto.

Para una conexión RS-422 se utilizó la configuración más simple. Para la actual situación se usaron los siguientes puntos.

Figura 6. Conexión Sencilla del RS-422 de la Prueba.



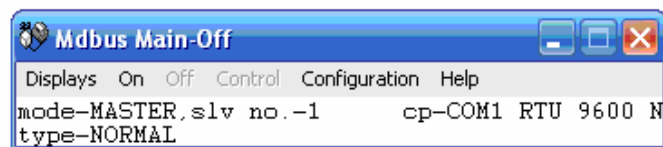
Fuente: Autor del Proyecto.

Después de configurado el sistema, se realizaron las pruebas pertinentes para evitar inconvenientes al final de proyecto. Estas pruebas fueron hechas por medio de un software que simula señales del protocolo Modbus; este programa se denomina MDBUS y esta distribuido de manera libre en Ecopetrol por contar con la respectiva licencia. Para las pruebas fueron necesarios cables Null MODEM y con la configuración DTE-DCE y viceversa, para los MODEM de fibra óptica.

En este programa se configura un proceso similar al escrito en el PC CONFIG de cada subsistema. Y para su puesta en marcha es necesario establecer los siguientes parámetros:

Primero se muestra una imagen de su apariencia en el modo RUN.

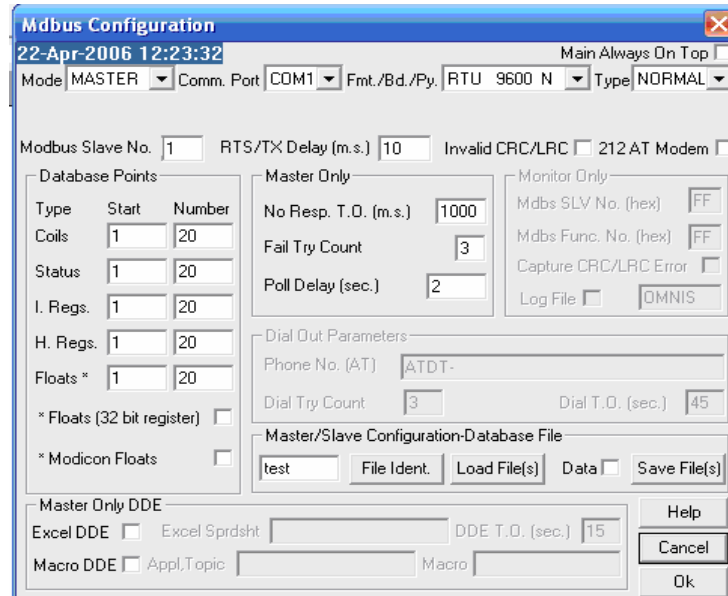
Figura 7. Mdbus Ventana Principal.



Fuente: Software MDBUS.

Cuando está fuera de línea, la comunicación se puede configurar; y es en este ítem, donde se establecen los puntos para sincronizar y entablar una excelente comunicación con el DCS.

Figura 8. Configuración del Mdbus.



Fuente: Software MDBUS.

Con este programa, se establecen las bobinas y los registros (enteros o decimales), se selecciona si el dispositivo es maestro o es esclavo, se determina el puerto físico de conexión, se escoge el tipo de Modbus (RTU o ASCII), la velocidad de transmisión, el número del esclavo si el elemento hace parte de una red, el tiempo de espera, etc.

Fueran realizadas pruebas con ambos nodos, pero hay que aclarar, que los subsistemas o nodos solo tienen la opción de ser maestro y los maestros preguntan por bobinas y registros que existen, por lo tanto el elemento esclavo debe tener como mínimo el número de bobinas y registros solicitados por el maestro. Esta exigencia se notó al realizar las pruebas en el PC portátil con el *MDBUS*.

En la opción de *DISPLAYS* de la ventana principal, se alteran los cambios que se observarán tanto en el PC portátil, como en el subsistema. En el subsistema, por

no haber estado configurado el gráfico correspondiente, fue necesario escoger el *PC CONFIG* de otra aplicación, que tuviera elementos gráficos ya determinados. Cuando se establece una comunicación en el *SYSTEM STATUS* del sistema, se muestra activo el puerto usado y si se alteran los cambios. Por ejemplo, los estados de las válvulas se visualizan tal cual como fueron realizados.

Después de las pruebas se procede con los pasos para entablar de manera concreta la conexión. Una conexión que necesita de un objeto que sirva de esclavo para los dos subsistemas a interconectar.

3.2.3 Dispositivo Esclavo. PLC AEG MODICON PC-984/145.

Hay muchas maneras físicas para realizar la interconexión entre los dos subsistemas; la ideal es la extensión del anillo en ambas estaciones, pero por recursos limitados, como se dijo con anterioridad, se designó un PLC AEG MODICON PC-984/145, bastante antiguo con algunas limitaciones, pero considerable para la aplicación. Pertenece a la gama o familia 984/A120 de Modicon. Este PLC consta de 16 entradas discretas y 12 salidas discretas, no maneja variables análogas, es alimentado con 110 Vac, maneja dos puertos seriales uno Modbus y otro Modbus Plus, puede manejar un módulo extendido de I/O, maneja aproximadamente 1920 registros y 8000 Coils, tiene un tiempo de escaneo 5 ms/Kb y puede tener un máximo de 512 señales discretas de I/O con módulos extendidos de la misma serie.

Este PLC tiene, como se describe, dos puertos para realizar la interconexión. Uno Modbus y el otro que solo maneja Modbus Plus. Para la comunicación es necesaria una configuración física de switches para establecer los parámetros de la comunicación. Por ejemplo, la dirección Modbus plus es configurada físicamente y el resto de parámetros se hace por medio del software. Este dispositivo cuenta un slide switch para seleccionar el puerto maestro si se

pretende usar como un esclavo en una red Modbus – Modbus plus, para la aplicación actual se deja el switch en def (default) y por software se modifican los otros parametros. Internamente el PLC asigna un mapa de direcciones de acuerdo al orden como este es configurado en el subsistema maestro, es decir, repite de manera exacta la información del PC CONFIG; y en el DCS receptor, la información es recibida de manera similar, por ejemplo, cuando el maestro ejecuta el código ROC, el PLC lo almacenará temporalmente como un código ROC nuevamente, esto se almacena en la memoria virtual del PLC cuando este está en línea. También, por software se puede designar el mapa de direcciones si la aplicación lo requiere, porque los códigos de función 01 y 02 trabajan de manera similar y el uno puede hacer del otro; lo mismo ocurre con los códigos 03 y 04. En estos mapas se acondicionan los datos para ser suministrados a cualquier dispositivo que los solicite, o por si el control de este es realizado por un elemento externo. En esta etapa la información almacenada es de tipo esclava.

Todos los registros Modbus de las señales seleccionadas son escritos de manera similar en el PLC y son solicitados de la misma manera por otro puerto maestro. Los puertos del PLC tienen conectores DB-9 tipo hembra y uno de ellos no soporta directamente el protocolo Modbus RTU. Por software solo fue necesario ingresar la configuración de la red con la respectiva información que identifique la comunicación; esto se muestra con más detalles a continuación: no se usaron sus entradas y salidas, y no se realizó ninguna programación en Ladder. Para intervenir su configuración es necesario abrir el software MODSOFT, que tiene una apariencia bastante rústica y que no corre en sistemas operativos superiores a Windows 98 (se puede usar un parche para retardar la velocidad de operación del procesador del PC en sistema que no usan procesadores de 16 bits). De la misma manera, la información llega al puerto Modbus del PLC, y es puesta inmediatamente en el otro puerto, lo que implicaba una conexión extra en el puerto del protocolo Modbus Plus.

Se tiene solo un puerto Modbus, por lo que es necesario para conectar el otro punto de la interconexión, interponer un elemento que se adicione para suplir esta nueva condición.

La estación ODC cuenta con dispositivos para repartir la información y que a su vez, sirven de puente para el transporte de señales; estos elementos son conocidos como BRIDGE MULTIPLEXER y son los ideales porque cuentan con puertos Modbus (RTU o ASCII) y Modbus Plus. En el anexo A se muestra el procedimiento de configuración por el MODSOFT.

3.2.5. BRIDGE MULTIPLEXER NW-BM85-000⁸.

Este es un importante dispositivo que se encargará de conectar los dos subsistemas y el PLC. Es fabricado por Modicon, esta marca pertenece al actual grupo Schneider.

Figura 9. Bridge Multiplexor.



Fuente: Autor del proyecto.

Estos elementos proporcionan la conversión entre direcciones Modbus y los formatos de dirección requeridos para el enrutamiento a otros puertos Modbus o

⁸MODICON, Modbus Plus Network BM85 Bridge Multiplexer User's Guide. Agosto 1995. Groupe Schneider

Modbus Plus. Entonces, de esta información se deduce que el Bridge Multiplexer se configura para distribuir las señales por los puertos que asignen. Si la información no se configura, se distribuye de manera equitativa por todos los puertos del aparato, es decir, se desempeña como puente y multiplexor al mismo tiempo.

El Bridge Multiplexer consta de cuatro puertos Modbus que reconocen los dos tipos de configuraciones Modbus (RTU y ASCII) y un puerto Modbus Plus que por sus condiciones es ideal para redes locales; soporta 64 nodos como máximo. Por sus características, cada puerto serial acepta los estándares RS-232 y RS-485 y se pueden comunicar entre si por dispositivos en el mismo puerto; con dispositivos en otro puerto serial del mismo Bridge/Multiplexer; o con nodos distribuidos por las redes de Modbus Plus, y con dispositivos de otros puertos seriales de otro Bridge/Multiplexer por Modbus plus. Es alimentado con 110 V AC.

Para el proyecto se necesita, que a través de sus puertos se comuniquen ambos DCS, es decir, que se tendrá que usar un puerto Modbus RTU de este dispositivo para poder interpretar la información plasmada en el PLC y el puerto Modbus plus para la comunicación en el otro punto. El proceso de puesta en marcha, debe utilizar para la aplicación uno de los puertos seriales del Bridge Multiplexer, que se encargará de conectar con el PLC MODICON que comunica se comunica con el convertidor de interfaz RS-422 a RS-232, y otro con el MODEM de fibra óptica que se comunicará con el subsistema de la estación ODC. Los puertos que se usarán tienen que configurarse de acuerdo al punto de donde proceda la información. Estos pueden ser maestros, esclavos, esclavos de una red o como maestro silencioso en una red. Y como no se cuenta con una red local para este proyecto solo interesan las dos primeras opciones.

Se asignó el puerto 1 del Bridge Multiplexer como maestro; este servirá para una futura conexión. Para determinar estas especificaciones es necesario entrar a la configuración de Bridge Multiplexer; para esto, hay que modificar el sistema de switches que se encuentra en la parte posterior y pasarlo a una posición de configuración.

En el panel de switches existe uno de éstos para los puertos Modbus y otro para el puerto Modbus Plus. Cada juego consta de 8 microswitches. En el puerto de configuración Modbus, cada microswitch tiene la siguiente función: el primero, es el que determina si el bridge esta en modo de configuración o modo normal. Los micros 2 y 3 determinan cual será el puerto base para la configuración; el 4 y 5, determinan físicamente la rata de baudios; 6 y 7, la paridad, y 8 el bit de parada. El otro juego de microswitches se configura simulando la dirección que se asignó al PLC en el MODSOFT, de tal forma que por este punto se pueda realizar de manera alternativa la comunicación. Después de ser ubicado el juego de switches en la posición de configuración, será necesario la conexión de un computador con puerto serial al Bridge Multiplexer; para la conexión se dispondrá de un cable RS-232 con una configuración igual a la que se usó para las pruebas del PC CONFIG, exceptuando, que la conexión para esta ocasión es entre conectores DB-9; por la cual se tiene que reflejar todos los puntos del DB-25 al DB-9.

Para visualizar y configurar por software es necesaria la herramienta de *Windows HyperTerminal*, que es un programa de comunicación que describe en una ventana los ítems cambiables dentro del Bridge Multiplexer. Cuando se ejecuta el programa hay que designarle un nombre a la comunicación, luego se determina por qué puerto físico se va a realizar el enlace; para este caso no interesa el país, ni el código de área, ni el numero telefónico. En la siguiente ventana se muestra la rata en baudio, la cantidad de bits de datos, la paridad, el bit de parada y el control de flujo que se realiza escogiendo la opción hardware. Todo esto, es solo para la

comunicación entre el PC y el Bridge. Los ítems deben coincidir con los del microswitch del Bridge.

Cuando se realicen todos estos pasos, debe estar apagado el bridge/Multiplexer, este solo será encendido cuando el HyperTerminal se haya ejecutado completamente. En esta nueva ventana, saldrán el tipo de puerto, la dirección del esclavo, la rata de baudios de cada puerto, los bits de parada, la paridad, el tipo de Modbus, la prioridad de cada puerto y el tiempo de espera. La segunda ventana muestra la información del mapa de direcciones de Modbus en una tabla que va desde la número 1 hasta la 32, y la tercera ventana muestra la tabla del número 33 al 64. En estas dos últimas ventanas se establece el número de la tabla donde se realizará la comunicación, la dirección Modbus y cinco bytes de enrutamiento que definen la distribución de la información en Modbus por los puertos del dispositivo. El primero de los cinco bytes configura el nodo de la red local del Modbus Plus, el segundo significa el enrutamiento a un dispositivo esclavo dentro del mismo Bridge Multiplexer, los tres restantes son tratados en redes locales y no son de interés para este proyecto. Con estos parámetros se configuran los puertos de acuerdo a las necesidades del trabajo que se esta realizando.

Para el proyecto se necesita conectar un PLC como esclavo, y como los puertos del Bridge se establecen dependiendo del dispositivo externo al cual se conecta, entonces, se debe usar solo uno de los puertos como esclavo, si se desea conectar mas sistemas al bridge. De lo contrario, la comunicación con el DCS se conecta directamente con el PLC. Para la interconexión se escogió el puerto Modbus plus del Bridge. Cuando se inicia la comunicación por el DCS de la estación Coveñas DOL, se recibe por el puerto Modbus Plus del Bridge/Multiplexer. Este tipo de puerto soporta el protocolo Modbus plus, que es una version mas avanzada que el Modbus RTU, es ideal para redes Modbus por

su gran capacidad. Este puerto distribuye de manera simultánea toda la información del mensaje, siempre y cuando se configuren los puertos seriales Modbus restantes para recibir el mensaje. En el puerto Modbus plus, se conecta el PLC Modicon que tiene la opción de colocar en sus respectivas tablas de memoria, la información distribuida por el DCS maestro a los elementos esclavos que le interesen.

Dentro del PLC, los datos varían conforme a la tasa de escaneo escogida en el PC CONFIG del Advant OCS y son transformados también de manera simultánea al protocolo Modbus plus, ya sea en un mapa de memoria igual o distinto al del Modbus RTU. Por lo tanto el puerto Modbus Plus comparte esta misma información a otros dispositivos que tengan este protocolo.

Para el proyecto, se conectaron los puertos Modbus Plus tanto del Bridge/Multiplexer, como del PLC para la conexión de un sistema y para la posible conexión de otro sistema remoto.

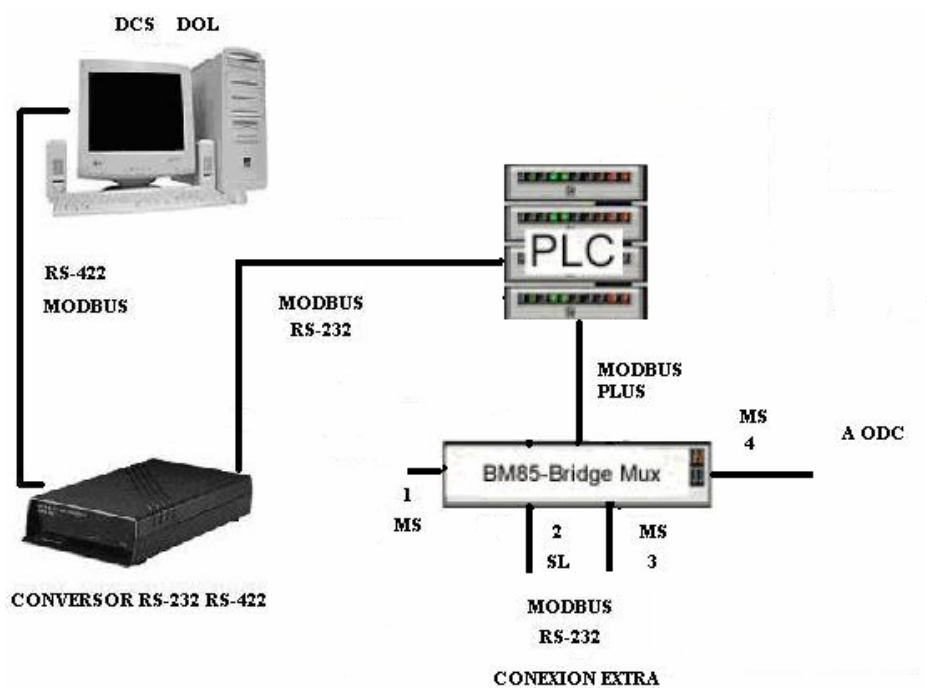
Teniendo listo el PC CONFIG del controlador de la estación DOL, ya es posible direccionar la información al PLC esclavo. Los puertos restantes se configuraron como maestros, se escogió los puertos 3 y 4 como puntos donde se conectará el otro DCS. Al puerto 3 fue necesario configurarlo para que se comuniquen con el puerto 2, que es el esclavo que contiene la información de los mapas de memoria del PLC, y el puerto 4, con la información en Modbus plus de la conexión.

Esta configuración se hizo en el software y se designó el primer ítem de la tabla de configuraciones de la segunda ventana con la dirección modbus 1 y el segundo byte en 2 de los cinco bytes restantes del mapa de memoria del Bridge Multiplexer. Con esta asignación se asegura que los datos transmitidos correspondan con los del DCS de la estación Coveñas DOL. El otro puerto queda

para la futura conexión. En el anexo A, se muestra la configuración realizada en el Hyperterminal de Windows.

El conexionado final del proyecto en la estación coveñas DOL se muestra a continuación con todos los dispositivos que intervienen en el proceso:

Figura 10. Conexionado Final Para la Comunicación Entre los Dos DCS's.



4. CONFIGURACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Las señales recibidas y mencionadas en el capítulo 3 y el Anexo E son modificadas por un completo paquete de software para su configuración en el sistema Advant OCS. Esta configuración es realizada con las herramientas especiales del Advabuilt* (Structure Builder y el Display Builder).

El sistema Advant OCS con Mod 300 puede considerar 10 comandos de lectura/escritura por segundo o 250 palabras por segundo, de las cuales pueden ajustarse 125 para señales análogas y 125 para digitales. Todas estas señales tienen que ser procesadas por primera vez en la configuración de parámetros de la base de datos.

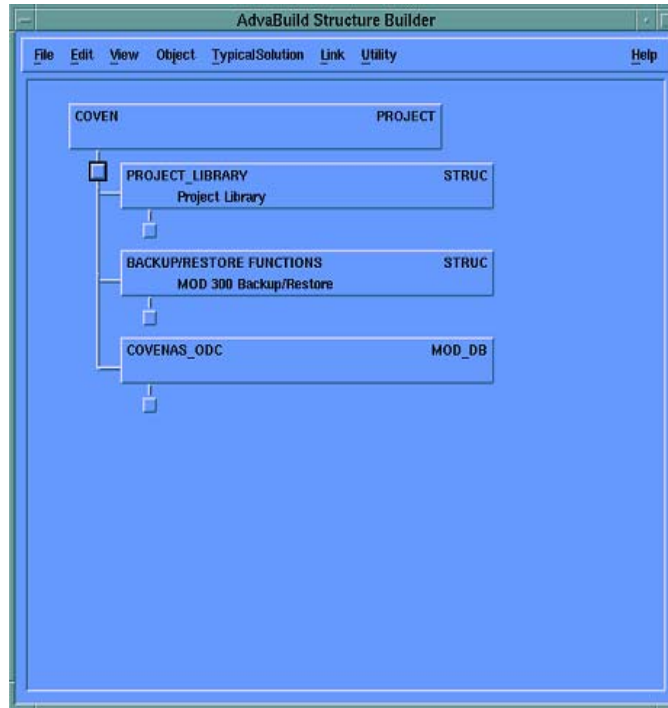
Para iniciar esta configuración, se ejecuta el *stb* (*Structure Builder*). Este programa se busca, ingresando al *Main Menu* del sistema Advant OCS; estando ubicado, se ejecuta la función *External Applications*, y dentro de este ítem, se ejecuta el *stb*.

Dentro del *stb*, que comúnmente se le denomina la base de datos de sistema, se presiona *Open* en la parte superior izquierda y se ingresa el *Username* y el *Password* asignado por el diseñador. Después de haber realizado todos estos pasos, aparece todo el sistema en forma de raíz, mostrando todos los subsistemas y todo por lo que esta compuesto cada uno de estos. En la siguiente página, se muestra la estructura y jerarquía en forma de raíz del DCS, donde se realiza la configuración. De la raíz, solo interesa por el momento, el elemento que se usa para configurar un PLC o el puerto para los subsistema antiguos.

*ADVABUILD: software para la configuración de las señales.

Para el caso de nuestra aplicación en la que solo se configurará un subsistema Multibus, solo interesa parte de la raíz mostrada en la figura.

Figura 11. Base de Datos da la Estación ODC.

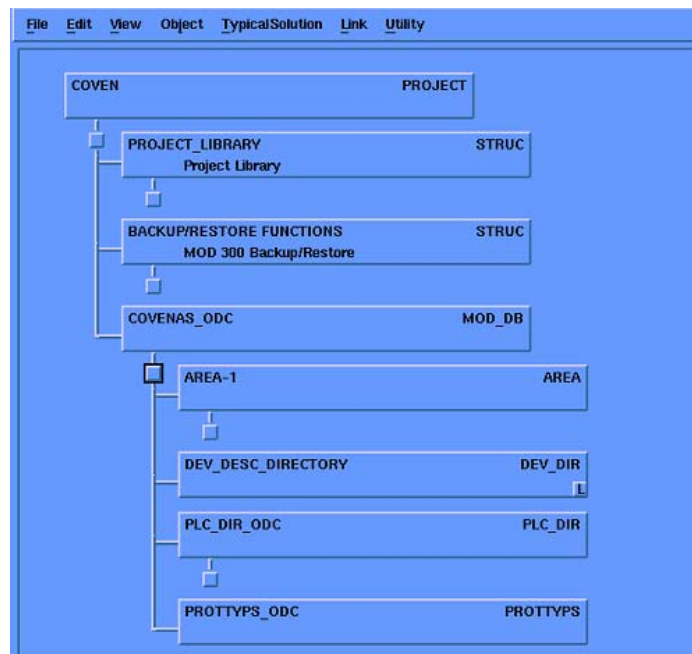


Fuente: Software Structure Builder Advant OCS.

Cuando se abre la base de datos del sistema de la estación ODC, se muestran tres elementos en los que se subdivide la estación. Entre estos, sobresale el *PROJECT LIBRARY*, donde se almacenan todos los ejemplos y herramientas del sistema. El *BACKUP/ RESTORE FUNTIONS* es el respaldo paralelo a toda la base de datos de la estación, y la *COVEN_ODC*, que es en si toda la base de datos del DCS. En *COVEN_ODC* es donde se configuran las nuevas señales. Para empezar, primero, se ajusta el puerto PLC seleccionado. En este elemento aparecen cuatro nuevos ítem donde solo interesan la configuración de la lógica *AREA_1* y el *PLC_DIR_ODC*, que es el punto donde se configuran los puertos que

proceden de PLC's de todo el sistema. Dentro del subsistema seleccionado aparece el bloque *PUERTOS_1*, donde se asigna el número correspondiente dentro del panel de puertos del subsistema y el nombre del puerto.

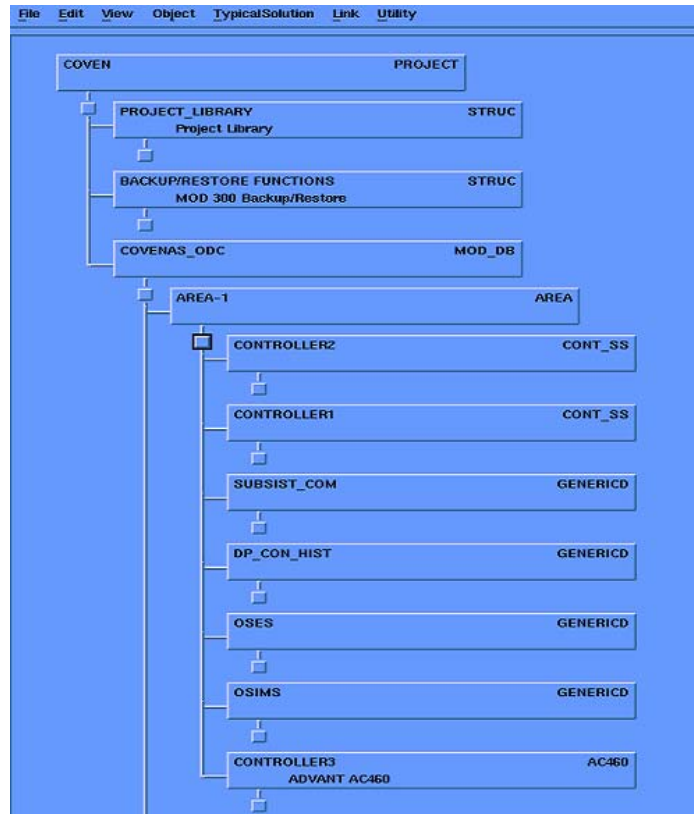
Figura 12. Raíz Base De Datos ODC.



Fuente: Fuente: Software Structure Builder Advant OCS.

En la configuración de la lógica es donde aparecen todos los subsistemas del sistema y dentro de este, se encuentra el subsistema *DP_COM _HIST*, que es el nodo donde se desarrolló la aplicación. Después de haber identificado los elementos a configurar, se procede a la modificación del puerto, en el *PLC_DIR_ODC* y después en el *PLC_MODBUS_ODC*, dando click sobre este elemento. En el *stb* se establece, dependiendo del tipo de señal, cada una de las variables que se transportaron desde la estación Coveñas DOL. Para configurar el puerto PLC, es necesario hacerlo coincidir con los parámetros del PC CONFIG.

Figura 13. Contenido de la Base de Datos ODC.



Fuente: Software Structure Builder Advant OCS.

Para la configuración de cada una de las señales se recurre a la configuración CCF y aplica para cada una de las señales que se trajeron en el desarrollo del proyecto. Esta configuración se muestra con más brevedad en el anexo A.

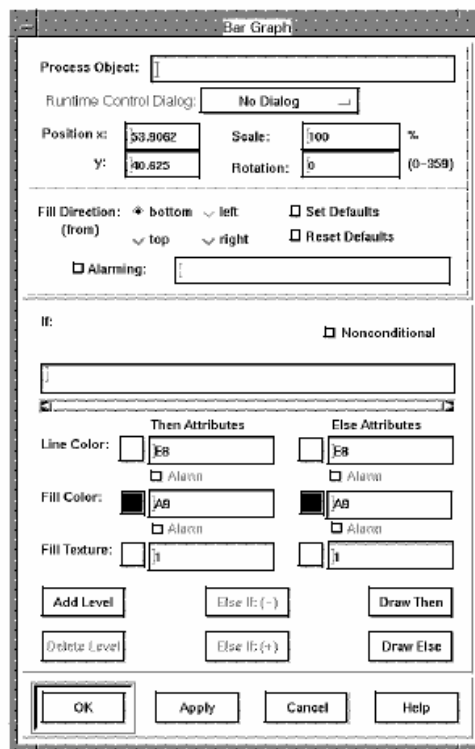
4.1 DISPLAY BUILDER.

El DISPLAY BUILDER es la herramienta para la configuración gráfica. Esta dispone de varias aplicaciones donde se realizan las alteraciones de las distintas señales que llegan al DCS. Para el proyecto se deben escoger todos aquellos elementos que sean indispensables para representar las señales análogas y digitales. Para continuar con el procedimiento es necesario seguir los pasos para ingresar al DISPLAY BUILDER, estos se observan en el anexo A, y después se

realiza la configuración en cada una de las ventanas que tiene disponible esta herramienta y que se muestran a continuación.

De estas características observadas, las más importantes son: la configuración de los elementos estáticos y dinámicos, el *runtime control dialog* y *process object*. Y cuando se selecciona una señal con características dinámico, aparece la siguiente ventana.

Figura 14. Cuadro de Dialogo de un Elemento Dinámico Para Una Señal Análoga.



Fuente: Manuales Advant OCS.

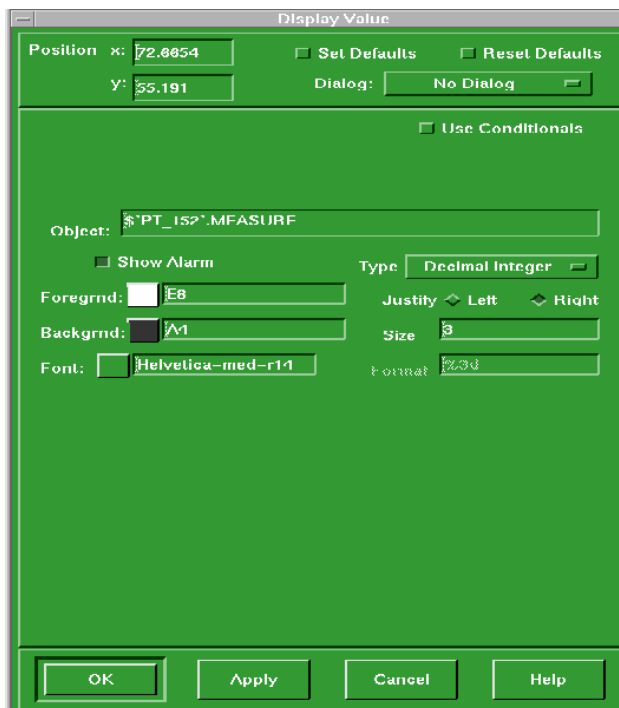
En este tipo de configuración siempre aparece un condicional, que es la indicación para que el objeto cambie. En este campo se establece si la información procedente de la señal asignada, está sujeta a cambios, usando como puntos de

comparación constantes, variables, signos mayor que, igual que, menor que, operaciones matemáticas, etc. este tipo de cuadro es asignado para variables análogas.

Para la representación de valores, por decir temperaturas, presiones, etc. se usa el siguiente cuadro de dialogo. El campo del Process Object, es escrito de la siguiente forma:

\$'NOMBRE DEL LAZO'.MEASURE

Figura 15. Configuración de Valores.

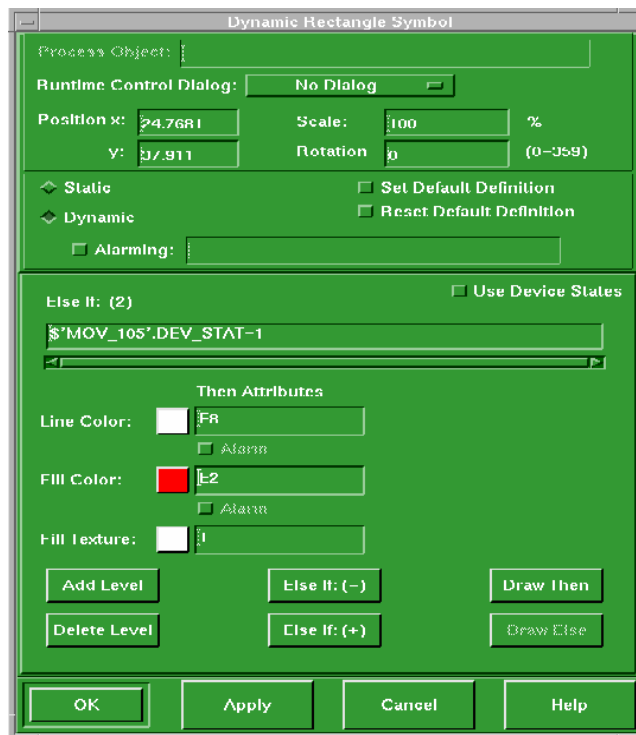


Fuente: Software Display Builder Advant OCS.

Para las señales digitales, contamos con el siguiente cuadro de información:

En la siguiente figura se aprecian los distintos estados que fueron asignados en el CCF para cada uno de los bits que conforman la información de una señal. Por ejemplo, si una válvula está en apertura y el bit correspondiente a la información de la señal se encuentra por decir en 1, dentro del CCF, y el Display Builder está representado por un número entero, por decir 2, se realizará la comparación de la siguiente manera: si el comando es de cierre, la lógica determina que el comando es diferente de dos y por lo tanto, la tabla de colores establecida en los condicionales, asigna el color correspondiente para este tipo de cambio. Todas las condiciones son aplicadas, oprimiendo cada vez que se requiera una; o dependiendo del número de estados, se oprime el botón *Apply* en la parte inferior de la pantalla.

Figura 16. Cuadro de Dialogo de Objetos Dinámicos para Variables Digitales.



Fuente: Software Display Builder Advant OCS..

El campo correspondiente al Process Object se configura de la siguiente manera, como ejemplo:

\$'PUMP1'.DEV_STAT

Por condiciones ya establecidas en el Terminal, los colores para la apertura y cierre de determinado elemento son rojo y verde respectivamente, contrario a lo normal de este Standard.

Después de finalizada la configuración gráfica, es necesario convertir el nuevo diseño. Esto se hace primero que todo, salvando, y luego en el mismo campo de la barra de herramientas *File*, exactamente, se selecciona *Convert*. Esto tarda varios minutos.

Se puede realizar este procedimiento por otra ruta después de haber salvado en el *Display Builder*. Por *External Applications*, en la sección *DisplayConverter*, se busca el nuevo grafico y se la da convertir. Luego en Main Menú del Advant OCS se ingresa al campo que dice *Installer*.

A partir de esto se puede observar la nueva aplicación en el *User Graphics* del *Main Menú*, si este no fue asignado en un *OverView* (Area o grupo) especial.

4.2 REFLECTION X.

El diseño grafico actual, a pesar de tener una sencilla configuración, fue copiado en su totalidad de la base de datos del sistema Advant OCS de la estación Coveñas DOL. Este procedimiento se realizó mediante un software especializado, debido a que para copiar la información de una base de datos externa mediante las consolas, es necesario desenergizar el sistema, lo que resulta casi imposible,

porque es necesario parar la producción, y para lograr esto, se requieren de muchos permisos especiales que tardan mucho tiempo en su aprobación. Con el objetivo de evitar este tipo de procedimientos, se usó el software Reflection X, que ingresa a la base de datos que se encuentra cargada bajo un ambiente UNIX, por medio de la red LAN interna de la empresa.

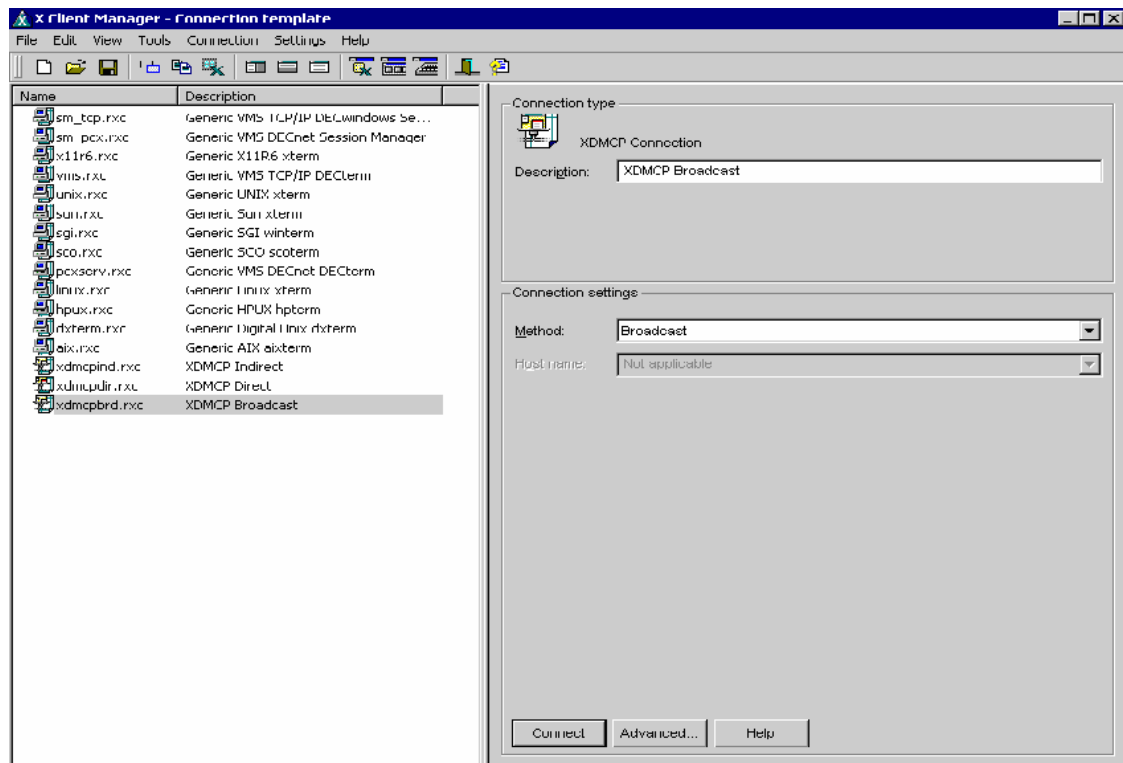
Este software permite por medio de la dirección IP asignada a la *AdvantStation*, ingresar, revisar y acceder a todo el contenido de la base de datos. El procedimiento consiste primero que todo en acceder a la ubicación de los gráficos de las señales que se importaron, estos aparecen en carpetas de manera similar al explorador de Windows de Microsoft con varios archivos diferenciados en su extensión.

El programa fue diseñado principalmente para observar los procesos en las X-Terminal adjuntas al sistema Advant OCS. Estas son consolas que funcionan bajo Windows y que tienen la particularidad de funcionar como un escritorio remoto (similar al NetMeeting del sistema operativo Windows). El programa corre solo configurando la resolución de la pantalla a 800 por 600 píxeles y a 16 bits en la calidad de color. Solo son aceptados como máximo dos X-Terminal por anillo al mismo tiempo y solo pueden ser configurados 8 PC's con este programa para ingresar al IP de determinada consola.

La información fue extraída de la base de datos de la estación DOL, en donde se encuentran ya configuradas las señales con los respectivos datos, y también tienen la información tanto del canal como de la lógica. Fueron copiados en Windows en la X-Terminal y luego pegados en la base de datos con la ruta apropiada y correspondiente para evitar errores.

La apariencia de la ventana principal del reflection X se muestra en la siguiente figura. Aquí se asignan los parámetros para la conexión, que dependen del tipo de método y del tipo de plataforma del sistema con el cual se hará la conexión.

Figura 17. Ventana Principal del Reflection X.

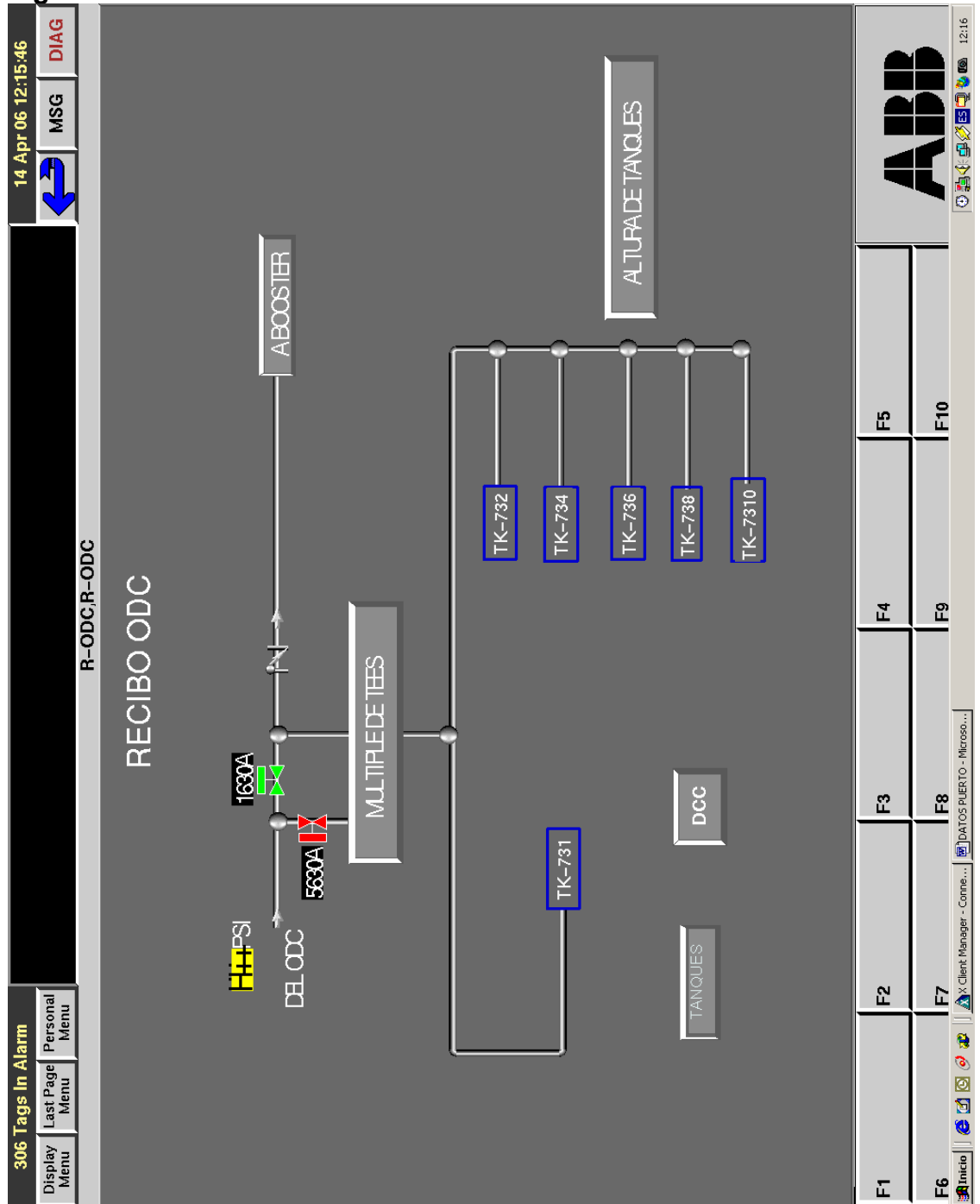


Fuente: Software Reflection X .

En la siguiente página se muestra el gráfico principal que contiene el proceso de transferencia de crudo entre las dos estaciones del Terminal petrolero de Coveñas. Este gráfico fue importado y fue configurado para realizar un posible control sobre este, pero por cuestiones de lógica de control no fue posible habilitarlo. No se contaba con la información de la lógica, ya que bajo la supervisión de esta, es cuando se permiten las operaciones para evitar caer en errores que puedan provocar emergencias en procesos que se están ejecutando. De este grafico, se puede hacer un control digital sobre cualquiera de las dos MOV's. Todo esto se determinó en consenso con los grupos de control e

instrumentación y con los operadores de ambas estaciones. En la siguiente figura se muestra RECIBO ODC.

Figura 18. RECIBO ODC.



Fuente: Software Advant OCS.

En este gráfico se observa parte del proceso, pero resalta las dos válvulas principales para la comunicación con el ODC. La MOV-1630A esta comunicada con las bombas Booster eléctricas para el bombeo directo a la Refinería de Cartagena. La MOV-5630A es la entrada a la estación Coveñas DOL, primero ingresa a un múltiple de válvulas llamado múltiple de Tees que se encarga de alinear un tanque para el recibo del producto.

Además se observan los DISPLAY LINK mencionados, los CONTROL TARGET para los cuadros de los tanques (se resaltan el los sobrepasos) y los estados de las válvulas en ese momento.

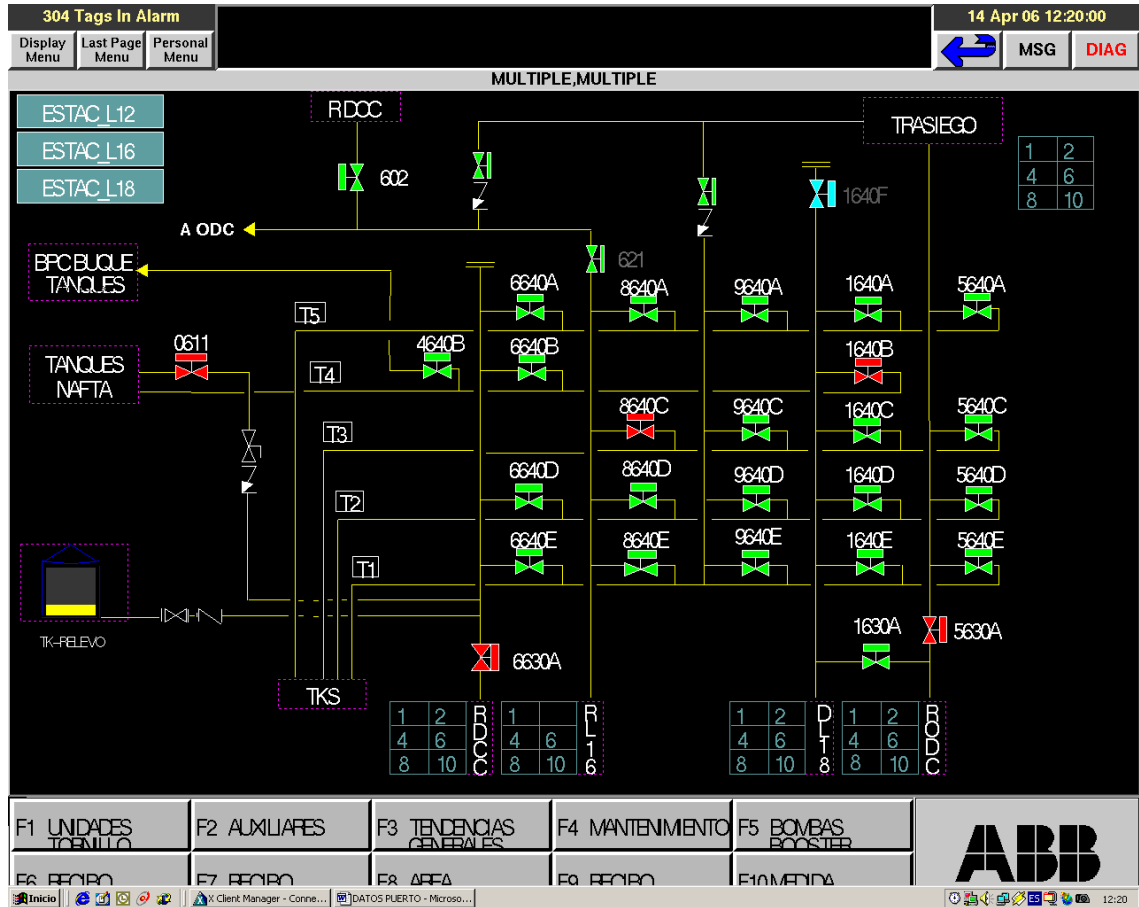
Este gráfico fue copiado después de instalado y ejecutado en la estación ODC por medio del Reflection X.

Se pueden observar que hay objetos dinámicos y estáticos, lo mismo que pequeños recuadros que se encargan de vincular con el grafico mostrado con su texto.

Algunos datos e información en los gráficos no son reales, esta información es mostrada de los datos conseguidos cuando se realizó la copia de la base de datos de la planta DOL.

A continuación se muestran algunos de los gráficos seleccionados en la configuración de la aplicación.

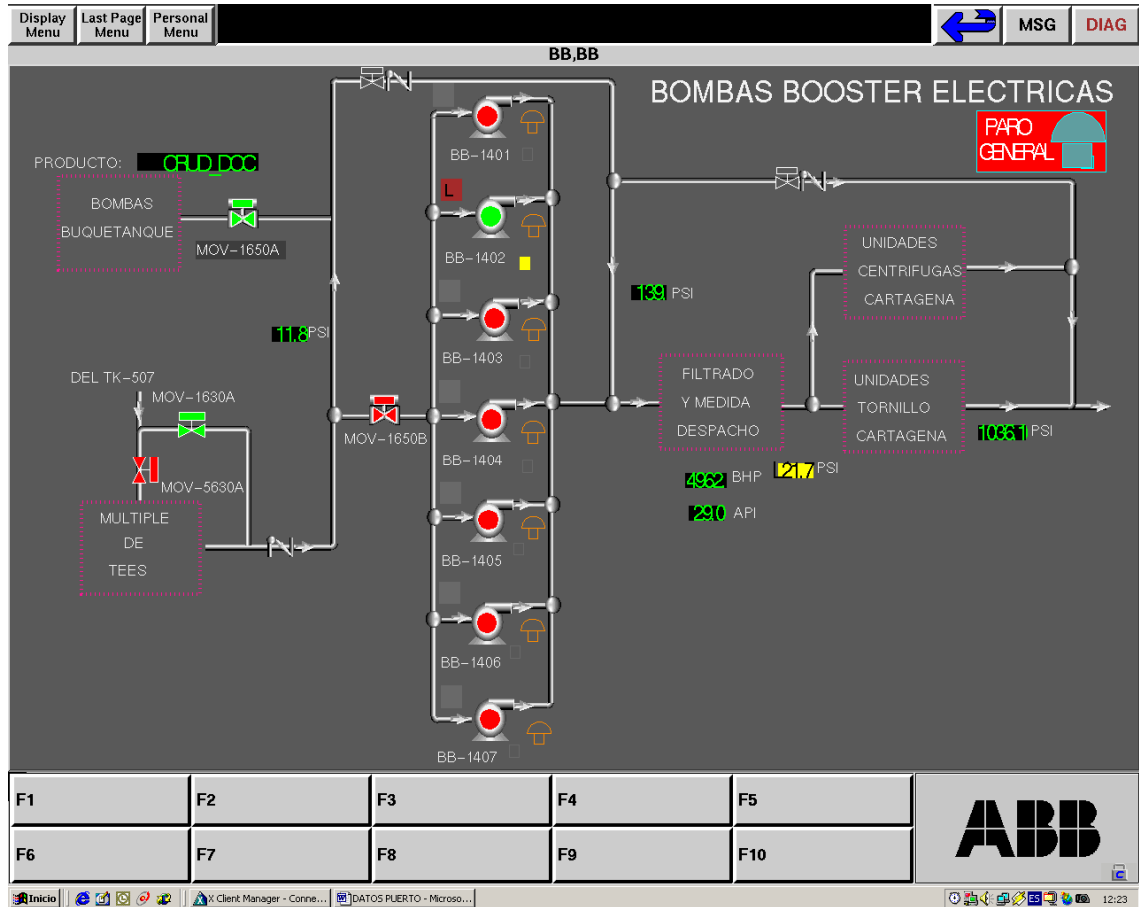
Figura 19. Múltiple de Tees.



Fuente: Software Advant OCS

Este gráfico representa un sector de la estación donde se encuentran todas las válvulas que distribuyen el crudo, el combustoleo o la nafta a los diferentes tanques de la estación. En la parte inferior se indica que los gráficos pueden ser llamados con las teclas especiales.

Figura 20. Bombas Booster Eléctricas.



Fuente: Software Advant OCS

En este grafico se monitorea el estado de las bombas que suministran el crudo o los otros productos a la refinería de Cartagena. Los datos de señales análogos no son reales. No fueron configurados por no tener datos de ellos y por tal razón tienen los datos de cuando se copiaron. En el anexo F se muestran otros gráficos configurados

CONCLUSIONES

La interconexión de los dos sistemas de control de las estaciones DOL y ODC del Terminal marítimo de Coveñas, han generado dentro del personal de operaciones del Oleoducto de Colombia, un nuevo reto en vista a los nuevos cambios que se aproximan. Con la nueva visualización, ellos tienen un pie adelante, en pro de la futura integración, generándole a la empresa un ahorro extra, tanto en tiempo como en dinero. De la operación conjunta, es posible tener diagnóstico en ambos lugares de los procesos y es posible también la supervisión desde el nuevo punto en caso de fallas en las Workstation de la estación que lo genera.

Los sistemas de control distribuido, son la solución para la industria de procesos. Por sus condiciones, es posible hacer la operación de una planta o estación desde un solo punto de supervisión, proporcionando dentro del personal encargado de la operación un sitio único de responsabilidad, facilitándole así su trabajo rutinario y previniendo acciones que puedan provocar fallas en los procesos cuando estos no son gobernados para una lógica preestablecida.

Con el desarrollo de esta aplicación, muy enriquecedora desde el punto de vista académico, se adquieren conocimientos esenciales para la configuración y mantenimiento de este tipo sistemas industriales de alta cobertura y abiertos en lo referente a protocolos. Por sus características, los que trabajan sobre ella, se enfrentan al reto que tiene más viabilidad en la integración del control de procesos industriales.

Además del uso de los sistemas de control distribuido, se adquirió conocimientos específicos en el manejo de los medios de comunicación más comunes, trabajando con detalles la fibra óptica, asimilando con un poco más de profundidad su diagnóstico y funcionamiento. También se dispuso de la utilización de varios

protocolos de comunicación, en especial el Modbus, que ofrece facilidad de configuración, versatilidad y velocidad. Y que a pesar del tiempo que tiene en servicio sigue siendo el más práctico y el de más utilización.

Se contó con un dispositivo bastante práctico, para comunicaciones Modbus adicionales: El Bridge Multiplexer, que es un elemento capaz de distribuir a través de sus puertos los registros Modbus procedentes de un punto específico. Función que era exclusiva de una red de PLC's o del protocolo Modbus Plus.

Para la configuración de la señales en la base de datos (*stb*), es necesario establecer premeditadamente sus limitaciones, con esto se hace referencia a los topes de conteo de las variables análogas que se muestran en los gráficos. Estos topes se determinan llevando las señales a los valores máximos y mínimos asignados, esto se hace con el fin de establecer las alarmas de las nuevas señales.

La experiencia de participar en la industria, permite a sus nuevos integrantes asimilar y con el tiempo, adquirir la experiencia para tener criterio de decisión en el desarrollo de nuevas tecnologías y nuevas soluciones a los problemas actuales de la automatización industrial.

RECOMENDACIONES.

Para entablar una comunicación entre dos sistemas de control distribuido, que permita el control y la supervisión de señales y se tenga acceso tanto de la lógica como de la operación del proceso, es recomendable de manera mas que eficiente la extensión de anillo DCN que se entrelaza entre todos los subsistemas del DCS. Mediante este tipo de conexión se ahorra toda la configuración realizada en este resumen, pero con costos muchísimo mas elevados de inversión y mucho más personal para su instalación.

Si solo se desea monitorear un proceso, es recomendable la aplicación realizada, pero esta se puede hacer de manera mas simple adquiriendo un PLC con dos puertos Modbus (RTU ó ASCII), en vez del elemento que actualmente se está usando. Pero si se pretende en el futuro interconectar un modo de supervisión adicional en otra estación, es recomendable tener presente la configuración realizada.

Cuando se comiencen a realizar pruebas para la simulación del Modbus en los distintos subsistemas de esta clase de DCS, es aconsejable no descartar diferentes configuraciones para los cables, tanto para el Standard RS-232, como para RS-422. Todo esto para evitar caer en pequeñas complicaciones de conexión que hacen pensar en fallas en otros campos de la aplicación.

Con un simple PLC no es posible procesar los cientos de señales que administra un sistema de control distribuido DCS. Estos no cuentan con sistema que le proporcione un almacenamiento de la información, que les haga ver los requisitos de los procesos actuales para evitar errores en la operación. Todo esto es posible en una conexión con el anillo del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS.

Balcells Sendra, Josep & Romeral, José Luís., “Autómatas Programables”, Editorial Marcombo, Primera Edición.

Comer Douglas E., “Redes de Computadoras, Internet e Interredes” Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, Primera Edición.

Creus Solé, Antonio., “Control de Procesos Industriales. Criterios de Implantacion”, Editorial Alfaomega, Primera Edición.

MANUALES

Asea Brown Boveri – ABB. “Product Guide, MOD 300 System“. MOD 300 System. Process Automations. 1993.

Asea Brown Boveri – ABB. “SC Controller User’s Guide“. MOD 300 System. Process Automations. 1993.

Asea Brown Boveri – ABB. “Subsystem Status and Diagnostics“. MOD 300 System. Process Automations. 1993.

Asea Brown Boveri – ABB. “Advant OCS with MOD 300 Software “.by Advant OCS with MOD 300 Software 2003 ABB Inc.

Asea Brown Boveri – ABB. “Advant Station 520/B2600” by Advant OCS with MOD 300 Software ABB Inc. 2003.

Asea Brown Boveri – ABB. “PC Templet Generator User’s Guide” by Advant OCS with MOD 300 Software ABB Inc. 2003.

Asea Brown Boveri – ABB. “AdvaBuild 2.9/1 Basic Functions User’s Guide” by Advant OCS with MOD 300 Software ABB Inc. 2003.

Asea Brown Boveri – ABB.” AdvaBuild 2.7/3 and 2.9/x Display Builder User’s Guide” by Advant OCS with MOD 300 Software ABB Inc. 2003.

Asea Brown Boveri – ABB. “Advant Programmable Controller Interface User’s Guide” by Advant OCS with MOD 300 Software ABB Inc. 2003.

Black Box Corporation. “RS-232 ↔ RS-422 Interface Converter User Guide” 2003.

Groupe Schneider “Modicon Modbus Plus Network BM85 Bridge Multiplexer User’s Guide” 890 USE 103 00. 1993.

Groupe Schneider. “Modsoft Programmer User Manual” 890 USE 115 00 Version 2.6 1997.

Groupe Schneider. ”Modicon A120 Series I/O Modules User Guide” 890 USE 109 00 Version 4.0. March 2003.

ANEXOS

ANEXO A. CONFIGURACIÓN ADVANT OCS Y CONFIGURACION DEL PLC.

A.1 Configuración CCF.

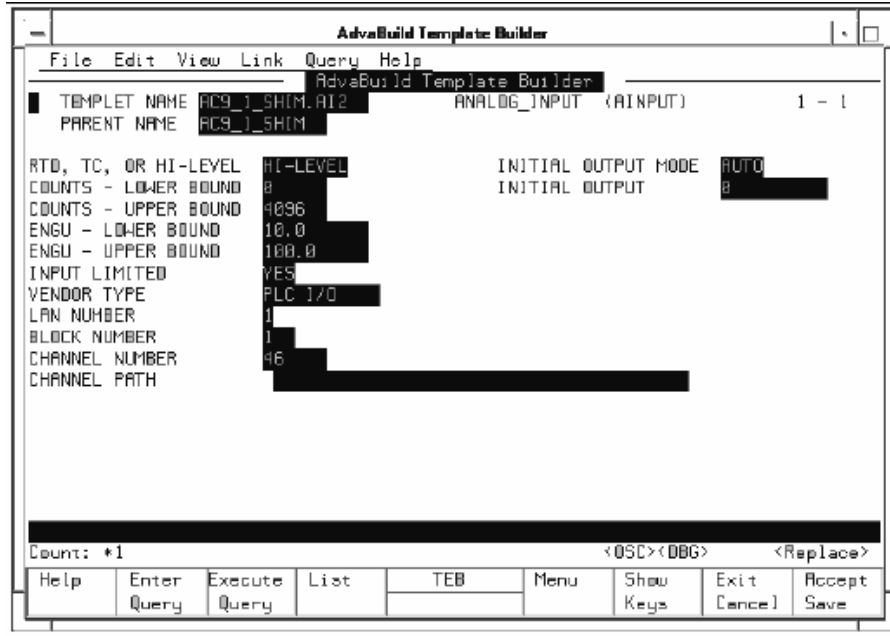
Luego de haber configurado el puerto en la base de datos del sistema, se pone en marcha la configuración de cada señal. Esta información es única para cada señal y el bloque donde se manipula la información es diferente tanto para las señales análogas y las señales digitales. Estando en la última ventana de configuración del puerto, se finaliza la interpretación de un nuevo de un PLC.

Se retorna y se ubica nuevamente en el subsistema DP_COM_HIST, mas exactamente en el bloque que corresponde a su raíz; se procede a la selección de cada señal ubicándose encima, después, mirar a la parte superior donde dice EDIT; dentro de este escogemos INSERT, y dependiendo del tipo de señal se selecciona las opciones AINPUT (LOOP_DEF) para las entradas análogas ó DEVICE LOOP para las acciones digitales.

Cuando se ejecuta una de estas opciones, se configura en la ventana respectiva el rango de operación de la señal y el canal, que en Modbus se asignó para entrar en el Advant OCS de señales análogas. Todas las señales, por lo general, se ubican en una subraiz del subsistema, dedicada en exclusiva para los *DEVICE LOOP*, *LOOP_DEF* y *CTRL_BLOCK* que conforman una configuración de lógica CCF. Los lazos o *LOOP_DEF* necesitan de varias ventanas, porque es necesario establecer dentro de este, todos los elementos que implican cambios para la realización de una lógica de control compleja. Para nuestra aplicación, solo se usó el bloque de configuración de una señal simple análoga y el *DEVICE LOOP* para las señales digitales.

En la siguiente figura se muestra la ventana para configurar un bloque AINPUT, se observan los datos a insertar uno por uno.

Figura 21. Configuración de una Señal Sencilla Análoga FCM.



Fuente: Manuales Advant OCS.

En esta ventana se determina el tipo de entrada (RTD'S, Termocuplas, niveles, etc.); los niveles de conteo (por bajo y por alto), estos son establecidos realizando los topes máximos y mínimos físicamente con que funcionan estas señales; los valores máximos y mínimos en unidades de ingeniería; el canal correspondiente, siguiendo el mismo orden del PC CONFIG; la red LAN de PLC's si esta existe; el dispositivo de donde procede la información. etc.

La unidades de ingeniería se obtienen mediante la siguiente formula:

$$EU = \frac{(C - LC)(HU - LU)}{(HC - LC)} + LU$$

EU → Unidades de ingeniería.

C → Conteo para un canal específico.

LC → Limite bajo de conteo.

HU → Limite alto de unidades de ingeniería.

LU → Limite bajo de unidades de ingeniería.

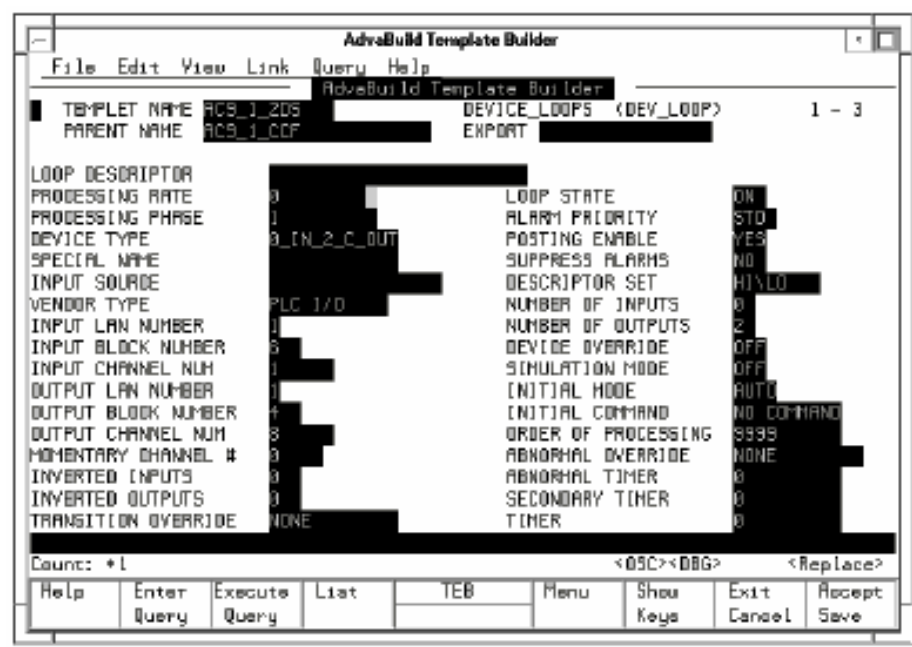
HC → Limite alto de conteo.

El conteo depende de cada canal y representa el valor asignado por el PLC en la comunicación con el DCS. A cada señal análoga se le hizo un tratamiento similar estableciendo los límites de conteo, simulando los límites máximos y mínimos.

Los otros elementos insertados son los *DEVICE LOOPS* para las señales digitales. En este recuadro no aparece un bloque como en la configuración de las señales análogas, sino, que aparece un listado con los términos en que se configuró cada señal discreta.

En la siguiente figura aparecen con más detalles los campos necesarios para la configuración.

Figura 22. Configuración de una Señal Digital.



Fuente: Manuales Advant OCS.

Para todos los estados y comandos digitales se configura, entre otros, los siguientes parámetros: El nombre de la señal (se denota en el Loop Descriptor), una breve descripción de la señal, la rata de procesamiento, la fase de procesamiento si existe, el tipo de señal que para la aplicación se designa un nombre abreviado especificando en su ultima letra si es una señal de entrada o de salida, el tipo de dispositivo que para la aplicación es un PLC I/O, el canal de entrada asignado en el PC CONFIG haciendo una analogía secuencial con las tablas de señales numero 1 y del anexo E y canal de salida, las alarmas si se decide a mostrarlas, etc.

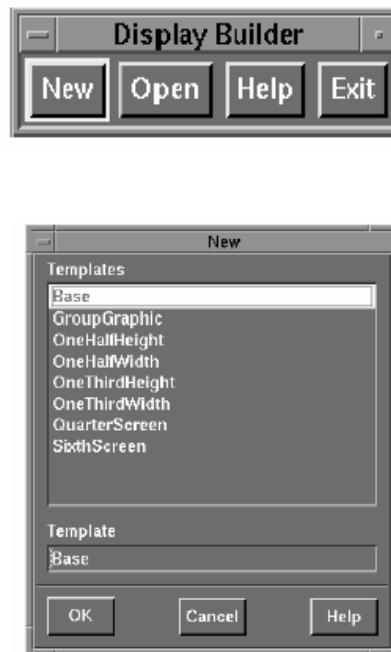
Para los bits de salida, en el control digital de la señal de determinado canal, se realiza un procedimiento similar; esta información es proporcionada de manera semejante, pero no fue finalmente aplicada por no tener una lógica de control establecida en la base de datos del Advant OCS de la estación ODC. En los procesos de determinada planta siempre existe una lógica base para impedir que ciertos movimientos alteren una operación específica, por tal razón, el control de apertura y cierre de las válvulas que intervienen en los procesos compartidos por las dos estaciones no se aceptaron, pero quedó programado y deshabilitado.

Al finalizar de configurar cada señal, se ubica nuevamente el campo correspondiente al subsistema y desde este punto se compila, se convierte e instala toda la información, ingresando al menu que se encuentra en la parte superior en *OBJECT*, *SPECIAL COMMAND* y por ultimo *LOOP LOAD*. Después de seleccionar señal por señal y configurar su entrada, se procede a la diseño grafico de cada grupo, usando la herramienta *DISPLAY BUILDER*.

A.2 DISPLAY BUILDER.

Esta herramienta corre estando todo en funcionamiento y sin ningún peligro de alteración de la base de información. Para ingresar se oprime click en el MAIN MENU, después en EXTERNAL APPLICATIONS y por ultimo en DISPLAY BUILDER. Se abre una pequeña ventana donde se selecciona la opción que se desee.

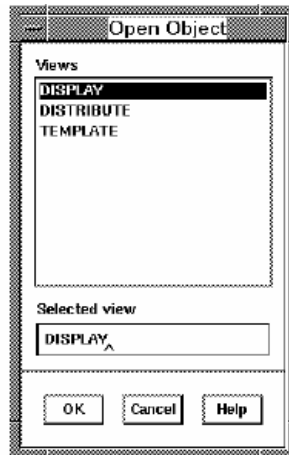
Figura 23. *DISPLAY BUILDER* y La Opción *NEW*.



Fuente: Software Display Builder Advant OCS.

Si existe un grafico y quiere ser modificado, se oprime la opción OPEN, sino, NEW. La opción NEW muestra la segunda ventana de la figura 22, en esta, se selecciona Base para una configuración más sencilla. Cuando se abre algún archivo se observa la siguiente ventana.

Figura 24. OPEN OBJECT.



Aquí se muestran las distintas carpetas que tienen los gráficos y se selecciona la que se necesite modificar. El *DISPLAY BUILDER* tiene un ambiente bastante parecido a los programas tradicionales de diseño gráfico de Windows (Paint, Corel Draw, etc.), donde cada una de sus ventanas muestran las herramientas más prácticas, con una gran gama de gráficos básicos indispensables para la aplicación necesaria.

Este software tiene entre sus herramientas, elementos importantes que muestran el dinamismo de los gráficos si la aplicación lo amerita, lo mismo que elementos estáticos que figuran como representaciones reales de los procesos de campo.

Para el caso de la figura anterior, si se selecciona *DISPLAY*, aparecen todos los elementos gráficos proporcionados por el sistema Advant OCS. Todos estos gráficos se pueden copiar y transformar para procedimientos donde se requieran elementos estáticos y dinámicos. Todo esto viene acompañado de una ventana cuadrículada completamente vacía, llamada *Workspace*, donde se representan los nuevos gráficos.

Una vez asignado el elemento en el *Workspace*, se le pueden dar atributos ubicándose encima de este, o por medio del *Display Element Attributes*. En este punto se determina si elemento es dinámico o es estático y se establecen los colores para ejemplarizar los estados. Por ejemplo, existe un espacio especial para llamar por medio del nombre asignado a cada señal en la configuración de los *DEVICE LOOPS* y bloques *FCM* análogos. Es en este punto donde se establece el estado actual del parámetro.

En el campo de *DISPLAY ELEMENT PALETTE* se encuentran los gráficos prediseñados dinámicos y estáticos. A partir de estos nuevos elementos se realizan la mayoría de los procesos, por ejemplo, si se quiere seleccionar un gráfico, aquí se muestran entre otros elementos, filtros, gráficos dinámicos, calderas, mezcladores, separadores, actuadores, válvulas, etc. y a partir de cada uno de estos, las distintas configuraciones en que se representan.

En el *DISPLAY ELEMENT PALETTE* se encuentra el campo donde se configura una barra dinámica. En el *Display Value And Graphs Palette* se asignan las barras, más que todo para el nivel de los tanques, porcentajes de apertura, y en general, variables análogas. En el cuadro de diálogo correspondiente se establece la forma en que se incrementará o decrecerá la barra, el color, las alarmas, los límites y su respectiva variación en colores.

Adicionalmente, en el *DISPLAY ELEMENT PALETTE*, se configura una pequeña caja de dialogo llamada *DISPLAY VALUE*, donde se muestra el valor constante o variable de una señal específica, introduciendo simplemente el Process Object.

De manera general, la caja de dialogo, que establece los atributos de una señal, esta conformada por las siguientes características:

- Process Object: Nombre de la señal (Según CCF).
- Runtime Control Dialog: Depende del elemento que se escoja puede tener o no tener Dialog, Control, asignar valor, linkear con otro grafico y enclavar un valor especifico.
- Dinámico o estático.
- La posición.
- La escala.
- La rotación.
- Los parámetros por defecto de objeto.
- El reset de los parámetros.
- Las alarmas.
- Los atributos del objeto.

A.3 CONFIGURACIÓN DE PUERTOS.

A continuación se muestra como se configuró el puerto físico del Advant OCS.

Todo se inicia determinando físicamente el puerto, tanto en el controlador de la estación DOL como en el de la estación ODC. Después de haber observado si hay alguno disponible, se procede a la configuración por software de este. Después, se selecciona el SYSTEM STATUS del sistema Advant OCS. El pantallazo correspondiente se obtiene ya sea pulsando la tecla que dice SYSTEM STATUS del teclado especial Advant o por medio del menú principal donde aparece esta opción. Estando en el SYSTEM STATUS (Figura 1) se observan todos los nodos pertenecientes al DCS y la clase de subsistema. Ahora se escoge, en nuestro caso el SC CONTROLLER CONTROLLER_1 de la estación Coveñas DOL. Dentro de este subsistema se observan todos los controladores que lo conforman y las redundancias que estos presentan, pero en los submenús que se ubican en la parte inferior izquierda de la pantalla, se accede a la configuración de los puertos seriales y a la de los TRIOS. Seguidamente, se selecciona el controlador donde

esta ubicado el puerto libre del CONTROLLER_1, después de marcado se escoge el puerto serial; en este campo se muestran todos los puertos seriales del controlador, donde se observa los configurados y aquellos que han sido usados pero no están en funcionamiento, lo mismo que aquellos que nunca han sido usados. Se ubica mediante el TrackBall en el puerto escogido para la interconexión, y dentro de este seleccionamos la opción de modificar que aparece en el menú inferior de la pantalla. En esta parte determinamos los siguientes parámetros:

- Nombre del puerto: DOL_ODC.
- Prioridad del PLC: PLC PRIMARY.
- Estado del puerto: ACTIVE OR DOWN.
- Velocidad de transmisión: 9600 Baudios.
- Numero de bits: 8 Bits.
- Paridad: None.
- Bit de parada: 1.
- Protocolo: Modbus.
- Tiempo de espera: 6 seg.

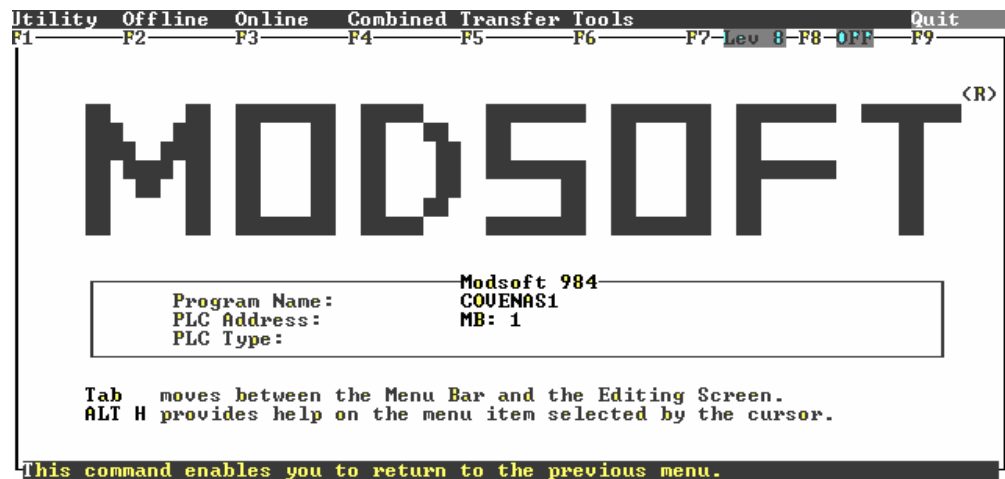
Al puerto se denominó "DOL_ODC", el protocolo es el Modbus, la velocidad es de 9600 baudio o bps, sin paridad, un bit de parada y trama de ocho bits. Se determinan estos parámetros siguiendo otras conexiones al DCS que funcionan bien con estas especificaciones. Estos datos se ingresa en una ventana similar a la de la figura 2.

A.4 CONFIGURACIÓN MODSOFT⁹.

El PLC AEGMODICON PC-984-154 maneja un software denominado Modsoft donde se realiza la configuración de la interconexión a nivel del PLC. Como fue mencionado anteriormente, este solo corre en sistema operativos inferiores al Windows 98 o con el parche para su respectiva simulación. Para la configuración es necesario desplazar el slide switch del hardware del PLC a la posición mem. En la siguientes figuras se observan los pasos para lograr la configuración.

En la siguiente pantalla se ingresa al menú principal, en esta ventana se muestran todos los detalles para una nueva configuración y para las que ya existen. En esta pantalla aparecen cargados los contenidos de la última configuración que se realizó en este Software.

Figura 25.Ventana Principal.



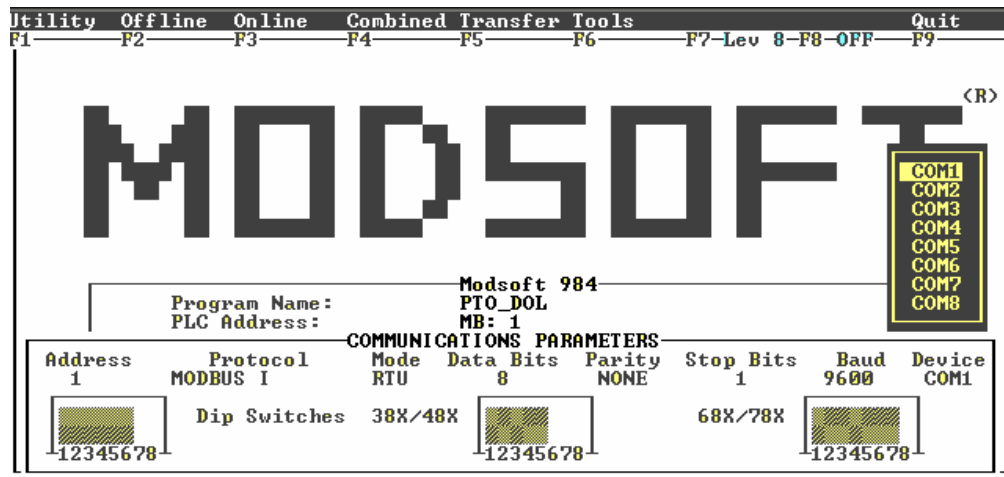
Fuente: Software MODSOFT.

Como el PLC se encuentra desenergizado, se procede a desplazar el cursor por medio de la tecla TAB y las teclas de direcciones hasta el Menú Offline del programa. En este menú se selecciona New Program para realizar la nueva configuración.

⁹MODICON, Modsoft Programmer User Manual. Julio 1997. Groupe Schneider.

En esta ventana se edita un nombre para la conexión, que para el caso, se denominó dol_odc, abreviado por los pocos caracteres disponibles para el nombre. Al presionar *ENTER* aparecen todos los campos para la edición de la interconexión.

Figura 26. Configuración de Parámetros.



Fuente: Software MODSOFT

Se designan los mismos parámetros editados en los dos DCS's, y se confirma el puerto virtual COM1 para la comunicación. Después de insertado los datos se muestra una ventana con un vistazo de toda la configuración realizada.

Figura 27. Datos de la configuración.

| Utility | OverView | I/OMap | Ports | Segmnts | Loadable | Cfg | Ext | Quit |
|--|----------|--------|--|---------|----------|----------|--------|------|
| F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7-Lev 8 | F8-OFF | F9 |
| CONFIGURATION OVERVIEW | | | | | | | | |
| PLC : PLC Type 984 - 385 Exec Pack 904 System Memory 4.0K Extended Memory K Redundant DCP Drop ID | | | Size of Full Logic Area 03107 No. of I/O Map Words 00015 | | | | | |
| Ranges : 0xxxx 000001 - 001536 1xxxx 100001 - 100512 3xxxx 300001 - 300048 4xxxx 400001 - 401872 4xxxx <-> SFC None | | | I/O : I/O Type 800 Number of Segments 1 IO Drops / Channel Pairs 1 I/O Modules 1 | | | | | |
| Dupl. Coils Start: 0----- 0xxxx <-> SFC None | | | Specials : Battery Coil 0----- Timer Register 4----- Time of Day Clock 4----- | | | | | |
| | | | ASCII: Number of Messages 0 Message Area Size 0 Number of ASCII Ports 0 Simple ASCII Output Simple ASCII Input | | | | | |
| I/O Map is the method which links the I/O modules to program logic. | | | | | | | | |

Fuente: Software MODSOFT

Al finalizar, se tecléa *Escape* para regresar al menú principal y salvar. Después de la configuración se envía el archivo al PLC, seleccionando *TRANSFER* en el menú principal y escogiendo el campo correspondiente a *FILE TO PLC*. Se verifica la conexión con el PLC a través de los cables con que se hicieron las pruebas.

Así se habilita el PLC para la interconexión.

A.5 CONFIGURACIÓN DE PUERTOS DEL BRIDGE MULTIPLEXER.

La configuración se realiza con el software Hyperterminal de Windows.

Figura 28. Ventana Principal en Conexión HyperTerminal – Bridge

```

MODICON MODBUS BRIDGE/MUX - Ver 1.01
Copyright (c) 1989 MODICON Inc., Industrial Automation Systems Group
MODBUS PORTS CONFIGURATION [V1]
[Modbus Plus Address = 1]
  
```

| <COMMANDS> | | | | | [OPTIONS] |
|---------------------|--------|-------|--------|--------|---------------|
| <P>PORT NUMBER# | 1 | 2 | 3 | 4 | [1, 2, 3, 4] |
| <T>Port Type | master | slave | master | master | [m, s, n, x] |
| <N>Slave Dev Addr - | 1 | - | - | - | [1 - 247] |
| Baud Rate | 9600 | 9600 | 9600 | 9600 | [300 - 19200] |
| <S>Stop Bits | 1 | 1 | 1 | 1 | [1, 2] |
| <R>Parity | none | none | none | none | [n, o, e] |
| <M>Mode | rtu | rtu | rtu | rtu | [a, r] |
| <Y>Priority | 1 | 2 | 4 | 3 | [1 - 4] |
| <L>Link Timeout - | 600 | - | - | - | [1 - 3000] |
| <F>Modem Booster - | - | - | - | - | [y, n] |

La ventana del mapa de direcciones de modbus, para el puerto 4 es la siguiente:

Figura 29. Ventana del Mapa de Direcciones del Bridge para el Puerto 4.

MODBUS ADDRESS MAP FOR [E1-E32] [V2]

MAPS: Modbus Address to Destination Address [Port Type: Master]

| Table Modbus Entry Address | Destination Address (5 bytes) | Table Modbus Entry Address | Destination Address (5 bytes) |
|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| <E1 > | [001]= 000 002 000 000 000 | <E17 > | [000]= 000 000 000 000 000 |
| <E2 > | [000]= 000 000 000 000 000 | <E18 > | [000]= 000 000 000 000 000 |
| <E3 > | [000]= 000 000 000 000 000 | <E19 > | [000]= 000 000 000 000 000 |
| <E4 > | [000]= 000 000 000 000 000 | <E20 > | [000]= 000 000 000 000 000 |
| <E5 > | [000]= 000 000 000 000 000 | <E21 > | [000]= 000 000 000 000 000 |
| <E6 > | [000]= 000 000 000 000 000 | <E22 > | [000]= 000 000 000 000 000 |
| <E7 > | [000]= 000 000 000 000 000 | <E23 > | [000]= 000 000 000 000 000 |
| <E8 > | [000]= 000 000 000 000 000 | <E24 > | [000]= 000 000 000 000 000 |
| <E9 > | [000]= 000 000 000 000 000 | <E25 > | [000]= 000 000 000 000 000 |
| <E10 > | [000]= 000 000 000 000 000 | <E26 > | [000]= 000 000 000 000 000 |

```

<E11> [000]= 000 000 000 000 000  <E27> [000]= 000 000 000 000 000
<E12> [000]= 000 000 000 000 000  <E28> [000]= 000 000 000 000 000
<E13> [000]= 000 000 000 000 000  <E29> [000]= 000 000 000 000 000
<E14> [000]= 000 000 000 000 000  <E30> [000]= 000 000 000 000 000
<E15> [000]= 000 000 000 000 000  <E31> [000]= 000 000 000 000 000
>>Valid Commands:[V1 V2 V3 V4 P E]      Keys:[Enter Esc ?-help]<<000
Active Port 3>>P2

```

Figura 30. Ventana del Mapa de Direcciones del Bridge para el Puerto 3.

```

MODBUS ADDRESS MAP FOR [E1-E32] [V2]
  MAPS: Modbus Address to Destination Address [Port Type: Master]
Table Modbus  Destination Address      Table Modbus  Destination Address
Entry Address  (5 bytes)          Entry Address  (5 bytes)

<E1 > [001]= 001 000 000 000 000  <E17> [000]= 000 000 000 000 000
<E2 > [000]= 000 000 000 000 000  <E18> [000]= 000 000 000 000 000
<E3 > [000]= 000 000 000 000 000  <E19> [000]= 000 000 000 000 000
<E4 > [000]= 000 000 000 000 000  <E20> [000]= 000 000 000 000 000
<E5 > [000]= 000 000 000 000 000  <E21> [000]= 000 000 000 000 000
<E6 > [000]= 000 000 000 000 000  <E22> [000]= 000 000 000 000 000
<E7 > [000]= 000 000 000 000 000  <E23> [000]= 000 000 000 000 000
<E8 > [000]= 000 000 000 000 000  <E24> [000]= 000 000 000 000 000
<E9 > [000]= 000 000 000 000 000  <E25> [000]= 000 000 000 000 000
<E10> [000]= 000 000 000 000 000  <E26> [000]= 000 000 000 000 000
<E11> [000]= 000 000 000 000 000  <E27> [000]= 000 000 000 000 000
<E12> [000]= 000 000 000 000 000  <E28> [000]= 000 000 000 000 000
<E13> [000]= 000 000 000 000 000  <E29> [000]= 000 000 000 000 000
<E14> [000]= 000 000 000 000 000  <E30> [000]= 000 000 000 000 000
<E15> [000]= 000 000 000 000 000  <E31> [000]= 000 000 000 000 000
>>Valid Commands:[V1 V2 V3 V4 P E]      Keys:[Enter Esc ?-help]<<000
Active Port 4>>P2

```

Se configuran los dos puertos que interpretan la información del elemento esclava para la interconexión.

En la ventana 4 del HyperTerminal se salva toda la información.

ANEXO B. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Ecopetrol S.A. fue la empresa que dio la posibilidad de realizar este proyecto. Los orígenes de Ecopetrol se remontan a tiempos ocurridos a mediados del siglo pasado, cuando el contrato asignado a la empresa extranjera TROCO (Tropical Oil Company) para la explotación de crudo en la denominada concesión De Mares ubicada en la región occidental del departamento de Santander mas específicamente al sur de Barrancabermeja había llegado a su culminación. El estado observando lo productivo del negocio decidió crear en el año de 1951 la actual empresa estatal de petróleos Ecopetrol.

Con el correr del tiempo, no sin antes pasar por ciertas reformas internas, Ecopetrol se ha convertido en la empresa estatal líder en el sector energético, competitiva nacional e internacionalmente en actividades comerciales o industriales correspondientes o relacionadas con la exploración, explotación, refinación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de hidrocarburos, sus derivados y productos. Hechos que la han consolidado como una de las empresas más grandes e importantes de Latinoamérica, generando desde hace muchos años la autosuficiencia de crudo en Colombia. Para lograr la importancia obtenida, la empresa esta organizada en varias dependencias mas conocidas como vicepresidencias, que se encargan de dirigir los distintos negocios que se manejan en la industria del petróleo.

Esta empresa como en cualquier otra industria bien administrada, esta encabezada por una junta directiva que es dirigida por el presidente de la entidad, este a su vez cuenta con los directores y asesores de las distintas dependencias administrativas que colaboran en la logística de las ideas programadas para el correcto funcionamiento de la empresa. El rango de importancia que continua son las vicepresidencias, y cada una tiene un campo de competencia distinto donde ejerce su mando. A continuación se describirán sus respectivas funciones:

Vicepresidencia De Exploración y Producción (VEP). Tiene como misión y objetivo Explorar, Perforar y completar en forma efectiva pozos exploratorios y de desarrollo, alcanzando y preservando las formaciones geológicas, y obteniendo información de calidad para la evaluación integral del yacimiento y del pozo.

Vicepresidencia De Refinación Y Mercadeo (VRM). Tiene como misión y objetivo la refinación de los hidrocarburos y la comercialización de combustibles y productos derivados de esta industria.

Vicepresidencia De Suministro Y Mercadeo (VSM). Tiene como misión y objetivo la comercialización internacional de crudo y derivados, así como de gas natural tanto nacional como internacionalmente.

Instituto Colombiano Del Petróleo (ICP). Tiene como objetivo la generación de soluciones a través de investigación, desarrollo, transferencia y aseguramiento de tecnologías y conocimiento estratégicos que aportan a maximizar el valor de la operación y el crecimiento óptimo de la empresa.

Vicepresidencia De Transportes (VIT). Tiene como objeto la prestación de los servicios de transporte y distribución del crudo y sus derivados, a través de sistemas propios o de terceros.

En cada una de estas vicepresidencias se encuentran las gerencias, que son las entidades que siguen en importancia y hacen parte importante de la estructura organizacional de la empresa. Dentro de la denominada Vicepresidencia De Transportes (VIT) se encuentra la Gerencia De Oleoductos que es la responsable del Terminal Petrolero de Coveñas.

B.1 Terminal Petrolero de Coveñas.

Conjunto de estaciones encargadas principalmente de la exportación hacia otros países de crudo explotado en Colombia y de algunos de sus derivados. Esta ubicado en el municipio de Coveñas (Golfo de Morrosquillo) en el departamento de Sucre, y cuenta con un área geográfica mucho más amplia que el casco urbano de la cabecera municipal. En este sitio se encuentran los puntos finales de los principales oleoductos del país y también tienen la estación principal distribuidora de crudo a la Refinería De Cartagena. El Terminal esta conformado por las siguientes dependencias o distritos.

B.1.1 Distrito De Oleoductos (DOL):

Primera estación de Ecopetrol en la región, se creo a partir de la antigua empresa extranjera SAGOG, que culminó labores a finales de la década de los cincuenta. Esta estación es receptora, de bombeo y exportación, que recibe crudo y alguno de sus derivados del poliducto de Ayacucho. Es la sede principal y administrativa del Terminal petrolero, cuenta con un diseño estratégico que las hace de fácil integración con las demás estaciones de Terminal. Cuenta con muchos tanques de almacenamiento para cuando la refinación o capacidades de exportación del país aumenten.

Figura 31. Estación Coveñas DOL.



Fuente: autor del proyecto

B.1.2. Distrito Caño Limón – Coveñas (DCC):

Estación de medición que recibe el crudo del oleoducto que lleva su mismo nombre. Este oleoducto tiene su inicio en Caño Limón en el departamento de Arauca, y hace un recorrido por diferentes estaciones de bombeo hasta terminar en Coveñas. Transporta el crudo explotado por la multinacional OXY (Occidental). Este producto es de tipo exportación aunque también es usado para la refinería. Es almacenado en tanques ubicados en la estación ODC.

Figura 32. Distrito Caño Limón – Coveñas.



Fuente: autor del proyecto

B.1.3. Oleoducto De Colombia (ODC):

Estación Semiprivada, administrada y operada por Ecopetrol. Esta planta se encarga principalmente del bombeo de crudo al los buque-tanques internacionales que atracan en el puerto petrolero. La planta recibe el crudo a través de oleoducto de su mismo nombre Oleoducto De Colombia que proviene del municipio de Puerto Boyacá, en el departamento de Boyacá. Esta integrada con las otras estaciones del Terminal petrolero. Desde su sala de control se supervisa y opera el oleoducto Caño Limón – Coveñas, el Oleoducto de Colombia y el Oleoducto Central (OCENSA).

Figura 33. Oleoducto de Colombia ODC. Coveñas.



Fuente: autor del proyecto.

B.1.4. Oleoducto Central S.A. (OCENSA):

Planta de carácter privado independiente de la administración de Ecopetrol, tiene la misma función del Oleoducto De Colombia que es el bombeo de crudo a los buques internacionales. Está integrado con el ODC y con el DOL, bajo distintas concesiones.

B.1.5. Planta Costa Afuera:

Entidad de Ecopetrol encargada y responsable de supervisar el bombeo de crudo a los buques inmediatamente después de dejar la estación de suministro, es decir

al ingresar al lecho marino. El personal perteneciente a esta planta es el encargado de la comunicación con la tripulación de los buques y tienen bajo su carga la operación y el mantenimiento de las monoboyas*.

ANEXO C. SISTEMA ADVANT CON MOD 300.

A parte de la pequeña introducción que se realizó en el capítulo tres, se mostrará un breve resumen informativo de este DCS. Donde se hará mención del hardware y el software que lo integran.

Adicionalmente a la información mencionada con respecto al Advant OCS en los inicios de estas memorias, este DCS esta físicamente formado por elementos distribuidos llamados nodos o subsistemas. Estos subsistemas tienen cada uno su propia función y se destacan por su aporte al DCS, las consolas o Workstation, los controladores, los nodos Multibus, las unidades de almacenamiento de información y de históricos y las estaciones de ingeniería.

Para lograr la integración y puesta en marcha de este sistema, Advant OCS cuenta con un paquete de Software que se carga en estaciones de trabajo especiales, que se desarrollan bajo el sistema operativo UNIX, sistema operativo ideal para los paquetes de software pesados manejados en la industria. Con el Advant se interviene y configura cada uno de los nodos y sus respectivas funciones dentro del proceso. Dentro de este sistema general se destacan las siguientes utilidades:

AdvaCommand. Su función es la visualización del proceso a controlar, es decir es el software encargado del control por medio de su interfaz grafica. En otras

* Monoboyas: sistema flotante en mar adentro donde se hace la conexión tubería-manguera para los buques petroleros.

palabras es un sistema de ventanas que tiene apuntes parecidos al Microsoft Windows.

AdvaBuilt. Su función esta en la configuración grafica y elaboración de la base de datos de sistema. Se realiza en las estaciones de ingeniería.

AdvaInform. Se caracteriza por ser la estación de administración de la información. Se encarga del manejo de los reportes, eventos e históricos.

AdvaControl. Paquete de Software encargado por medio de avanzadas técnicas de la elaboración de la lógica de control de proceso.

El AdvaControl cuenta con tres herramientas fundamentales que proporcionan una excelente optimización en áreas de aplicación de procesos de control para dispositivos continuos, discretos, de secuencia, de control de batches, etc. Estas herramientas son:

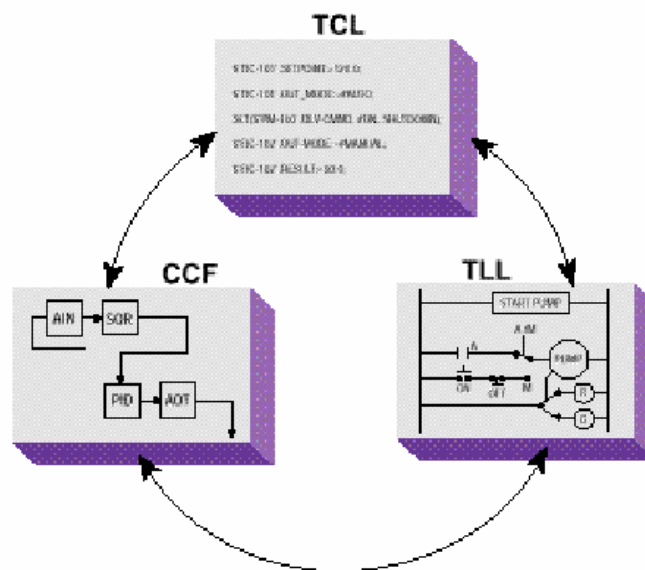
CCF (Configurable Control Functions). Este paquete consta de una librería pre-programada de funciones, tiene características graficas configurables, y consta de pequeños bloques que se enlazan para realizar la configuración del sistema. Es ideal para procesos de control continuo, discreto, manejo de dispositivos y manejo de alarmas.

TCL (Taylor Control Language). Es un lenguaje de programación de alto nivel, ideal para el control de secuencias, batches, de complejas funciones lógicas y aritméticas, tareas de supervisión de aperturas y cierres y de interfase con equipos terceros.

TTL (Taylor Ladder Logic). Lenguaje de programación en ladder, se usa en operaciones de requieran una ejecución a alta velocidad como el manejo de motores, de dispositivos de enclavamiento o programación de tambores. Esta lógica requiere de poco entrenamiento y presenta un ambiente bastante elemental.

En la siguiente figura se observa la estructura de cada uno de estos paquetes y su completa flexibilidad para la solución óptima de los proceso de control de un ambiente industrial.

Figura 34. Manuales Advant OCS con MOD 300 Software.



Fuente: Manuales Advant OCS.

Los sistemas de control DCS's, Advant OCS con Mod 300 como han sido nombrados al inicio, están conformados por nodos o subsistemas. Estos nodos están distribuidos por distinto puntos de la sala de control en las estaciones del Terminal y a cada uno se le asigna una responsabilidad determinada. El Terminal petrolero de Coveñas cuenta con varios nodos, pero estos actualmente están manejados independientemente, por ejemplo el DCS de la estación DOL no esta

interconectado con el de la estación ODC, pero con el DCS del ODC si hay interconexión con el de la estación OCENSA por medio del anillo DCN, por encontrarse dentro de una sala de control común. El proyecto a realizar pretende entonces la interconexión del DOL con ODC no por el anillo sino por medio de los puertos que manejan los subsistemas con que cuenta la estación.

C.1 Hardware del Sistema ADVANT OCS Con MOD 300.

Las estaciones de Coveñas DOL y Coveñas ODC cuentan con el DCS Advant OCS con Mod 300, que es la combinación del antiguo DCS Mod 300 con el sistema más actual Advant OCS. El hardware que se usa también es una combinación y esta conformado por los siguientes subsistemas que tiene funciones complementarias entre si y unas dependiendo de su antigüedad son mas completas e importantes que las otras.

C.1.1 Tipos de Controladores.

C.1.2 Nodo o Subsistema Multibus.

Es el hardware más antiguo del sistema Advant OCS con Mod 300, y pertenece al antiguo sistema DCS Mod 300. Muchas de sus funciones fueron suplantadas con la llegada del Advant OCS, pero aun es de gran utilidad dentro de las estaciones donde se encuentra instalado. Este nodo se compone físicamente de un Cardfile, que es una especie de tarjeta madre que se distingue por que presenta solamente caminos entre si y no circuitos para interactuar con las distintas tarjetas que se insertan, adicionalmente de la respectiva fuente de alimentación. Dependiendo de la función que vaya a cumplir, puede ser configurado de la siguiente manera.

- **Consola.** Este tipo de configuración se usaba antiguamente, por que el sistema Mod 300 no contaba con una Workstation para suplir sus funciones. Al cardfile se le insertan una tarjeta CPU, una tarjeta de puertos

seriales, una tarjeta de disco y una tarjeta de video, todo esto para que se pueda adaptar o asimilar a una estación de trabajo. Tanto en el ODC como DOL cuentan con estas configuraciones, pero han dejado de ser usadas para estas funciones con la llegada del Advant OCS.

- **Data Processor.** Configuración realizada para ser el centro de procesamiento del DCS, debe ser el primer nodo en levantar si se desenergiza todo el sistema, consta de una tarjeta CPU, una de disco denominada DCM (Disk Control Module), tarjeta de cinta y una para el manejo de discos flexibles para el respectivo control de un disco de almacenamiento masivo.
- **Históricos.** Configuración realizada para el almacenamiento de los eventos, históricos y alarmas. Cuenta con la mismas tarjetas que el data processor.
- **I/O (Input/Output).** Su función es la de interconectarse con los TRIOS, dispositivos externos de I/O. Usa tarjeta como CPU y una tarjeta de TRIOS básicamente.
- **Gateway.** Configuración que tiene como función la adaptación a dispositivos seriales externos como PLC's, RTU's, Scadas, etc. Esta conformado por tarjetas CPU y seriales que son capaces de manejar un máximo de ocho puertos seriales con el Standard RS-232. Esta configuración se usa actualmente en las estaciones ODC y DOL respectivamente.

Existe una combinación de todas estas configuraciones denominada Turbo Nodo y en la mayoría de las ocasiones se aplica de esta manera para aprovechar al máximo este hardware. Todos los nodos Multibus y sus distintas configuraciones

cuentan con una tarjeta SIM (System Integration Module) para el diagnóstico de errores, esta tarjeta posee un pequeño display que reporta un código de dos dígitos, que muestra el tipo de error que está sucediendo. Estos errores están representados en los manuales del Mod 300. También cuentan con tarjetas D/M para la comunicación con el anillo DCN, estas son las encargadas de la interpretación del protocolo del DCN.

Independientemente del espacio del cardfile donde se insertan las tarjetas, el nodo en su parte inferior cuenta con un módulo reducido que sirve de interfaz con los dispositivos externos que se anexan, como los PLC's, y TRIOS.

La siguiente es una figura de los nodos multibus del Terminal petrolero de Coveñas.

Figura 35.SUBSISTEMA MULTIBUS.



Fuente: Autor del Proyecto

En la parte superior se encuentra la fuente de alimentación, en la mitad se observa el Cardfile con algunas tarjetas seriales y abajo el modulo de interfaz con los elementos externos y el anillo (Cable rosado) al costado izquierdo. La fuente suministra 24V, 12V y 5V DC y es de altísima calidad para evitar oscilaciones. Es distribuida por la misma empresa ABB.

La desventaja de los nodos Multibus es que los procesos asignados no tiene redundancia, por lo tanto no son los ideal para operaciones criticas.

C.1.3 Controlador SC_Controller.

Este es otro de los subsistemas del antiguo Mod 300, tiene una tecnología mas reciente, y cuenta con tarjetas con mejor procesamiento y más memoria. Al igual que el nodo anterior se puede realizar control por CCF, soporta TRIOS y tiene puertos seriales con el Standard RS-422 para la comunicación con los PLC's y RTU's.

Físicamente el SC_Controller esta representado por un gabinete que contiene tres cardfiles, a lo mucho, distintos a los del nodo Multibus, con la respectiva fuente de alimentación. Cada cardfile puede albergar cuatro controladores, pero casi siempre se deja el cuarto como Back-Up de los anteriores. Estos controladores tienen asignada una función determinada y están compuestos por al menos tres tarjetas básicas para su puesta en marcha. Las tarjetas que conforman estos controladores están distribuidas de la siguiente manera; una CPU, una tarjeta I/O para la comunicación con los dispositivos externos I/O, una tarjeta Field Bus para la comunicación con los módulos TRIOS y una tarjeta XFER para comunicar con el Back-Up. Adicionalmente cuenta con tarjetas D/F para comunicarse con el anillo DCN y las tarjetas del Back-Up. Como se observa los controladores se distinguen por ser redundante y este aspecto los hace fundamentales a la hora de operar un proceso critico. Las redundancias en este controlador pueden estar determinadas

así: 3:1 ó 7:1 ó 11:1 y dependiendo de lo crítico de los procesos se deben manejar cualquiera de estas configuraciones.

Estos controladores como en el caso del nodo multibus cuentan en la parte inferior de cada cardfile con un modulo de interfaz para la alimentación y la comunicación por medio de puertos, dispositivos externos y el anillo. Actualmente este es el tipo de controlador mas usado en las estaciones de Terminal petrolero, casi todos los procesos críticos son aplicados en este y cuentan aun con respaldo técnico para solucionar sus problemas.

En la siguiente figura se observa uno de estos controladores de la estación ODC. Este controlador solo tiene dos cardfile en su montaje, pero esta condición de no tener los tres Cardfile no impide el funcionamiento normal. También debajo de cada cardfile se encuentran módulos de interfaz con los elementos externos como PLC's, TRIOS y el conexionado de anillo en la parte derecha.

Figura 36. SC_CONTROLLER ODC.



Fuente: Autor del Proyecto

C.1.4 Controlador AC460.

Es el hardware mas reciente adquirido por el Terminal petrolero, pero sus procesos solamente están siendo asignados. El AC460 (Advant Controller 460), que ya pertenece a la tecnología Advant se caracteriza por ser ideal para aplicaciones donde se requiera del control de procesos de críticos en una empresa. Es capaz de soportar casi en su totalidad la mayoría de los protocolos de comunicación y los dispositivos ofrecidos en el mercado para la recolección de información en campo.

La principal diferencia de este subsistema con respecto a los otros es que tiene una redundancia de 1:1, esto significa que los procesos asignados a cierto controlador cuentan con un controlador especifico de respaldo o back up.

Los controladores que conforman este subsistema, tienen consigo las siguientes especificaciones, tres controladores por cada Cardfile del AC460, un procesador Motorola 68040/ 24Mhz por cada controlador, memorias de 8 MB y 12MB de RAM. A continuación se muestra el controlador AC460.

Figura 37. Controlador AC460 ODC.



Fuente: Autor del Proyecto

C.1.5 Controlador AC410.

El AC410 es otro nodo controlador, es de tamaño medio comparándolo con el AC460. Su diferencia radica principalmente en que no tiene redundancia, por lo tanto no es ideal para operaciones de carácter crítico. Internamente cada tarjeta principal de cada controlador tiene un procesador Motorola y una memoria RAM igual a las del AC460. Este controlador soporta el software del MOD 300. Su cardfile contiene 6 controladores de baja gamma. Este no se encuentra en el Terminal de Coveñas.

C.1.6 WORKSTATIONS o Estaciones de Trabajo.

La *Workstation* o estación de trabajo usada en el Terminal es la denominada *Advant Station 520/B2600* y es fabricada por *Hewlett Packard*, tiene como diferencia más notable, la utilización de un disco de almacenamiento masivo externo o unidad *RAID*, una tarjeta de video con puerto para dos monitores y una tarjeta principal (*Motherboard*) con un bus de datos de 64 bytes. Cabe mencionar que estos computadores tienen tecnología de 6 años atrás. Originalmente estas consolas tienen las siguientes características:

- Dos Monitores *Hewlett Packard* de 19"
- Una tarjeta aceleradora en tiempo real para la comunicación interna de anillo.
- Una memoria SDRAM de 512 MB.
- Un disco duro interno de 9 GB.
- Una unidad de CDROM 48x.
- Compartimientos para una unidad de discos magnéticos de 5 1/4" y un bus ATA.
- Un X-Terminal sin monitor.
- Un teclado normal USB y Un teclado de Ingeniería.
- Un TrackBall y un Mouse.

- Una unidad de cinta DAT, para cassettes de 8GB.
- Un arreglo de disco redundante (RAID).
- Una fuente de poder ininterrumpible y una unidad de *Bypass* de poder.
- Una tarjeta de red.
- Una tarjeta de red de control para el DCN.

En la siguiente figura se observa la sala de control donde se encuentran ubicadas las *Workstation* de la planta ODC en el Terminal. En la fotografía de la izquierda se observan los monitores donde se representan los procesos, hay cuatro por las dos *Workstation* que tiene en el anillo en lo perteneciente al Oleoducto de Colombia. En la parte derecha se muestra la consola HP, con una unidad de cinta en la parte superior y una caja para en conexionado de anillo T-Box.

Figura 38. WORKSTATIONS ODC.



Fuente: Autor del Proyecto

Los monitores de estas consolas están siendo cambiadas últimamente a pantallas LCD, ya que generaban mucho calor.

ANEXO D. NORMA RS-232 Y RS-422.

D.1. Standard RS-232C.

El RS-232 ha sido por décadas la norma de comunicación serial asíncrona mas popular en la industria mundial. Se considera un estándar para la interface eléctrica entre Equipos de Terminal de Datos (DTE) y Equipos de Comunicación de Datos (DCE) tales como módems y Unidades de Servicios de Datos.

D.1.1.Pines y Funciones.

La norma se encuentra estandarizada por medio de un conector de 25 pines y tiene como característica esencial que las señales son transportadas como voltajes simples referidos a una tierra común en el pin 7. Los datos son transmitidos y recibidos en los pines 2 y 3 respectivamente, estas dos líneas cambian de transmisor a receptor y viceversa dependiendo de si el conector es de tipo “hembra” o de tipo “macho” o de si la comunicación es entre terminales DTE y DCE. Además cuenta con pines de indicación de activación, como es el caso del DSR (Data Set Ready) es usado por el DCE, para indicar mediante un cero sostenido que el DTE esta en línea. La función DTR (Data Terminal Ready ó Terminal de datos preparado) que indica que el DTE esta activo. Las líneas CTS (Clear to send) y RTS (Request to send) permanecen activas casi siempre durante la transmisión, la señal CTS es casi siempre sostenida en un cero lógico por el DCE para indicarle al DTE que puede comenzar a transmitir, lo mismo ocurre con la indicación RTS, la Terminal DTE sostiene un cero lógico para indicarle al DCE que se prepare para recibir datos. La línea DTR es sostenida por el DTE para informar que quiere iniciar comunicaciones. La indicación DCD señala por medio de un cero sostenido que la DCE recibió una portadora con información. Existen otras líneas de funciones, que carecen de importancia y utilidad en conexiones que no requieran de tanta verificación de los datos, como es caso de los conectores DB9 donde la gran mayoría de las funciones del Standard son omitidas.

D.1.2. Tipos de enlaces.

Existen varias formas de enlazar dos dispositivos por medio de la norma RS-232. Las más comunes son la conexión DTE – DCE que fue con la que inicio la norma y la conexión NULL MODEM que es entre DTE – DTE.

Tabla 4. TABLA DE PINES

| SEÑAL | PIN DB25 MACHO | PIN DB25 HEMBRA | PIN DB9 MACHO | PIN DB9 HEMBRA |
|-------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------|
| GND | 7 | 7 | 5 | 5 |
| TX | 2 | 3 | 3 | 2 |
| RX | 3 | 2 | 2 | 3 |
| CTS | 5 | 4 | 8 | 7 |
| RTS | 4 | 5 | 7 | 8 |
| DSR | 6 | 6 | 6 | 6 |
| DCD | 8 | 8 | 1 | 1 |
| DTR | 20 | 20 | 4 | 4 |

La norma RS-232, fue diseñada para entablar una comunicación entre dos dispositivos separados 15mts como separación máxima, lo que implicaba que no era ideal para conexiones directas por par trenzado entre las dos estaciones.

D.2 Standard RS-422.

Fue diseñado para suplir las necesidades básicas de las normas anteriores a la invención de este, como lo son la distancia máxima entre los dos dispositivos y las velocidades de transmisión. Esta norma soporta mas distancia por que se basa en un sistema de transmisión diferencial, llevando a que esta forma de transmisión elimine los efectos producidos por las tensiones en modo común a la entrada del receptor y la salida del emisor. A diferencia de la norma RS-232, este Standard no

define cuales deben ser las señales de control, por lo tanto se pueden encontrar distintas conexiones de buses de campo, pero teniendo en común los niveles de tensión y las características físicas diseñadas bajo esta configuración.

D.2.1. Tipos de configuración.

Configuración punto a punto. Este tipo de configuración se basa en la interconexión de un solo emisor con un solo receptor. Funciona de manera similar al Standard RS-232.

Configuración Multi-carga. Es la interconexión de un emisor con dos o más receptores normalmente conectados en forma de estrella y con una impedancia de carga.

Configuración Multi-punto. Esta interconexión usa dos o más emisores conectados a uno o más receptores, es poco usado.

Tabla 5. Pines conector DB25.

| <i>SEÑAL</i> | <i>PIN A(-)</i> | <i>PIN B(+)</i> |
|--------------|-----------------|-----------------|
| <i>TX</i> | <i>2</i> | <i>14</i> |
| <i>RX</i> | <i>3</i> | <i>16</i> |
| <i>RTS</i> | <i>4</i> | <i>19</i> |
| <i>CTS</i> | <i>5</i> | <i>13</i> |
| <i>DSR</i> | <i>6</i> | <i>6</i> |
| <i>GND</i> | <i>7</i> | <i>7</i> |
| <i>DCD</i> | <i>8</i> | <i>12</i> |

ANEXO E. Señales Digitales y Análogas Seleccionadas.

En las siguientes tablas se mostrarán con detalles las señales y respectivas funciones, así como la dirección de los registros Modbus y el bit asignado para una señal digital en los registros seleccionados en el nodo del sistema DCS de la estación DOL.

Tabla 6. Señales Análogas y Registros Modbus.

| <i>TAG</i> | <i>FUNCIÓN</i> | <i>REGISTRO DE ENTRADA</i> |
|-------------|---|----------------------------|
| BPC-14B0-SP | Setpoint velocidad unidad 14B0 L18 CNA (%) | 41201 |
| BPC-14B0-ST | Velocidad bomba unidad BPC14B0 L18 CNA(%acople) | 41203 |
| BPC-14B0VA | Potencia reactiva unidad 14B0 L18 CNA | 41205 |
| BPC-14B0W | Potencia activa unidad 14B0 L18 CNA | 41209 |
| BPC-14D0-SP | Setpoint velocidad unidad 14D0 L18 CNA (%) | 41213 |
| BPC-14D0-ST | Velocidad bomba unidad BPC14D0 L18 CNA(%acople) | 41215 |
| BPC-14D0VA | Potencia reactiva unidad 14D0 L18 CNA | 41217 |
| BPC-14D0W | Potencia reactiva unidad 14D0 L18 CNA | 41221 |
| BPC-14E0-SP | Setpoint velocidad unidad 14E0 L18 CNA (%) | 41225 |
| BPC-14E0-ST | Velocidad bomba unidad BPC14E0 L18 CNA(%acople) | 41227 |
| BPC-14E0VA | Potencia reactiva unidad 14E0 L18 CNA | 41229 |
| BPC-14E0W | Potencia Activa BPC-14E0 | 41233 |
| BPT-1440VA | Potencia reactiva unidad 1440 L18 CNA | 41237 |
| BPT-1440W | Potencia activa unidad 1440 L18 CNA | 41241 |
| BPT-1450VA | Potencia reactiva unidad 1450 L18 CNA | 41245 |
| BPT-1450W | Potencia activa unidad 1450 L18 CNA | 41249 |
| BPT-1460VA | Potencia reactiva unidad 1460 L18 CNA | 41253 |
| BPT-1460W | Potencia activa unidad 1460 L18 CNA | 41257 |
| DI-1615 | Gravedad especifica observada de salida L18 CNA | 41261 |
| DI-7315 | Gravedad especifica observada remota L12 RET | 41263 |
| DI-8615 | Gravedad especifica observada remota L16 RET | 41265 |
| FI-1315 | Flujo L18 CNA (BlS/hora) | 41269 |
| FI-7315 | Flujo L12 RET (BlS/hora) | 41271 |
| FI-8315 | Flujo L16 RET (BlS/hora) | 41273 |

| | | |
|-----------|---|-------|
| II-0210 | Corriente promedio unidad 1440 L18 CNA | 41275 |
| II-0220 | Corriente promedio unidad 1450 L18 CNA | 41277 |
| II-0230 | Corriente promedio unidad 1460 L18 CNA | 41279 |
| II-14B0 | Corriente promedio unidad 14B0 L18 CNA | 41281 |
| II-14D0 | Corriente promedio unidad 14D0 L18 CNA | 41283 |
| II-14E0 | Corriente promedio unidad 14E0 L18 CNA | 41285 |
| LI-0111 | Nivel TK-731 | 41287 |
| LI-0112 | Nivel TK-732 | 41289 |
| LI-0113 | Nivel TK-733 | 41291 |
| LI-0114 | Nivel TK-734 | 41293 |
| LI-0115 | Nivel TK-735 | 41295 |
| LI-0116 | Nivel TK-736 | 41297 |
| LI-0117 | Nivel TK-737 | 41299 |
| LI-0118 | Nivel TK-738 | 41301 |
| LI-0119 | Nivel TK-739 | 41303 |
| LI-0120 | Nivel TK-7310 | 41305 |
| LI-0511 | Nivel tanque relevo TQ0700 | 41307 |
| PI-1400A | Presión control succión sis bombeo BPC L18 CNA | 41311 |
| PI-1404 | Presión control descarga sis bombeo BPC L18 CNA | 41315 |
| PI-7611 | Presión de entrada a la estación L12 RET | 41345 |
| SPT-L12-F | Setpoint de flujo L12 RET (Bls/hora) | 41357 |
| SPT-L12-S | Setpoint de presión de succión L12 RET | 41359 |
| SPT-L16-F | Setpoint de flujo L16 RET (Bls/hora) | 41361 |
| SPT-L16-S | Setpoint de presión de succión L16 RET | 41363 |
| SPT-L18-F | Setpoint de flujo L18 CNA (Bls/hora) | 41365 |
| SPT-L18-D | Setpoint de presión de descarga L18 CNA | 41367 |
| TI-1410B | Temperatura unidad BPT1410 L18 CNA | 41369 |
| TI-1420B | Temperatura unidad BPT1420 L18 CNA | 41371 |
| TI-1430B | Temperatura unidad BPT1430 L18 CNA | 41373 |
| TI-1440B | Temperatura unidad BPT1440 L18 CNA | 41375 |
| TI-1450B | Temperatura unidad BPT1450 L18 CNA | 41377 |
| TI-1460B | Temperatura unidad BPT1460 L18 CNA | 41379 |
| TI-1470B | Temperatura unidad BPT1470 L18 CNA | 41381 |
| TI-14B0B | Temperatura unidad BPC14B0 L18 CNA | 41383 |
| TI-14D0B | Temperatura unidad BPC14D0 L18 CNA | 41385 |
| TI-14E0B | Temperatura unidad BPC14E0 L18 CNA | 41387 |
| TI-1611 | Temperatura de salida de la estación L18 CNA | 41389 |
| TI-4410B | Temperatura unidad BPC4410 L18 CNA | 41391 |
| TI-4420B | Temperatura unidad BPC4420 L18 CNA | 41393 |
| TI-7611 | Temperatura de entrada a la estación L12 | 41395 |

| | RET | |
|--------------|---|-------|
| TI-8611 | Temperatura de entrada a la estación L16 RET | 41397 |
| TK-7310-GE | Densidad producto en tanque Tk-7310 | 41399 |
| TK-7310-VL | Volumen bruto Tk-7310 | 41401 |
| TK-7310-VLN | Volumen neto Tk-7310 | 41403 |
| TK-731-GE | Densidad producto en tanque Tk-731 | 41405 |
| TK-731-VOLB | Volumen bruto Tk-731 | 41407 |
| TK-731-VOLN | Volumen neto Tk-731 | 41409 |
| TK-732-GE | Densidad producto en tanque TK-732 | 41411 |
| TK-732-VOLB | Volumen bruto TK-732 | 41413 |
| TK-732-VOLN | Volumen neto Tk-732 | 41415 |
| TK-733-GE | Densidad producto en tanque Tk-733 | 41417 |
| TK-733-VOLB | Volumen bruto Tk-733 | 41419 |
| TK-733-VOLN | Volumen neto Tk-733 | 41421 |
| TK-734-GE | Densidad producto en tanque Tk-734 | 41423 |
| TK-734-VOLB | Volumen bruto Tk-734 | 41425 |
| TK-734-VOLN | Volumen neto Tk-734 | 41427 |
| TK-735-GE | Densidad producto en tanque TK-735 | 41429 |
| TK-735-VOLB | Volumen bruto TK-735 | 41431 |
| TK-735-VOLN | Volumen neto TK-735 | 41433 |
| TK-736-GE | Densidad producto en tanque TK-736 | 41435 |
| TK-736-VOLB | Volumen bruto TK-736 | 41437 |
| TK-736-VOLN | Volumen neto TK-736 | 41439 |
| TK-737-GE | Densidad producto en tanque TK-737 | 41441 |
| TK-737-VOLB | Volumen bruto TK-737 | 41443 |
| TK-737-VOLN | Volumen neto TK-737 | 41445 |
| TK-738-GE | Densidad producto en tanque TK-738 | 41447 |
| TK-738-VOLB | Volumen bruto TK-738 | 41449 |
| TK-738-VOLN | Volumen neto TK-738 | 41451 |
| TK-739-GE | Densidad producto en tanque TK-739 | 41453 |
| TK-739-VOLB | Volumen bruto TK-739 | 41455 |
| TK-739-VOLN | Volumen neto TK-739 | 41457 |
| VOL-L12-BC | Volumen bruto tiquete actual L12 RET (BIs) | 41465 |
| VOL-L12-PRO | Numero de producto actual L12 RET | 41467 |
| VOL-L16-BC | Volumen bruto tiquete actual L16 RET (BIs) | 41471 |
| VOL-L18-BC | Volumen acumulado de bache L18 | 41477 |
| MPPCCOV11410 | ba horometro | 41483 |
| MPPCCOV11420 | ba horometro | 41485 |
| MPPCCOV11440 | ba horometro | 41489 |
| MPPCCOV11430 | ba horometro | 41487 |
| MPPCCOV11450 | ba horometro | 41492 |

| | | |
|--------------|--------------|-------|
| MPPCCOV11460 | ba horometro | 41494 |
| MPPCCOV11482 | ba horometro | 41498 |
| MPPCCOV11484 | ba horometro | 41500 |
| MPPCCOV11485 | ba horometro | 41502 |
| MPPCCOV11401 | ba horometro | 41504 |
| MPPCCOV11402 | ba horometro | 41506 |
| MBBCCOV11401 | ba horometro | 41508 |
| MBBCCOV11403 | ba horometro | 41512 |
| MBBCCOV11404 | ba horometro | 41514 |
| MBBCCOV11405 | ba horometro | 41516 |
| MBBCCOV11406 | ba horometro | 41518 |
| MBBCCOV11407 | ba horometro | 41520 |
| BPPCCOV11482 | ba horometro | 41498 |
| INTCCOV11482 | ba horometro | 41498 |
| BPPCCOV11484 | ba horometro | 41500 |
| INTCCOV11484 | ba horometro | 41500 |
| VVECCOV11484 | ba horometro | 41500 |
| BPPCCOV11420 | ba horometro | 41485 |
| BPPCCOV11485 | ba horometro | 41502 |
| INTCCOV11485 | ba horometro | 41502 |
| VVECCOV11485 | ba horometro | 41502 |
| BBOCCOV11401 | ba horometro | 41504 |
| BBOCCOV11402 | ba horometro | 41506 |
| BBOCCOV11403 | ba horometro | 41512 |
| BBOCCOV11404 | ba horometro | 41514 |
| BBOCCOV11405 | ba horometro | 41516 |
| BBOCCOV11406 | ba horometro | 41518 |
| BBOCCOV11407 | ba horometro | 41520 |
| BPPCCOV11401 | ba horometro | 41504 |
| BPPCCOV11402 | ba horometro | 41506 |
| BPPCCOV11410 | ba horometro | 41483 |
| INTCCOV11410 | ba horometro | 41483 |
| TRACCOV11410 | ba horometro | 41483 |
| VVECCOV11410 | ba horometro | 41483 |
| CVVCCOV11420 | ba horometro | 41485 |
| BPPCCOV11430 | ba horometro | 41487 |
| CVVCCOV11430 | ba horometro | 41487 |
| INTCCOV11430 | ba horometro | 41487 |
| TRACCOV11430 | ba horometro | 41487 |
| VVECCOV11430 | ba horometro | 41487 |
| BPPCCOV11440 | ba horometro | 41489 |
| CVVCCOV11440 | ba horometro | 41489 |

| | | |
|--------------|--------------|-------|
| INTCCOV11440 | ba horometro | 41489 |
| TRACCOV11440 | ba horometro | 41489 |
| VVECCOV11440 | ba horometro | 41489 |
| BPPCCOV11450 | ba horometro | 41492 |
| CVVCCOV11450 | ba horometro | 41492 |
| INTCCOV11450 | ba horometro | 41492 |
| TRACCOV11450 | ba horometro | 41492 |
| VVECCOV11450 | ba horometro | 41492 |
| BPPCCOV11460 | ba horometro | 41494 |
| CVVCCOV11460 | ba horometro | 41494 |
| INTCCOV11460 | ba horometro | 41494 |
| TRACCOV11460 | ba horometro | 41494 |
| VVECCOV11460 | ba horometro | 41494 |
| CVVCCOV11410 | ba horometro | 41483 |

Tabla 7. Señales Digitales Disponibles Para La Interconexión.

| <i>TAG</i> | <i>FUNCIÓN</i> | <i>REG. ENTRADA</i> | <i>BIT ENTRADA</i> |
|------------|---|-------------------------|------------------------|
| 125VDC-LV | Alarma de bajo voltaje baterías celdas de media | 1001 | 0 |
| 125VDC-FAL | Alarma falla 125 VDC subestación | 1001 | 1 |
| 24VDC-FAL | Falla en cargador de baterías 24 VDC | 1001 | 2 |
| 63KV-LV | Alarma bajo voltaje 63KV | 1001 | 3 |
| BA | Estado de bomba diesel contra incendio | 1001 | 4 |
| BB-1401 | Estado booster 1401 L18 CNA | 1001 | 6 |
| BB-1401-D | Disponibilidad bomba booster 1401 L18 CNA | 1001 | 8 |
| BB-1401-PP | Parada por protecciones | 1001 | 9 |
| BB-1402 | Estado booster 1402 L18 CNA | 1001 | 10 |
| BB-1402-D | Disponibilidad bomba booster 1402 L18 CNA | 1001 | 12 |
| BB-1402-PP | Parada por protecciones | 1001 | 13 |
| BB-1403 | Estado booster 1403 L18 CNA | 1001 | 14 |
| BB-1403-D | Disponibilidad bomba booster 1403 L18 CNA | 1002 | 0 |
| BB-1403-PP | Parada por protecciones | 1002 | 1 |
| BB-1404 | Estado booster L18 CNA | 1002 | 2 |
| BB-1404-D | Disponibilidad bomba booster 1404 L18 CNA | 1002 | 4 |

| | | | |
|-------------|---|------|----|
| BB-1404-PP | Parada por protecciones | 1002 | 5 |
| BB-1405 | Estado booster 1405 L18 CNA | 1002 | 6 |
| BB-1405-D | Disponibilidad bomba booster 1405 L18 CNA | 1002 | 8 |
| BB-1405-PP | Parada por protecciones | 1002 | 9 |
| BB-1406 | Estado booster 1406 L18 CNA | 1002 | 10 |
| BB-1406-D | Disponibilidad bomba booster 1406 L18 CNA | 1002 | 12 |
| BB-1406-PP | Parada por protecciones | 1002 | 13 |
| BB-1407 | Estado booster 1407 L18 CNA | 1002 | 14 |
| BB-1407-D | Disponibilidad bomba booster 1407 L18 CNA | 1003 | 0 |
| BB-1407-PP | Parada por protecciones | 1003 | 1 |
| BPC-14B0 | Estado unidad 14B0 L18 CNA | 1003 | 2 |
| BPC-14B0-AM | Estado de lazo de control de unidad (A/M) | 1003 | 4 |
| BPC-14B0-TH | Alarma de alta temperatura unidad 14B0 L18 CNA | 1003 | 5 |
| BPC-14B0D | Disponibilidad unidad 14B0 L18 CNA | 1003 | 6 |
| BPC-14B0-DD | Desacople unidad 14B0 L18 CNA por alta descarga | 1003 | 7 |
| BPC-14B0-DS | Desacople unidad 14B0 L18 CNA por baja succión | 1003 | 8 |
| BPC14B0-E/S | Selector control unidad 14B0 L18 CNA (Est/sca) | 1003 | 9 |
| BPC-14B0-PA | Parada unidad por baja presión de aceite variad | 1003 | 10 |
| BPC-14B0-PD | Parada unidad 14B0 L18 CNA por alta descarga | 1003 | 11 |
| BPC-14B0-PE | Parada unidad por protección eléctrica | 1003 | 12 |
| BPC-14B0-PM | Unidad parada por perdida de estado válvulas | 1003 | 13 |
| BPC-14B0-PN | Parada unidad por alto nivel de sellos | 1003 | 14 |
| BPC-14B0-PO | Parada unidad 14B0 L18 CNA comando del operador | 1003 | 15 |
| BPC-14B0-PI | Unidad parada por secuencia incompleta | 1004 | 0 |
| BPC-14B0-PT | Parada unidad por alta temperatura | 1004 | 2 |
| BPC-14B0-PV | Parada unidad por alta vibración | 1004 | 3 |
| BPC-14D0 | Estado unidad 14D0 L18 CNA | 1004 | 4 |
| BPC-14D0-AM | Estado de lazo de control de unidad (A/M) | 1004 | 6 |
| BPC-14D0-TH | Alarma por alta temperatura unidad 14D0 L18 CNA | 1004 | 7 |
| BPC-14D0D | Disponibilidad unidad 14D0 L18 CNA | 1004 | 8 |
| BPC-14D0-DD | Desacople unidad 14D0 L18 CNA por alta descarga | 1004 | 9 |

| | | | |
|-------------|---|------|----|
| BPC-14D0-DS | Desacople unidad 14D0 L18 CNA por baja succión | 1004 | 10 |
| BPC14D0-E/S | Selector control unidad 14D0 L18 CNA (est/sca) | 1004 | 11 |
| BPC-14D0-PA | Parada unidad por baja presión de aceite variad | 1004 | 12 |
| BPC-14D0-PD | Parada unidad 14D0 L18 CNA por descarga | 1004 | 13 |
| BPC-14D0-PE | Parada unidad por protección eléctrica | 1004 | 14 |
| BPC-14D0-PM | Unidad parada por perdida de estado válvulas | 1004 | 15 |
| BPC-14D0-PN | Parada unidad por alto nivel de sellos | 1005 | 0 |
| BPC-14D0-PO | Parada unidad 14D0 L18 CNA comando operador | 1005 | 1 |
| BPC-14D0-PI | Unidad parada por secuencia incompleta | 1005 | 2 |
| BPC-14D0-PT | Parada unidad por alta temperatura | 1005 | 4 |
| BPC-14D0-PV | Parada unidad por alta vibración | 1005 | 5 |
| BPC-14E0 | Estado unidad 14E0 L18 CNA | 1005 | 6 |
| BPC-14E0-AM | Estado de lazo de control de unidad (A/M) | 1005 | 8 |
| BPC-14E0-TH | Alarma por alta temperatura unidad 14E0 L18 CNA | 1005 | 9 |
| BPC-14E0D | Disponibilidad unidad 14E0 L18 CNA | 1005 | 10 |
| BPC-14E0-DD | Desacople unidad 14E0 L18 CNA por alta descarga | 1005 | 11 |
| BPC-14E0-DS | Desacople unidad 14E0 L18 CNA por baja succión | 1005 | 12 |
| BPC14E0-E/S | Selector control unidad 14E0 L18 CNA (Est/sca) | 1005 | 13 |
| BPC-14E0-PA | Parada unidad por baja presión de aceite variad | 1005 | 14 |
| BPC-14E0-PD | Parada unidad 14E0 L18 CNA por descarga | 1005 | 15 |
| BPC-14E0-PE | Parada unidad por protección eléctrica | 1006 | 0 |
| BPC-14E0-PM | Unidad parada por perdida de estado válvulas | 1006 | 1 |
| BPC-14E0-PN | Parada unidad por alto nivel de sellos | 1006 | 2 |
| BPC-14E0-PO | Parada unidad 14E0 L18 CNA comando operador | 1006 | 3 |
| BPC-14E0-PI | Unidad parada por secuencia incompleta | 1006 | 4 |
| BPC-14E0-PT | Parada unidad por alta temperatura | 1006 | 6 |
| BPC-14E0-PV | Parada unidad por alta vibración | 1006 | 7 |
| BPC-4110 | Estado unidad 4110 BUQUEK | 1006 | 8 |
| BPC-4110-AM | Estado de lazo de control de unidad (A/M) | 1006 | 10 |
| BPC-4110-TH | Alarma por alta temperatura unidad 4110 | 1006 | 11 |

| | BUQUETK | | |
|-------------|---|------|----|
| BPC-4110D | Disponibilidad unidad 4110 BUQUETK | 1006 | 12 |
| BPC-4110-DD | Desacople unidad 4110 BUQUETK por alta descarga | 1006 | 13 |
| BPC-4110-DS | Desacople unidad 4110 BUQUETK por baja succión | 1006 | 14 |
| BPC4110-E/S | Selector control unidad 4110 BUQUETK (est/sca) | 1006 | 15 |
| BPC-4110-PA | Parada unidad por baja presión de aceite variad | 1007 | 0 |
| BPC-4110-PD | Parada unidad 4110 BUQUETK por alta descarga | 1007 | 1 |
| BPC-4110-PE | Parada unidad por protección eléctrica | 1007 | 2 |
| BPC-4110-PM | Unidad parada por perdida de estado válvulas | 1007 | 3 |
| BPC-4110-PN | Parada unidad por alto nivel de sellos | 1007 | 4 |
| BPC-4110-PO | Parada unidad 4110 BUQUETK comando operador | 1007 | 5 |
| BPC-4110-PI | Unidad parada por secuencia incompleta | 1007 | 6 |
| BPC-4110-PT | Parada unidad por alta temperatura | 1007 | 8 |
| BPC-4110-PV | Parada unidad por alta vibración | 1007 | 9 |
| BPC-4420 | Estado unidad 4420 BUQUETK | 1007 | 10 |
| BPC-4420-AM | Estado de lazo de control de unidad (A/M) | 1007 | 12 |
| BPC-4420-TH | Alarma por alta temperatura unidad 4420 BUQUETK | 1007 | 13 |
| BPC-4420D | Disponibilidad unidad 4420 BUQUETK | 1007 | 14 |
| BPC-4420-DD | Desacople unidad 4420 BUQUETK por alta descarga | 1007 | 15 |
| BPC-4420-DS | Desacople unidad 4420 BUQUETK por baja succión | 1008 | 0 |
| BPC4420-E/S | Selector unidad 4420 BUQUETK (est/sca) | 1008 | 1 |
| BPC-4420-PA | Parada unidad por baja presión de aceite variad | 1008 | 2 |
| BPC-4420-PD | Parada unidad 4420 BUQUETK por alta descarga | 1008 | 3 |
| BPC-4420-PE | Parada unidad por protección eléctrica | 1008 | 4 |
| BPC-4420-PM | Unidad parada por perdida de estado válvulas | 1008 | 5 |
| BPC-4420-PN | Parada unidad por alto nivel de sellos | 1008 | 6 |
| BPC-4420-PO | Parada unidad 4420 BUQUETK comando operador | 1008 | 7 |
| BPC-4420-PI | Unidad parada por secuencia incompleta | 1008 | 8 |
| BPC-4420-PT | Parada unidad por alta temperatura | 1008 | 10 |
| BPC-4420-PV | Parada unidad por alta vibración | 1008 | 11 |
| BPT-1110 | Estado unidad 1110 L18 CNA | 1008 | 12 |

| | | | |
|-------------|---|------|----|
| BPT-1110-AM | Estado de lazo de control de unidad (A/M) | 1008 | 14 |
| BPT-1110-TH | Alarma por alta temperatura unidad 1110 L18 CNA | 1008 | 15 |
| BPT-1110D | Disponibilidad unidad 1110 L18 CNA | 1009 | 0 |
| BPT-1110-DD | Desacople unidad 1110 L18 CNA por alta descarga | 1009 | 1 |
| BPT-1110-DS | Desacople unidad 1110 L18 CNA por baja succión | 1009 | 2 |
| BPT1110-E/S | Selector control unidad 1110 L18 CNA | 1009 | 3 |
| BPT-1110-PA | Parada unidad por baja presión de aceite variad | 1009 | 4 |
| BPT-1110-PD | Parada unidad 1110 L18 CNA por alta descarga | 1009 | 5 |
| BPT-1110-PE | Parada unidad por protección eléctrica | 1009 | 6 |
| BPT-1110-PM | Unidad parada por perdida de estado válvulas | 1009 | 7 |
| BPT-1110-PN | Parada unidad por alto nivel de sellos | 1009 | 8 |
| BPT-1110-PO | Parada unidad 1110 L18 CNA comando operador | 1009 | 9 |
| BPT-1110-PI | Unidad parada por secuencia incompleta | 1009 | 10 |
| BPT-1110-PT | Parada unidad por alta temperatura | 1009 | 12 |
| BPT-1110-PV | Parada unidad por alta vibración | 1009 | 13 |
| BPT-1420 | Estado unidad 1420 L18 CNA | 1009 | 14 |
| BQ-0511 | Bomba inyección tanque relevo TQ0700 | 1016 | 10 |
| BS-0511 | Bomba separador API | 1016 | 12 |
| BU-0511 | Bomba sumidero TU 0001 | 1016 | 14 |
| CTRL-L12-FA | Falla en sistema de control L12 | 1017 | 0 |
| CTRL-L12-LR | Selector de control L12 RET (Estación/scada) | 1017 | 1 |
| CTRL-L16-FA | Falla en sistema de control L16 | 1017 | 2 |
| CTRL-L16-LR | Selector de control L16 RET (Estación/scada) | 1017 | 3 |
| CTRL-L18-FA | Falla en sistema de control L18 | 1017 | 4 |
| CTRL-L18-LR | Selector de control L18 CNA (Estación/Scada) | 1017 | 5 |
| FT-0511 | Flujo de inyección de relevo a línea | 1017 | 6 |
| FS-1611A | Disparo válvulas seguridad de salida L18 CNA | 1017 | 7 |
| FS-7611A | Disparo de válvulas seguridad entrada L12 RET | 1017 | 8 |
| FS-8611A | Disparo válvulas seguridad de entrada L16 RET | 1017 | 9 |
| GS-1611A | Salida del raspador L18 CNA | 1017 | 10 |
| GS-7611A | Llegada del raspador a la estación L12 RET | 1017 | 11 |

| | | | |
|------------|--|------|----|
| GS-8611A | Llegada del raspador a la estación L16 RET | 1017 | 12 |
| GS-9611A | Llegada del raspador a la estación Sincé | 1017 | 13 |
| GE-001 | Estado de Generador de Emergencia 1 | 1017 | 14 |
| GE-001-ZST | Estado de interruptor de transferencia de gener | 1018 | 0 |
| GE-002 | Estado de Generador de Emergencia 2 | 1018 | 2 |
| GE-002-ZST | Estado de interruptor de transferencia de gener | 1018 | 4 |
| L12-FQM | Corrida de calibración en proceso L12 | 1018 | 6 |
| L16-FQM | Corrida de calibración en proceso L16 | 1018 | 7 |
| L18-FQM | Corrida de calibración en proceso L18 | 1018 | 8 |
| LAH-0111 | Nivel alto TK-731 | 1018 | 9 |
| LAH-0112 | Nivel alto TK-732 | 1018 | 10 |
| LAH-0113 | Nivel alto TK-733 | 1018 | 11 |
| LAH-0114 | Nivel alto TK-734 | 1018 | 12 |
| LAH-0115 | Nivel alto TK-735 | 1018 | 13 |
| LAH-0116 | Nivel alto TK-736 | 1018 | 14 |
| LAH-0117 | Nivel alto TK-737 | 1018 | 15 |
| LAH-0118 | Nivel alto TK-738 | 1019 | 0 |
| LAH-0119 | Nivel alto TK-739 | 1019 | 1 |
| LAH-0120 | Nivel alto TK-7310 | 1019 | 2 |
| LSHH-0512 | Nivel alto alto tanque sumidero | 1019 | 3 |
| LSHH-0513 | Nivel alto alto tanque separador API | 1019 | 4 |
| LAHH-0111 | Nivel alto-alto TK-731 | 1019 | 5 |
| LAHH-0112 | Nivel alto-alto TK-732 | 1019 | 6 |
| LAHH-0113 | Nivel alto-alto TK-733 | 1019 | 7 |
| LAHH-0114 | Nivel alto-alto TK-734 | 1019 | 8 |
| LAHH-0115 | Nivel alto-alto TK-735 | 1019 | 9 |
| LAHH-0116 | Nivel alto-alto TK-736 | 1019 | 10 |
| LAHH-0117 | Nivel alto-alto TK-737 | 1019 | 11 |
| LAHH-0118 | Nivel alto-alto TK-738 | 1019 | 12 |
| LAHH-0119 | Nivel alto-alto TK-739 | 1019 | 13 |
| LAHH-0120 | Nivel alto-alto TK-7310 | 1019 | 14 |
| LSHH-0511 | Nivel alto tanque de relevo | 1019 | 15 |
| COV-LSL | Nivel bajo tanque contra incendio | 1020 | 0 |
| LAL-0111 | Nivel bajo TK-731 | 1020 | 1 |
| LAL-0112 | Nivel bajo TK-732 | 1020 | 2 |
| LAL-0113 | Nivel bajo TK-733 | 1020 | 3 |
| LAL-0114 | Nivel bajo TK-734 | 1020 | 4 |
| LAL-0115 | Nivel bajo TK-735 | 1020 | 5 |
| LAL-0116 | Nivel bajo TK-736 | 1020 | 6 |
| LAL-0117 | Nivel bajo TK-737 | 1020 | 7 |
| LAL-0118 | Nivel bajo TK-738 | 1020 | 8 |
| LAL-0119 | Nivel bajo TK-739 | 1020 | 9 |

| | | | |
|-------------|-------------------------|------|----|
| LAL-0120 | Nivel bajo TK-7310 | 1020 | 10 |
| LALL-0111 | Nivel bajo-bajo TK-731 | 1020 | 11 |
| LALL-0112 | Nivel bajo-bajo TK-732 | 1020 | 12 |
| LALL-0113 | Nivel bajo-bajo TK-733 | 1020 | 13 |
| LALL-0114 | Nivel bajo-bajo TK-734 | 1020 | 14 |
| LALL-0115 | Nivel bajo-bajo TK-735 | 1020 | 15 |
| LALL-0116 | Nivel bajo-bajo TK-736 | 1021 | 0 |
| LALL-0117 | Nivel bajo-bajo TK-737 | 1021 | 1 |
| LALL-0118 | Nivel bajo-bajo TK-738 | 1021 | 2 |
| LALL-0119 | Nivel bajo-bajo TK-739 | 1021 | 3 |
| LALL-0120 | Nivel bajo-bajo TK-7310 | 1021 | 4 |
| MOV-0111 | TK-731 | 1021 | 5 |
| MOV-0111-D | TK-731 disp | 1021 | 7 |
| MOV-0112 | TK-732 | 1021 | 8 |
| MOV-0112-D | TK-732 disp | 1021 | 10 |
| MOV-0113A | Entrada TK-733 | 1021 | 11 |
| MOV-0113A-D | Entrada TK-733 disp | 1021 | 13 |
| MOV-0113B | Salida TK-733 | 1021 | 14 |
| MOV-0113B-D | Salida TK-733 disp | 1022 | 0 |
| MOV-0114 | Entrada TK-734 | 1022 | 1 |
| MOV-0114-D | Entrada TK-734 disp | 1022 | 3 |
| MOV-0115A | TK-735 | 1022 | 4 |
| MOV-0115A-D | TK-735 disp | 1022 | 6 |
| MOV-0115B | TK-735 | 1022 | 7 |
| MOV-0115B-D | TK-735 disp | 1022 | 9 |
| MOV-0116 | TK-736 | 1022 | 10 |
| MOV-0116-D | TK-736 disp | 1022 | 12 |
| MOV-0117 | TK-737 | 1022 | 13 |
| MOV-0117-D | TK-737 disp | 1022 | 15 |
| MOV-0118 | TK-738 | 1023 | 0 |
| MOV-0118-D | TK-738 disp | 1023 | 2 |
| MOV-0119 | TK-739 | 1023 | 3 |
| MOV-0119-D | TK-739 disp | 1023 | 5 |
| MOV-0120 | TK-7310 | 1023 | 6 |
| MOV-0120-D | TK-7310 disp | 1023 | 8 |
| MOV-0611 | Descarga a TLU | 1023 | 9 |
| MOV-0611-D | Descarga a TLU disp | 1023 | 11 |
| MOV-111 | Eliminada | 1023 | 12 |
| MOV-111-D | Disponible | 1023 | 14 |
| MOV-112 | Estado de | 1023 | 0 |
| MOV-112-D | Disponible | 1024 | 1 |
| MOV-121 | Estado de | 1024 | 3 |
| MOV-121-D | Disponible | 1024 | 4 |

| | | | |
|-------------|---|------|----|
| MOV-122 | Estado de | 1024 | 6 |
| MOV-122-D | Disponible | 1024 | 7 |
| MOV-1312A | Bypass Prover | 1024 | 11 |
| MOV-1312A-D | Bypass prover disp | 1024 | 13 |
| MOV-1312B | Entrada Prover | 1024 | 14 |
| MOV-1312B-D | Entrada Prover disp | 1025 | 0 |
| MOV-1312C | Salida Prover | 1025 | 1 |
| MOV-1312C-D | Salida Prover disp | 1025 | 3 |
| MOV-131-D | sale | 1025 | 3 |
| MOV-132 | Estado de | 1025 | 5 |
| MOV-132-D | Disponible | 1025 | 6 |
| MOV-1401 | Succión General Bombas Tornillo | 1025 | 7 |
| MOV-1401-D | Succión general bombas tornillo disp | 1025 | 9 |
| MOV-1402 | Succión general Bombas Centrifugas | 1025 | 10 |
| MOV-1402-D | Succión general bombas centrifugas disp | 1025 | 12 |
| MOV-1403 | Descarga Bombas Tornillos | 1025 | 13 |
| MOV-1403-D | Descarga bombas tornillo disp | 1025 | 15 |
| MOV-1404 | Estado de | 1026 | 0 |
| L18-FQM | Corrida de calibración en proceso L18 | 1018 | 8 |
| LAH-0111 | Nivel alto Tk-731 | 1018 | 9 |
| LAH-0112 | Nivel alto TK-732 | 1018 | 10 |
| LAH-0113 | Nivel alto Tk-733 | 1018 | 11 |
| LAH-0114 | Nivel alto Tk-734 | 1018 | 12 |
| LAH-0115 | Nivel alto TK-735 | 1018 | 13 |
| LAH-0116 | Nivel alto TK-736 | 1018 | 14 |
| LAH-0117 | Nivel alto TK-737 | 1018 | 15 |
| LAH-0118 | Nivel alto TK-738 | 1019 | 0 |
| LAH-0119 | Nivel alto TK-739 | 1019 | 1 |
| LAH-0120 | Nivel alto TK-7310 | 1019 | 2 |
| LSHH-0512 | Nivel alto alto tanque sumidero | 1019 | 3 |
| LSHH-0513 | Nivel alto alto tanque separador API | 1019 | 4 |
| LAHH-0111 | Nivel alto-alto TK-731 | 1019 | 5 |
| LAHH-0112 | Nivel alto-alto TK-732 | 1019 | 6 |
| LAHH-0113 | Nivel alto-alto TK-733 | 1019 | 7 |
| LAHH-0114 | Nivel alto-alto TK-734 | 1019 | 8 |
| LAHH-0115 | Nivel alto-alto TK-735 | 1019 | 9 |
| LAHH-0116 | Nivel alto-alto TK-736 | 1019 | 10 |
| LAHH-0117 | Nivel alto-alto TK-737 | 1019 | 11 |
| LAHH-0118 | Nivel alto-alto TK-738 | 1019 | 12 |
| LAHH-0119 | Nivel alto-alto TK-739 | 1019 | 13 |
| LAHH-0120 | Nivel alto-alto TK-7310 | 1019 | 14 |
| LSHH-0511 | Nivel alto tanque de relevo | 1019 | 15 |
| COV-LSL | Nivel bajo tanque contra incendio | 1020 | 0 |

| | | | |
|-------------|-------------------------|------|----|
| LAL-0111 | Nivel bajo TK-731 | 1020 | 1 |
| LAL-0112 | Nivel bajo TK-732 | 1020 | 2 |
| LAL-0113 | Nivel bajo TK-733 | 1020 | 3 |
| LAL-0114 | Nivel bajo TK-734 | 1020 | 4 |
| LAL-0115 | Nivel bajo TK-735 | 1020 | 5 |
| LAL-0116 | Nivel bajo TK-736 | 1020 | 6 |
| LAL-0117 | Nivel bajo TK-737 | 1020 | 7 |
| LAL-0118 | Nivel bajo TK-738 | 1020 | 8 |
| LAL-0119 | Nivel bajo TK-739 | 1020 | 9 |
| LAL-0120 | Nivel bajo TK-7310 | 1020 | 10 |
| LALL-0111 | Nivel bajo-bajo TK-731 | 1020 | 11 |
| LALL-0112 | Nivel bajo-bajo TK-732 | 1020 | 12 |
| LALL-0113 | Nivel bajo-bajo TK-733 | 1020 | 13 |
| LALL-0114 | Nivel bajo-bajo TK-734 | 1020 | 14 |
| LALL-0115 | Nivel bajo-bajo TK-735 | 1020 | 15 |
| LALL-0116 | Nivel bajo-bajo TK-736 | 1021 | 0 |
| LALL-0117 | Nivel bajo-bajo TK-737 | 1021 | 1 |
| LALL-0118 | Nivel bajo-bajo TK-738 | 1021 | 2 |
| LALL-0119 | Nivel bajo-bajo TK-739 | 1021 | 3 |
| LALL-0120 | Nivel bajo-bajo TK-7310 | 1021 | 4 |
| MOV-0111 | TK-731 | 1021 | 5 |
| MOV-0111-D | TK-731 disp | 1021 | 7 |
| MOV-0112 | TK-732 | 1021 | 8 |
| MOV-0112-D | TK-732 disp | 1021 | 10 |
| MOV-0113A | Entrada TK-733 | 1021 | 11 |
| MOV-0113A-D | Entrada TK-733 disp | 1021 | 13 |
| MOV-0113B | Salida TK-733 | 1021 | 14 |
| MOV-0113B-D | Salida TK-733 disp | 1022 | 0 |
| MOV-0114 | Entrada TK-734 | 1022 | 1 |
| MOV-0114-D | Entrada TK-734 disp | 1022 | 3 |
| MOV-0115A | TK-735 | 1022 | 4 |
| MOV-0115A-D | TK-735 disp | 1022 | 6 |
| MOV-0115B | TK-735 | 1022 | 7 |
| MOV-0115B-D | TK-735 disp | 1022 | 9 |
| MOV-0116 | TK-736 | 1022 | 10 |
| MOV-0116-D | TK-736 disp | 1022 | 12 |
| MOV-0117 | TK-737 | 1022 | 13 |
| MOV-0117-D | TK-737 disp | 1022 | 15 |
| MOV-0118 | TK-738 | 1023 | 0 |
| MOV-0118-D | TK-738 disp | 1023 | 2 |
| MOV-0119 | TK-739 | 1023 | 3 |
| MOV-0119-D | TK-739 disp | 1023 | 5 |
| MOV-0120 | TK-7310 | 1023 | 6 |

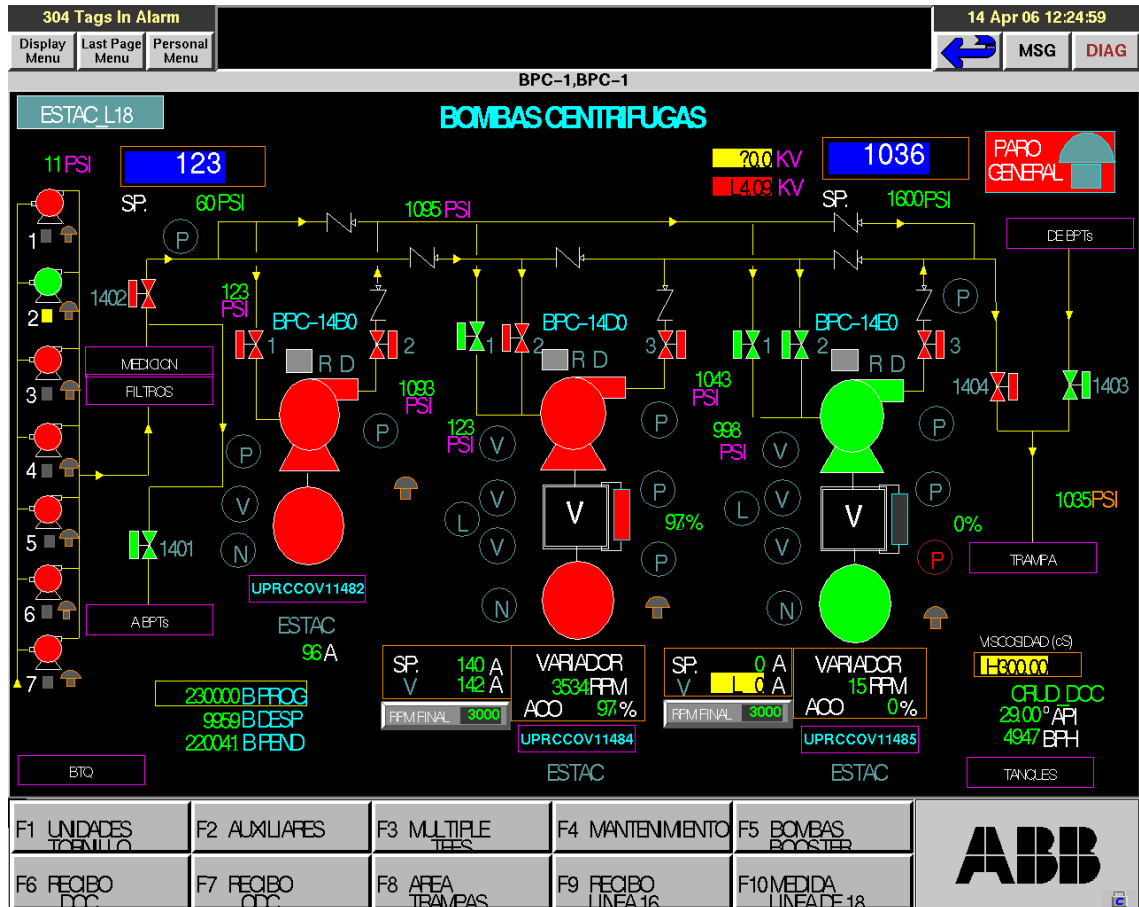
| | | | |
|-------------|---|------|----|
| MOV-0120-D | TK-7310 disp | 1023 | 8 |
| MOV-0611 | Descarga a TLU | 1023 | 9 |
| MOV-0611-D | Descarga a TLU disp | 1023 | 11 |
| MOV-111 | Eliminada | 1023 | 12 |
| MOV-111-D | Disponible | 1023 | 14 |
| MOV-112 | Estado de | 1023 | 0 |
| MOV-112-D | Disponible | 1024 | 1 |
| MOV-121 | Estado de | 1024 | 3 |
| MOV-121-D | Disponible | 1024 | 4 |
| MOV-122 | Estado de | 1024 | 6 |
| MOV-122-D | Disponible | 1024 | 7 |
| MOV-1312A | Bypass Prover | 1024 | 11 |
| MOV-1312A-D | Bypass prover disp | 1024 | 13 |
| MOV-1312B | Entrada Prover | 1024 | 14 |
| MOV-1312B-D | Entrada Prover disp | 1025 | 0 |
| MOV-1312C | Salida Prover | 1025 | 1 |
| MOV-1312C-D | Salida Prover disp | 1025 | 3 |
| MOV-131-D | sale | 1025 | 3 |
| MOV-132 | Estado de | 1025 | 5 |
| MOV-132-D | Disponible | 1025 | 6 |
| MOV-1401 | Succión General Bombas Tornillo | 1025 | 7 |
| MOV-1401-D | Succión general bombas tornillo disp | 1025 | 9 |
| MOV-1402 | Succión general Bombas Centrifugas | 1025 | 10 |
| MOV-1402-D | Succión general bombas centrifugas disp | 1025 | 12 |
| MOV-1403 | Descarga Bombas Tornillos | 1025 | 13 |
| MOV-1403-D | Descarga bombas tornillo disp | 1025 | 15 |
| MOV-1404 | Estado de | 1026 | 0 |
| MOV-1404-D | Disponible | 1026 | 2 |
| MOV-141 | Estado de | 1026 | 3 |
| MOV-1110A | Succión BPT 1110 | 1026 | 6 |
| MOV-1110A-D | Succión BPT 1110 disp | 1026 | 8 |
| MOV-1110B | Descarga BPT 1110 | 1026 | 9 |
| MOV-1110B-D | Descarga BPT 1110 disp | 1026 | 11 |
| MOV-141-D | Disponible | 1026 | 11 |
| MOV-142 | Estado de | 1026 | 12 |
| MOV-1420A | Succión BPT-1420 | 1026 | 15 |
| MOV-1420A-D | Succión BPT-1420 disp | 1027 | 1 |
| MOV-1420B | Descarga BPT-1420 | 1027 | 2 |
| MOV-1420B-D | Descarga BPT-1420 disp | 1027 | 4 |
| MOV-142-D | Disponible | 1027 | 4 |
| MOV-1430A | Succión BPT-1430 | 1027 | 5 |

| | | | |
|-------------|------------------------|------|----|
| MOV-1430A-D | Succión BPT-1430 disp | 1027 | 7 |
| MOV-1430B | Descarga BPT-1430 | 1027 | 8 |
| MOV-1430B-D | Descarga BPT-1430 disp | 1027 | 10 |
| MOV-1440A | Succión BPT-1440 | 1027 | 11 |
| MOV-1440A-D | Succión BPT-1440 disp | 1027 | 13 |
| MOV-1440B | Descarga BPT-1440 | 1027 | 14 |
| MOV-1440B-D | Descarga BPT-1440 disp | 1028 | 0 |
| MOV-1450A | Succión BPT-1450 | 1028 | 1 |
| MOV-1450A-D | Succión BPT-1450 disp | 1028 | 3 |
| MOV-1450B | Descarga BPT-1450 | 1028 | 4 |
| MOV-1450B-D | Descarga BPT-1450 disp | 1028 | 6 |
| MOV-1460A | Succión BPT-1460 | 1028 | 7 |
| MOV-1460A-D | Succión BPT-1460 disp | 1028 | 9 |
| MOV-1460B | Descarga BPT-1460 | 1028 | 10 |
| MOV-1460B-D | Descarga BPT-1460 disp | 1028 | 12 |
| MOV-1470A | Succión BPT-1470 | 1028 | 13 |
| MOV-1470A-D | Succión BPT-1470 disp | 1028 | 15 |
| MOV-1470B | Descarga BPT-1470 | 1029 | 0 |
| MOV-1470B-D | Descarga BPT-1470 disp | 1029 | 2 |
| MOV-14B1 | Succión BPC-14B0 | 1029 | 3 |
| MOV-14B1-D | Succión BPC 14B0 disp | 1029 | 5 |
| MOV-14B2 | Descarga BPC-14B0 | 1029 | 6 |
| MOV-14B2-D | Descarga BPC-14B0 disp | 1029 | 8 |
| MOV-14D1 | Succión BPC-14D0 | 1029 | 9 |

De todas estas señales seleccionadas, se les hará solamente un monitoreo en la estación ODC, por que la información que transmiten son solo datos que no tienen opción de control porque son en su gran mayoría estados y disponibilidades para las señales digitales y datos cambiantes para la información análogas. Esta visualización será efectiva mediante una configuración grafica que se realizará en el sistema Advant con uno de los paquetes de software encargados del diseño grafico, el AdvaBuilt. Después de la selección de las señales, se acondiciona el puerto serial destinado para la interconexión y se realiza la configuración por software del puerto y de los límites direccionales del protocolo Modbus.

ANEXO F. GRAFICOS ADICIONALES.

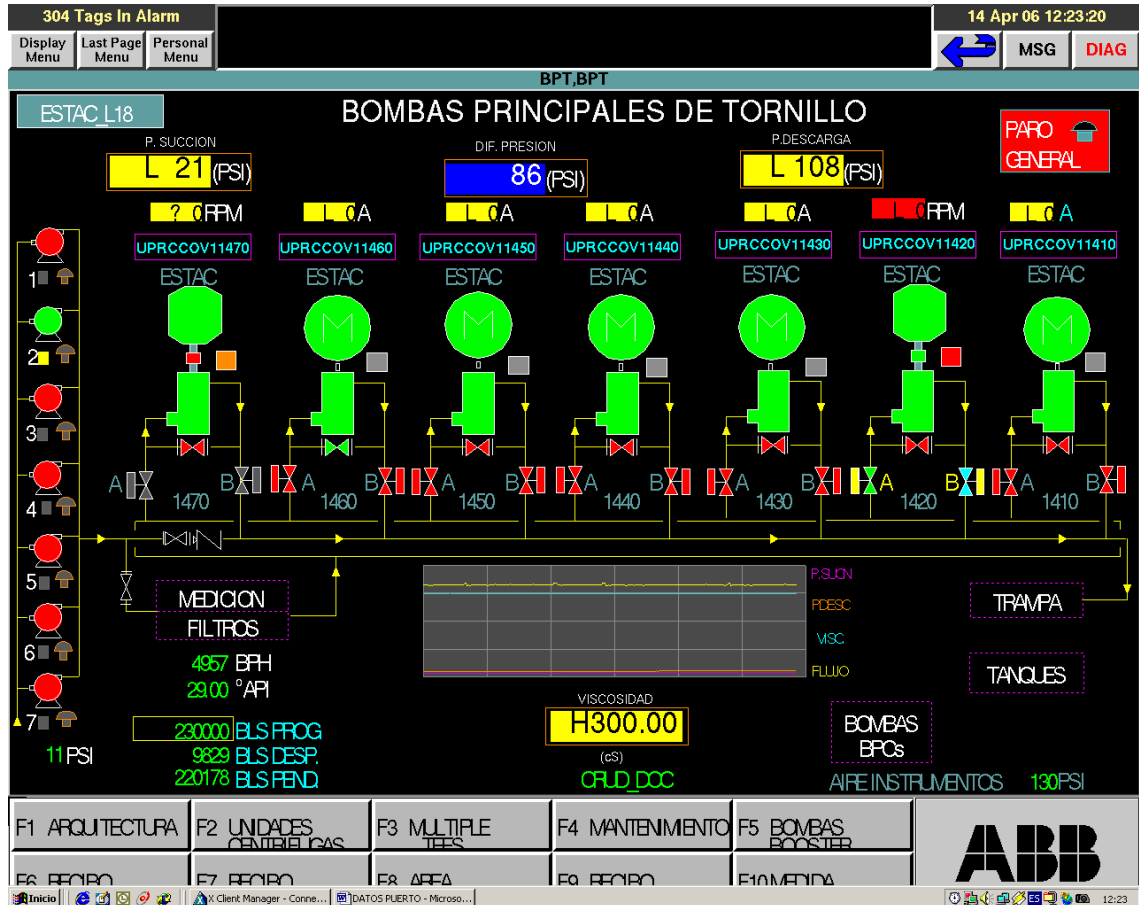
Figura 39. Bombas Centrifugas. BPC.



Fuente: Software Advant OCS

En las señales digitales se cuentan con los estados y disponibilidades de las bombas. Como también, información de activación de algunos switches y contactores de temperatura, presión, vibración y acoplamiento, que no señalan una representación de lo que son, sino mediante un texto. Se muestran algunas potencias, corrientes y velocidades en lo que corresponden a señales análogas.

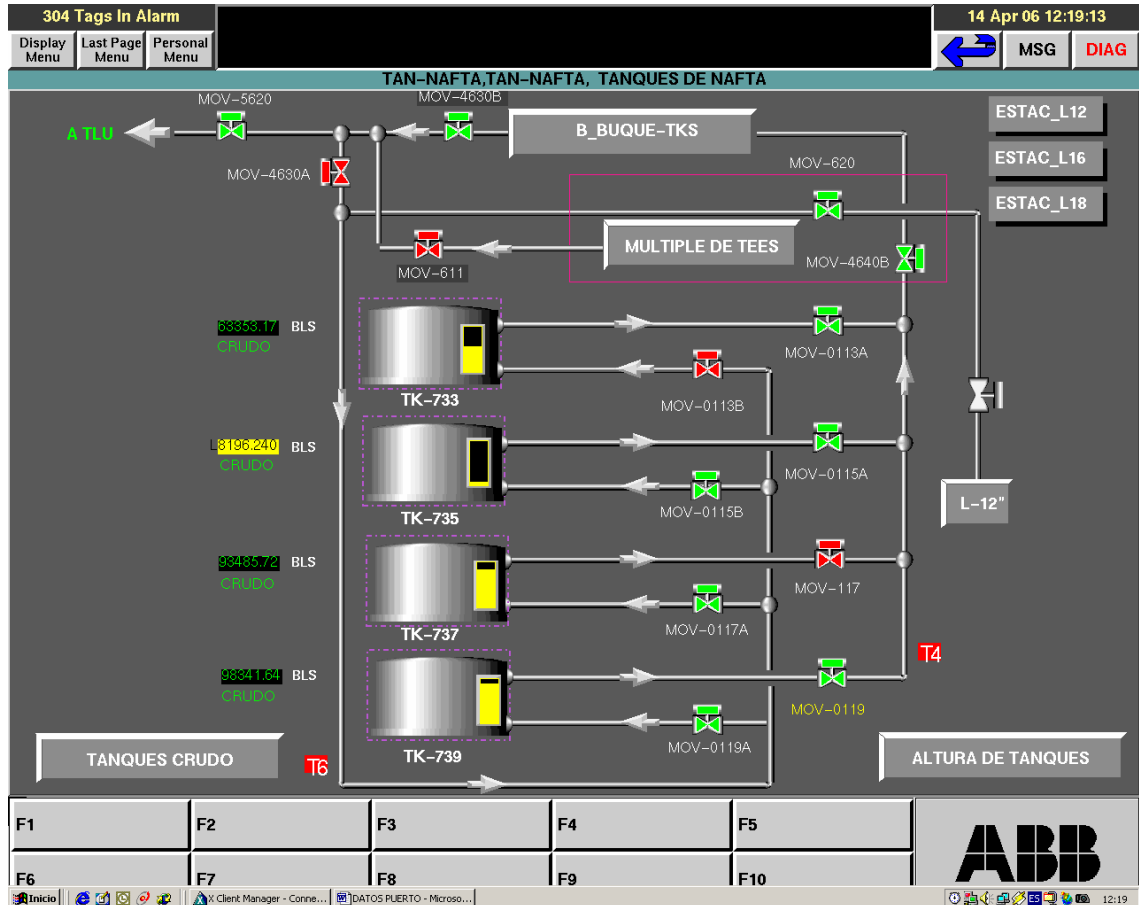
Figura 40. Bombas Principales de Tornillo. BPT.



Fuente: Software Advant OCS

Estas bombas son usadas de acuerdo al producto y a las necesidades de operación de la estación. Se presentan los estados y las alarmas generadas por las distintas variables en la operación de cada una de las maquinas. Al igual que en las bombas centrifugas, se indican las respectivas señales de corriente, potencia y velocidad.

Figura 41. Tanques de Nafta.



Fuente: Software Advant OCS

En la actualidad estos tanques no son de nafta, ya que en los últimos años este producto ha dejado de comercializarse en este Terminal. De este gráfico se tienen los niveles, la cantidad de barriles y los estados y disponibilidades de la Mov's. Como también, indicaciones de alto nivel, bajo nivel, etc. en los tanques.