

**ecai**

Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Curso de Engenharia de Controle e  
Automação Industrial

**ufsc**

# **Implementação do Sistema I/A-Foxboro (SDCD) em uma Refinaria de Petróleo (Tosco-Avon)**

*Monografia submetida à Universidade Federal de Santa Catarina*

*como requisito para a aprovação da disciplina:*

*EEL 5901: Projeto de Fim de Curso*

*Alexandre Sanchez Martins*

*Florianópolis, Fevereiro de 1998*

# **Implementação do Sistema I/A-Foxboro (SDCD) em uma Refinaria de Petróleo (Tosco-Avon)**

*Alexandre Sanchez Martins*

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina  
**EEL 5901: Projeto de Fim de Curso**  
e aprovada na sua forma final pelo  
**Curso de Engenharia de Controle e Automação Industrial**

Banca Examinadora:

Maruti Dey  
Orientador Empresa

Eugênio de Bona Castelan Neto  
Orientador do Curso

Prof. Augusto Humberto Bruciapaglia  
Responsável pela disciplina e Coordenador do Curso

Prof. Antônio Augusto Rodrigues Coelho, Avaliador

Alessandra d'Aquino, Debatedor

Antônio Carlos Pereira Filho, Debatedor

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer primeiramente ao senhor Walter Martins, meu pai, por todas as oportunidades que me proporcionou e por saber que, com certeza, não estaria onde estou hoje sem a sua ajuda.

A toda minha família pelo suporte que sempre me deu.

A todos que considero amigos, aos Professores Eugênio e Augusto, a todos os outros professores que tive e que acrescentaram algo a minha educação.

E a companheira de classe e mais que amiga Alessandra D'Aquino.

## **Resumo**

Este projeto foi baseado no estudo (hardware, software e aplicativos) e implementação de um Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), fabricado pela Foxboro, em uma refinaria de petróleo.

## **Abstract**

This paper is based on the understanding and implementation of a large scale process control system called DCS - Distributed Control System. From the study of its hardware, software and utilities to its implementation in real processes of an oil refinery.

## Sumário (Índice)

<i>Agradecimentos</i>	3
<i>Resumo</i>	4
<i>Abstract</i>	4
<i>Sumário (Índice)</i>	5
<i>Capítulo 1: Introdução</i>	7
<i>Capítulo 2 - Sistema Digital de Controle Distribuído</i>	8
<i>Capítulo 3 - I/A System</i>	9
<b>3.1. Introdução:</b>	9
<b>3.2. I/A Hardware Overview:</b>	13
3.2.1. Sistema de Comunicação:	14
3.2.2. Módulos Tolerantes a Falhas:	14
3.2.3. Estações do Sistema:	15
3.2.4. Módulos Fieldbus (FBMs):	18
<b>3.3. I/A Software Overview:</b>	20
3.3.1. Sistema Operacional:	20
3.3.2. Controle Integrado:	20
3.3.3. Gerenciamento de Informações:	22
3.3.4. Interfaces Gráficas:	22
3.3.5. FoxCae:	23
<b>3.4. Configuração de Controle:</b>	23
3.4.1. Conceitos:	24
3.4.2. Estratégias de Controle:	26
<i>Capítulo 4. TOSCO - AVON REFINERY:</i>	28
<b>4.1. Introdução:</b>	28
<b>4.2. Métodos de Processamento de Petróleo</b>	28
<b>4.3. Produtos</b>	29
<b>4.4. Segurança</b>	29
<i>Capítulo 5. Implementação do Sistema Digital de Controle Distribuído na Planta 5GAS</i>	30
<b>5.1. Descrição geral do processo</b>	30
<b>5.2. Aplicação do sistema I/A na planta 5GAS</b>	32
5.2.1. Identificação do Sistema:	32
5.2.2. Banco de Dados de Controle:	32
5.2.3. Construção de Displays:	34
5.2.4. Configuração de Displays:	35
5.2.5. Alarmes e Historiadores:	36
5.2.6. FAT - Factory Acceptance Test:	37
5.2.7. Checagem dos Loops (Loop Checks):	37
5.2.8. Instalação:	37
<b>5.3. Estratégias de controle utilizadas em 5GAS:</b>	37
5.3.1. Controle de Temperatura no 'Debutanizer'	37
5.3.2. Controles de nível	38

5.3.3. Controle da temperatura de entrada de 'Lean DEA' no 'Vapor Phase Absorber' _____	38
5.3.4. Controle da temperatura de aquecimento de materiais pesados no 'Deethanizer': _____	39
5.3.5. Diferenciais de pressão em colunas de destilação: _____	39
<b>Capítulo 6. Planta 4GAS 'Catalitic Cracker'</b> _____	<b>40</b>
6.1. Processo: _____	40
6.2. Estratégias de Controle _____	40
6.2.1. Estratégia 1 _____	40
6.2.2. Estratégia 2 _____	43
<b>CAPÍTULO 7. Conclusões e Perspectivas</b> _____	<b>44</b>
<b>BIBLIOGRAFIA:</b> _____	<b>45</b>

## Capítulo 1: Introdução

Este trabalho foi realizado no período de 06 de Outubro de 1997 a 27 de fevereiro de 1998 na empresa “The Foxboro Company”, na filial de São Francisco, Califórnia - EUA.

A empresa Foxboro é líder mundial na fabricação de produtos para controle de processos industriais. Pode-se destacar atuadores (válvulas), sensores (pressão, fluxo, temperatura, sensores inteligentes, etc.), controladores, além de um dos melhores sistemas digitais de controle distribuído do mercado no momento - Foxboro I/A system.

A região da baía de São Francisco é uma das mais ricas dos Estados Unidos. Nesta encontra-se o Vale do Silício, sede das mais importantes empresas do ramo da informática, inúmeras empresas de biotecnologia, além de um grande centro financeiro. Aliando-se a isto a sua privilegiada localização, no centro do mais rico e populoso dos 51 estados americanos, e a presença de um excelente porto natural no Oceano Pacífico.

Devido a todas as características mencionadas anteriormente, além do fato da Califórnia possuir uma das maiores concentrações de veículos automotores do mundo, desenvolveu-se nesta região um enorme pólo de indústrias petroquímicas, com empresas do porte de Shell, Exxon, Tosco, entre outras.

Como em todos os ramos industriais, quando existe uma grande concorrência, as empresas tendem a se modernizar, com o intuito de produzir em maior quantidade e qualidade, e com um menor custo. Este objetivo é geralmente obtido através da automação do seu processo, ou da otimização desta.

Em empresas de processo contínuo, como as petroquímicas por exemplo, esta otimização é geralmente obtida pela substituição de antigos sistemas de controle pneumáticos por sistemas digitais de controle distribuído (SDCDs).

O objetivo deste estágio foi, portanto, o auxílio no desenvolvimento, teste e instalação de um sistema de controle distribuído (I/A - Foxboro) em uma das plantas de uma refinaria de petróleo - Tosco Avon, localizada em Martinez, Califórnia.

Além desta planta, denominada 5GAS, o estagiário participou do desenvolvimento de outros pequenos projetos desta mesma refinaria, sempre como um engenheiro de aplicações da Foxboro.

No capítulo 2 deste trabalho será dada uma breve descrição de um SDCD, seguida no capítulo 3 por uma mais detalhada, especificamente sobre o SDCD I/A-Foxboro. Será dada uma visão geral sobre o seu software e hardware.

No capítulo 4, 5 e 6 serão descritas aplicações deste sistema em uma refinaria de petróleo.

E no capítulo 7, finalmente, será concluído este trabalho.

## **Capítulo 2 - Sistema Digital de Controle Distribuído**

Um Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) é um sistema de controle especialmente desenvolvido para satisfazer as necessidades atuais de modernização de empresas de processos contínuos de larga escala, como petroquímicas, papel e celulose, usinas geradoras de energia, entre outras. Baseia-se em uma arquitetura de hardware e software distribuída, utilizando processadores digitais com funções específicas e interfaces de entrada/saída distribuídas.

São geralmente utilizados no controle de níveis, fluxos, pressões, temperaturas e velocidades. Podem, entretanto, realizar inúmeras outras estratégias de controle, devido a sua notável possibilidade de expansão, utilizando equipamentos de uma grande variedade de fabricantes.

## Capítulo 3 - I/A System

### 3.1. Introdução:

O sistema I/A (Intelligent Automation) é um sistema digital de controle distribuído desenvolvido pela Foxboro. É expansível, possibilitando a sua incrementação de acordo com as necessidades do processo; aberto, sendo capaz de comunicar-se com uma grande variedade de equipamentos; e modular, apresentando uma estrutura baseada em módulos.

A sua arquitetura é baseada no conceito de 'nodes'. Um 'node' opera independentemente, podendo se conectar com outros 'nodes', Foxboro ou não, via redes compatíveis. Compreende uma coleção de módulos em um 'enclosure' industrial juntamente com pelo menos uma estação de trabalho e dispositivos de campo, como mostrado na Figura 1. Cada módulo é projetado para exercer uma determinada função no sistema.

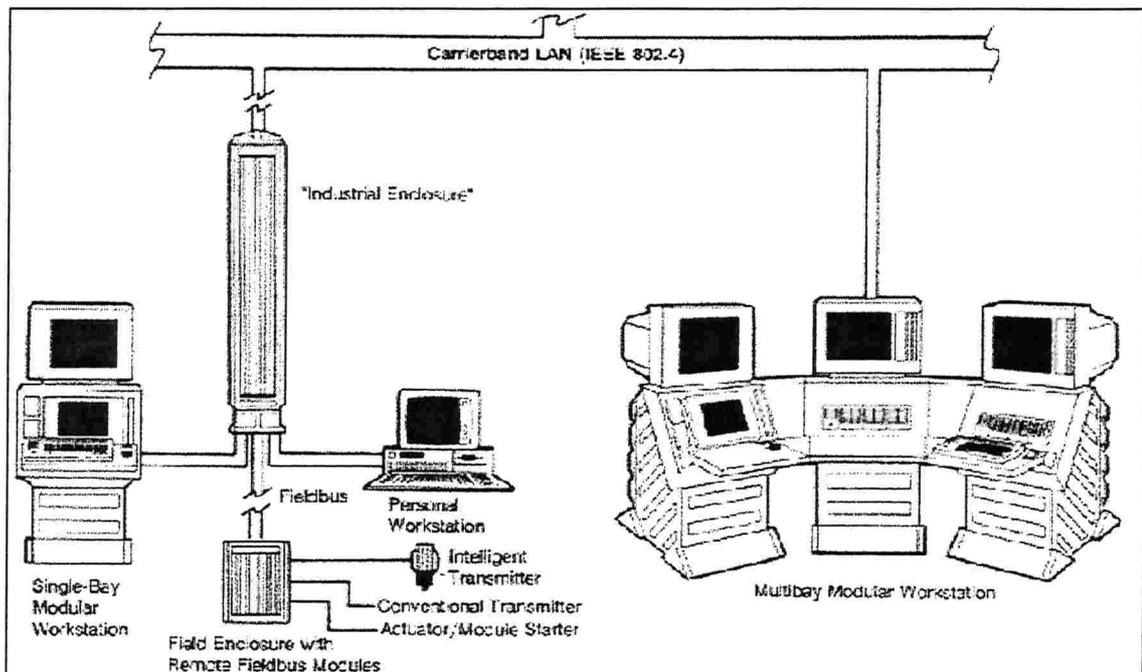


Figura 1 - Exemplo de 'Node' conectado a estações de trabalho

Existem diversos tipos de módulos. O mais básico sendo o módulo processador.

Módulos processadores são interconectados por uma rede serial denominada Nodebus (Figura 2). Cada módulo pode ser conectado a dispositivos periféricos ou outros tipos de módulos através de um ou mais links de comunicação.

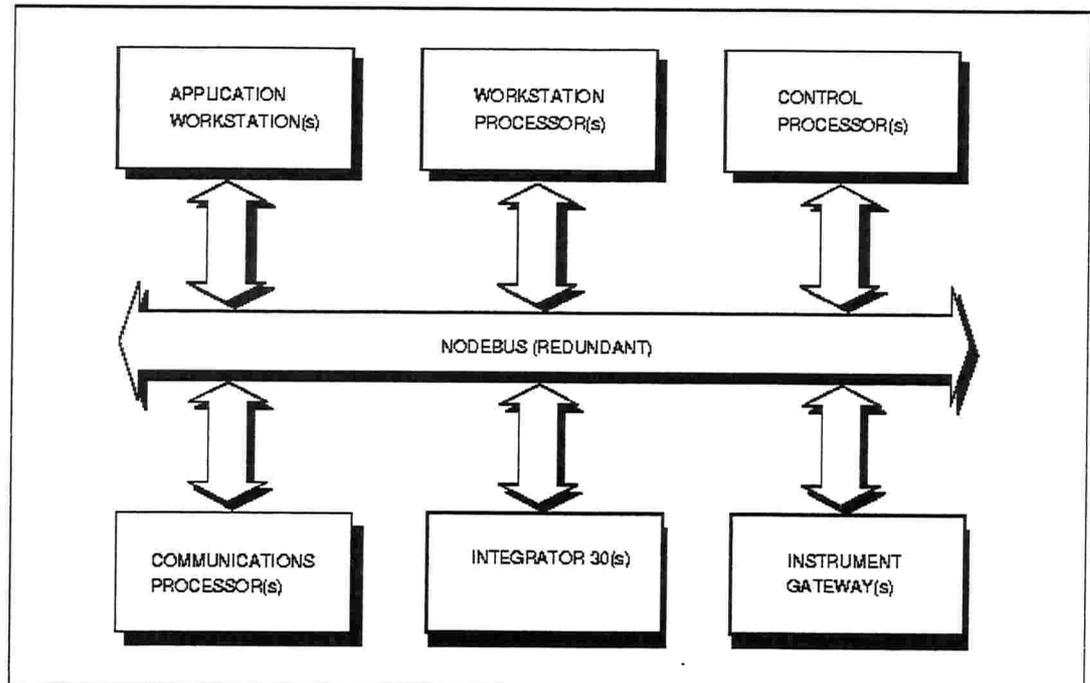


Figura 2 - Nodebus

São quatro as famílias de módulos processadores (Figura 3):

- 1- Processadores de aplicação, os quais se conectam à dispositivos de armazenamento, rodam aplicativos e podem se conectar a redes Ethernet;
- 2- Processadores de estação de trabalho, os quais se conectam a monitores, teclados, painéis anunciadores, e outros dispositivos de interface;
- 3- Processadores de comunicação, interfaces, e gateways, os quais se conectam a dispositivos RS232C/485, Redes Locais (LANs), WANs, SPECTRUM e outras redes, além de dispositivos de outros fabricantes, como PLCs Allen-Bradley, Modicon, Analisadores, etc.;
- 4- Processadores de controle, os quais conectam-se a módulos Fieldbus e dispositivos de processo, e executam lógicas de controle.

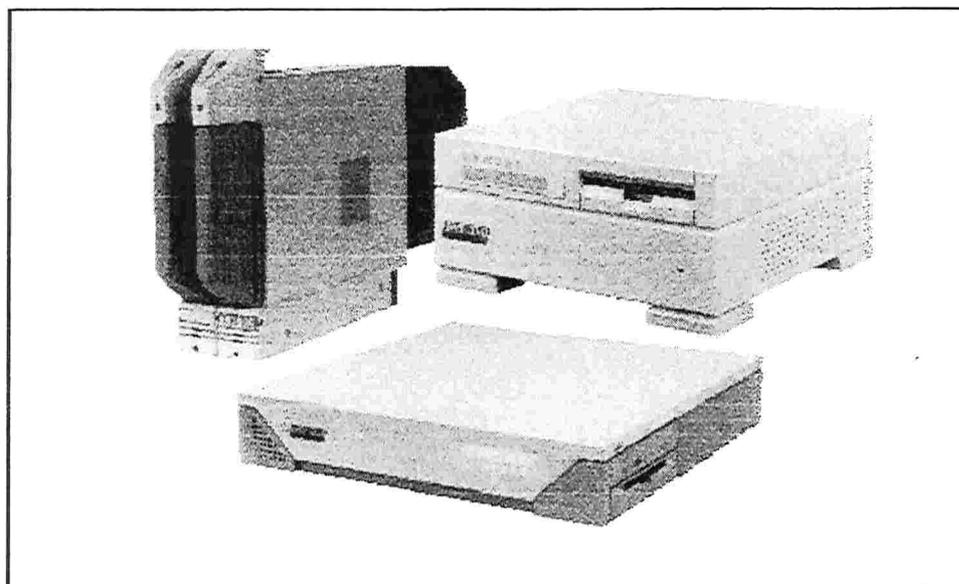


Figura 3 - Módulos Processadores

Outro módulo de grande importância é o módulo Fieldbus (Figura 4), ao qual conectam-se sensores e atuadores do processo, assim como dispositivos inteligentes.

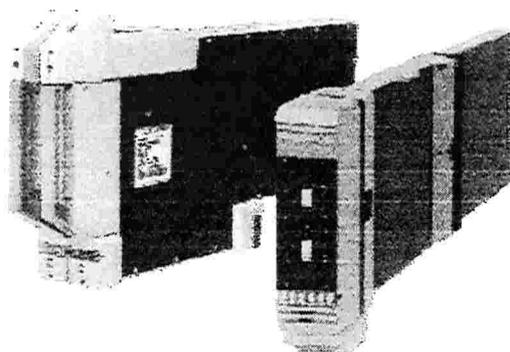


Figura 4 - Módulo Processador de Controle e Módulo Fieldbus (FBM)

O sistema I/A é tolerante a falhas, ou seja, seus módulos críticos, como processadores de controle, são tolerantes a falhas. Pode ser projetado para diversos tamanhos de processo. Um sistema pequeno pode consistir de apenas uma estação de trabalho em um 'node' com alguns módulos. Um sistema grande pode ser criado pela combinação de 'nodes' conectados por uma LAN. A Figura 5 demonstra uma possível configuração de um sistema I/A.

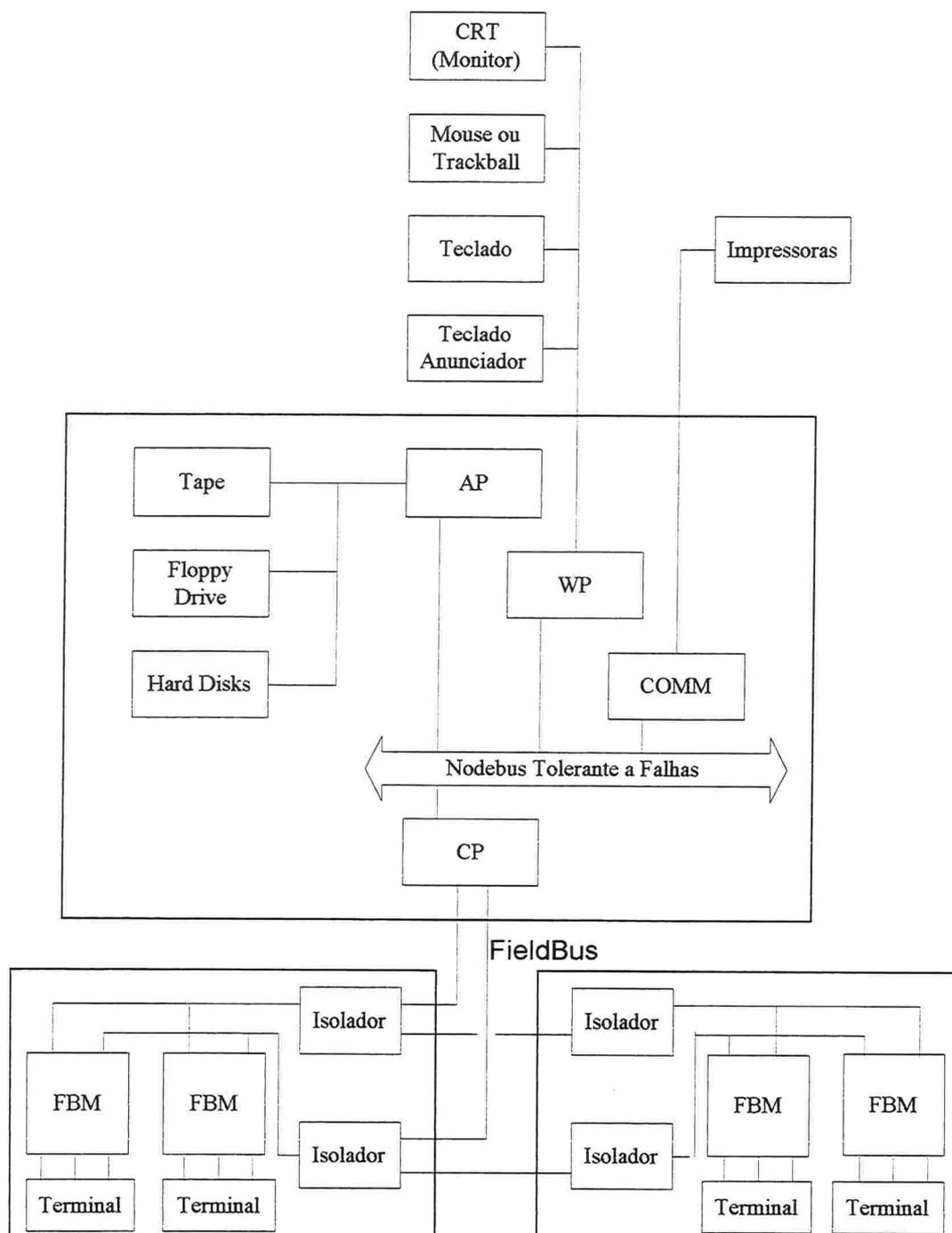


Figura 5 - Possível configuração de um sistema I/A.

### 3.2. I/A Hardware Overview:

Ambientes industriais são, na maior parte dos casos, muito rigorosos e destrutíveis, especialmente para equipamentos eletrônicos. Calor, umidade, vibração, corrosivos, etc., estão geralmente presentes.

No sistema I/A, todos os equipamentos eletrônicos estão incluídos em módulos com grande padrão de proteção ambiental. Estes são, juntamente com módulos de força, conectores e terminais para cabeamento exterior, montados dentro de armários industriais. Tais armários podem ser de diversos tamanhos (Figura 6), alojando apenas módulos Fieldbus ou diversos módulos de diferentes tipos.

Todos os módulos são auto-diagnosticáveis, todas as mensagens entre módulos possuem detecção de erro e toda a comunicação no Nodebus e Fieldbus, assim como em LANs, são redundantes.

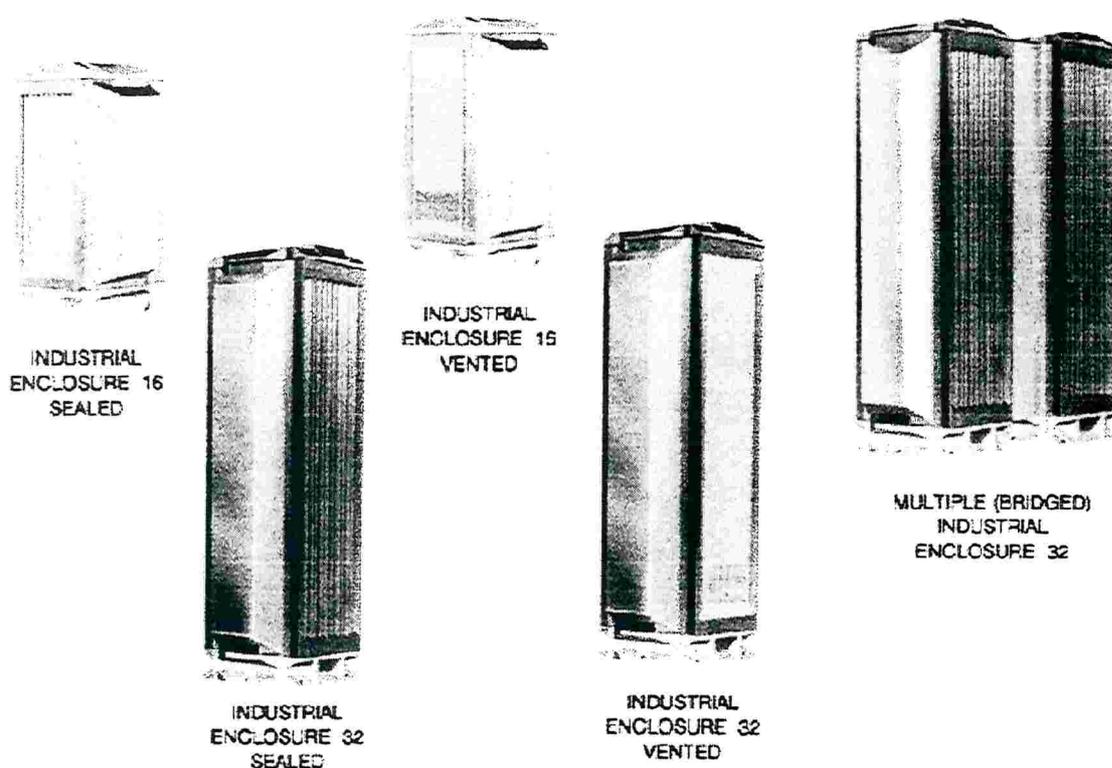


Figura 6 - Armários Industriais

### 3.2.1. Sistema de Comunicação:

O seu sistema de comunicação é constituído de uma hierarquia de redes, com cada nível alcançando uma diferente área geográfica, tipo de serviço e tamanho de banda. Esta hierarquia consiste de LANs, Nodebus e Fieldbus.

A rede local LAN é utilizada para integrar informações entre 'nodos'. É geralmente utilizada em sistemas de elevado porte/tamanho e sistemas de gerenciamento de informações.

O Nodebus é considerado como a rede de controle entre o sistema I/A, interconecta até 64 módulos em um 'node', possibilitando a comunicação redundante ponto-a-ponto em alta velocidade entre as estações.

O Fieldbus coordena a comunicação entre os módulos FieldBus (FBMs), que interfaceam com entradas e saídas do processo, e seus respectivos processadores de controle no Nodebus.

### 3.2.2. Módulos Tolerantes a Falhas:

Consistem em dois módulos funcionalmente idênticos que são 'casados' (Figura 7) para atuar como uma única estação tolerante a falhas. Um dos módulos é chamado de Módulo Primário, o outro de Módulo Sombra.

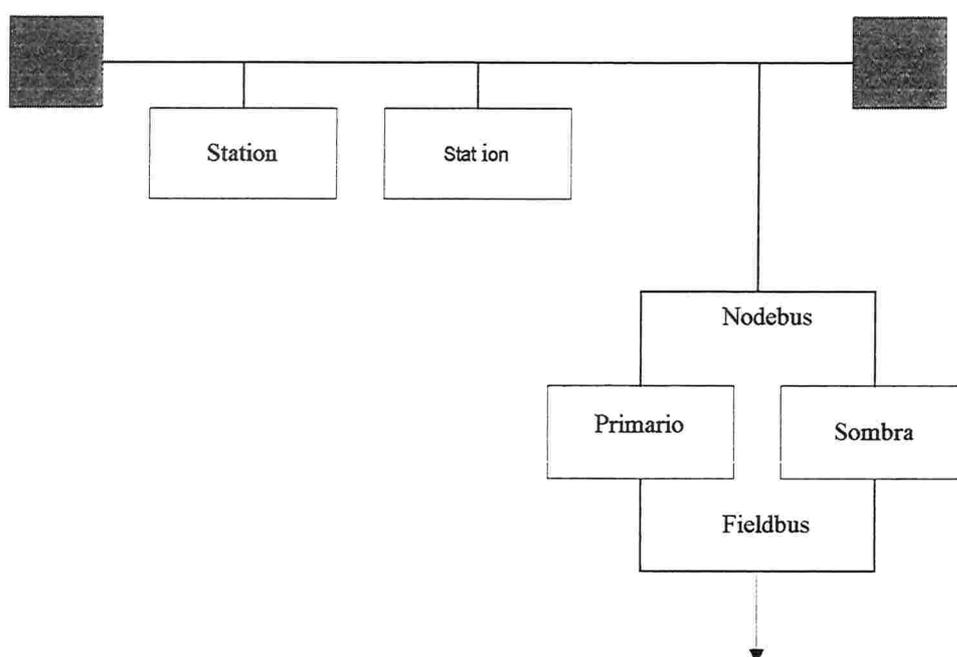


Figura 7 - Módulos Tolerantes a Falhas

Os módulos recebem idênticas entradas. Como os módulos são idênticos, para cada entrada obtém-se idênticas saídas. Entretanto, apenas os dados do Módulo Primário são transferidos. O Módulo Sombra recebe a saída do Primário e compara com a sua própria. Quando estas são diferentes, há uma falha em um dos dois módulos.

Quando um erro é detectado em um módulo, isola-se este imediatamente via diagnóstico. O segundo módulo é então notificado, separando-se do primeiro e tomando controle das saídas da estação, continuando a operação normal a partir do ponto onde houve a falha.

### **3.2.3. Estações do Sistema:**

#### **3.2.3.1. Processador de Aplicações (AP):**

Opcionalmente tolerante a falhas. Interfacea com dispositivos de armazenamento de massa. É um recurso computacional de propósito geral. Entre suas funções destacam-se:

- Funções de gerenciamento de sistema e rede;
- Gerenciamento de banco de dados;
- Transferências de dados;
- Históricos;
- Suporte a displays gráficos;
- Configurações;
- Providenciar ferramentas de suporte;
- Entre outras.

Os processadores de aplicação disponíveis são:

- AP20 - microprocessador 80286 e coprocessador 80287;
- AP50 - processador 25Mhz SPARC RISC;
- AP51A - processador 50 MHz microSPARC RISC;
- AP51B - processador 85 MHz microSPARC II RISC.

Diferenciando-se pela velocidade, aplicação, e periféricos suportados.

#### **3.2.3.2. Processadores de Estação de Trabalho (WP):**

Cada estação de trabalho possui uma interface com um CRT e dispositivos relacionados a este, os quais podem ser teclados alfanuméricos, 'mouses' ou 'trackballs', 'touchscreens', e até dois teclados modulares.

Múltiplas estações podem ser conectadas para operações 'multi-telas'.

Cada processador gerencia as informações em seu próprio CRT e troca dados com outros módulos processadores.

São responsáveis pelo 'link' entre o usuário (operador) e o sistema/processo a ser controlado.

Os processadores de estação de trabalho disponíveis são:

- WP30 - microprocessador 80386SX ,coprocessador 80387SX e processador gráfico TMS34010;
- WP50 - processador 25 MHz SPARC RISC;
- WP51A - processador 50 MHz microSPARC RISC;
- WP51B - processador 85 MHz microSPARC II RISC.

### 3.2.3.3. Workstation de Aplicações (AW):

Apresenta a combinação das funções de APs e WPs. Apresentando as mesmas configurações de hardware dos mesmos (Figura 8).

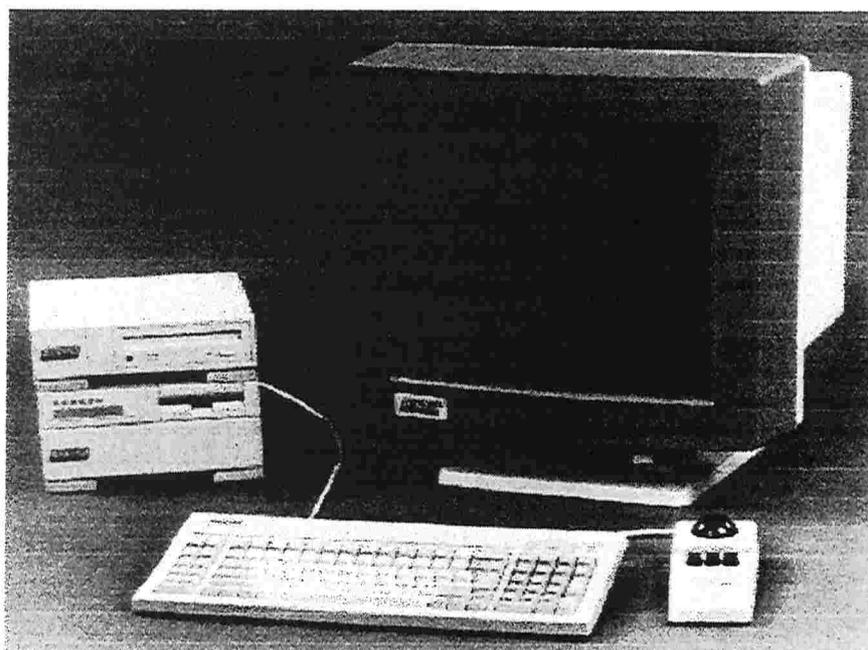


Figura 8 - AW 51C

### 3.2.3.4. Processador de Controle (CP):

Juntamente com módulos Fieldbus, realiza controle regulatório, lógico e sequencial. Realiza aquisição de dados (via FBMs) e detecção e notificação de alarmes (Figura 4).

Variáveis de processo são controladas através de diversas estratégias de controle contidas em blocos, configurados de acordo com as necessidades do processo. Tais estratégias variam desde simples controle 'feedback' e cascata, até mais complexas, como 'feedforward', não linear, e multivariável.

O ajuste e monitoramento de tais variáveis são realizados através de dispositivos de interface do operador (monitores, teclados, touchscreens, etc.). O processador de controle interage com estes dispositivos comunicando-se com os processadores de estação de trabalho e/ou processadores de aplicação. A comunicação se realiza através do Nodebus, e via LANs de alto nível, se implementadas.

Como segurança, pode ser configurado como um par tolerante a falhas.

Especificações Funcionais (CP 40):

- Microprocessador Intel 486DX4 (100mhz);
- Memória de 8Mb (RAM);
- Indicadores (Leds) indicando o estado de operação;
- Diagnóstico interno: auto-teste realizado na inicialização, verificação em tempo de execução e off-line.

### 3.2.3.5. Processador de Comunicações (COMM):

Possui quatro portas RS-232-C para dispositivos de I/O como terminais compatíveis VT-100, impressoras, e outros dispositivos seriais assíncronos.

### 3.2.3.6. Gateways (GW):

São responsáveis pelo interfaceamento bidirecional de dispositivos de outros fabricantes com I/A. Dentre os mais importantes pode-se destacar : Allen-Bradley Data Highway Plus, Modicom, Instrument, Modbus Plus, etc.

### 3.2.3.7. Interfaces:

- A Interface 'Carrierband': conecta 'nodes' em um barramento token IEEE 802.4 de uma LAN;
- A Interface Nodebus: possibilita a conexão de um computador pessoal (IBM-PC compatível) a um 'node' I/A;
- Conversor de LAN de fibra-ótica: possibilita a conversão bidirecional entre cabos coaxiais e de fibra-ótica;
- Entre outras.

### **3.2.4. Módulos Fieldbus (FBMs):**

Possibilitam a interface entre atuadores/sensores no processo e a rede redundante Fieldbus. Os módulos Fieldbus disponíveis para uso com o sistema I/A podem ser divididos em três categorias: módulos principais, módulos principais expansíveis e módulos de expansão.

#### **Módulos Principais:**

Cada módulo conecta-se independentemente ao Fieldbus. Possui um número fixo de entradas/saídas (ou seja, não expansível) e realiza aquisições/conversões de sinais, além de outras funções operacionais. Todos os módulos principais contém o seguinte:

- processadores digitais;
- 'transceivers' duais (para comunicações com Fieldbus);
- memória;
- conversores;
- lógicas de segurança;
- circuitos de auto-teste on-line.

#### **Módulos principais expansíveis:**

Além das características apresentadas pelos módulos principais, podem ter um módulo de expansão, aumentando o número de canais de entrada/saída do sistema.

#### **Módulos de expansão:**

São opcionalmente utilizados para aumentar o número de entradas/saídas suportados pelos módulos principais expansíveis.

**Módulos Fieldbus disponíveis pela Foxboro:**

- FBM01 - Interface de entrada 4 a 20 mA
- FBM04 - Interface de entrada/saída 4 a 20 mA
- FBM05 - Interface de entrada/saída 4 a 20 mA redundante
- FBM06 - Interface de entrada de pulso e saída 4 a 20 mA
- FBM22 - Interface única 4 a 20 mA (Auto/Manual)
- FBM02 - Interface de entrada (termopar)
- FBM03 - Interface de entrada RTD
- FBM33 - Interface de entrada RTD
- FBM17 - Interface de entrada/saída 0 a 10 V dc
- FBM18 - Interface de transmissor inteligente
- FBM39 - Interface de transm. inteligente e saída 4 a 20 mA
- FBM43 - Interface de transm. inteligente de banda dupla
- FBM44 - Interface de transm. inteligente de banda dupla e saída 4 a 20 mA
- FBM46 - FBM44 redundante
- FBM07 - Interface de entrada dc/contato
- FBM12 - expansão para FBM07
- FBM09 - Interface de entrada/saída dc/contato
- FBM14 - expansão para FBM09
- FBM41 - Interface de entrada/saída de contato/dc (alta potência)
- FBM42 - expansão para FBM41
- FBM24 - Interface de entrada de contato/125 V dc
- FBM25 - expansão para FBM24
- FBM26 - Interface de entrada/saída de contato/125 V dc
- FBM27 - expansão para FBM26
- FBM08 - Interface de entrada de 120 V ac
- FBM13 - expansão para FBM08
- FBM10 - Interface de entrada/saída de 120 V ac
- FBM15 - expansão para FBM10
- FBM20 - Interface de entrada de 240 V ac
- FBM21 - expansão para FBM20
- FBM11 - Interface de entrada/saída de 240 V ac
- FBM16 - expansão para FBM11

### 3.3. I/A Software Overview:

O software do sistema I/A utiliza as funcionalidades da arquitetura cliente/servidor distribuída do sistema. Possibilita a distribuição da funcionalidade e capacidade computacionais para uma vasta área geográfica, capacidade de comunicação com sistemas computacionais de outros fabricantes, além da utilização de diversos aplicativos.

A sua funcionalidade é baseada em:

- Portabilidade: utiliza sistema operacional Unix e gerenciamento de dados distribuído;
- Conectividade: utiliza padrões internacionais de comunicação;
- Sistema X Windows: utiliza interface gráfica de usuário OPEN LOOK;
- Interface amigável: utiliza menus, displays de fácil utilização e caixas de diálogo;
- Software de Controle Integrado: para configuração de diversas estratégias de controle nos domínios lógico, sequencial e contínuo;
- Acesso a dispositivos de campo: tais como sensores inteligentes, transmissores e atuadores;
- Gerenciamento de Informações: utilizando banco de dados relacional;
- Fácil Configuração;
- Segurança de acesso a dados;
- Gerenciamento de rede e sistemas: para monitoramento e administração de sistemas remotos e distribuídos;
- Soluções para Controle de Produção e Gerenciamento de informações;
- Ferramentas de desenvolvimento de software e linguagens de programação: para desenvolvimento de soluções específicas;
- Ajuda On-Line;
- Fácil expansibilidade.

#### 3.3.1. Sistema Operacional:

A partir da série de processadores 50 (AP50, WP50 e AW50) roda-se o sistema operacional Solaris - Unix (system V - Release 4).

Solaris é um sistema multitarefas de extensa funcionalidade em áreas como multiprocessamento simétrico, execução em tempo-real, segurança, alta performance de rede e administração de sistemas. Sendo, portanto, um excelente suporte para um sistema digital de controle distribuído.

#### 3.3.2. Controle Integrado:

O sistema I/A oferece um software integrado de controle, denominado Configurador de Controle Integrado (Figura 9), que simplifica a construção de estratégias complexas de controle e Sistemas de Segurança.

Baseia-se no conceito de compostos e blocos, onde cada composto é uma coleção lógica de blocos que realizam uma determinada função de controle.

Blocos de controle contínuo possuem algoritmos predeterminados, com as seguintes funções:

- controle regulatório;
- controle de dispositivos;
- entrada e saída;
- alarmes;
- seleção de sinais;
- compensação dinâmica;
- sequência de eventos;
- cálculos.

Incluso no controle regulatório estão diversas versões do controlador EXACT\_MV da Foxboro, responsável pelo controle de processos com ganhos variáveis e dinâmicos, multivariáveis, e distúrbios não mensuráveis.

The screenshot displays the FOXBORO Integrated Control Configurator interface. The title bar reads "FOXBORO: Integrated Control Configurator". The main window shows a list of parameters for a block named "CAT\_TEST". The parameters are as follows:

```

HELP  SHOW
Integrated Control Configurator  Active  STA = CRT41 @AW5101
CAT_TEST  Block Definition:
END ECB***  Name:  A007FC2521
A007FI2521  Type:  PIDA
A007FI2522  DESCRP  4GP-CAT GASLN>OFF TEST & AMORCO
A007PI1927  PERIOD  2
A007FC2521  PHASE   0
A007FC2522  MEAS    :A007FI2521.PNI
A007FX2521  HSC11   40.0
A007FX2522  LSC11   0.0
A007PC1927  DELT11  1.0
A007PX1927  E11     MBPD
A007PX1927A  NLNBLK  0
A007FY2521  SPT     0.0
A007FY2522  SPH11M  40.0
A007PY1927  SP111M  0.0
END CON1**  STRKOP  1
END SEQ***  SPROPT  1
END CON2**  SPRATE  1.0
           SPTARG  0.0
           SPRAMP  0
           RSP     :A007FC2521.SPT
           LR      0
  
```

Figura 9. Configurador de Controle Integrado

### 3.3.3. Gerenciamento de Informações:

O subsistema de gerenciamento de informações do sistema I/A é baseado no Gerenciador de Banco de Dados em Tempo-Real (Real-Time Database Manager) que, por sua vez, baseia-se no sistema de gerenciamento de banco de dados relacionais INFORMIX.

A natureza distribuída do sistema I/A é suportada pela distribuição do banco de dados para atender as necessidades locais. O gerenciador de banco de dados em tempo-real possibilita o agrupamento de todos os dados do sistema de uma forma consistente e uniforme.

### 3.3.4. Interfaces Gráficas:

Com o intuito de providenciar uma consistência de operação por toda a rede, o sistema I/A utiliza uma única interface de usuário, independentemente de sua configuração: workstations industriais modulares, workstations 'desk top', ou computadores pessoais utilizados como workstations.

A interface com o operador no sistema I/A consiste de :

- Configuração flexível:

Cada estação pode ser configurada de diferentes maneiras, como um centro operacional ou como um modelo 'desktop' para a gerência. Independentemente da configuração, cada workstation pode apresentar as mesmas funções.

- Controle de Acesso:

O sistema I/A oferece a possibilidade da configuração de senhas de acesso a determinadas áreas do sistema. Cada usuário pode ser designado a um certo ambiente de operação, que define as funções e o banco de dados acessíveis a este.

- Telas Iterativas:

As telas (displays) são baseadas em orientação a objeto. Atributos como cores, visibilidade, selecionabilidade, etc, são designados a objetos que são conectados aos dados do sistema através da utilização de um software de configuração de displays.

A conexão de objetos a dados de processo permite a visualização e controle de certas funções da planta através da utilização de 'mouses', 'trackballs' ou 'touchscreens'.

- Alarmes de processo e de sistema:

O sistema I/A possibilita a notificação de alarmes de processo e sistema, e dá ao operador capacidade de reconhecimento destes. Alarmes podem ser configurados para a notificação de falhas de sistema e rede, ou variações indesejáveis em dados do processo, emitindo sinais sonoros, variando cores em displays e/ou ativando leds em painéis anunciadores.

### 3.3.5. FoxCae:

FoxCae é uma ferramenta de engenharia que possibilita a geração/projeto de diagramas de controle e compostos/blocos necessários a estratégias de controle.

As três principais tarefas da ferramenta FoxCae são:

- Engenharia Assistida por Computador: Ao se utilizar o editor gráfico do FoxCae para o desenvolvimento de um projeto de controle, necessita-se apenas que se entre os tags de entradas e saídas do processo, defaults para os tipos de tags (AIN, AOUT, CIN) e loops típicos. O programa então gera automaticamente os compostos e blocos, que podem ser transferidos para o(s) Processador(es) de Controle no sistema I/A;
- Documentação de Loop: Pode-se gerar gráficos dos loops e imprimi-los;
- Backdocumentation: Pode-se gerar a documentação de projetos desenvolvidos no Configurator de Controle Integrado.

### 3.4. Configuração de Controle:

O sistema I/A proporciona ao usuário uma abrangente implementação de estratégias de controle e entrada/saída para aplicações de controle contínuo, sequencial e lógico.

As estratégias de controle são projetadas utilizando-se blocos, executados em qualquer Estação de Controle I/A. Estes blocos interfaceam com aplicações específicas executadas nos módulos Fieldbus (FBMs), processadores Fieldbus (FBPs), e Integradores de Controle.

O acesso a tais módulos é realizado através do Software de Controle Integrado nas seguintes estações:

- CP10, CP30, CP40;
- Integrador AW70, que é baseado em Windows NT 4.0 e realiza funções de processador de aplicações (AP) e processador de estação de trabalho (WP);
- Integrador AW51;
- Micro I/A OMC, uma versão miniaturizada do sistema I/A;
- Além de outras estações de controle, como PLCs Allen-Bradley, PLCs Modcon, dispositivos seriais Interspec, etc.

### 3.4.1. Conceitos:

A configuração de controle no sistema I/A baseia-se na utilização de compostos, blocos e parâmetros.

Um composto é uma coleção de blocos. Cada bloco realiza um determinado algoritmo de controle e apresenta diversos parâmetros, como entrada, saída, setpoint, etc.

O conceito de composto:

- Todo composto possui um nome único no sistema, com 12 caracteres;
- Pode ser ligado ou desligado;
- Suporta qualquer combinação de blocos;
- Suporta a definição de alarmes.

O conceito de blocos:

- Executam uma determinada estratégia de controle;
- Podem conectar-se entre si, inclusive a blocos em outros compostos no mesmo CP;
- Podem ser faseados;
- Possuem parâmetros, setáveis ou não pelo operador;
- Devem possuir um nome único no composto, com 12 caracteres.

Processamento de Compostos e Blocos:

Os blocos são configurados para executar em um determinado período, variando de 0.1 segundos a 60 minutos. São executados na ordem em que aparecem no composto. Entretanto, quando faseamento é utilizado, este determina a ordem de execução.

A estrutura genérica de definição de um parâmetro em um bloco é: `COMPOSTO:BLOCO.PARÂMETRO`.

No início do processamento de um composto, dados do processo (entradas e saídas) são lidos e parâmetros de saída de blocos são mandados ao processo através de módulos Fieldbus (FBMs), com um período especificado nos blocos de controle de equipamentos (ECBs), respeitando-se o período especificado em cada bloco do composto.

O procedimento genérico para configuração consiste em:

- Criar um composto nos quais blocos podem ser criados e executados;
- Atribuir valores aos parâmetros destes blocos;
- Conectar blocos entre si ou a blocos de outros compostos, de acordo com a estratégia de controle desejada.

A seguir apresenta-se uma listagem com os blocos atualmente disponíveis em I/A.

#### **Blocos de entrada e saída:**

- MAIN - Entradas analógicas múltiplas: 8 entradas de um FBM e um canal para referencia de temperatura (termopares);
- AIN - Entrada analógica. Suporta uma única entrada de um FBM;
- AINR - Entrada analógica redundante;
- MCIN - Entradas digitais múltiplas. Suporta até 32 entradas de um FBM digital;
- CIN - Entrada digital. Suporta uma única entrada digital;
- AOUT - Saída analógica única;
- AOUTR - Saída analógica única e redundante;
- MCOUT - Múltiplas saídas digitais. Suporta até 16 saídas;
- COUT - Saída digital única;
- EVENT - Eventos.

#### **Blocos de dispositivos de controle:**

- GDEV - Dispositivo geral. Possibilita controle Open/Close para válvulas e Run/Stop para motores;
- MDACT - Atuador acionado por motor. Utilizado para controlar válvulas acionadas por motores e solenóides, aquecedores elétricos, etc.;
- MOVLV - Válvula operada por Motor. Opera duas saídas digitais, as quais abrem/fecham uma válvula incrementalmente;
- MTR - Controlador de Motor;
- VLV - Controlador On/Off de Válvula. Opera duas saídas digitais, que podem abrir/fechar uma válvula solenóide.

#### **Controle Regulatório :**

- BIAS - Produz uma saída que é a soma de dois valores de entrada, MEAS e BIAS;
- RATIO - Calcula uma saída que é a multiplicação escalar de uma entrada por um valor de 'razão' definido pelo usuário;
- DGAP - 'GAP' diferencial;
- LIM - Limitador. Possibilita o controle do limite de velocidade e posição;
- OUTSEL - Seleção da saída. Possibilita a seleção de uma entre duas entradas provenientes de outros blocos;
- PID - Controlador Proporcional, Integral e derivativo;
- PIDA - PID Avançado. Proporciona as funções de um controlador multi-variável EXACT\_MV, quando utilizado em conjunto com blocos FFTUNE e FBTUNE, além de opções de TRACKING e SetPoint Ramping;
- DPIDA - PIDA Distribuído. Conecta o processador de controle a um algoritmo PIDA sendo executado em um FBM;
- FFTUNE - Feedforward Tunning;
- FBTUNE - Feedback Tunning;
- PIDE - PID com EXACT tuning (auto-tuning);
- PIDX - PID Extendido. Adiciona outras possibilidades ao bloco PID;
- PIDXE - PID Extendido com EXACT\_MV;
- PTC - Controlador de Tempo Proporcional. Realiza as funções de um controlador On/Off proporcional ao tempo.

**Compensações dinâmicas:**

- DTIME - Dead Time. Atrasa a sua entrada por um tempo variável antes de proporcionar a saída;
- LLAG - Avanço/Atraso. Proporciona uma compensação de atraso ou avanço em sua entrada;
- RAMP - Rampa. Proporciona uma sequência de segmentos de rampa, no máximo de 5;
- SIGSEL - Seleção de Sinal. Funciona como em demultiplexador;
- SWCH - Seletor de entrada. Pode selecionar uma entre duas entradas;

**Blocos de conversão, lógicos e computacionais:**

- ACCUM - Acumulador;
- CALC - Calculador. Proporciona até 50 operações aritméticas e lógicas executadas sequencialmente;
- CALCA - Cálculos Avançados;
- CHARC - Caracterizador. Converte uma entrada real a uma saída também real utilizando uma tabela de conversões;
- LOGIC - Lógico. Proporciona funções lógicas;
- MATH - Matemático. Proporciona a utilização de funções matemáticas;

Além de blocos de Alarme ,de lógica sequencial e de controle de equipamentos e gateways.

**3.4.2. Estratégias de Controle:**

São inúmeras as estratégias de controle possíveis de implementação no sistema I/A. Dentre as utilizadas pelo autor, destacam-se:

- *Controle Realimentado:*

Consiste na utilização de pelo menos três blocos: AIN, PID e AOUT.

Realiza-se uma medida da variável a ser controlada através de um canal de um móduloFBM. Esta medida é lida por um bloco AIN, que pode realizar diversos tipos de condicionamento de sinais, dependendo da sua configuração.

Conecta-se o parâmetro de saída (PNT) deste com o de medida do PID (MEAS). Este pode realizar qualquer combinação das estratégias de controle proporcional, derivativo e integral.

O parâmetro de saída do PID (OUT) é conectado com o de medida de um bloco AOUT (MEAS), conectando-se a sua saída (OUT) à um canal de um FBM, conectado à um atuador (válvula, por exemplo).

O loop pode ser quebrado através de parâmetros AUTO/MANUAL, presentes nos três blocos.

Caso em manual, o parâmetro de saída do bloco AIN pode ser setado pelo operador, ou seja, a sua saída não corresponde com o sinal proveniente do FBM. Da mesma maneira, a saída do controlador e do bloco AOUT não correspondem com os valores medidos sendo, portanto, controlados pelo operador.

- *Controle em Cascata:*

Consiste na utilização de pelo menos dois loops de controle realimentados, um primário e um secundário. O primeiro controla a variável de entrada do processo, tendo como setpoint a saída do segundo, que controla a variável de saída do processo.

Como exemplo pode-se citar o controle de nível de um tanque através de um fluxo de entrada neste. O loop primário seria o controlador de fluxo, manipulando a variável de entrada do processo (fluxo), com o controlador de nível sendo o secundário, ou seja, controlando a variável de saída do processo (nível). A saída do segundo é o setpoint do primeiro.

Em estruturas de cascata no sistema I/A, geralmente se utiliza a função de TRACKING em seu controlador secundário.

Caso o operador coloque o controlador primário em manual, o secundário muda o seu estado de automático para TRACKING, forçando o seu setpoint e sua saída ao valor de medida do primário. Ao se retornar o primário à automático, o secundário também o faz, e o operador entra com o valor de setpoint desejado. Possibilitando uma transferência sem grandes pulos (“bumpless”).

- *Split Range:*

Consiste na divisão de um sinal em duas escalas diferentes. Por exemplo, se o valor de ‘split’ for 50% do valor de entrada, 0% deste produz 0% como valor da saída 1 e 50% produz 100% nesta saída. A partir de 50%, a saída 1 se mantém em 100% e a saída 2 varia de 0 a 100%.

Para tal estratégia utiliza-se blocos CALC.

- *Low Select:*

Consiste na utilização de blocos OUTSEL para a seleção da menor entre duas entradas. É geralmente utilizada para se sobrepor controladores.

- *High Select:*

Consiste na utilização de blocos OUTSEL para a seleção da maior entre duas entradas.

## Capítulo 4. TOSCO - AVON REFINERY:

### 4.1. Introdução:

O petróleo é composto por uma grande variedade de moléculas de hidratos de carbono e inúmeras impurezas, como o enxofre, sendo a relação entre o número de átomos de hidrogênio e de carbono nestas o que define o seu valor. Algumas moléculas são pequenas (gasolinas, etano, propano, etc.), enquanto outras são muito grandes (resíduos, 'coke', asfalto, etc.).

A refinaria Tosco-Avon é considerada uma refinaria de combustíveis, dedicando-se à produção de gasolina e diesel. Por esse motivo, existe a preferência por moléculas mais leves, com uma maior porcentagem de átomos de hidrogênio em relação a átomos de carbono.

A refinaria Tosco-Avon processa a sua matéria prima (petróleo) através dos métodos de Destilação, Absorção, 'Cracking', Reformulação e 'Blending' que serão descritos no próximo tópico.

A refinaria é composta de várias plantas, onde cada uma das plantas é responsável por determinadas partes do processo. Nesse projeto foram estudadas duas plantas, a planta 5Gas (Capítulo 5), na qual se implementou um Sistema Digital de Controle Distribuído (I/A Foxboro), e a planta 4Gas/Catalitic Cracker (Capítulo 6), na qual se fez a modernização de uma estratégia de controle.

### 4.2. Métodos de Processamento de Petróleo

O primeiro processo de uma refinaria, após recebido o petróleo, é a sua destilação. O processo de destilação consiste na separação das diferentes moléculas de hidrato de carbono presentes no petróleo. Essas moléculas tem diferentes pontos de ebulição, o que possibilita o controle da separação destas. Moléculas de hidrato de carbono leves e compostos sulfúricos (enxofre), tendem a entrar em ebulição antes, se concentrando no topo da coluna de destilação, enquanto que as mais pesadas, vão para o fundo desta.

Utiliza-se o método de 'cracking' para quebrar hidratos de carbono pesados em leves, através de reações térmicas ou induzidas por catalisadores.

Para separação de hidratos de carbono leves de compostos sulfúricos, usa-se o processo de desulfurização, que consiste na conversão destes em  $H_2S$ , que podem ser removidos do processo, obtendo-se gasolinas e gases combustíveis.

Utiliza-se o processo de reformulação nas gasolinas, para o rearranjo de suas estruturas moleculares, através da utilização de catalisadores, possibilitando que se obtenha gasolina de alta concentração de octano a partir de gasolina de baixa.

Para melhorar a eficiência da gasolina, utiliza-se o método de 'Blending', que consiste no agrupamento de diferentes moléculas na formulação desta.

### 4.3. Produtos

A refinaria possui como produtos os seguintes materiais:

- Gasolina;
- Diesel;
- 'Coke';
- Gases;
- Óleo combustível.

### 4.4. Segurança

Muitos dos fluxos de processo em uma refinaria contém hidratos de carbono pesados e outros produtos que podem ser extremamente prejudiciais ao organismo humano. Além disso, praticamente todos os seus produtos são inflamáveis, principalmente hidratos de carbono leves, como a gasolina, o que faz necessário um controle rigoroso de todos os processos presentes neste tipo de indústria.

## Capítulo 5. Implementação do Sistema Digital de Controle Distribuído na Planta 5GAS

O propósito geral desta planta é a compressão, separação e recuperação de produtos residuais oriundos de diversas outras plantas da refinaria, obtendo gasolina pesada, gasolina leve, propano, butano e gás combustível. O seu processo consiste de destilação, compressão de gases e absorção (Figura 10).

Como entradas possui: hidratos de carbono, óleos, 'extraneous wet gas', DEA (lean diethanolamine), água, soda cáustica, catalisadores, amônia, gás combustível, gás natural, vapor e nitrogênio.

Como produtos: gases leves e pesados, naphtha, gasolina, 'sweet dry gas', propano/propileno (PP) e butano/butileno (BB).

As temperaturas do processo variam de -50°F a 1300°F, e as pressões de 26 a 600 psig.

### 5.1. Descrição geral do processo

#### 'Wet Gas Compressor System':

A sua principal função é a repressurização de 'Wet Gas' proveniente do 'coker main fractionator accumulator' e gases do 'Extraneous Knockout Pot'.

Naphtha proveniente do 'Knockout Drum' de alta pressão, 'Wet Gas' proveniente do 'Knockout Pot' de alta pressão e 'destilado' do Fracionador Principal (Coker) são enviados ao 'Absorber/Deethanizer'.

#### 'Absorber/Deethanizer':

A função do 'Absorber/Deethanizer' é a separação de etanos e componentes mais leves a partir de componentes mais pesados através do processo de destilação.

Etanos são mandados para o 'Sponge Oil Absorber', onde componentes pesados ainda presentes são retirados (absorvidos), para o 'Campbel Demister', onde retira-se Soda Cáustica, e finalmente para o 'Vapor Phase Absorber', responsável pela absorção de  $H_2S$ . Obtém-se nesta linha então o produto Gás Combustível, ou 'Dry Gas'.

#### 'Debutanizer':

A função do Debutanizer é a separação de butano/butileno, e materiais mais leves, de pentanos e materiais mais pesados através do processo de destilação. Os mais pesados são enviados ao 'Splitter' e os mais leves ao 'H<sub>2</sub>S Liquid Phase Absorber', para a absorção de  $H_2S$ , de onde segue para o 'Depropanizer'.

### ‘Splitter’:

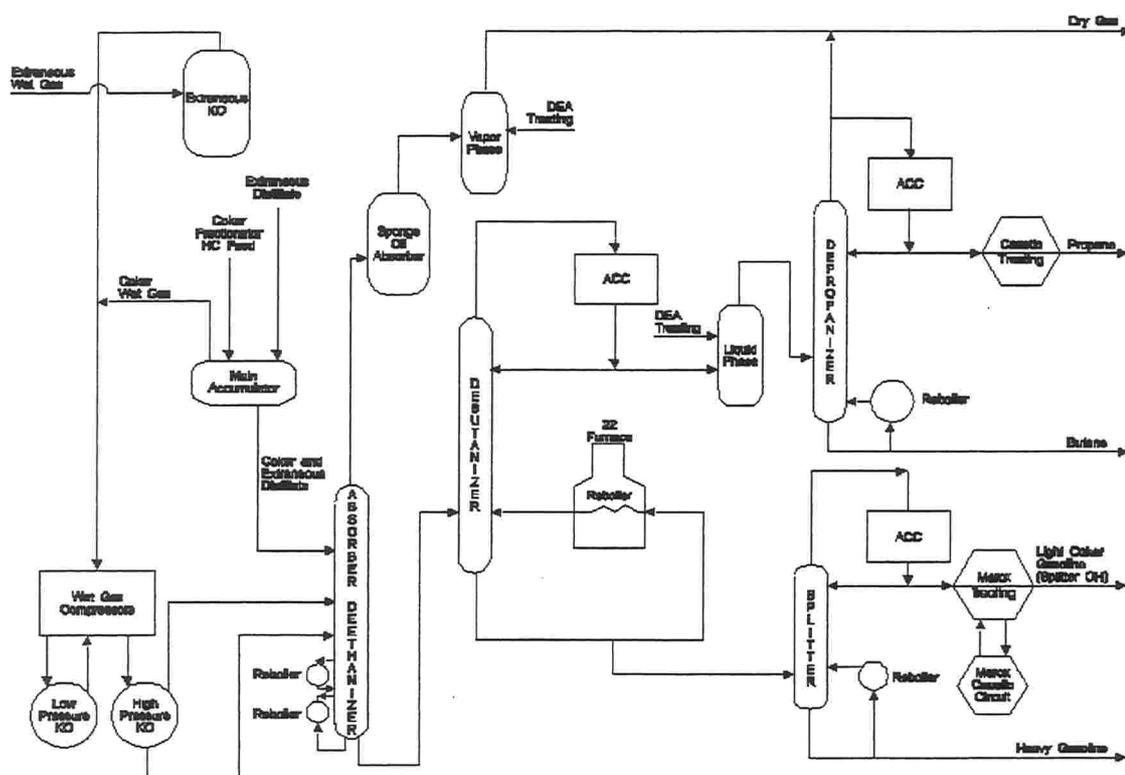
A função do ‘Splitter’ é a separação da gasolina proveniente do ‘Debutanizer’ em gasolinas leve e pesada através de destilação. A gasolina pesada segue para armazenamento, enquanto a leve passa por uma série de outros processos até armazenamento.

### ‘Depropanizer’:

A função do Depropanizer é a separação de propano/propileno de butano/butileno e materiais mais pesados provenientes do ‘Debutanizer’, através de destilação.

### ‘Absorbers’:

A função dos ‘Absorbers’ é a absorção de certos materiais, como  $H_2S$ , Soda Cáustica e hidróxidos de carbono mais pesados, a partir de produtos como etano, butano, propano, etc. Esta absorção é realizada geralmente pelo contra-fluxo de duas substâncias diferentes.



**No. 5 Gas Plant Process  
Simplified Flow Diagram**

Figura 10

## 5.2. Aplicação do sistema I/A na planta 5GAS

Com o intuito de modernizar a sua produção, a refinaria Tosco-Avon vem implementando em suas unidades o sistema digital de controle distribuído (SDCD) I/A - Foxboro. Por ser um processo complexo, a sua implementação é feita de forma gradual, uma planta de cada vez.

A primeira etapa de um novo projeto é a avaliação do processo a ser controlado e a determinação da configuração necessária. Para a planta em questão utilizou-se (Figura 11):

- 4 Processadores de Controle (CP40) tolerantes a falhas;
- 3 Estações de Trabalho (WP51);
- 1 Estação de Trabalho de Aplicação (AW51C);
- 1 Processador de Aplicações (AP51B);
- 3 Gateways;
- 1 Processador de Comunicações (COMM10);
- 19 Armários Industriais;
- 90 Módulos FBM, com cerca de 1200 pontos de entrada/saída.

A seguir serão relatados procedimentos seguidos na implementação do sistema I/A na planta 5GAS, do ponto de vista de um engenheiro de aplicações, com efetiva participação do autor deste projeto.

### 5.2.1. Identificação do Sistema:

O primeiro passo na implementação de um SDCD é o estudo da planta a ser 'automatizada'. Este estudo foi realizado através de inúmeras reuniões com operadores, supervisores e engenheiros de processo.

Além destas reuniões, realizou-se inúmeras visitas a área (5GAS), e utilizou-se documentos chamados P&IDs (Pipes & Instrumentation Diagrams) e Índices de Instrumentos, através dos quais pôde-se obter uma visão de todos os instrumentos e fluxos presentes no processo.

### 5.2.2. Banco de Dados de Controle:

Iniciou-se então o desenvolvimento do banco de dados contendo os loops de controle do processo. Para tal utilizou-se FoxCae.

Os seguintes passos foram realizados em FoxCae:

- **Tag List:**

Criou-se uma lista com todas as entradas e saídas do processo. Esta consta de dados como tags, nome do composto em que este se encontra e em que CP, alarmes, escalas, unidades, etc.

No caso de 5GAS, todos os compostos foram nomeados de acordo com o padrão 5GP\_nomeComposto, e blocos com A003tag, onde tag indica o tipo de instrumento e seu nome, como TC1234 para controlador de temperatura 1234.

- **Típicos:**

Típicos são loops predefinidos. A refinaria Tosco-Avon possui uma grande variedade de típicos definidos, como loops de controle em cascata dupla ou tripla, feedforward, controle de motores, de válvulas, entre muitos outros.

Criou-se então loops utilizando-se da lista de tags e atribuindo-se típicos a estes;

- **Documentação e Instalação:**

Após criados os loops foi feita a documentação do projeto, obtendo 'loop drawings' (Anexo2) e transferiu-se a configuração aos respectivos CPs;

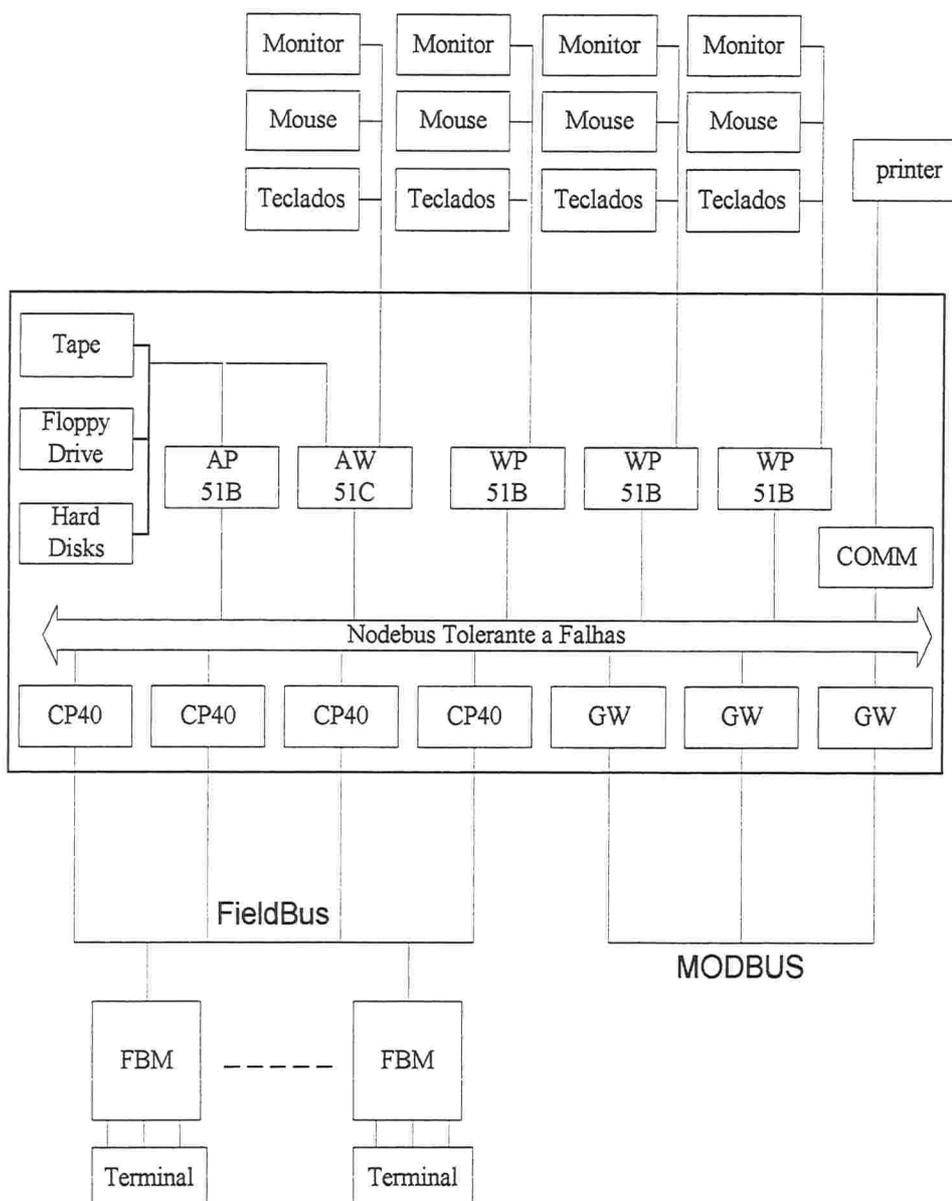


Figura 11

### 5.2.3. Construção de Displays:

Juntamente com o desenvolvimento do banco de dados iniciou-se a construção dos displays referentes ao processo (Anexo 1), utilizando para isto o editor gráfico orientado a objetos 'Foxboro Display Builder' (Figura 12).

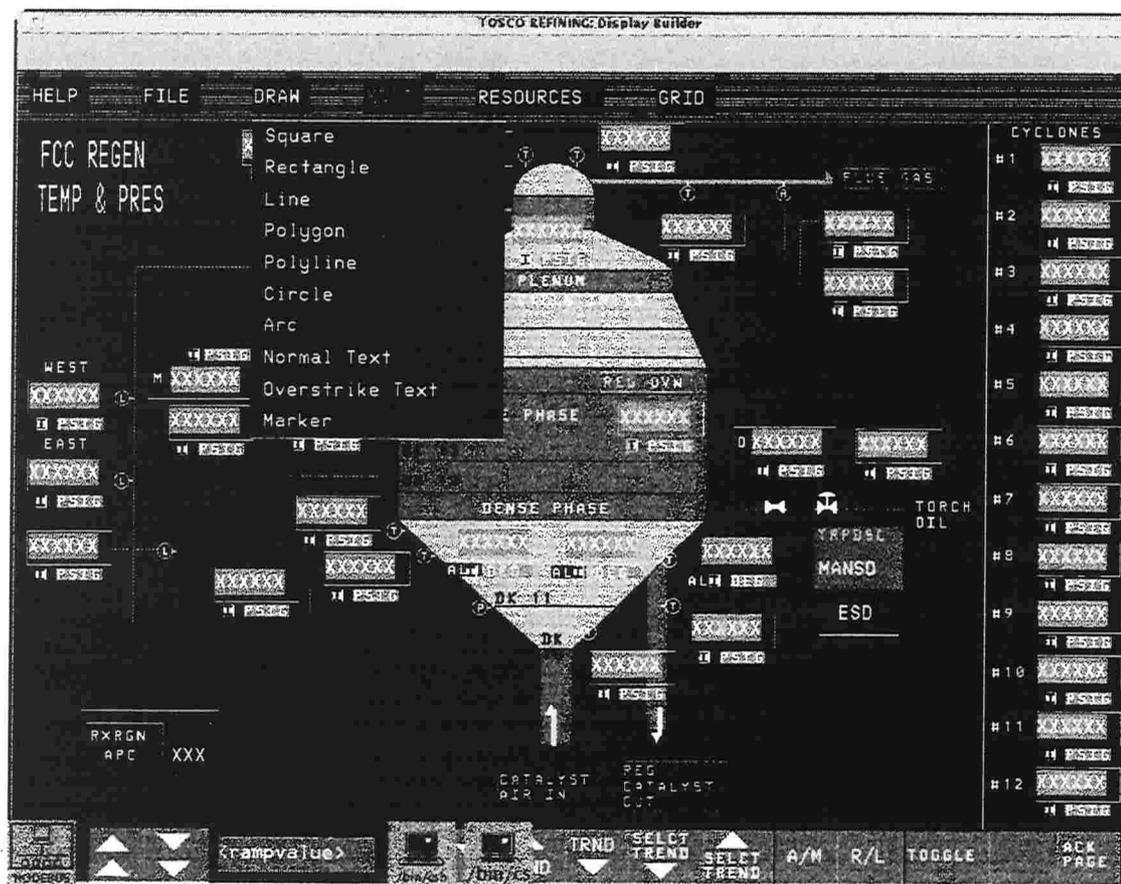


Figura 12. Display Builder

A construção de displays foi baseada na utilização de padrões próprios da empresa Tosco-Avon. Tais padrões aplicam-se a todo objeto presente em displays, como tanques, válvulas, sensores, controladores, indicadores, etc.

Os controladores são apresentadores em 'caixas' contendo três campos : Medida, Setpoint, e Saída (M - measurement, S - Setpoint, O - Output), com a unidade de sua medida imediatamente acima desta. Possuindo, também, um campo indicando o seu modo atual de operação (manual/automático)

Os indicadores possuem apenas um campo, com a sua unidade imediatamente abaixo deste. Além disto, conectam-se a um símbolo indicando o tipo de transmissor em questão: temperatura, pressão, fluxo, nível, velocidade, etc.

Instrumentos como válvulas, trocadores de calor, bombas e compressores possuem um indicador de status, ou seja, seu estado atual: normal, em manutenção, fora de serviço, etc.

Alarmes são indicados por ‘caixas’ contendo um texto com o tipo de alarme (LAL - low level alarm, PAH - high pressure alarm, etc.).

Todas as linhas de fluxo do processo são representadas com cores específicas indicando o produto circulante.

Todo objeto com alguma indicação possui um respectivo ‘overlay’, que é mostrado na tela quando se clica em cima do objeto. Nestes ‘overlays’ encontram-se maiores detalhes sobre os instrumentos, inclusive gráficos.

#### 5.2.4. Configuração de Displays:

Após a construção dos displays, realizou-se a configuração destes.

Existem duas maneiras de se configurar um display no sistema I/A. Uma é através da ferramenta ‘Foxboro Display Configurator’ (Figura 13), através do qual pode-se configurar qualquer objeto presente no display. A outra baseia-se na construção de scripts em Unix, utilizando ferramentas desenvolvidas pela Foxboro.

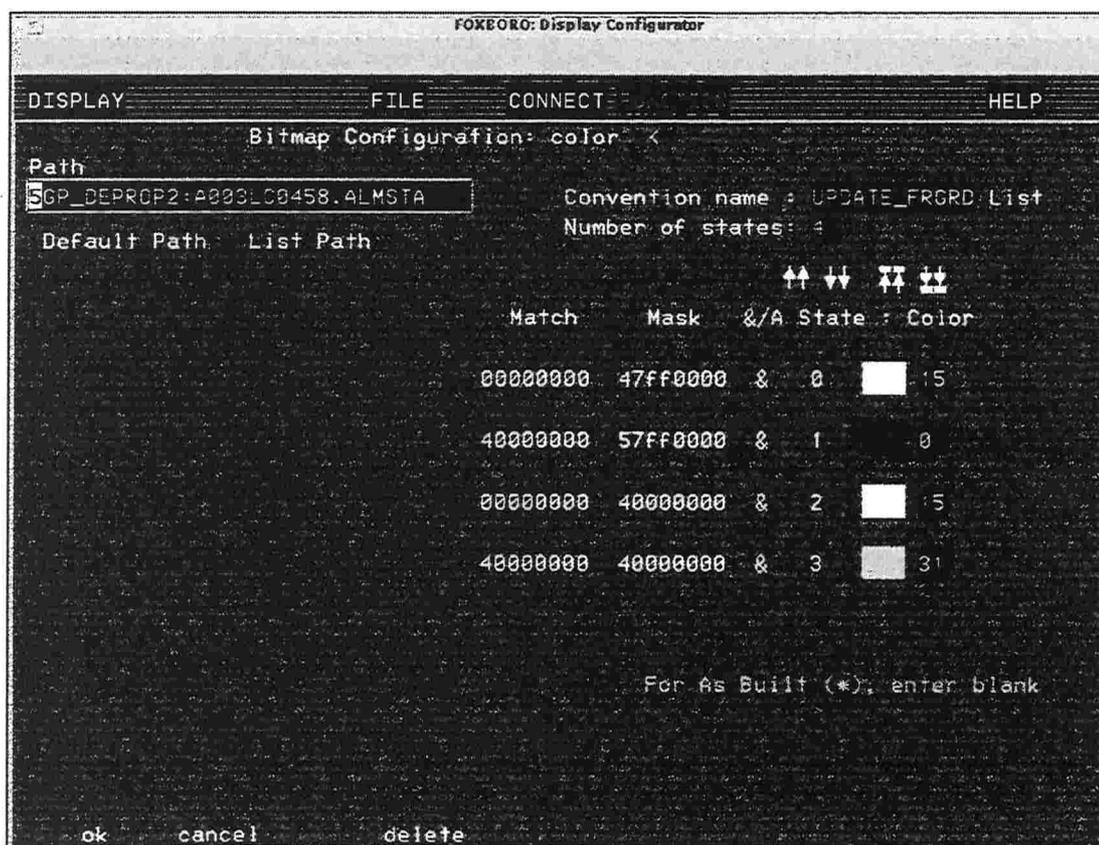


Figura 13. Display Configurator

Explicar-se-á agora a utilização do segundo método, uma vez que foi este o utilizado pelo estagiário.

Utilizou-se de duas ferramentas : ‘d\_edit’ e ‘getpars’:

- `D_edit` - trata-se de uma ferramenta computacional capaz de configurar objetos criados no 'Display Builder'. Pode-se atribuir conexões, modificar textos, assim como obter listagens de objetos em displays, desde que se nomeie estes enquanto no 'Display Builder'.
- `Getpars` - com tal ferramenta pode-se obter listagens de objetos presentes nos processadores de controle, como nomes de compostos, blocos, parâmetros destes, etc., desde que, é claro, estes tenham sido carregados em tais estações.

Todos os objetos presentes em displays e que sejam conectáveis a variáveis do processo, como entrada, saída e setpoints de controladores, saídas de indicadores, alarmes, indicadores de nível, etc., são conectados, por default, ao composto:bloco.parâmetro (CMPD:Tipo\_bloco.Parâmetro), onde Tipo\_bloco1 pode ser qualquer dos blocos descritos anteriormente, e Parâmetro é o parâmetro associado ao objeto, como OUT para saída, MEAS para medida, etc.

Utilizando-se `d_edit`, pôde-se mudar tais nomes para os verdadeiros nomes dos compostos e blocos. A sintaxe para Utilização de `d_edit` é, por exemplo para se atribuir o composto:

```
d_edit -g/Root/nome_objeto/ -c/CMPD/nome_composto/ nome_display'
```

onde o parâmetro '-g' indica o objeto a ser modificado, e '-c' a modificação a ser feita.

Para a configuração dos displays construiu-se um script que, utilizando tais ferramentas, reduziu o trabalho de algumas semanas a alguns minutos.

Neste script obtém-se uma lista com todos os displays, uma com todos os objetos em cada display (cada objeto é nomeado de acordo com o bloco a que se refere), e outra com os compostos aos quais tais blocos pertencem. Com tais listas foi-se capaz de construir comandos de '`d_edit`' na forma descrita anteriormente.

### **5.2.5. Alarmes e Historiadores:**

Construiu-se, então, arquivos de alarmes, os quais indicam a correspondência entre as teclas dos painéis anunciadores e os respectivos displays. Ou seja, cada tecla, devidamente nomeada, corresponde a um display no sistema.

Cada uma destas teclas possui um led indicador de alarme, que deve piscar em vermelho quando na presença de um alarme localizado no display correspondente. Para tal construiu-se uma tabela de alarmes indicando a que display cada alarme do sistema pertence.

Implementou-se o historiador, o qual armazena dados sobre todas as variáveis do processo no tempo.

### **5.2.6. FAT - Factory Acceptance Test:**

Realizou-se uma extensa verificação de todo o sistema, corrigindo todos os erros de configuração, assim como ausências de instrumentos. Para tal fez-se um cruzamento dos dados do sistema com os seguintes documentos:

- Índices de Instrumentos;
- P&IDs;
- Loop Drawings.

### **5.2.7. Checagem dos Loops (Loop Checks):**

Após a instalação de todos os compostos nos CPs e da criação e configuração dos displays, iniciou-se a checagem dos loops.

‘Loop Checks’ consistem em testar todos os loops do sistema através da geração de sinais em canais de entrada de FBMs e análise de suas saídas.

### **5.2.8. Instalação:**

A instalação (setup) do sistema I/A na planta 5GAS está prevista para abril, portanto não foi possível o acompanhamento desta.

Esta será feita de forma gradual, sem parada geral. Ou seja, será instalado um instrumento de cada vez.

É neste momento em que será feito o ‘tuning’ dos controladores, através da utilização de Ziegler-Nichols.

## **5.3. Estratégias de controle utilizadas em 5GAS:**

Devido ao grande número de dispositivos em um SDCD, inclusive controladores (106 em 5GAS), destacar-se-á apenas algumas estratégias de controle, todas implementadas em FoxCAE pelo autor.

### **5.3.1. Controle de Temperatura no ‘Debutanizer’**

**Problema:** Controlar a temperatura do ‘Debutanizer’ (Anexo 1 – Display 2)

Esta temperatura é extremamente dependente do reaquecimento de materiais pesados no fundo da coluna. Este reaquecimento é realizado através da recirculação destes materiais por um ‘reboiler’, chamado F-22. Este, por sua vez, funciona pela queima de gases combustíveis. Pode-se controlar a pressão destes gases de modo que, quanto maior a pressão, maior a temperatura atingida pelo reboiler, controlando-se assim a temperatura no fluxo de entrada de materiais pesados no ‘debutanizer’.

### **Solução:** Estrutura de controle em cascata tripla

Resolveu-se utilizar uma estrutura em cascata tripla para tal controle. Através do controlador de temperatura TC0053 seta-se um setpoint para a temperatura no ‘Debutanizer’ (‘tray’ 6 ou 4). A saída deste controlador é dada como setpoint para o controlador TC0630, o qual controla a temperatura do refluxo vindo do forno F-22. A saída deste último é então o setpoint para o controlador PC4186, que controla a pressão de alimentação de gás combustível no forno. Ou seja, controla-se a temperatura na coluna através da alimentação do forno.

A seleção da temperatura controlada é feita pelo operador através de um ‘switch’ presente no overlay do controlador TC0053. Para tal seleção desenvolveu-se uma lógica em um bloco CALC.

#### **Justificativa:**

A utilização de controladores em cascata apresenta um série de vantagens para esta aplicação. Com esta estrutura, tem-se um controle mais eficaz das variáveis em questão. Por exemplo, havendo algum tipo de variação na linha de alimentação do forno, o controlador de pressão, pelo fato de ser local, atua imediatamente; por outro lado, se fosse utilizada uma estrutura de controle único, esta perturbação levaria um certo tempo para ser percebida na temperatura em questão.

### **5.3.2. Controles de nível**

#### **Problema:**

Controle de nível, principalmente em tanques, é provavelmente o tipo de controle mais encontrado em processos industriais contínuos. Houve, portanto, a necessidade da implementação deste em diversas partes da planta. Por exemplo, no ‘H<sub>2</sub>S Vapor Phase Absorber’ (Anexo 1 - Display 8), desejou-se controlar o seu nível através do fluxo de saída de ‘Rich DEA’ do seu fundo.

#### **Solução:**

Optou-se pela clássica estrutura de controle em cascata Nível-Fluxo, com os controladores LC0064 (nível) e FC4288 (fluxo). Por razões já citadas anteriormente.

### **5.3.3. Controle da temperatura de entrada de ‘Lean DEA’ no ‘Vapor Phase Absorber’**

#### **Problema:**

O ‘H<sub>2</sub>S Vapor Phase Absorber’ é responsável pela absorção de H<sub>2</sub>S de etanos (‘Dry Gas’) provenientes do ‘Deethanizer’. Para tal, é utilizado um processo de contra-fluxo de ‘Lean DEA’ (topo para o fundo) e de ‘Dry Gas’ (fundo para o topo). Entretanto, para uma maior eficiência deste processo químico, é aconselhável que a temperatura de entrada de ‘Lean DEA’ seja aproximadamente de 5 a 10 graus Fahrenheit superior a de entrada de gás.

**Solução:**

Utilizou-se um bloco BIAS, que consiste em acrescentar ao valor de temperatura do gás um setpoint estipulado pelo operador. A saída deste bloco é então utilizada como setpoint de um controlador de temperatura (TC0905), que controla a temperatura de DEA através de uma válvula bidirecional, a qual determina a porcentagem de fluxo de DEA através de um trocador de calor.

**5.3.4. Controle da temperatura de reaquecimento de materiais pesados no ‘Deethanizer’:**

A principal função do ‘Deethanizer’ é a separação de etano de materiais mais pesados através do processo de destilação.

**Problema:**

Para se obter uma melhor performance neste processo, é aconselhável que se realize o reaquecimento das substâncias encontradas na parte fria do fundo desta coluna.

**Solução:**

Utilizou-se um controle em cascata temperatura-fluxo. Recircula-se este material de baixa temperatura por trocadores de calor. Estes trocadores são alimentados por fluxos de vapor. Através do controlador de temperatura TC4428 obtém-se um valor de setpoint para o controlador de fluxo FC0419, que controla o fluxo de vapor pelo trocador de calor.

**5.3.5. Diferenciais de pressão em colunas de destilação:**

Utilizou-se diferenciais de pressão em colunas de destilação por ser este o melhor método de se obter um monitoramento do processo em questão. Tais diferenciais são calculados através da subtração de dois indicadores de pressão, geralmente fundo menos topo.

## Capítulo 6. Planta 4GAS ‘Catalitic Cracker’

Esta planta possui a maior produção de gasolina de toda a refinaria. Também produz gás combustível para uso interno (fornos), propano, butano e outros óleos utilizados por outras plantas.

### 6.1. Processo:

*‘Catalitic Cracker’:*

Hidratos de carbono são bombeados para um reator e quebrados (cracked) em partículas menores através do contato direto com certos catalisadores. Após esta reação, tais catalisadores são enviados novamente para o regenerador, para a queima do ‘coke’ formado como resíduo.

A energia gerada por esta queima é utilizada para a geração de vapor de alta pressão. Os gases produzidos pela reação são então mandados para um fracionador, onde são separados em ‘Wet Gas’, destilado e outros produtos.

*4GAS:*

‘Wet Gas’ é comprimido e recombinado com destilado para a obtenção de ‘Dry Gas’, propano, butano e gasolina. ‘Dry Gas’ e propano contém  $H_2S$ , que é removido através do tratamento com DEA.

É feito um refinamento da gasolina através de reatores ‘Merox’ (Anexo 1 – Display 11) antes desta ser enviada ao ‘Blender’. Este refinamento, entretanto, nem sempre é atingido satisfatoriamente, obtendo-se gasolina fora de especificação (off-spec gasoline). Esta gasolina é mandada para a unidade Tosco em Rodeo, através de uma nova linha de fluxo, que foi incluída neste projeto.

### 6.2. Estratégias de Controle

#### 6.2.1. Estratégia 1

**Problema 1 (Anexo 1 - Display 11):**

Desejou-se controlar a pressão de saída de gasolina dos reatores ‘Merox’ V-201 e V-202. Houve também a necessidade da instalação de uma nova linha de fluxo para AMORCO (Refinaria Tosco em Rodeo) e ‘off-spec’, com um novo controlador de fluxo (FC2521).

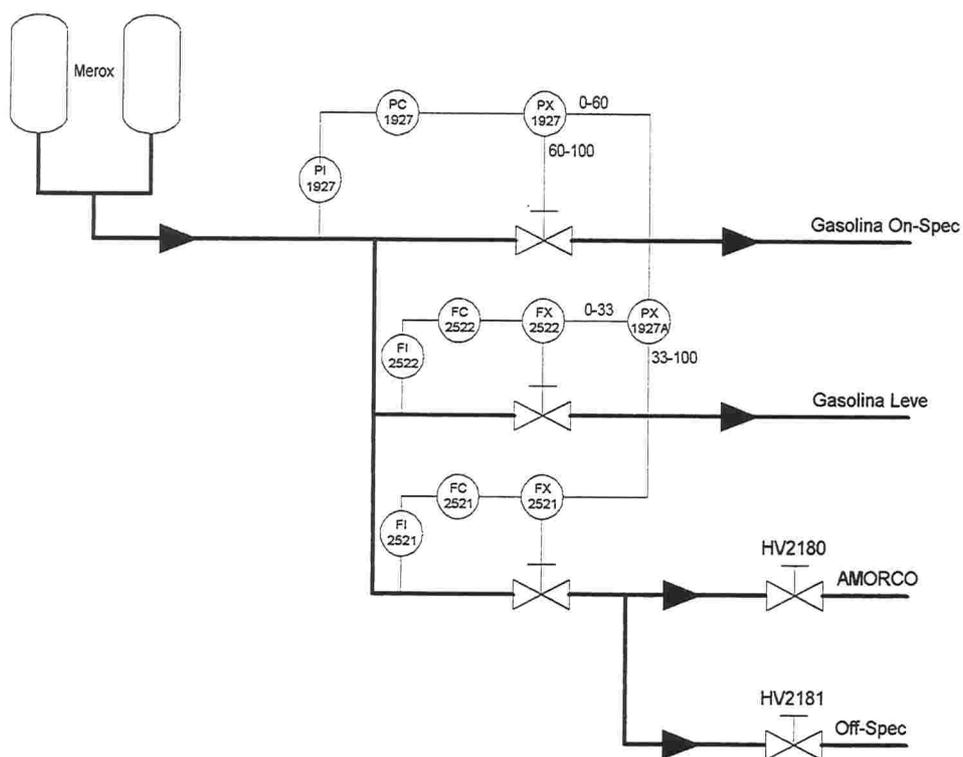


Figura 14 . Reatores Merox

### Solução:

Optou-se pela implementação de três 'Spit Ranges' (0-20%, 20-60%, 60-100%) na saída do controlador de pressão PC1927, juntamente com 'Low Selects' para as válvulas FV2522 e FV2521 (figura 14).

A saída do controlador de pressão é inversamente proporcional à sua entrada, ou seja, quando se deseja aumentar a pressão (setpoint maior que medida - erro positivo), fecha-se a válvula. Em contrapartida, para diminuí-la (setpoint menor que medida - erro negativo) abre-se a válvula.

Entretanto, a válvula PV1927 não é capaz de controlar esta pressão suficientemente. Para solucionar este problema implementou-se a seguinte estratégia (Figura 15):

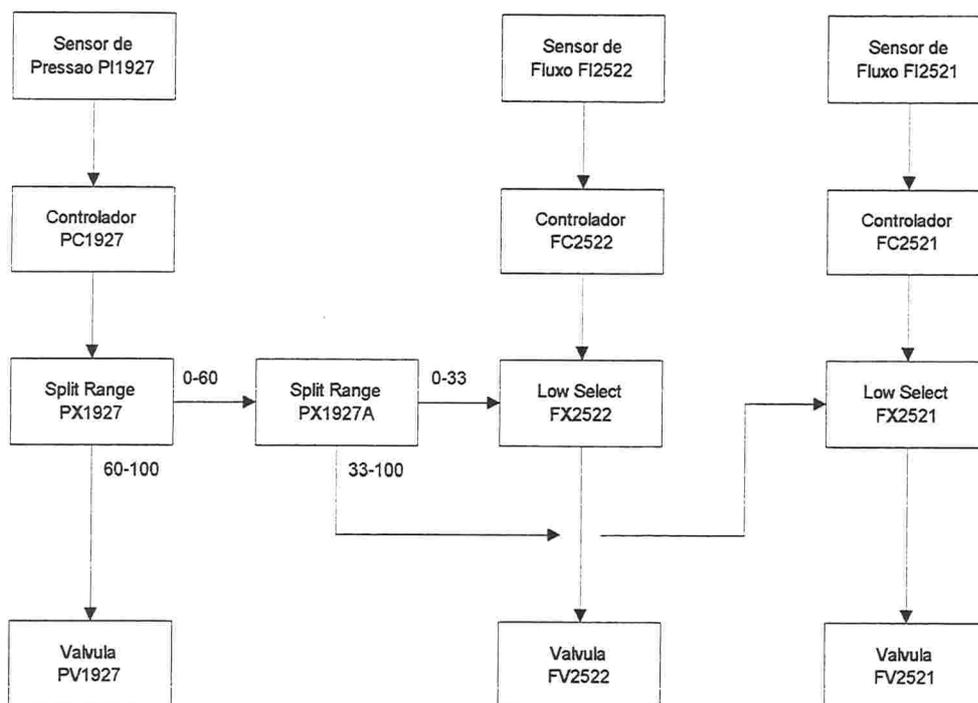


Figura 15. Estratégia de controle para o projeto Merox

Divide-se a saída do controlador de pressão por dois 'Split Ranges', o primeiro em 60% e o segundo em 33.3%. Obteve-se assim três escalas de saída: 0 a 20%, 20 a 60% e 60 a 100% (Figura 16).

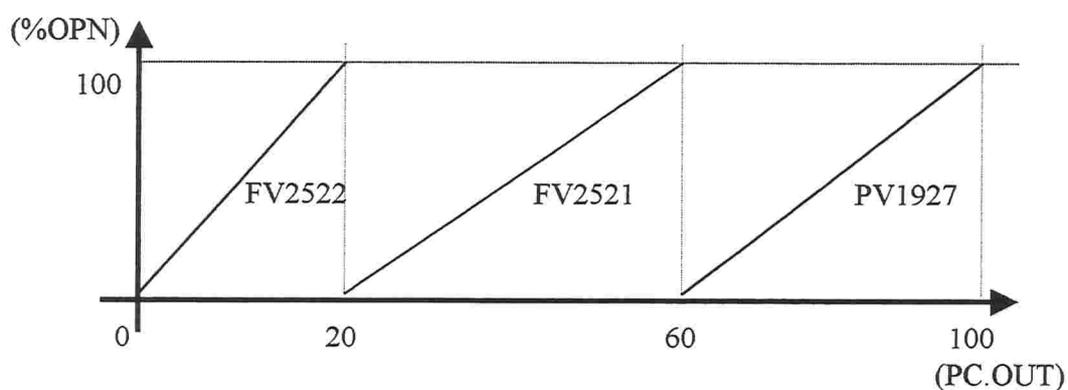


Figura 16. Split Range

A saída na escala de 0 a 20% é enviada ao 'Low Select' FX2522, que compara esta com a saída do controlador de fluxo FC2522 e apresenta como saída o menor valor. Caso o sinal proveniente do controlador de pressão seja menor que o segundo, mostra-se na tela uma mensagem de 'Pressure Override'. O 'Low Select' FX2521 e a válvula PV1927 interpretam a saída do PC1927 como 0% OPEN.

A saída na escala de 20 a 60% é enviada ao 'Low Select' FX2521, que compara esta com a saída do controlador de fluxo FC2521 e apresenta como saída o menor valor. Caso o sinal proveniente do controlador de pressão seja menor que o segundo, mostra-se na tela uma mensagem de 'Pressure Override'. O 'Low Select' FX2522 interpreta a saída do PC1927 como 100% OPEN e a válvula PV1927 como 0% OPEN.

A saída na escala de 60 a 100% é enviada à válvula PV1927, sendo interpretada como 100% OPEN pelos 'Low Selects'.

#### **Justificativa :**

Pode-se justificar a escolha deste algoritmo através do seguinte exemplo:

Ao se atingir um valor baixo de pressão (setpoint maior que medida), a ação do controlador é o fechamento da válvula PV1927. Caso esta esteja totalmente fechada (saída do controlador menor ou igual a 60%), controla-se a pressão através das válvulas FV2521 e FV2522, na respectiva ordem. Obtendo-se, portanto, um maior alcance no controle da pressão de saída dos reatores.

### **6.2.2. Estratégia 2**

#### **Problema :**

Outra especificação presente foi a inclusão de uma válvula acionada por motor (HV2181). Esta deveria determinar o fluxo ou não de gasolina para o tanque de 'Off-Spec', ou seja, deveria ser aberta pelo operador quando o estado da gasolina fosse fora de especificação e fechada em caso contrário.

Caso aberta, deveria haver fluxo apenas pela sua linha, fechando as outras válvulas. Neste caso, o controle de pressão deveria ser feito totalmente por FV2521.

#### **Solução :**

Implementou-se uma sequência de intertravamentos. Ao abrir-se a válvula 2181:

- O controlador FC2521 é colocado em manual e seu limite mínimo de saída à 100%, forçando esta ao mesmo valor. Em razão do 'Low Select', a válvula FV2521 será manipulada integralmente pelo controlador de pressão;
- O controlador de fluxo FC2522 é colocado em manual e o seu limite máximo de saída a 0%, forçando esta ao mesmo valor. Em razão do 'Low Select', fecha-se a válvula FV2522;
- A válvula PV1927 é colocada em manual e fechada, deixando-se o controlador PC1927 em automático, uma vez que este está controlando a válvula FV2521.

Ao fechar a válvula, o operador deve retornar os controladores e a válvula de pressão ao modo automático e entrar com os respectivos setpoints.

## **CAPÍTULO 7. Conclusões e Perspectivas**

O objetivo inicial desse projeto foi a implementação de um Sistema Digital de Controle Distribuído, no caso o sistema ‘Intelligent Automation’ (I/A) da Foxboro, em uma refinaria de petróleo.

Este projeto foi implementado durante o período de realização deste estágio e está sendo implantado neste mês na Refinaria Tosco-Avon, com previsão para finalização em maio deste ano. Como voltarei para esta empresa no fim de março, participarei da fase final desta implantação.

Como perspectiva futura para este projeto, visa-se a implementação de estratégias de controle avançado utilizando produtos da empresa AspenTech, especializada em controle multivariável e adaptativo. Estas estratégias serão implementadas com o intuito de se obter uma eficiência ainda maior dos processos em questão.

A realização de um projeto sobre SDCD é certamente uma das melhores experiências que um futuro Engenheiro de Controle e Automação pode ter. Esse projeto me colocou frente a frente com problemas reais de uma indústria de processos contínuos tornando possível a prática de grande parte da teoria exposta no curso.

**BIBLIOGRAFIA:**

[Stan 94]

Kelly Stan, "Understanding UNIX", San Francisco: Sybex, 1994.

[Holliker 90]

William Holliker, "Unix Shell Commands Quick Reference", Carmel, Ind.: Que Corp., 1990.

[Ogata 93]

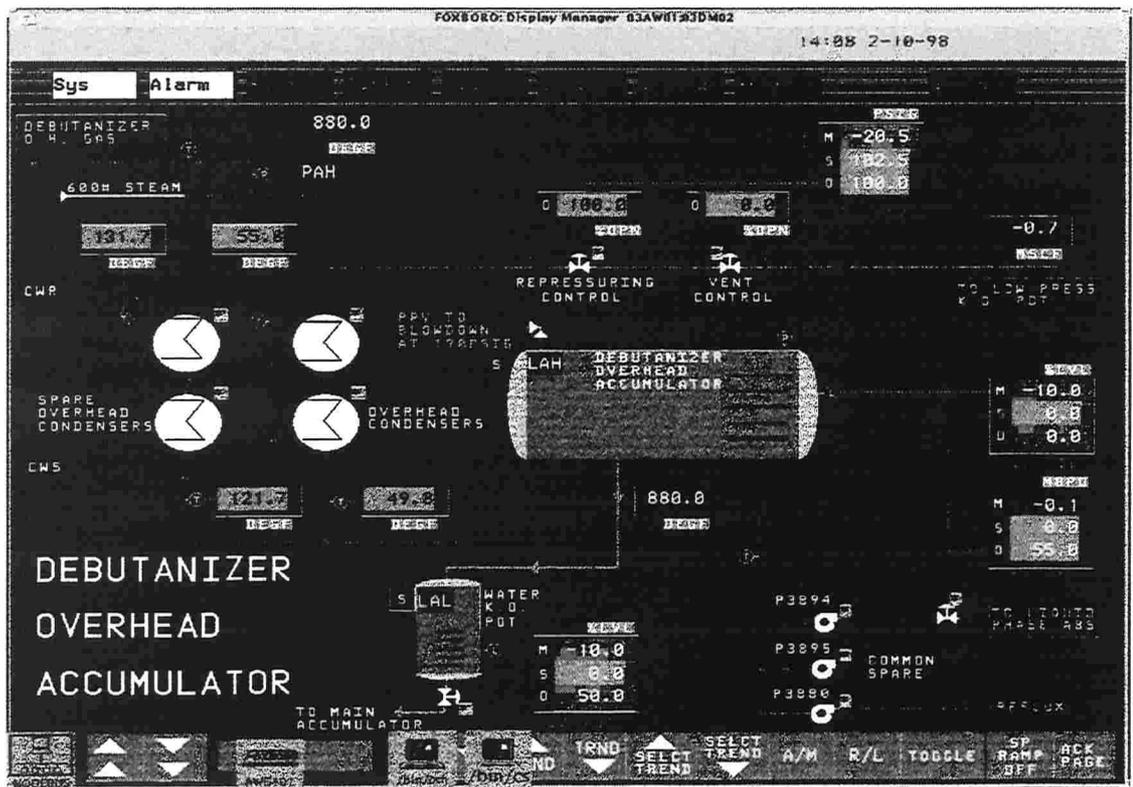
Katsuhiko Ogata, "Engenharia de Controle Moderno", Prentice Hall do Brasil, 1993.

The Foxboro Company, "FoxCAE Manual", 1995.

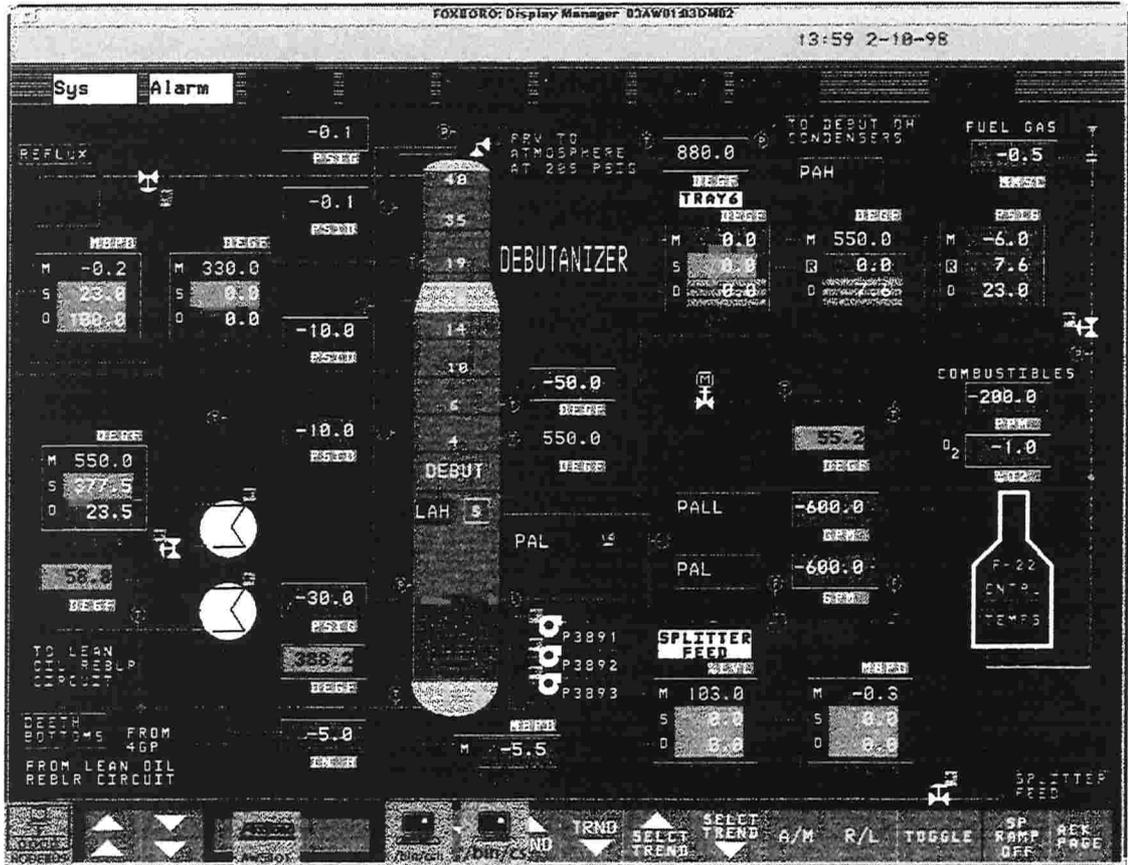
The Foxboro Company, "System Configuration Manual", 1993.

The Foxboro Company, "Control Configuration Manual", 1990.

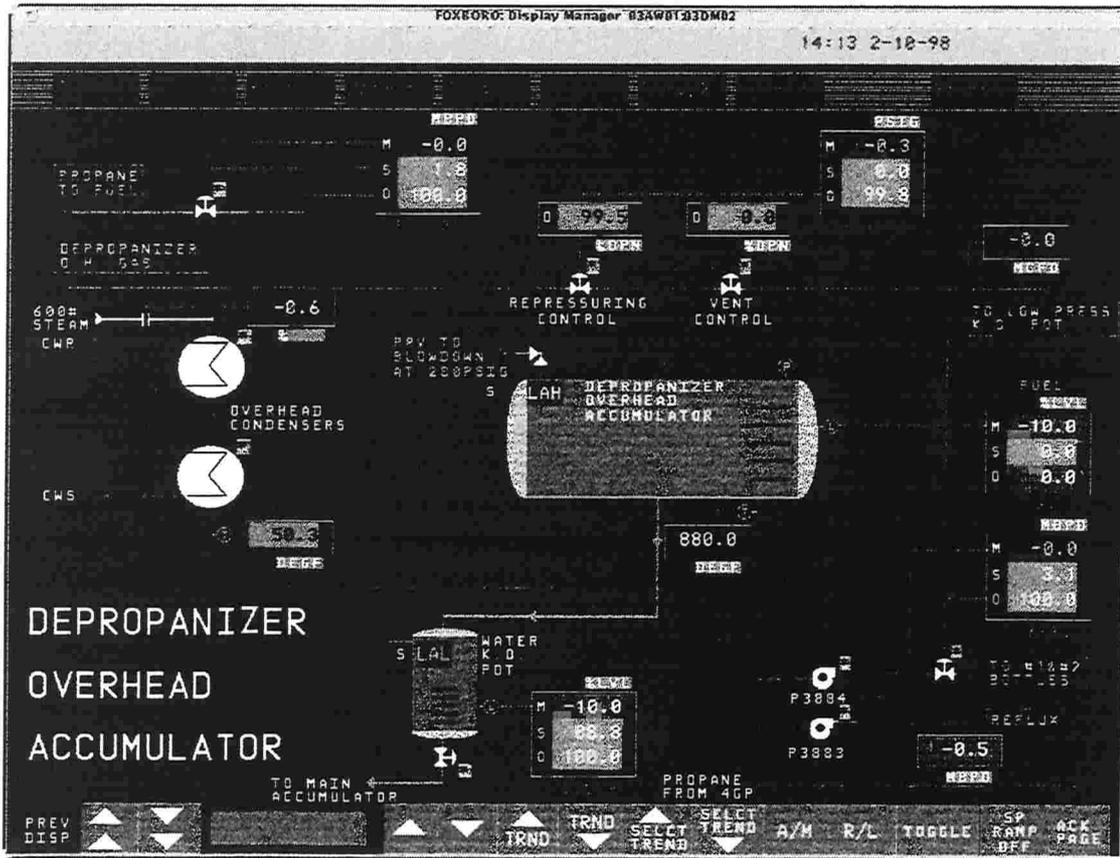
**ANEXO 1**  
**DISPLAYS DE 5GAS**



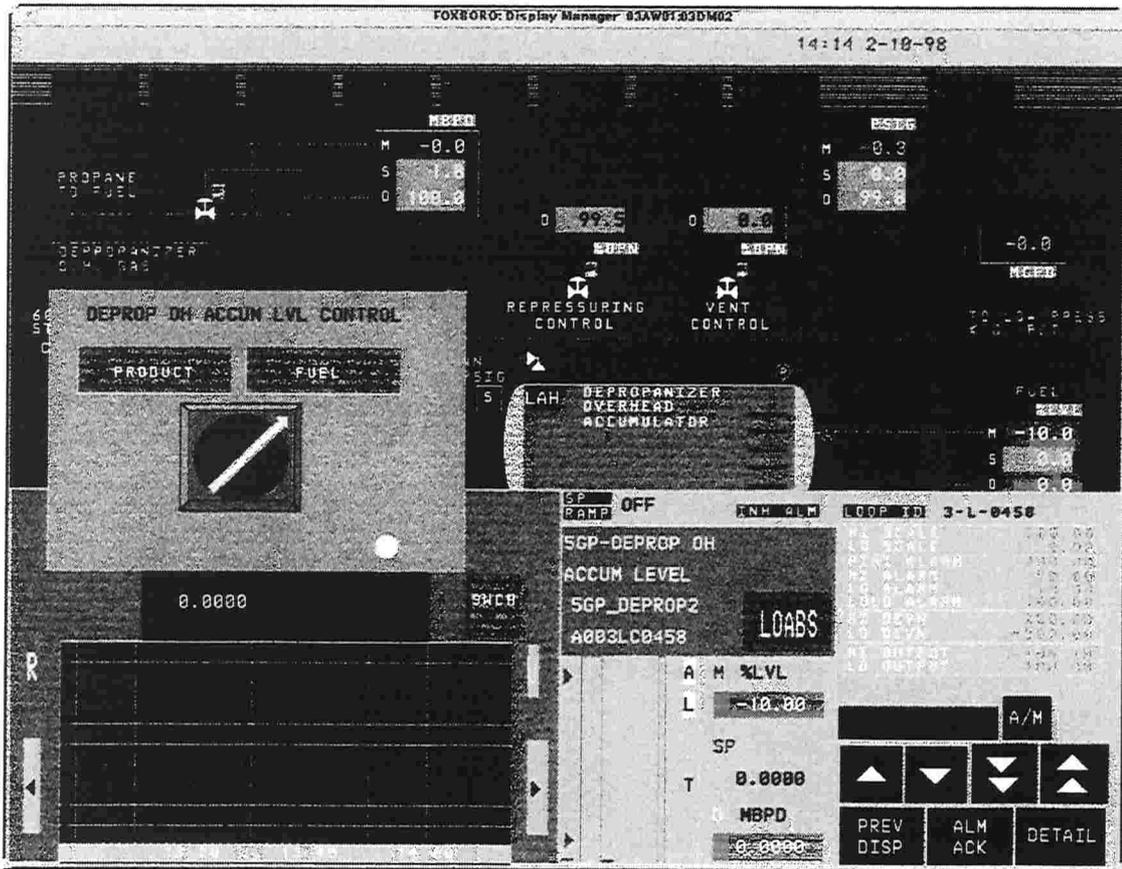
Display 1



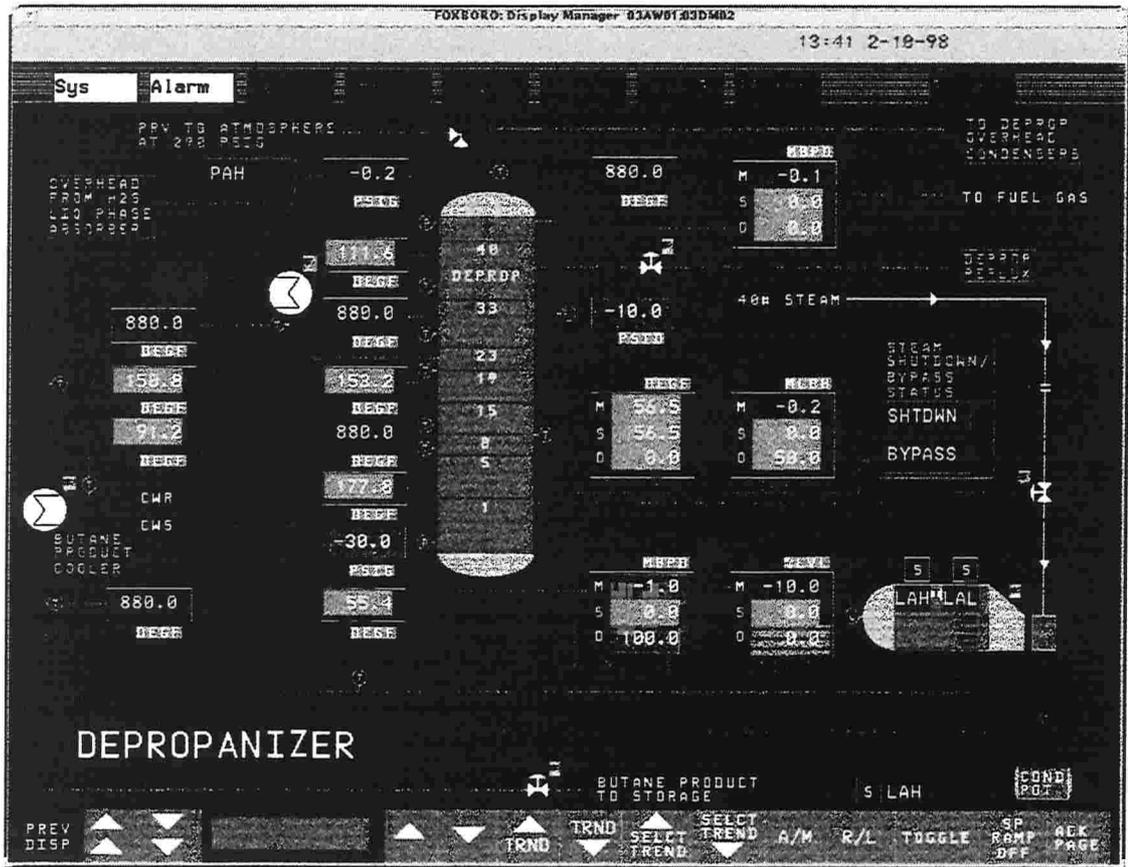
Display 2



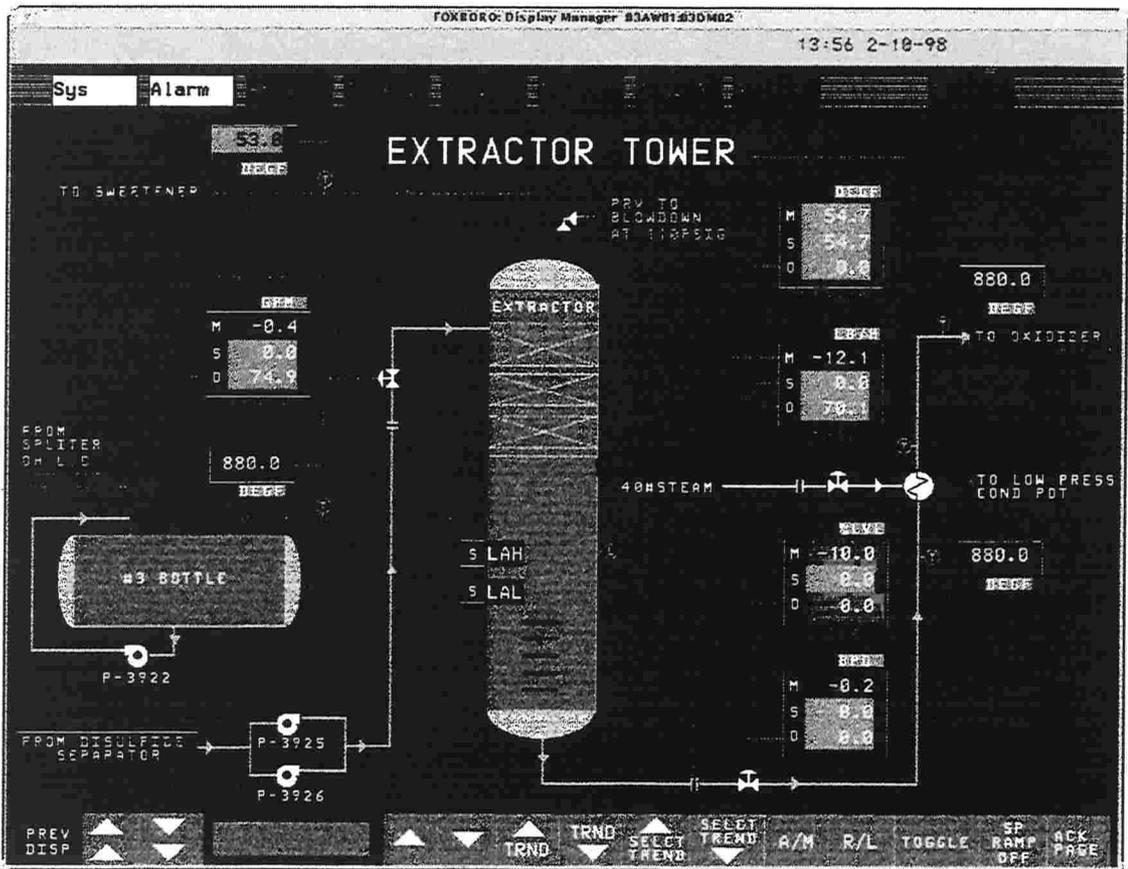
Display 3



Display 4

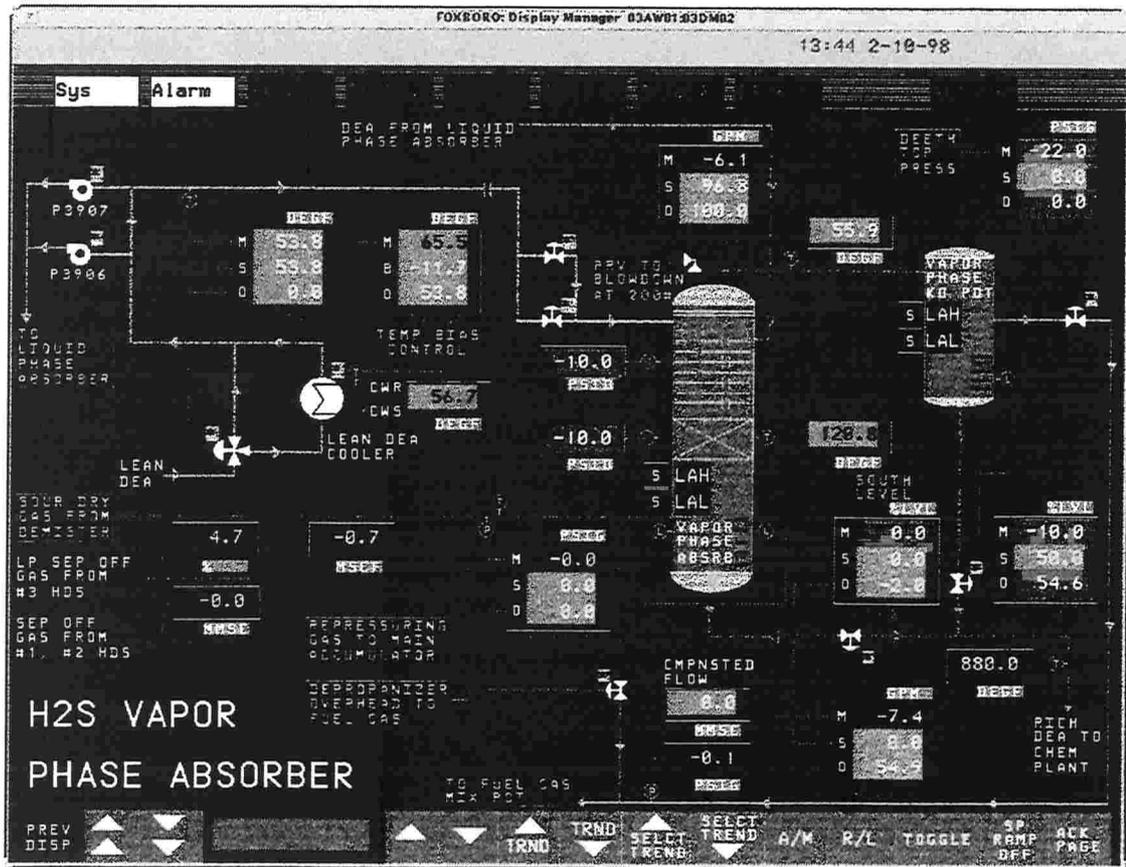


Display 5

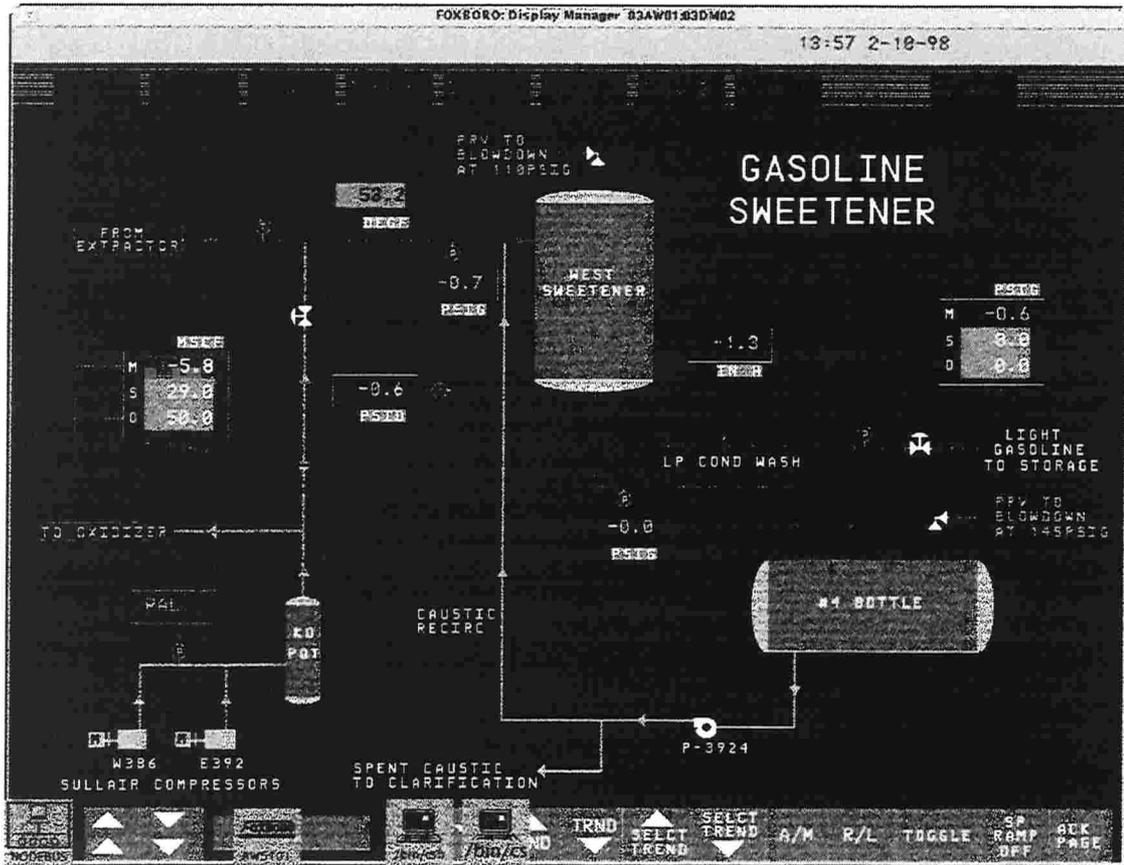


Display 6





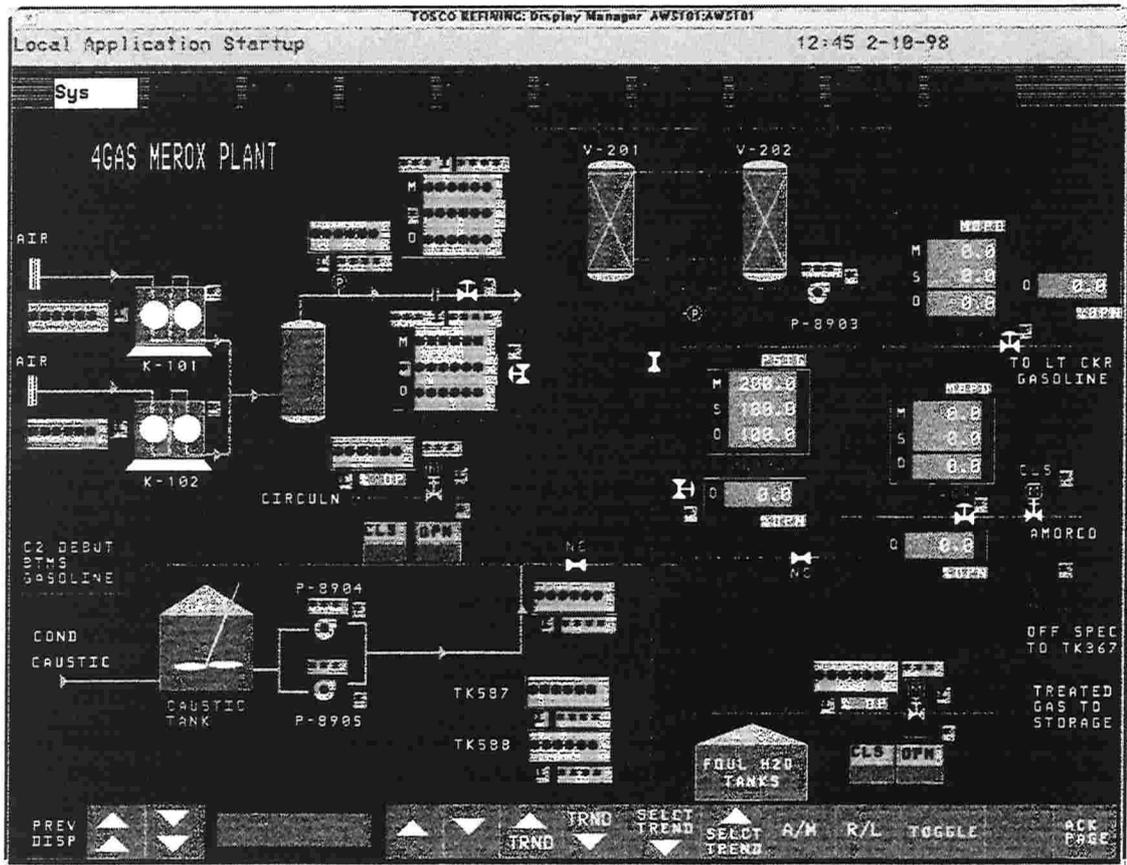
Display 8



Display 9

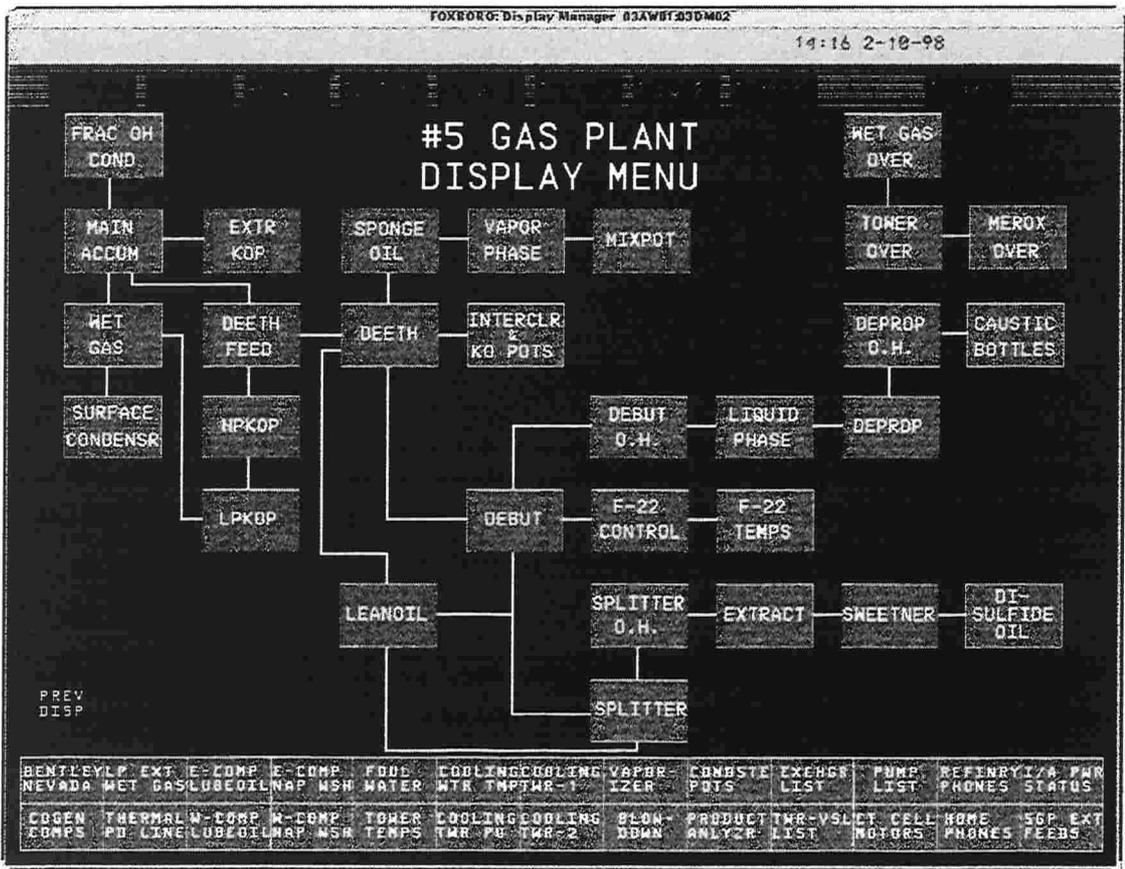


Display 10



Display 11

# #5 GAS PLANT DISPLAY MENU



BENTLEY	EXT	E-COMP	E-COMP	FOOD	COOLING	COOLING	VAPOR	COMBUSTE	EXCHG	PUMP	REFINRY	I/A	PAR
NEVADA	MET	DAS	LUB	COIL	WTR	TR-1	IZER	POYS	LIST	LIST	PHONES		STATUS
COGEN	THERMAL	N-COMP	N-COMP	TOWER	COOLING	COOLING	BLON	PRODUCT	TWR-VS	LET	CELL	HOME	SGP
EDMS	PU	LING	LUB	OIL	WTR	TR-2	DDMN	ANLYZR	LIST	MOTORS	PHONES		EXT
				NSH	TEMP						FEEDS		

Display 12

**ANEXO 2**

**LOOP DRAWINGS**

FBM

CP40FT - 01CP01

FBM

ENCL	
NEST	
SLOT	01Y117
ID	
TYPE	
A066HS2180	1
A066HS2180_2	2

4GP_MEROX1		
A066HS2180		
DEVLM2	DEVLM1	
<b>GDEV</b>		COUT_1
<b>A</b>		COUT_2

ENCL	
NEST	
SLOT	01Y117
ID	
TYPE	
9	A066HS2180_9
10	A066HS2180_10

CP. 01CP01	DATE 02/27/98	LOOP SHEET	Tosco Refining Company
P&ID	DR. ASM	66-H-2180	Avon Refinery
TYPICAL	CK. MD	Martinez, Ca.	
DISPLAY NAMES	APP.	TITLE 4GP_GASLN TO AMORCO	
4GP_MEROX		DRAWING NO.	SHEET
		66-BX-2180	OF
			REV.
BY	DATE	REASON	NOTES
//			
//			
//			
//			
//			







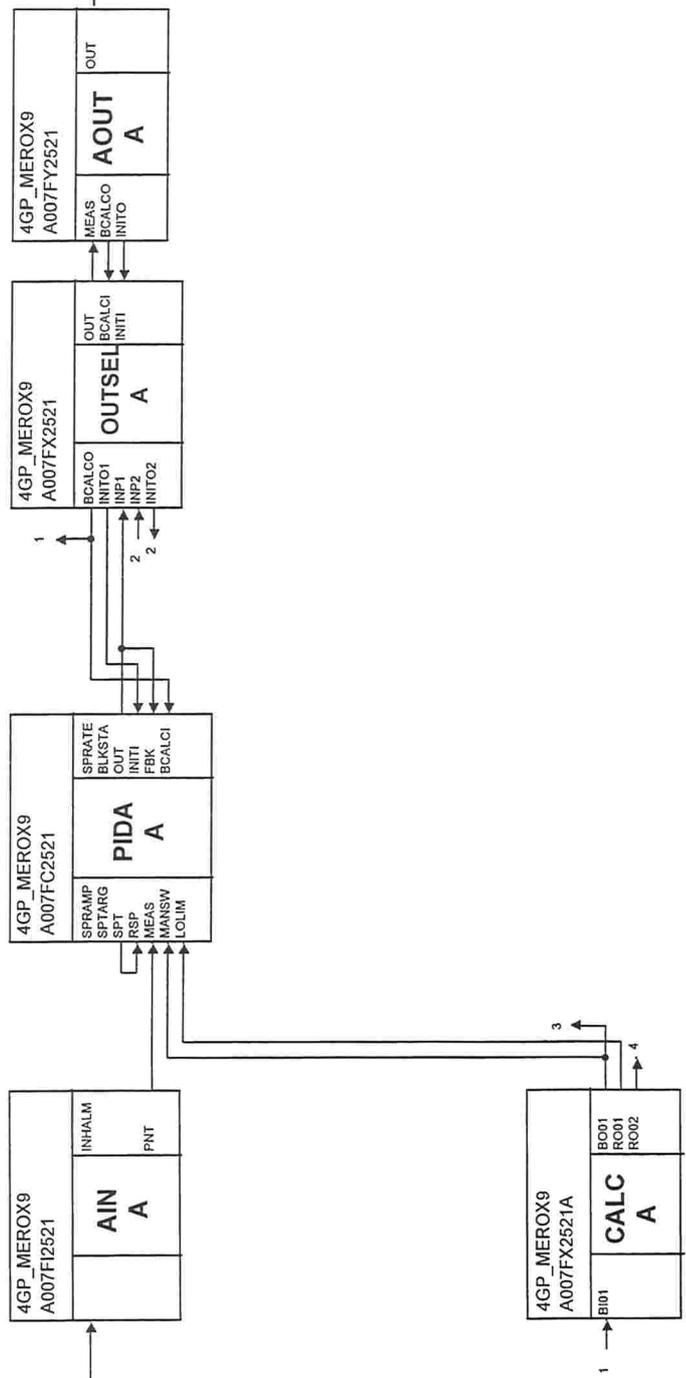
FBM

CP40FT : 07CP09

FBM

ENCL	07FE60
NEST	1
SLOT	7
ID	07A607
TYPE	FBM04
A007FI2521	2

ENCL	07FE60
NEST	1
SLOT	7
ID	07A607
TYPE	FBM04
A007FY2521	6



COMPOUND	BLOCK	PARAM
1 4GP_MEROX9	A007PX1927A	R05
2	A007PY1927	MANSW
3	A007FC2522	HOLIM
4	A007PY1927	HOLIM

COMPOUND	BLOCK	PARAM
1 4GP_MEROX1	A06BHS2181	DEVLM2
2 4GP_MEROX9	A007PX1927A	ROO2

CP. 07CP09		DATE 02/27/98	LOOP SHEET	
P&ID 7-DA-185 SHT 31		DR. ASM	7-F-2521	
TYPICAL		CK. MD	TITLE 4GP-CAT GASLN>OFF TEST & AMORCO	
DISPLAY NAMES		APP.	Tosco Refining Company	
4GP_MEROX			Avon Refinery	
			Martinez, Ca.	
BY	DATE	REASON	DRAWING NO.	SHEET 2 OF 2
			7-BX-2521	REV.

NOTES

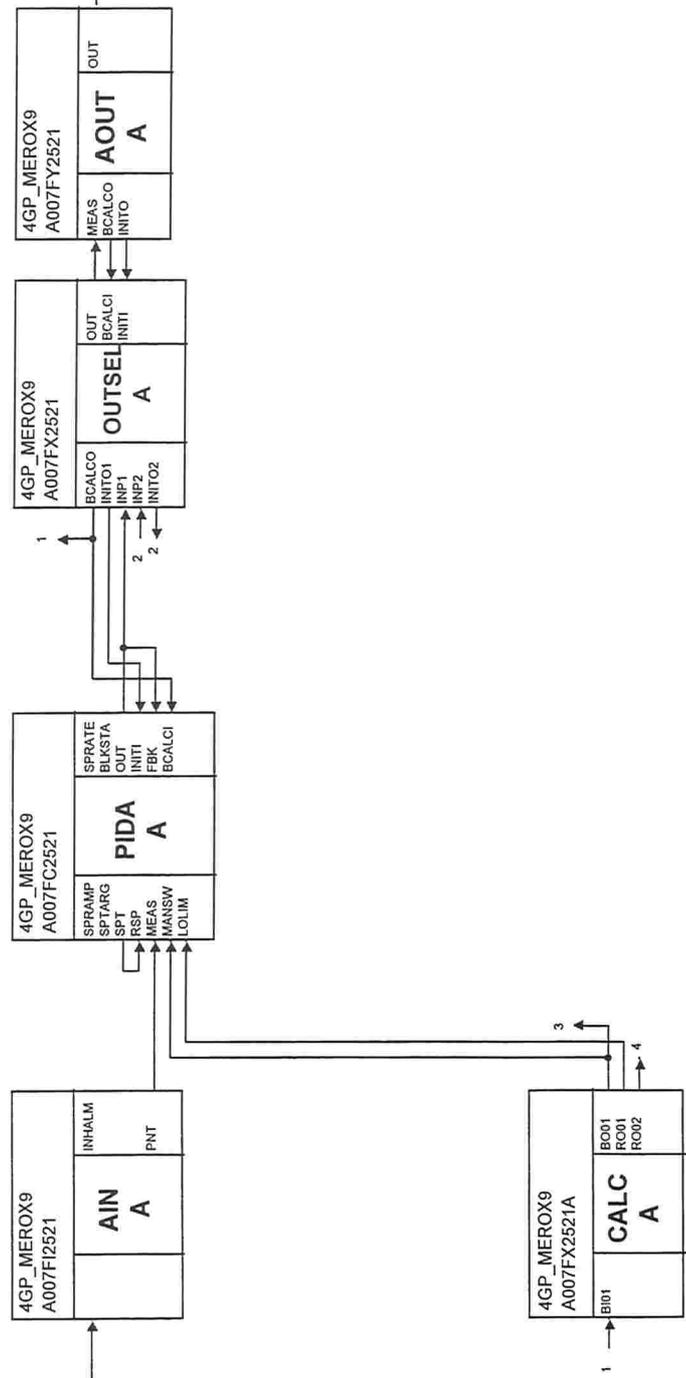
FBM

CP40FT : 07CP09

FBM

ENCL	07FE60
NEST	1
SLOT	7
ID	07A607
TYPE	FBM04
A007F12521	2

ENCL	07FE60
NEST	1
SLOT	7
ID	07A607
TYPE	FBM04
A007FY2521	6



COMPOUND	BLOCK	PARAM
1 4GP_MEROX1	A066HS2181	DEVLM2
2 4GP_MEROX9	A007FX1927A	ROO2

COMPOUND	BLOCK	PARAM
1 4GP_MEROX9	A007FX1927A	RIOS
2	A007PY1927	BI02
3	A007FC2522	MANSW
4	A007PY1927	HOLIM
		HOLIM

CP	07CP09	DATE	02/27/98
P&ID	7-DA-185 SHT 31	DR.	ASM
TYPICAL		CK.	MD
DISPLAY NAMES		APP.	
4GP_MEROX			
BY	DATE	REASON	NOTES
///			
///			
///			
///			
///			
<b>Tosco Refining Company</b>			
Avon Refinery Martinez, Ca.			
<b>LOOP SHEET</b>		<b>7-F-2521</b>	
TITLE 4GP-CAT GASLN>OFF TEST & AMORCO			
DRAWING NO. 7-BX-2521		SHEET 2	REV.
		OF 2	





FBM

CP40FT : 07CP09

FBM

ENCL	07FE60
NEST	1
SLOT	7
ID	07A607
TYPE	FBM04
A007F12522	3

4GP_MEROX9 A007F12522	AIN A	INHALM PNT
--------------------------	----------	---------------

4GP_MEROX9 A007FC2522	SPRAMP SP1 SP2 SP3 MEAS MANISW HOLIM	PIDA A	SPRATE BLKSTA WUT MUT FBK BCALCI
--------------------------	--------------------------------------------------------	-----------	-------------------------------------------------

4GP_MEROX9 A007FX2522	BCALCO INITO1 INP1 INP2 INITO2	OUTSEL A	OUT BCALCI INITI
--------------------------	--------------------------------------------	-------------	------------------------

4GP_MEROX9 A007FY2522	MEAS BCALCO INITO	AOUT A	OUT
--------------------------	-------------------------	-----------	-----

ENCL	07FE60
NEST	1
SLOT	7
ID	07A607
TYPE	FBM04
A007FY2522	7

COMPOUND	BLOCK	PARAM
1	4GP_MEROX9	BO01
2		RO02
3		RO01

COMPOUND	BLOCK	PARAM
1	4GP_MEROX9	RI04
2		BI01

BY	DATE	REASON	NOTES	4GP_MEROX	DISPLAY NAMES	TYPICAL	P&ID	CP.	DATE	DR.	CK.	APP.	LOOP SHEET	TITLE	DRAWING NO.	SHEET	OF	REV.
/	/							07CP09	02/27/98	ASM	MD		7-F-2522	4GP-CAT GASLN>LT CKR 65 LINE	7-BX-2522	2	2	
/	/																	
/	/																	
/	/																	
/	/																	
/	/																	

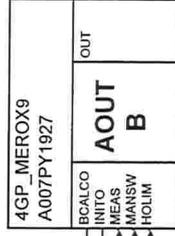
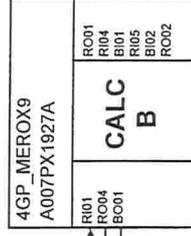
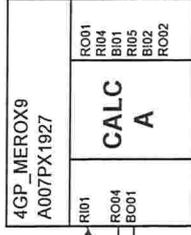
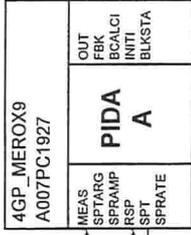
**Tosco Refining Company**  
Avon Refinery  
Martinez, Ca.

FBM

CP40FT : 07CP09

FBM

ENCL	07FE57
NEST	1
SLOT	3
ID	07A573
TYPE	FBM04
A007P1927	2



ENCL	07FE57
NEST	1
SLOT	3
ID	07A573
TYPE	FBM04
A007PY1927	6

COMPOUND	BLOCK	PARAM
1	4GP_MEROX9	BCALCO
2		INITO2
3		RO01
4		RO02
5		BCALCO
6		INITO2

COMPOUND	BLOCK	PARAM
1	4GP_MEROX9	INP2
2		INP2

BY	DATE	REASON	NOTES

CP.	07CP09
P&ID	
TYPICAL	
DISPLAY NAMES	
4GP_MEROX	

DATE	02/27/98
DR.	ASM
CK.	MD
APP.	

LOOP SHEET	7-P-1927
Tosco Refining Company Avon Refinery Martinez, Ca.	
TITLE 4GP-MEROX REACTOR BACK PRESSURE	
DRAWING NO.	7-BX-1927
SHEET 2	OF 2
REV.	



**COMPOUND** 4GP\_MEROX9  
**NAME** A007FX2521A  
**TYPE** CALC  
**DEFAULT**

**CP** 07CP09

Date: 02/27/98

**DESCRP** 4GP-OPN VLV ON LOW PRESS

**PERIOD** 2  
**PHASE** 1  
 • **MA** 1  
**INITMA** 1  
 • **BCALCI** 0.0  
**TIMINI** 0

**Real-Input**

• **RI01** 100.0  
**HSCI1** 100.0  
**LSCI1** 0.0  
**DELT11** 1.0  
**E11** %OPN  
 • **RI02** 0.0  
**HSCI2** 100.0  
**LSCI2** 0.0  
**DELT12** 1.0  
**E12** %OPN  
 • **RI03** 0.0  
**HSCI3** 100.0  
**LSCI3** 0.0  
**DELT13** 1.0  
**E13** %  
 • **RI04** 0.0  
**HSCI4** 100.0  
**LSCI4** 0.0  
**DELT14** 1.0  
**E14** %  
 • **RI05** 0.0  
**HSCI5** 100.0  
**LSCI5** 0.0  
**DELT15** 1.0  
**E15** %  
 • **RI06** 0.0  
**HSCI6** 100.0  
**LSCI6** 0.0  
**DELT16** 1.0  
**E16** %  
 • **RI07** 0.0  
**HSCI7** 100.0  
**LSCI7** 0.0  
**DELT17** 1.0  
**E17** %  
 • **RI08** 0.0

**HSCI8** 100.0  
**LSCI8** 0.0  
**DELT18** 1.0  
**E18** %

**Boolean-Input**

• **BI01** 4GP\_MEROX1:A066HS2181.DEVLM2  
 • **BI02** 0  
 • **BI03** 0  
 • **BI04** 0  
 • **BI05** 0  
 • **BI06** 0  
 • **BI07** 0  
 • **BI08** 0  
 • **BI09** 0  
 • **BI10** 0  
 • **BI11** 0  
 • **BI12** 0  
 • **BI13** 0  
 • **BI14** 0  
 • **BI15** 0  
 • **BI16** 0

**Integer-Input**

• **II01** 0  
 • **II02** 0

**Long Integer Input**

• **LI01** 0  
 • **LI02** 0

**Memory**

**M01** 0.0  
**M02** 0.0  
**M03** 0.0  
**M04** 0.0  
**M05** 0.0  
**M06** 0.0  
**M07** 0.0  
**M08** 0.0  
**M09** 0.0  
**M10** 0.0  
**M11** 0.0  
**M12** 0.0  
**M13** 0.0  
**M14** 0.0  
**M15** 0.0  
**M16** 0.0  
**M17** 0.0

**Standard**  
 Optional  
 • Connectable Parameter

COMPOUND 4GP\_MEROX9  
NAME A007FX2521A  
TYPE CALC  
DEFAULT

CP 07CP09

Date: 02/27/98

M18 0.0  
M19 0.0  
M20 0.0

### Program Steps

STEP01 CST  
STEP02 BII 40 /INIT TO NORMAL  
STEP03 NOP  
STEP04 NOP  
STEP05 NOP  
STEP06 NOP  
STEP07 NOP  
STEP08 IN BI01 /MOV STATUS  
STEP09 OSP 3 /PULSE MANSW  
STEP10 OUT BO01  
STEP11 BIF 21 /SET TO NORMAL  
STEP12 IN RI01 /GET VALUE 100  
STEP13 OUT RO01 /SEND TO LOLIM  
STEP14 IN RI02 /GET VALUE 0  
STEP15 OUT RO02 /SEND TO HILIM  
STEP16 IN BO01 /CHECK FOR 3S PULSE  
STEP17 BIF 21 /3S ELAPSED  
STEP18 NOP  
STEP19 NOP  
STEP20 EXIT  
STEP21 IN RI02 /NORMAL LOLIM  
STEP22 OUT RO01 /SEND TO LOLIM  
STEP23 IN RI01 /NORMAL HILIM  
STEP24 OUT RO02 /SEND TO HILIM  
STEP25 CST  
STEP26 OUT BO01 /CLEAR MANSW  
STEP27 EXIT  
STEP28  
STEP29  
STEP30  
STEP31  
STEP32  
STEP33  
STEP34  
STEP35  
STEP36  
STEP37  
STEP38  
STEP39  
STEP40 CST /INITIALIZE  
STEP41 OUT BO01 /CLR MANSW

STEP42 IN RI02 /NORMAL POSITION  
STEP43 OUT RO01 /SEND TO LOLIM  
STEP44 END  
STEP45  
STEP46  
STEP47  
STEP48  
STEP49  
STEP50

### Real-Output Scale Values

HSCO1 100.0  
LSCO1 0.0  
EO1 %OPN  
HSCO2 100.0  
LSCO2 0.0  
EO2 %  
HSCO3 100.0  
LSCO3 0.0  
EO3 %  
HSCO4 100.0  
LSCO4 0.0  
EO4 %

Standard

Optional

● Connectable Parameter

**COMPOUND** 4GP\_MEROX9  
**NAME** A007PX1927  
**TYPE** CALC  
**DEFAULT** SEQ\_VALVES

**CP** 07CP09

Date: 02/27/98

**DESCRP** 4GP-MEROX RX/LTCKRSPLIT RANGE  
**PERIOD** 2  
**PHASE** 1  
 ● **MA** 0  
**INITMA** 1  
 ● **BCALCI** 0.0  
**TIMINI** 0

**Real-Input**

● **RI01** :A007PC1927.OUT  
**HSCI1** 100  
**LSCI1** 0  
**DELT11** 1.0  
**EI1** %OPN  
 ● **RI02** 0.0  
**HSCI2** 100.0  
**LSCI2** 0.0  
**DELT12** 1.0  
**EI2** %  
 ● **RI03** 0.0  
**HSCI3** 100.0  
**LSCI3** 0.0  
**DELT13** 1.0  
**EI3** %  
 ● **RI04** :A007PX1927A.RO04  
**HSCI4** 100.0  
**LSCI4** 0.0  
**DELT14** 1.0  
**EI4** %OPN  
 ● **RI05** :A007PY1927.BCALCO  
**HSCI5** 100.0  
**LSCI5** 0.0  
**DELT15** 1.0  
**EI5** % OPN  
 ● **RI06** 0.0  
**HSCI6** 100.0  
**LSCI6** 0.0  
**DELT16** 1.0  
**EI6** %  
 ● **RI07** 0.0  
**HSCI7** 100.0  
**LSCI7** 0.0  
**DELT17** 1.0  
**EI7** %  
 ● **RI08** 0.0

**HSCI8** 100.0  
**LSCI8** 0.0  
**DELT18** 1.0  
**EI8** %

**Boolean-Input**

● **BI01** :A007PX1927A.BO01  
 ● **BI02** :A007PY1927.INITO  
 ● **BI03** 0  
 ● **BI04** 0  
 ● **BI05** 0  
 ● **BI06** 0  
 ● **BI07** 0  
 ● **BI08** 0  
 ● **BI09** 0  
 ● **BI10** 0  
 ● **BI11** 0  
 ● **BI12** 0  
 ● **BI13** 0  
 ● **BI14** 0  
 ● **BI15** 0  
 ● **BI16** 0

**Integer-Input**

● **II01** 0  
 ● **II02** 0

**Long Integer Input**

● **LI01** 0  
 ● **LI02** 0

**Memory**

**M01** 60  
**M02** 0  
**M03** 0.0  
**M04** 0.0  
**M05** 0.0  
**M06** 0.0  
**M07** 0.0  
**M08** 0.0  
**M09** 0.0  
**M10** 0.0  
**M11** 0.0  
**M12** 0.0  
**M13** 0.0  
**M14** 0.0  
**M15** 0.0  
**M16** 0.0  
**M17** 0.0

Standard

Optional

● Connectable Parameter

COMPOUND 4GP\_MEROX9  
 NAME A007PX1927  
 TYPE CALC  
 DEFAULT SEQ\_VALVES

CP 07CP09

Date: 02/27/98

M18 0.0  
 M19 0.0  
 M20 0.0

**Program Steps**

STEP01 CST /INIT LOGIC  
 STEP02 IN BI01  
 STEP03 IN BI02  
 STEP04 AND /BOTH MAN THEN  
 STEP05 OUT BO01 /SET CNTRLR INITI  
 STEP06 CST /VALVE A 0 TO X%  
 STEP07 NOP  
 STEP08 IN 100  
 STEP09 IN M01 /SPLIT POINT  
 STEP10 IN M02 /OVERLAP  
 STEP11 ADD /SPLIT+OVLP  
 STEP12 DIV /100/(SPLIT+OVLP)  
 STEP13 STM M10 /STORE FOR BCALC  
 STEP14 IN RI01 /CONTROLLER OUTPUT  
 STEP15 MUL  
 STEP16 NOP /VA=C(100/(S+OV))  
 STEP17 OUT RO01 /OUTPUT TO VALVE A  
 STEP18 CST /VALVE B X TO 100%  
 STEP19 IN 100  
 STEP20 IN 100  
 STEP21 IN M01 /SPLIT POINT  
 STEP22 SUB /100-S  
 STEP23 IN M02 /OVERLAP  
 STEP24 ADD /100-S+OVLP  
 STEP25 DIV /100/(100-S+OVLP)  
 STEP26 STM M11 /STORE FOR BCALCN  
 STEP27 NOP  
 STEP28 NOP  
 STEP29 IN RI01 /CONTROLLER OUTPUT  
 STEP30 IN M02 /OVLP  
 STEP31 ADD /C+OVLP  
 STEP32 IN M01 /S  
 STEP33 SUB / C-S+OV  
 STEP34 MUL / (C-S+OV)\*100/(100-S+OV)  
 STEP35 OUT RO02 /OUTPUT TO VALVE B  
 STEP36 IN 100 /CALC BACK CALC  
 STEP37 IN RI05 /VALVE B OPEN  
 STEP38 BIZ 46  
 STEP39 IN M11 /SET FOR VALVE B  
 STEP40 DIV /VB\*(100-S+O)/100  
 STEP41 IN M1

STEP42 ADD /+SPLIT  
 STEP43 IN M2  
 STEP44 SUB /-OVERLAP  
 STEP45 GTO 49  
 STEP46 IN RI04 /VALVE A OPEN  
 STEP47 IN M10 /VA\*(S+OV)/100  
 STEP48 DIV  
 STEP49 OUT RO04  
 STEP50 END

**Real-Output Scale Values**

HSCO1 100  
 LSCO1 0  
 EO1 %OPN  
 HSCO2 100  
 LSCO2 0  
 EO2 %OPN  
 HSCO3 100.0  
 LSCO3 0.0  
 EO3 %  
 HSCO4 100  
 LSCO4 0  
 EO4 %OPN

Standard

Optional

● Connectable Parameter

**COMPOUND** 4GP\_MEROX9  
**NAME** A007PX1927A  
**TYPE** CALC  
**DEFAULT** SEQ\_VALVES

**CP** 07CP09

Date: 02/27/98

**DESCRP** SPLIT RANGE CALC BLOCK

**PERIOD** 2  
**PHASE** 1  
**MA** 0  
**INITMA** 1  
**BCALCI** 0.0  
**TIMINI** 0

**Real-Input**

**RI01** :A007PX1927.R001  
**HSCI1** 100.0  
**LSCI1** 0.0  
**DELT11** 1.0  
**EI1** % OPN  
**RI02** 0.0  
**HSCI2** 100.0  
**LSCI2** 0.0  
**DELT12** 1.0  
**EI2** %  
**RI03** 0.0  
**HSCI3** 100.0  
**LSCI3** 0.0  
**DELT13** 1.0  
**EI3** %  
**RI04** :A007FX2522.BCALCO  
**HSCI4** 100.0  
**LSCI4** 0.0  
**DELT14** 1.0  
**EI4** % OPN  
**RI05** :A007FX2521.BCALCO  
**HSCI5** 100.0  
**LSCI5** 0.0  
**DELT15** 1.0  
**EI5** % OPN  
**RI06** 0.0  
**HSCI6** 100.0  
**LSCI6** 0.0  
**DELT16** 1.0  
**EI6** %  
**RI07** 0.0  
**HSCI7** 100.0  
**LSCI7** 0.0  
**DELT17** 1.0  
**EI7** %  
**RI08** 0.0

**HSCI8** 100.0  
**LSCI8** 0.0  
**DELT18** 1.0  
**EI8** %

**Boolean-Input**

**BI01** :A007FX2522.INITO2  
**BI02** :A007FX2521.INITO2  
**BI03** 0  
**BI04** 0  
**BI05** 0  
**BI06** 0  
**BI07** 0  
**BI08** 0  
**BI09** 0  
**BI10** 0  
**BI11** 0  
**BI12** 0  
**BI13** 0  
**BI14** 0  
**BI15** 0  
**BI16** 0

**Integer-Input**

**II01** 0  
**II02** 0

**Long Integer Input**

**LI01** 0  
**LI02** 0

**Memory**

**M01** 33.3  
**M02** 0.0  
**M03** 0.0  
**M04** 0.0  
**M05** 0.0  
**M06** 0.0  
**M07** 0.0  
**M08** 0.0  
**M09** 0.0  
**M10** 0.0  
**M11** 0.0  
**M12** 0.0  
**M13** 0.0  
**M14** 0.0  
**M15** 0.0  
**M16** 0.0  
**M17** 0.0

**Standard**

Optional

● Connectable Parameter