

145
24.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

APLICACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
MEZCLADO EN LINEA PARA OPTIMIZACION DE CARGA
A UNA PLANTA HDD (HIDRODESULFURADORA)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

JOSE TRINIDAD SAN MIGUEL CHAVEZ

MEXICO, D.F.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Le doy gracias, por haberme permitido llegar a este momento, el término de mis estudios profesionales.

A mi madre

Uno de los líderes más grandes que he tenido en la vida y que voy a duplicar sus valores, los cuales son :

Perseverar, Honestidad, Verdad, Lealtad, Soñar, Desear las cosas en la vida.

Profesora :Sara Chávez Licona

A mi hermano

Rubén San Miguel Chávez por darme el ejemplo de triunfar y seguir triunfando, por su gran apoyo en todo momento.

A mis Abuelos

María De La Luz Licona

Manuel Chávez Navarro

Toda sabiduría y ejemplo de Tenacidad y Amor a la vida.

JURADO ASIGNADO:

Presidente : M. en I. Alejandro Anaya Durand
Vocal : Ing. José Agustín Texta Mena
Secretario : Ing. Juan Mario Morales Cabrera
1er. Suplente : Ing. Mariano Pérez Camacho
2do. Suplente : Ing. José Fernando Barragán Aroche

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA :

INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO


A S E S O R D E L T E M A

Ing. José Agustín Texta Mena


S U P E R V I S O R T E C N I C O

Ing. Daniel Medrano Villagrán.


S U S T E N T A N T E

Ing. José Trinidad San Miguel Chávez

A mis Tios

**A mi tía Maria De la Luz Chávez Licona
Por apoyarme y aconsejarme a seguir adelante.**

A mi tío Vicente Manuel Chávez Licona

**Por darme el ejemplo de lo que es Triunfar y en especial, por darme la capacidad de
soñar en grande.**

**A todas las personas que Dios me ha puesto en el camino, que me han tendido la mano
incondicionalmente para que un humilde servidor, siga la jornada del Exito.**

El Exito es una jornada, no una destinación.

**A toda mi línea de auspicio en especial a Gabriela Ortega Rangel quien me ha apoyado en
todo TE AMO.**

A un gran amigo Octavio César Castillo Sierra, Gabriela Ramírez.

A mis amigos

Irene Márquez

Juan Carlos Colin Ortega

Bruno López Carpy

Karla

Karla De la Fuente

Hector A. Pérez González

Pedro y Jorge Bolaños Delgado

Fabiola A. Cerda Garcia

Javier Avila Rodriguez

July

Angel

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Especialmente a la Facultad de Química, ubicada en C.U

Gracias por darme ese conocimiento tan anhelado por muchas personas.

Y en especial agradecimiento a un gran amigo quien me dijo:

**Triunfe en la vida, nunca persista y siempre termine lo que ha comenzado.
Desgraciadamente no lo tengo a mi lado físicamente.**

Ing. Don Arturo Madrid Peralta

A profesores que me brindaron esa ayuda incondicional desde que entre a desarrollar mi carrera.

Profesora Josefina Montes Ayala

Ing. Ramiro Dominguez Danache

Doctor Anibal Bascuñan Blazet

Ing. Agustín Texta Mena

A su asesor Jesús

Gracias por su ayuda y apoyo Sr. y Sra Alejandro y Beatriz Aguilar

Ing. Mondragón

Ing. Juan Mario Morales Cabrera

Ing. Benjamin Loyola

En especial a una gran persona

Que en momentos difíciles ha creído en mí y me da aliento para seguir adelante y triunfar en todos los aspectos de mi vida, lo considero un amigo, un guía, líder, un triunfador.

Ing. Don Arturo López Torres

Muchas Gracias

A otra persona triunfadora, una gran empresaria, una persona perseverante

Gracias por su ayuda y apoyo

Sra. Julieta González Terrazas

Reconocimientos

Al Instituto Mexicano del Petróleo, gran institución que me ha brindado los conocimientos en instrumentación y control, donde he enfocado mi carrera.

En especial al Ing. Daniel Medrán Villagrán por guiarme, apoyarme en la elección del tema, por tenderme la mano sin esperar algo a cambio.

Al Ing. Efraín Martínez Hernández

Por el apoyo incondicional, para el desarrollo de esta tesis.

A mis sinodales, los Ingenieros

Ing. Anaya Durán Alejandro

Ing. José Agustín Texta Mena

Ing. Juan Mario Morales Cabrera

Por sus valiosos comentarios para la definición y desarrollo de esta tesis.

Al Ing. Rodolfo Cigala por su apoyo y comprensión en mi estancia (Instituto Mexicano del Petróleo).

A los Ing. Daniel Medrano Villagrañ, Miguel Angel Hernández, San Pedro A. Cruz, Gustavo Carreón, Ing. Concepción Ojeda P., Julio Jiménez, Adalberto Cuevas, Lázaro de La Cruz, Arturo Hernández, Roberto Lara, Abundio Alvarez, Salvador León, Gerardo Villegas, Jose Luis Pérez Navarro, Pedro A. Cortés Pallas, Mario Chew Barranco, Elvira Kato, a todos

Muchas Gracias por su apoyo.

Oración de un triunfador

No escuches a los mediocres
que te dicen, no se puede.

No escuches a los cobardes
que te dicen, no te arriesgues

No escuches al desconfiado
que te dice, yo no creo

No escuches a los ociosos
que te dicen, no trabajes

No escuches al fracasado
que te dice, no lo intentes

Solo escucha al optimista
que te dice avanza, puedes

Solo escucha a los valientes
que te dicen, no te rindas

Escucha al inteligente
que te invita a usar la mente

Escucha a los entusiastas, que animan
Y dan aliento

A los grandes triunfadores
que sueñan con lo imposible

Escucha a los que conocen el camino a la victoria
Ellos construirán mundos, imperios, galaxias, soles.

Encontrarás el tesoro más grande que hay en la vida:

“ La libertad Verdadera ”

La conciencia de quien eres

**Un ser total
Sin fronteras
Sin límites
Sin Miseria**

Todos somos servidores de la humanidad (Ingenieros)

Solamente hay una cosa importante en la vida

TRIUNFAR

INDICE :

	PAGINA
PROLOGO	1
RESUMEN	2
JUSTIFICACION	3
HIPOTESIS	5
OBJETIVO	8
INTRODUCCION	9
CAPITULO I :	
DESCRIPCION GENERALIZADA DEL PROCESO DE HIDRODESULFURACION	14
CAPITULO II :	
ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL CIRCUITO DE CONTROL	33
CAPITULO III :	
EVALUACION ECONOMICA	47
CAPITULO IV :	
DOCUMENTACION DE INGENIERIA	56
CAPITULO V :	
ESPECIFICACIONES GENERALIZADAS PARA LA ADQUISICION DE UN SISTEMA DE CONTROL DIS- TRIBUIDO	75

PAGINA

CAPITULO VI :

INTERCONEXION DEL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO	100
CONCLUSIONES	108
BIBLIOGRAFIA	109
ANEXO 1	GENERALIDADES DE IDENTIFICACION, DEFINICIONES Y SIMBOLOGIAS DE SIS- TEMAS DE CONTROL.
ANEXO 2	SIMBOLOGIA
ANEXO 3	GLOSARIO SOBRE SISTEMAS DE PROCE- SAMIENTO DE LA INFORMACION.
ANEXO 4	GLOSARIO SOBRE CONTROL AUTOMATICO
ANEXO 5	GLOSARIO SOBRE SISTEMAS DE CONTROL DIGITAL

PROLOGO :

Este trabajo tiene como finalidad, proporcionarle al estudiante de la Facultad de Química (UNAM), un conocimiento general de la implementación de una estrategia compleja de control en una planta industrial, a través del estudio de un caso real. Actualmente este sistema de control de mezclado en línea está aplicado a una planta hidrosulfuradora de diesel de la refinería "Ing. Antonio M. Amor" ubicada en Salamanca, Gto.

RESUMEN :

La estrategia de control de proceso, tiene por objeto asegurar el suministro de carga a la planta hidrodesulfuradora de diesel (HDD) de la refinería de Salamanca, Gto., a partir de cuatro plantas primarias y en orden preferencial de acuerdo a la calidad del diesel que cada una de estas produce.

De no ser suficiente el diesel producido para satisfacer la capacidad de procesamiento de la planta HDD, se complementa la alimentación con kerosina de las mismas plantas, por ser este corte de hidrocarburos el que se aproxima más en sus propiedades físicas al Diesel. Esta estrategia asegura que en todo momento el diesel recibido en la planta HDD será de calidad óptima, además de lograrse un gran ahorro de energía al aprovecharse las corrientes de diesel caliente provenientes de las plantas primarias, en vez de tomar la carga a la planta, del diesel almacenado en tanques, el cual tendría que ser calentado hasta su temperatura de procesamiento.

JUSTIFICACION:

Las plantas de destilación primaria "AA", "AS", "SA" y "RD" producen diesel de diferentes calidades, los cuales : son enviados a tanques de almacenamiento, para lo cual este producto es enfriado desde su temperatura promedio de extracción (115°C) hasta una temperatura máxima de (40°C), haciéndolo pasar por un tren de intercambiadores. De los tanques, es enviado a las terminales de ventas o como carga a la planta Hidrodesulfuradora de Diesel (HDD) que actualmente opera en esta refinería.

Con la reciente puesta en operación de la nueva planta de hidrodesulfuración de 25 000 BPD para producción de Diesel SIN, se planteó la estrategia de alimentar en forma directa el diesel caliente proveniente de las plantas primarias. Solamente el excedente de este producto (no alimentado a la HDD) se enfriará para su envío a tanques de almacenamiento, con lo cual se logra un considerable ahorro de energía.

El mezclado en línea se realiza considerando las cuatro plantas atmosféricas ("AA", "AS", "RD", "SA"), existentes en la refinería y una planta FCC (Desintegración Catalítica Fluida). De cada atmosférica se toma dos líneas, una de diesel y otra de kerosina y de la FCC una corriente de aceite cíclico ligero (ACL).

La carga de diseño a la HDD es de 25 000 BPD. El flujo total del diesel y/o kerosina será de 20 000 BPD, cuando se alimenten 5 000 BPD de ACL y de 25 000 BPD cuando no se alimente ACL.

Para garantizar la operación correcta de las plantas atmosféricas, el sistema de control avanzado (SCA) u operador de éstas, fijará el flujo de diesel y kerosina que debe producirse

en las plantas, mediante un lazo de control de flujo ubicado en cada corriente proveniente de la planta atmosférica. Estos controladores serán la referencia para que el Sistema de Control de Mezclado en Línea (SCML) conozca la cantidad de producto disponible total por planta. El SCML, dependiendo del flujo extraído de la planta atmosférica podrá enviar el diesel y/o kerosina hacia el cabezal de mezclado de la planta HDD según se requiera, o no utilizarlo, permitiendo que el SCA lo envíe a almacenamiento. El flujo total de diesel y kerosina enviado a la planta HDD depende del nivel del tanque de carga a la planta, ya que la alimentación esta regulada por un control en Cascada: Nivel del tanque de balance-Flujo de entrada a la planta.

La cantidad de ACL que recibe la planta, se controlará mediante un control de relación de flujo, el cual mantendrá una proporción de 1 parte de ACL por 4 de diesel alimentado a la HDD. Aunque esta estrategia de control es independiente del SCML, la falta de este suministro (ACL) no afectará la cantidad de diesel suministrado, ya que ésta última se rige únicamente por el nivel del tanque de balance.

Si el diesel enviado como carga a la planta HDD no es suficiente, el controlador de flujo instalado en la línea de alimentación a esta planta detectará esta deficiencia y el SCML fijará el flujo de kerosina que deberá ser enviado de cada atmosférica para cubrir este déficit.

Para comprender la situación a que se esta refiriendo, se sugiere ver la figura 1, para tener una mejor comprensión de la situación actual.

Y la figura 2, para el sistema de control de mezclado en línea que es la propuesta.

HIPOTESIS :

De acuerdo a la problemática que fue descrita anteriormente, es necesario establecer una serie de estrategias que hagan uso de tecnología de punta, para satisfacer las necesidades requeridas, implicando además, un ahorro de energía aprovechándose las corrientes de diesel.

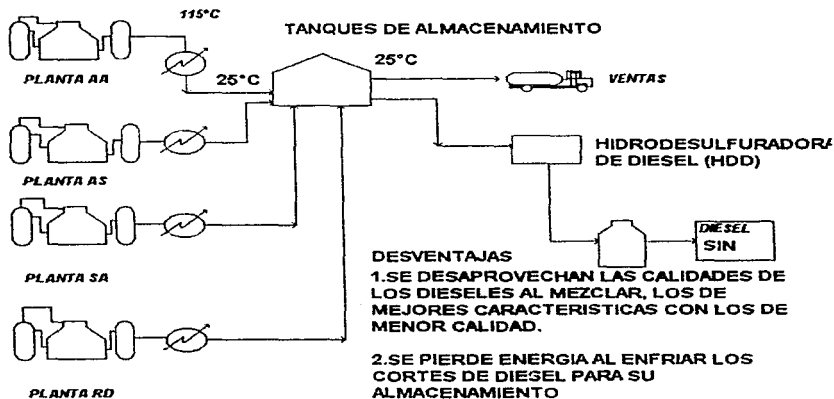


FIGURA 1.- SITUACION ACTUAL DE PRODUCCION Y TRATAMIENTO DE DIESEL EN LA REFINERIA DE SALAMANCA GTO.

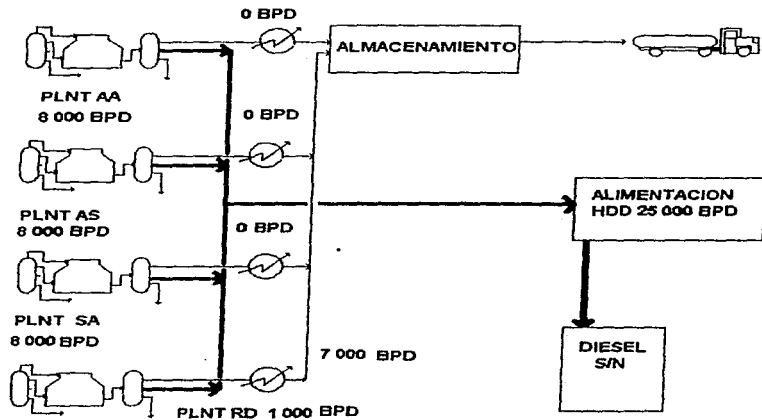


FIGURA 2.- ESQUEMA DEL SISTEMA DE CONTROL DE MEZCLADO EN LINEA

OBJETIVO :

Describir el funcionamiento, interconexión desarrollo e implementación de la estrategia en el Sistema de Control Distribuido y establecer la comparación con otros sistemas de control. Un ejemplo de aplicación : Sistema de Control de Mezclado en Línea para optimización de carga a una planta HDD.(Salamanca Gto.).

INTRODUCCION :

En cada una de las manifestaciones cotidianas se hace patente la presencia de equipos, sencillos o complejos, que cumplen la misión de simplificar las actividades diarias. Es evidente, que los procesos industriales no son ajenos a este fenómeno.

Los grandes y complicados complejos que alimentan a nuestra civilización en sus necesidades básicas : petróleo y electricidad, siderurgia y plásticos, comida y líquidos, cemento y papel, etc., descansan en la instrumentación, que convertida en el sistema neuro-cerebral de tales complejos, sirve para controlar la calidad del producto y mantener dentro del proceso las condiciones requeridas para una operación segura y eficiente.

Sin aparatos automáticos para medir y controlar, muchos de estos procesos no podrían simplemente existir, ya que los instrumentos pueden detectar condiciones y tomar acciones de control más rápidas y precisas que el operador humano. En realidad es tal la velocidad y complejidad de las plantas modernas que el hombre por si solo no podría darse abasto.

La utilización de la instrumentación industrial reditúa beneficios económicos no solamente porque ahorra trabajo, sino también porque a través de un control más preciso y rápido se mejora la calidad del producto, se reducen desperdicios, y se permite que el proceso sea operado en su punto de mayor eficiencia. Además, dicha instrumentación libera a los trabajadores de las tareas más arduas, antihigiénicas y peligrosas.

En el pasado.- En los 30's, la instrumentación industrial tenía mucho de mecánica y de instalación local, en ella el operador había de caminar dentro de su planta para registrar las variables del proceso. La implementación del control automático era difícil y en la mayoría de los casos se hacía en forma manual. Pero esto llegaría a ser, con el tiempo, un reflejo histórico del control distribuido.

En los 40's empezó a utilizarse la instrumentación neumática y algo de la electrónica.

En los 50's el concepto del control centralizado permitió el agrupamiento de las diferentes variables de proceso en un cuarto de control, por lo que el operador redujo sensiblemente el tiempo de recorrido por su planta. Se implementaron un gran número de circuitos de control a la forma automática, a través de tableros e instrumentación de relativamente gran tamaño, con señalización predominante neumática; aunque también se utilizó señalización analógica de corriente alterna, con electrónica de vacío.

Era necesario la conversión electro-neumática y viceversa, tanto en la medición como en la actuación y comenzaba a utilizarse el concepto del sistema de adquisición de datos en instrumentos que podía registrar hasta 16 canales, en grupos expansibles de cuatro.

Los 60's se caracterizan por un cambio sorprendente en la instrumentación industrial, principalmente por la conversión de la electrónica de vacío a la de estado sólido, y el advenimiento del amplificador operacional de corriente directa a base de transistores con las ventajas de muy bajo consumo de energía, alta linealidad y mayor capacidad de realización de funciones de control y cálculo.

En los 70's la instrumentación industrial recorre un largo camino. Los receptores se reducen y aparece el concepto de alta densidad, tanto electrónica como neumática, pero para esta última, marca el fin del avance tecnológico. Los circuitos integrados pasan por las generaciones media, alta y muy alta; las computadoras de macro, a mini y micro. El controlador programable que enmascara una computadora en una caja, permite al diseñador de circuitos lógicos, realizar su trabajo sin tener un gran conocimiento previo sobre programación. El microprocesador, la computadora en un "chip", se muestra como un fenómeno todopoderoso en el campo del control.

En el presente.- La instrumentación neumática se ha mantenido principalmente por la facilidad con que puede entrenarse el personal para su instalación y mantenimiento; pese a que se predijo su obsolescencia a mediados de los 60's.

En la instrumentación electrónica digital existe la posibilidad de que con las debidas modificaciones será el medio de control del futuro. Cuando este equipo realiza en línea el trabajo de controlar, secuenciar y monitorear, permite al operador una mayor flexibilidad en sus labores.

Futuro.- En lo que corresponde a la instrumentación electrónica, podemos pensar que la tendencia es hacia el tipo digital, ya que desde la primera implementación a finales de los 50's, ha mantenido un ritmo sostenido de aplicación que se ha vuelto exponencial, sobre todo en los últimos cinco años. La razón de lo anterior es que en las operaciones industriales con control analógico, la tarea de integrar los controladores y la supervisión del proceso es responsabilidad del operador, el cual tiene que enfrentarse a una operación muy dinámica. Muchos controladores automáticos, cada uno actuando independientemente. Así, el operador tiene que interrelacionar muchos.

Así como un gran número de factores no solo en lo que se refiere a los aspectos de la química o la física del proceso, sino también a los económicos.

Debido a lo anterior, puede decirse que desde un punto de vista práctico, el operador descansa en su juicio y experiencia para compensar los distribuidos, tales como cambios en la composición de la carga, impurezas, cambios en las condiciones ambientales, etc., y que el retraso de tiempo en la detección de dichos disturbios y la inhabilidad humana para evaluar inmediatamente los cambios en los ajustes de los controladores, pueden ser causa de que se violen los límites de operación permitidos y no se mantengan las condiciones óptimas.

El significado de "óptimo", depende de una decisión administrativa y puede ser : máxima ganancia, máxima producción, mínimo costo, mayor seguridad o mayor calidad. Es en estos puntos donde se encuentra la justificación para la utilización de la computadora digital electrónica, ya que esta última, con su potencialidad para procesar las masas de datos de mediciones necesarias y evaluar los cambios en un sistema complejo, es el operador ideal para las operaciones de producción.

Cuando se le utilizó como el corazón de un sistema de control digital centralizado, demostró tener problemas inherentes también, y el más grande de todos fue la confiabilidad. Si un controlador analógico falla en un sistema de control de procesos bien diseñado, la pérdida de control resultante no es muy seria. Si una computadora que está realizando el rol de varias decenas de controladores falla, el resultado puede ser el paro total de las instalaciones de la planta.

El sistema de control actual conjuga las ventajas del sistema de control digital centralizado, con las ventajas del sistema de control analógico, o sea, el sistema de control digital distribuido.

Se incluyen los anexos I, II, III, IV y V para lograr una mejor concepción de lo que es el sistema de control.

CAPITULO I :

DESCRIPCION GENERALIZADA DEL PROCESO DE HIDRODESULFURACION

El proceso normalmente se divide en dos secciones: sección de reacción y sección de estabilización; en la primera se realiza principalmente una reacción de hidrogenación-desulfuración catalítica de los compuestos sulfurados, nitrogenados, oxigenados y olefinicos, usando como catalizador níquel-molibdeno cobalto-molibdeno soportado en alúmina. Las condiciones de temperatura, presión y espacio velocidad en el reactor varían dependiendo del tipo de carga, contenido de metales, grado de eliminación de azufre y del tipo de catalizador empleado: los valores oscilan entre 350 y 403°C, 25 y 65 Kg/cm² y 1 a 6 hr- respectivamente.

La sección de estabilización consiste básicamente de una torre agotadora y una torre estabilizadora, y su función es la de eliminar los gases ácidos formados durante la reacción y estabilizar los destilados intermedios.

La carga de hidrocarburos provenientes de límites de batería se mezcla con una corriente de hidrógeno recirculado e hidrógeno fresco, se precalienta con el producto de fondos del reactor y finalmente con un calentador de fuego directo, donde se eleva su temperatura hasta alcanzar el nivel térmico requerido por el reactor para efectuar la reacción catalítica exotérmica. El producto de reacción después de intercambiar calor con la carga al reactor, se enfría con agua y posteriormente se envía a un acumulador de alta presión, de donde el hidrógeno que permanece en fase gaseosa, previa compresión, se recircula, mientras la fase líquida constituida por los hidrocarburos, se precalienta con el producto de fondos de la torre fraccionadora, para alimentarse a una torre agotadora donde se separan los incondensables y gases ácidos; el producto de fondos y los

condensados de dicha torre, constituyen la carga a la columna de estabilización, previo calentamiento con el producto de fondos de la misma torre.

Los hidrocarburos ligeros (naftas), obtenidos de este fraccionamiento, se mandan normalmente como carga complementaria a una hidrosulfuradora de naftas; mientras los hidrocarburos pesados se envían a almacenamiento o / a posterior procesamiento en las torres agotadora y fraccionadora, después de haber precalentado la carga.

Filosofía de Operación de Mezclado en Línea

Se describirá un sistema de control de mezclado en línea (SCML), para suministrar carga a la planta HDD en Salamanca Gto.

El mezclado en línea se realiza considerando las cuatro plantas atmosféricas ("AA", "AS", "RD", "SA"), existentes en la refinería y una planta FCC (Desintegración Catalítica Fluida). De cada atmosférica se toma dos líneas, una de diesel y otra de kerosina y de la FCC una corriente de aceite cíclico ligero (ACL).

La carga de diseño a la HDD es de 25 000 BPD. El flujo total de diesel y/o kerosina es de: 20 000 BPD cuando se alimentan 5000 BPD de ACL y de 25 000 BPD cuando no se alimenta ACL.

Para garantizar la operación correcta de las plantas atmosféricas, el operador de éstas, fija el flujo de diesel y kerosina que debe producirse en las plantas, mediante una válvula de control de flujo ubicada en el límite de baterías de la planta atmosférica; en este punto se manda una señal al SCML de la cantidad de producto disponible total. El SCML, dependiendo del flujo establecido en la planta atmosférica envía el diesel y/o kerosina hacia el cabezal de mezclado de la planta HDD o bien, a almacenamiento, mediante otro

controlador de flujo. Así mismo, el flujo total de diesel y kerosina enviado a la planta HDD depende del nivel del tanque de carga a la planta. Mediante un relacionador de flujo, que se controla la cantidad de ACL que se recibe en la planta.

Si el diesel enviado como carga a la planta HDD no es el suficiente, el controlador de flujo instalado en la línea de alimentación a esta planta, detectará esta deficiencia y el SCML, fijará el flujo de kerosina que deberá ser enviado de cada atmosférica para cubrir este déficit.

En cada línea de diesel proveniente de las plantas atmosféricas existe un analizador de color, en el caso de que se detecte que el diesel está fuera de especificación (diesel manchado) en alguna planta primaria, el SCML procede a bloquear la válvula de alimentación de esta corriente a la HDD, y el producto es enviado a tanques de producto fuera de especificación (SLOP).

Las prioridades de alimentación de las corrientes de diesel y kerosina son las siguientes:

DIESEL .- Las líneas de diesel de las plantas "AA" y "AS" son las corrientes con prioridad a ser alimentadas al sistema de mezclado, mientras que las corrientes de las plantas "SA" y "RD" permanecerán en segundo término debido a que las cargas a estas atmosféricas no son constantes, por lo que la calidad del diesel variará frecuentemente. Además, las plantas "AA" y "AS" producen diesel con mayor contenido de azufre y es conveniente enviarlas a la nueva planta HDD cuyas bases de diseño le permiten procesar productos con un contenido de azufre hasta de 2%, mientras que las plantas que previamente operaban en la refinería solo pueden procesar productos con 1% de azufre.

KEROSINA .- En este caso, las corrientes de las plantas "RD" y "AA" tienen prioridad para ser alimentadas al sistema de mezclado, debido a que ésta kerosina es un poco más pesada que la de las otras atmosféricas ("AS" y "SA"), y por tanto con características más similares al diesel.

El SCML tomará en cuenta dichas prioridades agotando en primer término el diesel y en caso necesario empleará la kerosina, enviando en ambos casos lo restante a tanques de almacenamiento.

Desarrollo :

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA.- El SCML es un algoritmo programado en lenguaje de control (CL) e instalado en el módulo de aplicación (AM) del sistema de control distribuido Honeywell TDC-300 con el cuál operan las plantas primarias de la refinería.

La planta HDD es controlada por un sistema de control marca Foxboro. Para la realización de este proyecto se considera más conveniente utilizar al equipo Honeywell como plataforma de programación, debido a que el mayor número de señales requeridas por el algoritmo de mezclado se encuentra en éste equipo y las pocas señales requeridas de la planta HDD pueden ser importadas vía una interfase de comunicación externa desde el sistema Foxboro hasta el TDC-3000 con más facilidad. Esto, además, permite que los comandos de operación del algoritmo de mezclado sean realizados por los operadores de la planta HDD desde las consolas del equipo Foxboro.

SW101 : LOCAL :

El equipo Foxboro efectúa el control localmente mediante la estrategia de control de cascada, nivel-flujo de alimentación a la planta HDD. Los operadores de esta planta colocarán el controlador FIC-101 en cascada y fijarán el punto de Ajuste (Set-point) del LIC202. Por otro lado, los operadores de las plantas primarias supervisan el suministro de cada corriente de diesel y kerosina al cabezal de mezclado, de acuerdo a la solicitud del operador de HDD y la disponibilidad de producto.

MEZCLADO :

El equipo Honeywell toma el control de la alimentación a la planta HDD, reajustando los controladores de flujo de las corrientes de diesel y kerosina de la planta HDD contempla una estrategia de control tipo cascada (nivel-flujo) propia para regular la carga proveniente de un tanque y no para un control de ocho corrientes en línea, la válvula FV 101 se abre para no interferir con la estrategia de mezclado. Los operadores de la HDD únicamente fijarán el punto de ajuste al controlador LIC202 y los operadores de las primarias, actuarán en los interruptores de “Estado de la planta”, cuando alguna planta haya salido de operación y no aportará carga a la HDD.

Sin embargo, se puede resumir que el controlador de nivel (LIC 0202) del tanque de carga de la planta HDD, por sí sólo no puede efectuar un control estable de la alimentación de diesel a la planta HDD, ya que siendo el nivel una variable muy lenta y no lineal debido a la forma del tanque, la alimentación a la planta hidrodesulfuradora variaría considerablemente. La estrategia de control en cascada en cambio, permite que la salida del controlador de nivel (Controlador Maestro) manipule al controlador de flujo

de entrada (Controlador Esclavo) FIC 0101 variando la alimentación en forma gradual y disminuyendo las oscilaciones de la variable nivel. De aquí, que el control de cascada es una estrategia adecuada para este tipo de sistemas, pero como se verá más adelante, debe ser adecuada para manejar la complejidad de un sistema de mezclado en línea.

El esquema global de integración de las plantas primarias en el cuarto de control centralizado sur de la refinería de Salamanca y la llegada de las señales requeridas de la planta HDD. En el inicio del proyecto las plantas "AS", "SA" y "RD" eran operadas por sistemas de control distribuido (SCD) marca Honeywell integrada en una red de control local (LCN) mientras que la planta "AA" al calentarse separada geográficamente de las otras tres (también es operada por un SCD de la misma marca) no había sido integrada a la red. La primera etapa consistió en la integración de estos dos sistemas en una LCN general para poder tener acceso a todos los datos relativos al SCML, en las plantas primarias desde un módulo de aplicación (AM) conectado a dicha red.

Existen cuatro redes universales de control (UCN) dentro de la LCN general. En cada una de ellas se encuentran los manejadores de proceso (Process Manager, PM) o manejadores avanzados de proceso (APMS), a los cuales están asociadas las señales correspondientes a cada planta primaria. Tanto los PMS como los APMS tienen la capacidad de ser programados para aplicaciones avanzadas como el SCML, pero se tendrían que concentrar todas las señales de mezclado en línea al PM ó APM que fuera dedicado a esta aplicación, ya que no es posible establecer comunicación entre dispositivos de una UCN con los de otra. Lo anterior (concentración de las señales), es técnicamente imposible por la lejanía geográfica de las plantas, por lo que se utilizó el módulo de aplicación (AM) para implementar el SCML pues este dispositivo pertenece a la red LCN y tiene capacidad de acceso global a todas las UCNS y por consiguiente a las señales de los PMS y APMS de las mismas.

Los sistemas de control avanzado realizan las funciones de un operador conocedor del proceso. Para desarrollar el Algoritmo de Control de Mezclado en Línea, fué necesario planear una filosofía de operación adecuada que permitiera manipular simultáneamente las ocho corrientes de productos de carga a la planta HDD.

Como se explica antes, la demanda de esta planta se satisface con el diesel disponible y de acuerdo a las prioridades fijadas. Primero una, hasta el máximo disponible, siguiendo con las otras tres corrientes de diesel hasta agotarlo y si éste no fuera suficiente para satisfacer la demanda, se inicia la alimentación de la primera corriente de Kerosina, y así, hasta alimentar también las cuatro corrientes si fuera necesario. Esta filosofía de alimentación de las corrientes es una secuencia lineal (desde la uno a la ocho) que puede manejarse como un control de rango dividido. Es decir, utilizar las bondades de un controlador PID y manipular numéricamente la salida de dicho controlador, cuyo valor oscila entre 0 y 100%, para que en vez de ir a un elemento final de control o válvula (como es el caso del FIC 0101 con su válvula FV 0101), la salida pueda ser distribuida a los ocho controladores de los productos de mezcla (o entre menos si algunas de ellas no estuvieran disponibles para aportar carga a la planta HDD). De esta forma la salida del controlador de flujo FIC101 será dividido entre el número de corrientes disponibles de acuerdo a la prioridad de alimentación de cada una de ellas, de forma que la demanda de producto por parte de este controlador sea satisfecha primeramente con el diesel de más calidad. Para el caso en que las cuatro plantas primarias estén operando normalmente, se dispondría de ocho corrientes para alimentación a la HDD en el siguiente orden:

PRODUCTO	DISPONIBILIDAD	RANGO PARCIAL DE SALIDA DE FIC101(%)
Diesel "AA"	DENTRO	0-12.5
Diesel "AS"	DENTRO	12.5-25.0
Diesel "RD"	DENTRO	25.0-37.5
Diesel "SA"	DENTRO	37.5-50.0
Kerosina "AA"	DENTRO	50.0-62.5
Kerosina "RD"	DENTRO	62.5-75.0
Kerosina "AS"	DENTRO	75.0-87.5
Kerosina "SA"	DENTRO	87.5-100

Cada rango parcial corresponde al 100% dividido entre el número de corrientes totales disponibles.

En una estrategia de rango dividido, cada rango parcial (tabla anterior) es escalado al rango del controlador de la corriente correspondiente. Por ejemplo, si la corriente de diesel de la planta "RD" está regulada por el controlador FIC 3816 con un rango de 0-8000 BPD, la escalación se efectuaría de la siguiente manera :

	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	EXTENSION DEL RANGO
Rango parcial de la salida FIC101 para RD.	25%	37.5%	12.5%
Rango del FIC3816 en porcentaje.	0%	100%	100%
Rango del FIC3816 en BPD	0 BPD	8000 BPD	8000BPD

Y para una salida de 30% en FIC101 el FIC3816 sería ajustado con un "set-point" de :

$$SP = 30 - 25 / 12.5 = 0.4$$

$$SP = 0.4 * 8000 = 3200 \text{ BPD}$$

Pero en nuestro caso, el SCML tiene que respetar a los límites máximos de extracción de los productos, pues de extraerse más producto del permitido se desestabilizaría la operación de las plantas. Los flujos de extracción de diesel y kerosina son establecidos por el sistema de control avanzado para el caso de las primarias "AS"; "SA" y "RD" y por el operador de la planta para el caso de la "AA". Con estos flujos se mantienen estables los niveles de los acumuladores de reflujo en la torre de destilación. Suponiendo que el control avanzado de la planta "RD" sólo permite la extracción de 3500 BPD de diesel a fin de mantener el nivel de la torre de destilación, entonces se tendría para el ejemplo anterior (salida de 30% en el FIC101) que el FIC3816 sería ajustado a :

$$SP = 0.4 * 3500 = 1400 \text{ BPD}$$

es decir, que el escalamiento del rango parcial será sobre el flujo máximo de extracción y no sobre el rango total de 8000 BPD. Por lo tanto, al incrementar la salida del FIC101, el máximo ajuste del FIC3816 sería de 3500 BPD.

Como se mencionó antes, se dispone de ocho corrientes de productos para alimentación a la planta HDD. Es lógico pensar que no todas las corrientes van a estar disponibles en todo momento. Por ejemplo, pudiera ser que una planta sale de operación por mantenimiento o por falta de carga. Entonces solo se dispondrá de 6 corrientes para formar la mezcla de alimentación a HDD. Esta situación se le dá a conocer al sistema mediante el uso de unos selectores. Cada corriente cuenta con un selector de disponibilidad de la misma, el cual puede ser fácilmente accesado en el sistema de control Honeywell. Estos selectores presentan las siguientes posiciones :

- Dentro :** La corriente correspondiente se encuentra disponible y aporta carga a la HDD.
- Fuera :** La corriente asociada no está en servicio por lo que no contribuirá a la alimentación a HDD.

Si por alguna causa (mantenimiento del equipo, paro de planta, etc.) el operador coloca el selector de disponibilidad en la posición "FUERA", no se podrán utilizar los rangos parciales calculados cuando las ocho corrientes estaban disponibles, pues cuando la salida del FIC101 se encuentre variando en el rango parcial correspondiente a la corriente que está "FUERA", no habrá respuesta del controlador de esta corriente causando un tiempo de retardo en la acción del controlador. Para remediar esta situación, el SCML recalcula los rangos parciales cada vez que detecta un cambio en los selectores de disponibilidad; así, si la corriente de diesel de la planta "RD" fuera

inhabilitada, los rangos parciales serian recalculados dividiendo el 100% de la salida de FIC101 entre las siete corrientes disponibles, de la siguiente manera :

PRODUCTO	DISPONIBILIDAD	RANGO PARCIAL DE SALIDA DE FIC101(%)
Diesel "AA"	DENTRO	0-14.29
Diesel "AS"	DENTRO	14.29-28.57
Diesel "RD"	FUERA	-----
Diesel "SA"	DENTRO	28.57-42.86
Kerosina"AA"	DENTRO	42.86-57.14
Kerosina"RD"	DENTRO	57.14-71.43
Kerosina"AS"	DENTRO	71.43-85.71
Kerosina"SA"	DENTRO	85.71-100

Esta adecuación permite que exista continuidad entre la alimentación de la corriente de diesel de "AS" y la de diesel de "SA", aún cuando la corriente de diesel de "RD" esté fuera de servicio. El controlador de flujo de esta última sería reajustado a un punto de ajuste de cero.

Un nuevo problema surge al efectuar un cambio de posición de algún selector de disponibilidad, pues no es conveniente cambiar el punto de ajuste a un controlador en una forma drástica. En el ejemplo anterior, si el controlador FIC3816 de la corriente de diesel de "RD" estuviera suministrando 3500 BPD a la planta HDD y de pronto el operador decide poner esa corriente fuera de operación, esto significaría que no se desea flujo a través de esta corriente. Entonces, el set point del FIC3816 tomaría el valor de cero, lo cual ocasionaría un cierre violento de la válvula de control FV3816 con los siguientes posibles resultados : golpe de ariete en las tuberías convergentes a la válvula,

con los siguientes posibles resultados : golpe de ariete en las tuberías convergentes a la válvula, daño del asiento de la válvula y desestabilización de la primaria "RD". Por este motivo, al detectarse un cambio en la posición del selector de disponibilidad de "RD", el SCML realiza una inicialización de todos los controladores de las corrientes de mezclado; en esta inicialización se realiza una transición suave de los puntos de todos los controladores desde su valor actual hasta el nuevo valor calculado por el SCML, en un intervalo de tiempo. El punto de ajuste del FIC3816, según el mismo ejemplo, se comportaría de la siguiente forma :

DIESEL DE PLANTA "RD"

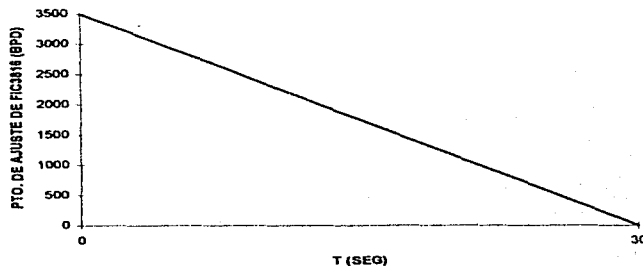


Fig.1.1 Comportamiento del punto de ajuste del FIC3816, cuando la corriente esta fuera de operación.

Una acción de este tipo implica que los 3500 BPD de diesel que estaban siendo suministrados por la planta "RD", ahora tendrán que ser sustituidos por diesel o

kerosina de otra planta en el orden de prioridad mostrado antes. Si fuera el caso en que la planta "SA", tuviera que suministrar estos 3500 BPD y que antes de poner fuera la planta "RD" no aportara diesel a la planta HDD, el punto de ajuste del controlador de diesel de la planta "SA" se reajustaría gradualmente en forma ascendente :

DIESEL DE PLANTA "SA"

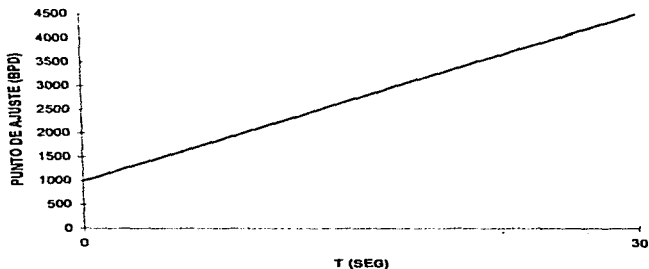


Fig. 1.2 Comportamiento de la planta "SA", cuando entra a relevar a la planta "RD" utilizando la estrategia de control en cascada nivel.

Como se habrá observado, se sigue utilizando la estrategia de control en cascada nivel del tanque de carga / flujo de alimentación. Aquí el controlador LIC202 actúa como controlador "maestro" o primario, mientras que el FIC101 tomará el lugar de "esclavo" o secundario. Como es sabido, al iniciar la operación en modo "Cascada", el controlador FIC101 debe enviar una señal de inicialización al controlador LIC202 para que la salida de éste último sea igualada al valor equivalente al porcentaje del rango de

la señal de proceso manejada en ese momento por el FIC101, para que se haga una transferencia suave de modo. Por ejemplo, si el FIC101 estuviera configurado con un rango de 0-30000 BPD y manejara un flujo de 15000 BPD en el momento de ser transferido a modo "Cascada", se deberá forzar la salida del LIC202 a 50% que es la señal que recibirá el FIC101(pues 15000 BPD equivale al 50% del rango). Esta operación se conoce como inicialización del controlador primario y se efectúa solamente una vez, cuando se detecta el cambio de modo del controlador secundario a "Cascada".

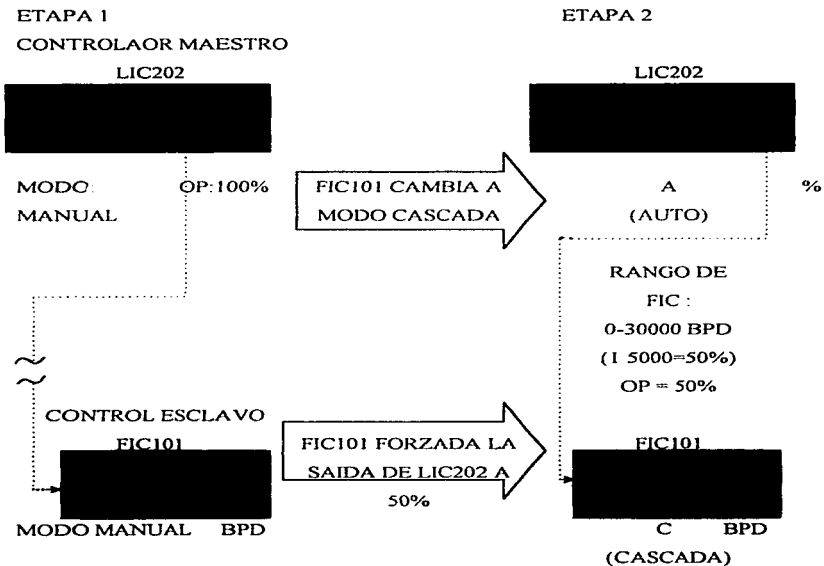


Figura No.1.3
Inicialización de los controladores

El FIC101, además de actuar como "esclavo" en la estrategia de control de carga a HDD, es el controlador "maestro" en el SCML, con los ocho controladores de las corrientes de diesel y kerosina actuando como "esclavos". Esto nos lleva al hecho de que la salida del FIC también debe ser inicializada la primera vez que el algoritmo es activado o cuando algún selector de disponibilidad cambia de posición, aunque esta operación no es tan directa como en el caso del LIC. Para calcular el valor de inicialización del FIC101, el SCML analiza el número de corrientes disponibles así como la cantidad máxima de producto que cada una puede aportar. Consideremos los siguientes valores de aportación por corriente, con sus correspondientes rangos parciales cuando se dispone de todas las corrientes:

PRODUCTO	CANTIDAD MAXIMA DISPONIBLE (BPD)	DISPONIBILIDAD	RANGO PARCIAL DE SALIDA DE FIC101(%)
DIESEL"AA"	4 000	DENTRO	0-12.5
DIESEL"AS"	3 000	DENTRO	12.5-25.0
DIESEL"RD"	3 000	DENTRO	25.0-37.5
DIESEL"SA"	4 000	DENTRO	37.5-50.0
KEROSINA"AA"	2 000	DENTRO	50.0-62.5
KEROSINA"RD"	4 000	DENTRO	62.5-75.0
KEROSINA"AS"	3 000	DENTRO	75.0-87.5
KEROSINA"SA"	4 000	DENTRO	87.5-100.0

Si se activa el SCML en el momento en que el FIC101 maneja un flujo total de 15 000 BPD provenientes en forma indistinta de las ocho corrientes, el sistema totalizará los máximos disponibles a partir del diesel de la planta "AA" y continuará hasta completar los 15 000 BPD. Al llegar a la corriente de diesel de "SA" llevará un total de 14 000

BPD y una salida en el FIC101 de 50%, por lo que requerirá 1 000 BPD de kerosina de "AA" (la mitad de los 2 000 BPD máximos disponibles) para completar los 15 000 BPD. Como los rangos parciales para ocho corrientes son de 12.5%, cada uno de estos últimos 1000 BPD equivalen a 6.25% del rango parcial de la corriente de kerosina de "AA" y la salida total del FIC101 será de 56.25%. Este resultado será el valor de inicialización al cual se forzará la salida de FIC101 la primera vez que se active el sistema de mezclado o que se detecte un cambio en los selectores de disponibilidad de las corrientes. Posteriormente se dejará que el algoritmo de control del FIC 101 calcule la salida en base a los ajustes de sus acciones : proporcional, integral y derivativa.

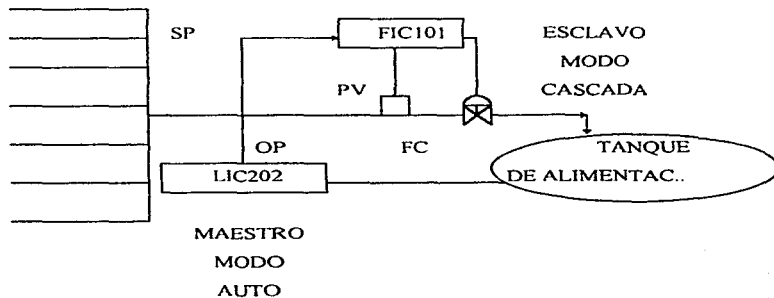
Las inicializaciones tanto del controlador FIC101 como el LIC202 implican el acceso a los parámetros internos de estas entidades; al estar éstos controladores configurados en el SCD de la planta HDD (marca Foxboro), resultaría imposible para nuestro SCML (el cual está configurado dentro de la red Honeywell de las plantas primarias) leer o escribir sobre esos parámetros, razón por la cual, tanto el FIC101 como el LIC202 se encuentran duplicados en el sistema Honeywell. Cuando el SCML se encuentra en el modo "MEZCLA", actúan los controladores en el sistema Honeywell; cuando está en el modo "LOCAL" los controladores del equipo Foxboro regulan el proceso de carga a HDD.

Una última y quizás la más importante característica del SCML es que la manipulación de los controladores de las corrientes de mezclado se efectúa a través de referencias indirectas, es decir, definiendo variables del tipo "identificador de punto de datos", en las cuales se almacenan los nombres de las entidades (puntos del sistema de control distribuido) de acuerdo al orden que deberán seguir para alimentar producto a HDD.

Esta característica permite que en el caso de variar las propiedades de las cargas a las primarias y por consiguiente la cantidad de las corrientes de diesel y kerosina, se pueda

reconfigurar fácilmente el SCML con solo cambiar los identificadores mencionados antes, al nuevo orden de calidad de los productos. También permitiría la aplicación del SCML a otros procesos en donde la calidad de las corrientes fuera muy cambiante y el orden de prioridades tuviera que ser determinado automáticamente con el uso de analizadores en línea.

Otra manera de explicar, la operación de inicialización en modo "Cascada" es la siguiente:



LIC202.OP	FIC101.SP
0 %	0 BPD
100 %	8000 BPD
12.5 %	1000 BPD

Fig.1.4. Inicialización en modo "Cascada".

INICIALIZACION

EVENTOS	FIC101	RANGO	LIC202
	MODO	OP	MODO OP
1	AUTO	10 %	MANUAL 100 %
2 SIN	CASCADA	10 %	
INICIALIZACION			PROBLEMAS !
2 COMIENZO			
INICIALIZACION	CASCADA	1000BPD	12.5%
			$1000 / 8000 = 0.125$

Solo una vez es el (comienzo) 12.5 %, esto es para evitar el golpe de ariete.

CAPITULO 11 :

ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL CIRCUITO DE CONTROL :

Cada corriente cuenta con un circuito de control básico, que permite tener control de la extracción del producto.

Dicho circuito se puede representar de la siguiente manera :

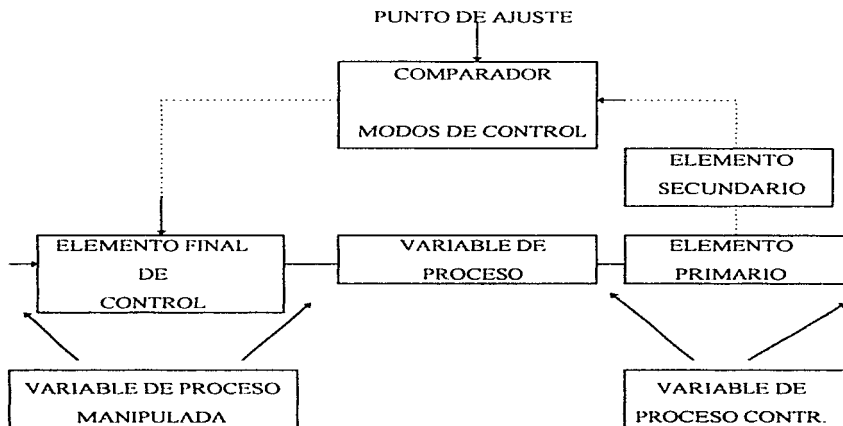


FIGURA 2.1
Circuito de Control Básico

Elemento Primario :

Es el primer instrumento que detecta ó sensa el valor de la variable de proceso. En este caso se utilizaron por requerimientos de mayor exactitud de medición, elementos de Flujo Másico tipo Coriolis.

Placa: 2%

Coriolis: 0.1% de exactitud.

Caros, se pagan; no hay pérdida de producto. Se trata de transferencia de custodia.

Transferencia de Custodia: Es medición de productos en L.B. para cálculo de balances y también para determinación de costos.

Elemento Secundario o (Transmisor) :

Es el dispositivo que detecta la variable de proceso por medio de un elemento primario y que tiene una salida cuyo valor en el estado estable cambia únicamente en función de la variable de proceso. Ya viene integrado con el elemento primario y son de tipo inteligente, configurables en rango y unidades, utiliza protocolo Hart.

Controlador :

Está configurado en el S.C.D. (en el PM); se utiliza el tipo PID (proporcional integral derivativo), activada la opción set point remoto (para que el S.C.M.L. (AM) pueda fijar este parámetro).

Está unidad recibe la señal enviada por el transmisor y realiza dos funciones :

a) Compara la señal recibida por el transmisor con el punto de Ajuste (valor deseado de la variable).

Si existe error

b)Procesa la señal de error por medio de los modos de control, los cuales generan una señal correctiva que es enviada al elemento final de control para minimizar al máximo la desviación existente entre el valor de la variable de proceso y el punto de ajuste.

Elemento Final de Control :**(Válvulas de Control)**

Este elemento recibe la señal correctiva del controlador y actúa directamente sobre la variable manipulada para mantener ésta en los límites deseados.

Variable Manipulada :

Es aquella que se puede hacer cambiar directamente con el elemento final de control.

Variable Controlada :

Es aquella que se mide por medio del elemento primario y se desea controlar bajo ciertos límites. Flujo de D.K.

Punto de Ajuste :

Se le conoce también como set-point y es el valor deseado de la variable de proceso.

Modos de Control :

Son los métodos utilizados por los controladores para contra-restar la desviación de una señal de su punto de ajuste.

Los principales son :

1. Manual : el operador proporciona la apertura de la válvula
2. Automático : el operador fija el S.P.(valor otro dispositivo inteligente (S.C.M.L) fija el S.P.
3. Cascada

Controladores Lógicos Programables: (PLC)

Los controladores Lógicos programables, de acuerdo a los standares NEMA, son aparatos electrónicos de operación digital industriales, que utilizando memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones que implantan funciones Lógicas y Analógicas tales como: tiempo, continuidad, aritméticas y PID en control de máquinas y procesos. Los componentes de un controlador lógico programable, son los siguientes :

Los aspectos más importantes que marcan la diferencia entre una computadora y un controlador programable, radican en el lenguaje de programación que utilizan y el medio ambiente en que operan ambos. Un PLC se diseña en tal forma que pueda resistir un ambiente duro, (vibraciones, humedad, polvo, altas temperaturas ambientales); circunstancias que una computadora normal no podría resistir sin un equipo especial de acondicionamiento.

La arquitectura típica de los PLC's es la siguiente. Los modelos de Texas Instruments, Gould Modicon, Allen-Bradley, Struthers-Dunn, Tenor Co., General Electric, Square D, Cutler-Hammer, y otros los utilizan adaptados a los requerimientos de la industria. Las partes constitutivas de los PLC's son:

1. La Unidad de Procesamiento Central (CPU)
2. Memoria
3. Suministro de Poder
4. Sección de Entrada/Salida
5. Disponibilidad Programables

El procesador tiene como función : el tomar decisiones de control con base en un programa definido en las señales provenientes del módulo de entradas. La información obtenida; el procesador efectúa operaciones lógicas enviando los resultados al módulo de salida para activar los dispositivos conectados a éste.

Los módulos de entrada / salida forman la interfaz entre el procesador y la operación controlada.

Las acciones finales de control son realizadas sobre la máquina o proceso por dispositivos conocidos como actuadores, quienes transforman una señal electrónica en una acción eléctrica o mecánica dependiendo del tipo de actuador que se trate.

La programación de un PLC presenta una estructura rígida, que es determinada por la electrónica en la unidad central de proceso, los lenguajes de programación que más comúnmente se utilizan en la programación de las aplicaciones son:

1. En forma de diagrama de contactos (Diagrama de Escalera).
2. Utilizando bloques funcionales.
3. Listado de instrucciones
4. Lenguajes de alto nivel BASIC, C.

Algunos tipos de PLC ofrecen varios lenguajes de programación para un mismo modelo de sistema, es decir, el PLC tiene en su versión más rudimentaria un lenguaje Booleano, y como equipo extra se le adapta un cartucho con lenguaje gráfico o de más alto nivel. Esto depende fundamentalmente de la decisión del cliente, ya que con cualquier lenguaje disponible en los PLC's se tiene la mayoría de las soluciones a los problemas típicos de automatización, salvo los casos que se requiera del uso de tarjetas de entrada o de salida de tipo analógico, para algunos procesos donde las variables a medir son continuas, (temperatura, presión, nivel), en donde se hace necesario el uso de palabras internas en el PLC.

Se puede resumir la historia de los PLCs como sigue:

1968. Se desarrollaron diseños de los PLCs para General Motors eliminando el costo en la modificación de la lógica de relevadores en la línea de producción durante el cambio de modelos cada año.

1969. Se fabrican los primeros PLC's para la industria automotriz, como equivalente electrónico de los relevadores.

1971. Primera aplicación de los PLC's fuera de la industria automotriz.

1972. Se incluyen instrucciones de conteo y temporización.

1973. Se introducen los PLC's inteligentes, que incluyen operaciones aritméticas, matriciales, de control e intercambio de datos.

1974. Se introducen las terminales de programación de tipo "rayos catódicos".

1975. Se introduce el Control Analógico de tipo PID (proporcional integral derivativo) que hizo posible la realización de un control analógico por medio de transductores como termopares, sensores de presión, de nivel, de velocidad, etc.

1976. Se utilizan por primera vez en una configuración jerarquizada como, parte de un sistema de manufactura integrado.

1977. Introducción al mercado de un pequeño PLC basado en la tecnología de los microprocesadores.

1978. Los PLC's son ampliamente aceptados. Las ventas ascienden a los ochenta millones de dólares.

1979. Integración de una planta industrial a través de una red de PLC's.

1980. Introducción de módulos de entradas-salidas de tipo analógico (entradas inteligentes) que se pueden conectar a un PLC cuyo módulo de base tiene entradas y salidas digitales.

1981. Introducción de circuitos de comunicación, permitiendo a los PLC's comunicarse con cualquier sistema inteligente como : computadoras, lectoras de código, etc.

1983. Introducción de las redes de control permitiendo a los PLC's el acceso a cada una de las diferentes entradas-salidas en una nueva modalidad: la transparencia.

1985. Introducción de sistemas modulares, permitiendo la expansión requerida con la máxima flexibilidad.

1988. Introducción de mini y micro PLC's con una potencia de operación de sistemas más potente.

A continuación se listan las aplicaciones actuales de los PLC's, con una breve descripción del sistema de control.

Control de Calderas: Los PLC's son utilizados en el control de calderas en plantas químicas en el proceso de purga, restricción de seguridad de flama, y la seguridad de cerrado, control de temperatura y las válvulas de encendido para convertir el gas natural en el combustible requerido. Los PLC's se programan para manejar la energía del sistema, con el objetivo de utilizar una máxima eficiencia y seguridad.

Estación de Control de Compresor : La estación del compresor con múltiples compresores, es controlada con un PLC, con una palanca de arranque y secuencias de cierre y seguridades de unión.

Manejo de Materiales : En un sistema de almacenaje / recuperación controlado por un PLC, las partes son cargadas y transportadas a través de un sistema de lotes. Los controladores siguen la pista de los lotes, una consola de operación permite que las partes sean rápidamente cargadas o descargadas. Un impresor suministra el inventario, tal como número de vía de almacenamientos, las partes asignadas a cada carril y la cantidad de partes de un carril.

Los PLC's han demostrado que pueden ser usados confiablemente tanto en control Lógico secuencial como Control Analógico.

Sistema de Control Distribuido (S.C.D.) .- El concepto que revolucionó la aplicación de los Sistemas de Control Digital, fue el desarrollo de los microprocesadores, que permitieron la distribución de las funciones de los sistemas en varios procesadores independientes interconectados en red, con una mayor capacidad, confiabilidad, seguridad y con menores costos de adquisición. El desarrollo de los S.C.D's implicó el desarrollo de los Sistemas Operativos Distribuidos que permitieron a la red de procesadores compartir y modificar la información global del S.C.D. sin conflictos ni pérdida de información.

Dentro de los esquemas de los S.C.D's se pueden tener centralizados a los procesadores en un mismo recinto, distribuyéndose únicamente las funciones de éstos, razón por la cual se le conoce a este esquema como "Distribución Funcional".

Cuando los procesadores se distribuyen geográficamente en el área de la planta, se tiene el esquema de "Distribuido Geográfica y Funcional", reduciéndose de esta manera las distancias requeridas para el cableado del S.C.D., reduciéndose a su vez significativamente los gastos para la instalación eléctrica. Los Componentes de un Sistema de Control Distribuido son:

1. Equipo y Accesorios (Hardware)
2. Programas, Lenguajes y Procedimientos (Software)
3. Servicios del Proveedor
4. Confiabilidad y obsolescencia

Dentro del Concepto de Equipos y Accesorios (Hardware)

Se engloban todos los componentes físicos del Sistema, considerando los siguientes aspectos:

1. Arquitectura
2. Sistema de comunicaciones
3. Conceptos generales

La arquitectura considera los siguientes dispositivos y conceptos:

1. INTERFASES

- a. Hombre-Máquina
- b. Máquina-Máquina
- c. Con el Proceso

2. UNIDADES DE ALMACENAMIENTO MASIVO

- a. Unidades de Control
- b. Computadora de Proceso
- c. Fuentes de poder

3. SISTEMAS DE FUERZA ININTERRUMPIBLE

- a. Estructura de apoyo
- b. Sistema de Comunicaciones
- c. Conceptos Generales

Elementos de Programación de los Sistemas de Procesamiento de la Información (Software):

Refieren a los Lenguajes, Programas, Protocolos y Procedimientos requeridos para la configuración y mantenimiento de los SPI's. A continuación se definen los conceptos básicos englobados por este término.

Elementos que Integran un Sistema de Control Distribuido :

Cuarto de Control Satelite :

Es el lugar donde se concentran : los gabinetes, equipos de acondicionamiento de las señales de campo, dispositivos de suministro de energía.

Cuarto de Control Central (Maestro) :

Es el lugar donde se monitorea toda la planta, se encuentran aquí : monitores, consolas, teclados, e impresoras.

Los Sistemas de Control Distribuido han sufrido una dramática evolución apartir de los 80's y se pueden identificar cinco generaciones :

Primera Generación :

Estos sistemas se construían en base a bulbos, y se caracterizaban por ser voluminosos y poco confiables, además de consumir grandes cantidades de energía y ser poco versátiles para su operación.

Segunda Generación :

Construidos en base a transistores, se reducían considerablemente los problemas de volumen, consumo de potencia y confiabilidad, pero seguían vigentes los problemas del alambrado complejo e intrincado. Se aumentaba su capacidad y velocidad.

Tercera Generación :

Con el desarrollo de los circuitos integrados, se redujeron los problemas de alambrado, se seguía aumentando la velocidad y capacidad, pero la

electrónica seguía siendo “dedicada”, es decir, los circuitos se diseñaban para funciones muy específicas y era problemático el reasignamiento de funciones.

Cuarta Generación :

El advenimiento de los microprocesadores, redujo sustancialmente el tamaño y consumo de energía de los SPI, aumento de la velocidad y capacidad, de tal manera que permitió construir los sistemas personales, pero el avance más significativo estriba en el hecho que los microprocesadores se caracterizan por ser de aplicación general (o inteligente) y no dedicada, lo que redujo la variedad de circuitos utilizados y por ende su complejidad, ya que un solo microprocesador podía tomar varias asignaciones con sólo programarlos.

Quinta Generación :

En esta etapa los avances más importantes no se refieren a la circuitería, sino a la estrategia de procesamiento lógico de la información, ya que en esta generación se utilizaban patrones de razonamiento como los de los seres vivos, por lo que se conoce a esta nueva estrategia como “inteligencia artificial”.

2. Plataforma de Programación :

Una de las opciones que se tenía era controlar la carga a HDD con un sistema independiente (P.L.C.). Se efectuó un análisis y describiremos brevemente las características de los PLC comparadas con los S.C.D.

En resumen, se eligió el S.C.D. como plataforma por :

Tabla Comparativa de Dos Sistemas de Control

PLC

Control Lógico Programable

Velocidad de procesamiento de datos más rápido.

Capacidad de manejo de señales (número determinado)

Sistema modular uno, lo arma a nuestra necesidades

Manejo de señales Digitales

Costos (Más barato)

Instalación en campo o ambiente industrial.

La razón por la cual se determinó el uso del S.C.D es :

Por la cantidad de señales a manejar, por esa razón se usa el S.C.D. y las señales analógicas.

SCD

Sistema de control Distribuido

Velocidad de procesamiento menos rápido.

Capacidad de manejo de señales mayor

Arreglo preestablecido

Manejo de señales Analógicas.

Los dos pueden manejar las mismas señales.

Costo (Mayor)

Instalación en cuartos de control.

El uso del S.C.D. es : Para el manejo normal del proceso.

El uso de los PLC es :

Por la velocidad y confiabilidad. Se usa para funciones de paro de emergencia, seguridad, paro de planta.

Paro de Emergencia : (Area especifica).

Seguridad : Funciones Anormales, humo, gas, fuego, explosividad.

CAPITULO III:

EVALUACION ECONOMICA:

El estudio de la evaluación económica es el análisis de la comparación de los costos contra los beneficios de un proyecto dado, que además proporciona información referida a la posibilidad de llevarse a cabo o no, por su conveniencia económica.

Este estudio económico es un parámetro de vital importancia en cualquier proyecto a realizar, ya que nos indica si es conveniente o no la realización del mismo.

Se han discutido en capítulos anteriores los beneficios cualitativos derivados de utilizar un Sistema de Mezclado en Línea (optimización de la calidad de carga a la HDD). También existe el atractivo económico del ahorro de energía por el hecho de utilizar los productos calientes a su temperatura de extracción de las unidades de destilación primaria.

En el esquema originalmente planteado de integración de plantas primarias-planta HDD, se contemplaba la utilización de tanques intermedios de almacenamiento que recibieran los productos (Diesel y Kerosina), y a partir de los cuales se pudiera tomar la carga a la hidrodesulfuradora. Para hacer esto, hubiera sido necesario enfriar los cortes de diesel y kerosina hasta una temperatura adecuada de almacenamiento y posteriormente volver a calentar la carga hasta la temperatura de reacción de hidrodesulfuración.

Como 1er. parámetro de evaluación se calculará, la energía que se requiere para calentar una corriente de diesel de 20 000 BPD proveniente de tanques con una temperatura aproximada de 25°C, hasta la temperatura que tenía al salir de la planta

primaria (aproximadamente 115°C), ya que es la misma energía que se pierde por enfriamiento de los productos.

CARGA :

$$V=20\ 000\ \text{BPD}$$

CAPACIDAD CALORIFICA DEL DIESEL (GASOLEO LIGERO) :

$$C_p=0.578\ \text{BTU/lb.}^\circ\text{F}$$

TEMPERATURA INICIAL :

$$T_i=25^\circ\text{C}\ (77^\circ\text{F})$$

TEMPERATURA FINAL :

$$T_f=115\ ^\circ\text{C}\ (239\ ^\circ\text{F})$$

DENSIDAD DEL DIESEL (GASOLEO LIGERO) :

$$\rho=86.62\ \text{lb/ft}^3$$

CONVIRTIENDO UNIDADES :

$$V=20\ 000\ \text{BPD} \cdot (0.15899\ \text{m}^3/\text{Barril}) \cdot (1\ \text{ft}/0.3048\ \text{m})^3 = 112\ 293.57\ \text{ft}^3/\text{dia}$$

FLUJO MASICO :

$$M=112\ 293.57\ \text{ft}^3/\text{dia} \cdot (86.62\ \text{lb}/\text{ft}^3)=9\ 726\ 870\ \text{lb}/\text{dia}$$

CALOR REQUERIDO :

$$Q=9\ 726\ 870\ \text{lb}/\text{dia} \cdot (0.578\ \text{BTU}/\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}) \cdot (239-77)^\circ\text{F}= 911 \times 10^6\ \text{BTU} / \text{dia}$$

ANUALMENTE :

$$Q=911 \times 10^6\ \text{BTU} / \text{dia} \cdot (365\ \text{días} / 1\ \text{año})= 332\ 436 \times 10^6\ \text{BTU} / \text{año}$$

Considerando un costo aproximado de US \$1.50 por millón de BTU, se tendría un ahorro de:

$$\text{COSTO} : 332\ 436 \times 10^6\ \text{BTU} / \text{año} \cdot (\text{US } \$1.50/10^6\ \text{BTU}) =$$

US \$ 498 654 / año

Este cálculo no considera los ahorros adicionales por costo de operación y mantenimiento de los equipos de enfriamiento de diesel a almacenamiento.

Otro factor de rentabilidad del proyecto, difícilmente evaluable durante la etapa de concepción del S.C.M.L., fue observado durante el arranque del sistema.

El calentador de fuego directo que eleva la temperatura de la carga hasta unos 300 °C, al recibir la carga a mayor temperatura que la de diseño, vió notablemente reducido su carga térmica de operación respecto a la capacidad de diseño; esto se vió reflejado en una disminución del consumo de combustible en este equipo. De hecho, se pudo comprobar que dicho dispositivo constituía un “cuello de botella” para el proceso,

limitando la capacidad de la planta a la carga nominal de diseño de 25 000 BPD. Al reducirse, la carga térmica requerida por el diesel de alimentación, se están procesando actualmente 28 000 BPD de diesel sin problema alguno para el calentador ni para ninguno de los equipos.

Los 3 000 barriles de diesel adicional procesado por día son un aporte económico extra derivado de la implementación del SCML.

Retorno de Inversión

El retorno de inversión será calculado mediante el método “factores de compra”, que consiste en asignar a cada elemento un factor predeterminado, el cual, se multiplica por el costo total del equipo, obteniéndose así, una aproximación del costo de dicho elemento.

Este retorno de inversión está dado por la suma de los siguientes factores:

a) Costos Directos de Planta (CDP)

1. Costo de Equipo
2. Costo de Instalación
3. Costo de Tubería
4. Costo de Instalaciones Eléctricas
5. Costo de Servicios Auxiliares

b) Costos Indirectos del Proyecto (CIP).

b.1 Ingeniería

c) Costo total del Proyecto (CTP)

Es igual a la suma del CDP y CIP.

d) Costos de Preoperación y Arranque

e) Contingencias.

1. Costo de Equipo :

	Num. Unidades	Dolares (Precio Unit)	Precio Total Dolares
Colorímetros	(3)	\$25 000	\$75 000
Valvúla de Control 2 1/2"	(2)	\$8 230	\$16 460
Valvúla de Control 3"	(6)	\$8641	\$51 846
Coriolis 3"	(8)	\$5 000	\$40 000
Tarjetas para S.C.D	(2)	\$350	\$1400
Costo del Equipo	Total		\$184 706

Costo de Instalación.

Será considerado como un 40% del costo total del equipo.

$$\text{\$184 706} * 0.4 = \text{\$73 882}$$

Costo de Tubería

Será considerado como un 60 % del costo total del equipo.

$$\text{\$184 706} \times 0.6 = \text{\$110 823.6}$$

Costo de Instalación Electrica

Será considerado como un 30 % del costo total del equipo

$$\text{\$184 706} \times 0.3 = \text{\$55 411.8}$$

Costo de Servicios Auxiliares

Será considerado como un 60% del costo total del equipo.

$$\text{\$184 706} \times 0.6 = \text{\$110 823.6}$$

El monto total de los costos directos del proyecto son :

Costo de Equipo	\\$184 706.00
Costo de Instalación	\\$ 73 882.00
Costo de Tubería	\\$110 823.60
Costo de Instalaciones Eléctricas	\\$ 55 4 11.80
Costo de Servicios Auxiliares	\\$110 823.60

CDP \\$535 647.00

CIP

Ingeniería

Esta se considera como el 10% de los CDP

$$\$535\ 647 \cdot 0.1 = \$53\ 564.70$$

El monto total de los costos indirectos del proyecto son :

Ingeniería	\$53 564.70
<hr/>	
CIP	\$53 564.70
CTP	
CDP	\$535 647.00
CIP	\$535 647.00
<hr/>	
CTP	\$589 211.70

Costo de Preoperación y Arranque

Se considerará el 8% del CTP.

$$\$589\ 211.7 \cdot 0.08 = \$47\ 136.94$$

Contingencias

Se considerarán como contingencia a los factores de la inversión en activo fijo no anticipados o no tomados en cuenta, siendo éstas, el 5% del CTP

$$\$589\ 211.7 \cdot 0.05 = \$29\ 460.58$$

Inversión en Capital Fijo :

CTP	\$589 211.70
Preoperación y Arranque	\$ 47 136.94
Contingencias	\$ 29 460.58

ICF \$665 809.22

Por otro lado tenemos los gastos antes del proyecto del Sistema de Control de Mezclado en Línea.

Costo para calentar el diesel es:

\$498 654.00 / año

Por cada año se gastaba esta cantidad de dinero.

Además si le agregamos los costos que se generaban por el calentamiento del diesel.

Costo de Servicios Auxiliares

Será considerado como un 60%

$\$498\ 654 \times 0.6 = \$299\ 192.40$

Costo de Operación y mantenimiento

Se considerará el 8%

$\$498\ 654 \times 0.08 = \$39\ 892.32$

El monto total es la suma de los costos anteriores:

Costo para calentar el diesel	\$498 654.00
Costo de Servicios Auxiliares	\$299 192.40
Costo de Operación y Mantenimiento	\$ 39 892.32

\$837 738.72

El objetivo fundamental del retorno de inversión es determinar la rentabilidad del proyecto a lo largo de su vida útil, para poder tomar la decisión de aceptarlo o rechazarlo.

Primeramente se calculará TIR (tasa interna de retorno debe ser $\geq 10\%$).

$$0 = \sum \text{FEN} / (1 + \text{TIR})^n \quad n=0, n=10 \text{ años}$$

De la ecuación anterior se obtiene TIR.

El valor que se obtuvo :

$$\text{TIR} = 0.068729407$$

Con este valor se calcula PRI (Periodo de retorno de inversión).

$$\text{PRI} = 1 / \text{TIR} * 12 \text{ meses} =$$

$$\text{PRI} = 1.74$$

Por lo tanto el retorno de inversión, se obtendrá en un año y medio. Además sin haber considerado el aumento de producción que se tendrá en la hidrodesulfuradora de diesel.

CAPITULO IV :

DOCUMENTACION DE INGENIERIA :

Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI's) :

Los diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) son documentos que presentan los equipos de proceso, tuberías e instrumentación que el proyecto requiere.

Adicionalmente a los DTI's que documentan cada una de las plantas involucradas en el proyecto (planta HDD y plantas primarias), fue necesario emitir un DTI que mostrara las líneas de interconexión entre las plantas y nuevos instrumentos (medidores de flujo másico, analizadores, etc.). La terminología y simbología empleada en instrumentación, en la mayoría de los casos, es definida por la Instrument Society of America en sus Estándares. Ver anexos.

Las características y referencias que se incluyen en estos DTI's son las siguientes:

- a) Representación, interconexiones e identificación que existen para los equipos e instrumentos.

- b) Codificación de las líneas de proceso, en las cuales se especifica: el diámetro resultante del cálculo hidráulico de las líneas y cabezal de mezclado, el servicio que maneja, el número e identificación de dichas líneas y la especificación de la tubería.

- c) Dirección y sentido de las corrientes de flujo a los equipos, mediante flechas.

d) Indicación en cambios de especificación y diámetro de tubería.

e) Interconexión de todos los accesorios que intervienen en las líneas, tales como válvulas manuales, desviaciones, reducciones, válvulas de control, manómetros, termopozos, bridas de orificio, etc.

f) Características importantes del equipo como: boquillas, chaquetas, juntas de expansión, serpentines, agitadores, rociadores, etc.

Índice de instrumentos

El índice de instrumentos recopila y conjunta de una manera ordenada y sistematizada, las principales características y referencias documentales de los distintos circuitos de control e instrumentación auxiliar de una planta. Debido al considerable número de señales nuevas involucradas en el SCML se requirió la elaboración de este documento. El ordenamiento normal del índice de instrumentos se efectúa con base a las variables de proceso (flujo, nivel, presión, temperatura, análisis, etc.) o función específica de los circuitos (paquetes, sistemas auxiliares, etc.). Las características y referencias que se incluyen típicamente en un índice de instrumentos son las siguientes:

Identificación del circuito (Norma ISA S 5.1).

Servicio o descripción principal del circuito.

Tipo de componente o funcionalidad del dispositivo.

Localización del dispositivo;

En tubería

Localmente

Parte posterior del tablero principal de control

Parte frontal del tablero principal de control

Diagrama de Tubería e Instrumentación en donde se localiza el instrumento.

Diagrama Funcional de Instrumentación en que se refiere el circuito.

Hoja de Especificaciones en que se describe el dispositivo

En la etapa de Ingeniería de detalle se completa el índice de instrumentos, con la siguiente información adicional :

Número de requisición de compra del dispositivo.

Isométrico de tubería en que se indica la instalación del dispositivo. (*)

Dibujo típico de instalación del dispositivo. (*)

Información adicional (varía).

*** Solo aplica para la instrumentación de campo**

A continuación se presenta un ejemplo representativo de este documento.

FLUJO

INDICE DE INSTRUMENTOS	PLANTA: SISTEMA DE CONTROL DE MEZCLADO EN LINEA TESIS PROFESIONAL JOSE T. SAN MIGUEL CRAVEZ
-------------------------------	---

NUMERO DE IDENTIFICACION	SERVICIO	COMPONENTE	LOCALIZACION	DIAGRAMA T. I.	DIAGRAMA INSTRUM.	OBSERVACIONES
PRC-101A	DIESEL DE "AA" A TANQUES	PS/PT PI PC PIC PR PY PV	PP LO CA OC LO PP	94	F01	MASICO, TIPO CORIOLIS REMOTO A PT-942 TENDENCIA I/P FO (3")
PRC-101B	DIESEL DE "AA" A HDD	PS/PT PI PC PIC PR PY PV	PP LO CA OC LO PP	94	F01	MASICO, TIPO CORIOLIS REMOTO A PT-942 TENDENCIA I/P FO (3")
PRC-102A	DIESEL DE "AS" A TANQUES	PS/PT PI PC PIC PR PY PV	PP LO CA OC LO PP	94	F01	MASICO, TIPO CORIOLIS REMOTO A PT-942 TENDENCIA I/P FO (3")
PRC-102B	DIESEL DE "AS" A HDD	PS/PT PI PC PIC PR PY PV	PP LO CA OC LO PP	94	F01	MASICO, TIPO CORIOLIS REMOTO A PT-942 TENDENCIA I/P FO (3")
PRC-103A	DIESEL DE "SA" A TANQUES	PS/PT PI PC PIC PR PY PV	PP LO CA OC LO PP	94	F01	MASICO, TIPO CORIOLIS REMOTO A PT-942 TENDENCIA I/P FO (3")

Diagramas Funcionales de Instrumentación

Son representaciones esquemáticas de la estructura de un circuito de control, ya sea del tipo abierto o cerrado. Estos Diagramas indican las principales funciones e interrelaciones de los constituyentes de los circuitos de control y sirven de base para la generación de otros documentos encontrados en la Ingeniería básica de instrumentación. Para la construcción de los diagramas funcionales de instrumentación se utiliza la simbología, nomenclatura y filosofías establecidas por la Norma Internacional ANSI/ISO S 5.1.

El formato de los diagramas funcionales de instrumentación depende del tipo de instrumentación utilizada en cada proyecto y son básicamente los siguientes:

- a) Para plantas con instrumentación convencional el formato diferencia a la instrumentación ubicada en la parte posterior del tablero principal de control; y a la instrumentación localizada en la parte frontal del tablero principal de control
- b) Para plantas con sistema de control distribuido el formato diferencia únicamente a la instrumentación local o de campo y a la instrumentación o funciones incluidas en el sistema de control distribuido.

A diferencia de los diagramas de instrumentación típicos, los diagramas funcionales de instrumentación no muestran el sentido de las tabillas de interconexión de los instrumentos, esto con la finalidad de simplificar la construcción e interpretación de los diagramas funcionales de instrumentación, indicándose dichas tabillas en los diagramas de alambrado asociados, en donde se plasma información mas detallada y completa sobre las estrategias de interconexión entre la instrumentación de campo y los sistemas de control.

Los diagramas funcionales de instrumentación se utilizan a través del desarrollo de un proyecto, en aplicaciones como las que se muestran a continuación:

1.- Ingeniería

a) Como una herramienta de diseño; el empleo de los diagramas funcionales cuando éstos se preparan de antemano, ofrecen grandes beneficios al facilitar la expresión de la filosofía de control.

b) Como un complemento a los diagramas de tubería e instrumentación; el diagrama funcional debe mostrar los componentes y accesorios del circuito de instrumentos, enfatizando los requisitos de seguridad y operabilidad.

c) Como una herramienta para la especificación de instrumentos y sus accesorios.

d) Como parte de la definición del alcance de instrumentación en un proyecto.

e) Como un medio de comunicar requisitos a proveedores potenciales.

f) Como una verificación de que la información presentada y la recibida está completa.

g) Para la definición de las características del S.C.D.

2.- Construcción.

a) Instalación de instrumentos en campo, incluyendo tableros.

b) Interconexión de instrumentos.

c) Revisión de instrumentos en los circuitos.

d) Documentación e inspección.

3.- Puesta en Marcha.

a) Calibración y revisión antes del arranque.

b) Como un complemento de los DTI's, los diagramas funcionales pueden usarse como material didáctico de entrenamiento.

4.- Conservación.

a) Mantenimiento programado y de emergencia.

b) Modificaciones.

c) Adecuación (reconstrucción).

5.- Operación

a) Como un medio de comunicación entre el personal de operación, mantenimiento e ingeniería.

b) Como material de entrenamiento del personal de operación.

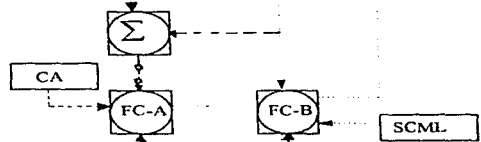
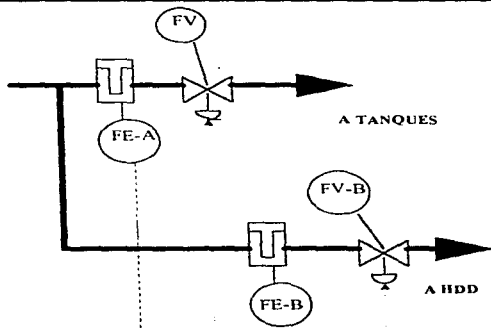
La descripción del diagrama funcional de instrumentación correspondiente al SCML, es el siguiente :

En el caso de los controladores de extracción de los productos de destilación control FIC-A, (ver diagrama siguiente), estos pueden operar en modo automático y recibir el valor del punto de ajuste del operador, u operar en modo cascada y ser reajustados por el programa de control avanzado. En cualquiera de los casos, este punto de ajuste es un indicador de la producción y por tanto, del aporte máximo de diesel que cada planta puede enviar al Sistema de Control de Mezclado en Línea.

De la línea principal de extracción del producto, se deriva una ramificación que envía combustible a la HDD. Está línea cuenta con su propio lazo de control FIC-B. Este controlador es reajustado por el SCML, sin exceder el punto de ajuste de FIC-A. Por otro lado, la válvula FV-A solo manejará los excedentes del producto que no se envíen a la HDD.

Para lograr esto, se configuró un sumador que totaliza la cantidad extraída de producto (producto a tanques, más producto a la HDD) y utiliza el total como variable de proceso del FIC-A, como si no existiera el ramal de alimentación, a HDD; el operador o el SCA reajustarán al FIC-A de la misma forma que lo hacían antes de implementar el SCML. El SCML, por su parte se encarga de que el flujo extraído por FIC-B no exceda el punto de ajuste de FIC-A.

**NOTAS Y REFERENCIAS
IDENTIFICACION**



PROYECTO No.EOD-0411

PLANTA : SISTEMA DE CONTROL DE MEZCLADO EN LINEA

REV :	0	
ORIGNAD		
APROB		

TESIS PROFESIONAL
JOSE T. SAN MIGUEL CHAVEZ

DIAGRAMA FUNCIONAL DE INSTRUMENTACION

SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO FIG. 4.1

Hojas de Datos de Instrumentos

Recopilan la información de las condiciones de la operación del proceso, a las que se encuentra sometido cada instrumento conectado físicamente al proceso. También se incluyen las propiedades de los fluidos del proceso, tanto físicas como químicas, así como requerimientos específicos de la medición y características importantes del sistema en que se haya el instrumento. Las hojas de datos sirven como base para la elaboración de las memorias de cálculo y de las hojas de especificaciones.

Las hojas de datos se clasifican de acuerdo con el tipo de variable que mida el instrumento, considerándose así mismo en cada caso los parámetros requeridos para la realización de cada tipo de cálculo, o bien para la especificación del instrumento.

A continuación se presenta un ejemplo representativo de este documento, requerido para cualquier proyecto de Instrumentación.

Hojas de Especificaciones

Estos documentos permiten definir las características mas importantes de todo instrumento, o dispositivo auxiliar, con el fin de asegurar la adquisición del equipo mas adecuado para cada servicio. Las hojas de especificación le proporcionan a los fabricantes o proveedores la información necesaria sobre las características requeridas y sobre las condiciones de operación de los instrumentos, así como de normas y regulaciones a las que ha de apegarse el instrumento o dispositivo suministrado.

Las hojas de especificaciones se definen de acuerdo con cada tipo de instrumento de que se trate, ya que los diferentes tipos o familias de instrumentos tienen características y requerimientos muy particulares, que los distinguen de cualquier otro instrumento.

A continuación se presenta un ejemplo representativo de este documento, requerido para cualquier proyecto de instrumentación.

TESIS PROFESIONAL		MEDIDORES DE FLUJO MANSO			HOJA DE	
		LITRO CORIOLIS			ESPEC NO	REV
José T. San Miguel Chávez		NO.	PORTADA	REVISION	CONT	FICHA
		1	JISCH		REQ	CC
					REVISO	APROBÓ
SENSOR	1	No Identificación		FE/ET		
	2	Servicio		DIESEL		
	3	No Llave/No Recipiente				
	4	Diámetro de la Llave				
	5	Tipo de Conexiones		300 # B.F.		
	6	Materia de las Partes Mojadas		SS 316		
	7	Materia de la Caja		SS 304		
	8	Tipo		INTELIIGENTE		
	9	Materia de la Caja		SID. POR FAB.		
	10	Tipo de la Caja		NEMA J		
	11	Clasificación Eléctrica		CLASE I, DIV I, GRUPO D		
	12	Suministro Eléctrico		120 VCA 60 HZ		
	13	Rango		POR EPC		
	14	Señal de Salida Flujo Máscro		4-20 m.a.		
	15	Señal de Salida Flujo Volumétrico		4-20 m.a.		
	16	Señal de Salida Versidad				
	17	Señal de Salida Temperatura				
	18	Montaje		EN SUPERFICIE		
INDICADOR	19	Cable de Conexión entre Sensor y Transm		SI LONG. POR EPC		
	20	Tipo		DIGITAL		
	21	Escala		EN KG/HR Y M ³ /HR		
	22	Tipo de Caja		NEMA J		
	23	Clasificación Eléctrica		CLASE I, DIV I, GRUPO D		
	24	Montaje				
	25	Cable de Conexión entre Indic. y Transm				
COND. DE OPER.	26	Fluido		DIESEL		
	27	Flujo Nominal		26.4		
	28	Flujo Máximo				
	29	Presión		9.23		
	30	Temperatura		115 °C		
	31	Viscosidad		0.52		
	32	Densidad		1388.191		
	33	Gravedad Específica a C.P y T.				
	34	Caída de Presión Permitida				
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
Notas						

Sumario de señales de entrada / salida y funciones :

Recopilar la información necesaria para los proveedores de los sistemas de control distribuido puedan configurar sus sistemas, de la manera mas adecuada para satisfacer los requerimientos operativos de los sistemas de control de cada planta

El sumario de señales de entrada / salida y funciones de cada planta, se relaciona muy estrechamente con el índice de instrumentos de la misma, a través de la base de datos de instrumentos, a la que se le adicionan algunas características requeridas por los sistemas de control distribuido para particularizar el control y monitoreo de las condiciones de operación del proceso.

La información que se reporta en el sumario de señales de entrada / salida y funciones, típicamente es la siguiente:

- Identificación.
- Servicio con tamaño del campo de acuerdo con el SCD en particular
- Clave contracta del servicio (según se requiera).
- Información de la señal de entrada; origen, rango o tipo y acondicionamiento requerido.
- Información de la función asociada; tipo y ajustes.
- Información de la señal de salida; tipo, destino.

-Información complementaria para la configuración; como sea requerida por el proveedor.

Esquema de los Desplegados Graficos.

Son representaciones simplificadas de un proceso, de una sección de un proceso, de un equipo o de una sección de un equipo, cuya operación y supervisión puede ser aislada de otras secciones del proceso y que es factible representar dentro del espacio disponible de un monitor de un SCD.

Los parámetros que definen el criterio que ha de utilizarse para el seccionamiento de los esquemas de proceso, son el número y complejidad de los equipos, así que sean adecuados para que un operador pueda realizar una operación eficiente y segura de la sección del proceso representada.

Para la construcción de los desplegados gráficos se deberán establecer y seguir normas y estándares con el propósito de fijar convenciones para la interpretación de colores y símbolos, para la definición de funcionalidades que se aplican, así como para definir procedimientos de dibujo que han de seguirse. A través de la selección o toque de una sección de la pantalla, se debe realizar una función preestablecida. Las funciones mínimas que deberán poder ser ejecutadas son:

- Solicitud de otro gráfico o página del sistema
- Solicitud de una ventana.
- Selección de un instrumento, para su supervisión o manipulación.
- Ejecución de rutinas.

Las funciones adicionales que los desplegados gráficos deben tener, son las siguientes:

- Actualización periódica de la información, desde su base de datos.
- Cambio de color de los objetos y textos, por condicionamiento o estados de las variables de proceso (0-1, si-no, existencia-no existencia).
- Variación en el patrón de una figura o contenido de un texto, por cambio en el estado de las variables de proceso.
- Centelleo de los objetos o textos por condicionamiento del estado de las variables del proceso.
- Cambio proporcional en el tamaño de una barra, por cambio en el valor de una variable analógica asociada de la base de datos.

Se pueden construir diferentes tipos de desplegados gráficos, siendo los desplegados gráficos más representativos los siguientes:

- a) Gráficos de vista general. Son representaciones del diagrama de flujo de proceso, en donde sólo se indican los equipos y líneas principales del mismo. Deben tener la característica que mediante el toque de pantalla o selección, se deberá invocar un gráfico de vista parcial (si se hubiese configurado) o un gráfico dinámico, en que se encuentre el equipo que ha sido seleccionado.
- b) Gráficos de vista parcial. En el caso de procesos de alta complejidad, se deberán crear gráficos de vista parcial, en donde se representan secciones

completas de un proceso mayor. Con las mismas características que los gráficos de vista general.

c) Gráficos dinámicos. El objetivo principal de un gráfico dinámico, es el de poder ser una eficaz herramienta de operación que permita un fácil monitoreo de las condiciones de operación de los procesos, asegurando a su vez que el operador pueda tener el control total de este proceso, mediante la apropiada manipulación de los elementos finales involucrados.

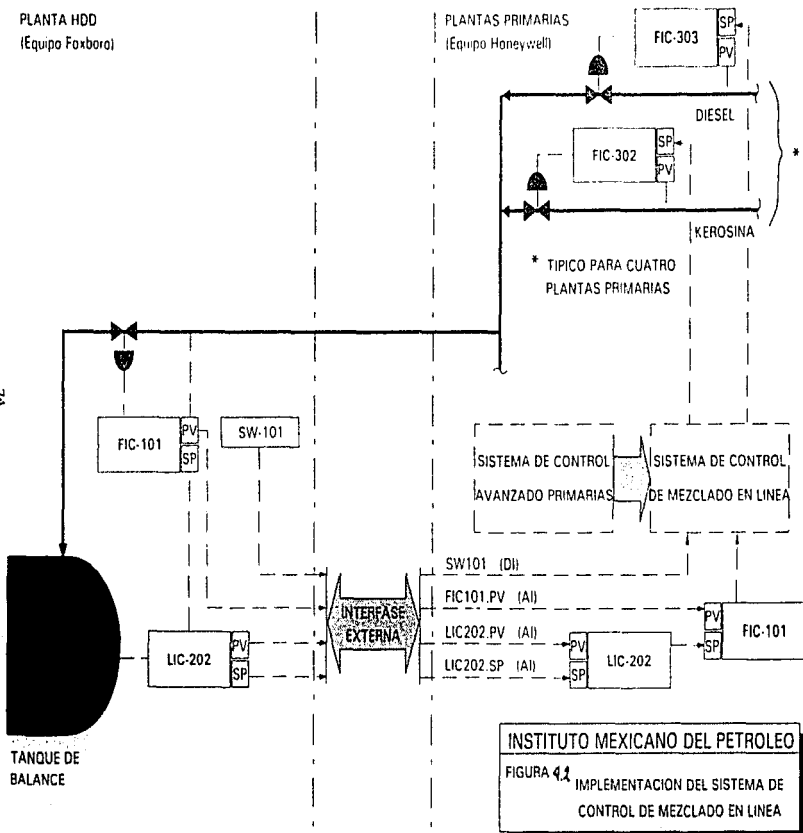
Los esquemas de los desplegados gráficos deberán ser entregados a los fabricantes de los sistemas de control distribuido, con las características necesarias para que se puedan construir en los SCD's, de acuerdo con los requerimientos establecidos anteriormente.

A continuación se presenta un ejemplo representativo de estos documentos.

PLANTA HDD
(Equipo Foxboro)

PLANTAS PRIMARIAS
(Equipo Honeywell)

7-4



INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
FIGURA 4.1 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE MEZCLADO EN LINEA

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA ADQUISICION DE UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO

Los avances tecnológicos han permitido que constantemente se modernicen los sistemas de instrumentación y control en las plantas industriales. Con esta tendencia, era de esperar que, en un momento determinado, se desarrollara un sistema de control con el cual se redujeran las acciones de supervisión y aumentara la adquisición de datos en la planta, a tal sistema se le conoce como control distribuido, el cual consiste de una red de procesadores digitales que trabajan con sistemas operativos distribuido y operan el concepto de tiempo real. Su principio de funcionamiento está basado en la Teoría del Control Automático.

La importancia de este tipo de sistema dentro de la modernización de los sistemas de instrumentación y control, radica en el hecho de ser la plataforma de conversión de los sistemas, basados en los tableros y sus accesorios.

Un sistema de control distribuido debe especificarse adecuadamente para poder ser adquirido e instalado, y por tanto, en esta sección se abarcarán los puntos esenciales con los cuales debe cumplir una especificación de sistema de control distribuido, que mejor satisfaga una aplicación dada.

Una especificación de sistema de control distribuido debe considerar los siguientes puntos:

1. **Equipo y Accesorios (Hardware)**
2. **Programas, Lenguajes y Procedimientos (Software).**
3. **Servicios del Proveedor.**
4. **Confiabilidad y obsolescencia.**

Cabe hacer mención de que la parte de equipo y accesorios, así como los programas, lenguajes y procedimientos, constituyen en esencia información que tiene gran similitud con los sistemas administrativos de procesamiento de información, con la diferencia de que tales conceptos son complementados con los servicios del proveedor, así como su confiabilidad y obsolescencia se convierte en aspectos críticos en el desempeño de estos sistemas. La especificación se desarrollará a continuación.

Equipos y Accesorios (Hardware) :

El término Hardware engloba todos los componentes físicos de Sistema, considerando los siguientes aspectos:

1. **Arquitectura.**
2. **Sistema de comunicación.**
3. **Conceptos generales.**

Arquitectura.

Especifica el tipo y número de los componentes del Sistema, distribuyéndolos funcionalmente, satisfaciendo las estrategias de control y requerimientos de seguridad de los procesos de las plantas, además de permitir futuras expansiones o modificaciones.

La arquitectura considera los siguientes dispositivos y conceptos:

Interfases.

***Hombre-Máquina.**

***Máquina-Máquina.**

***Con el Proceso.**

Unidades de Almacenamiento Masivo.

Unidades de Control.

Computadoras de Proceso.

Fuente de poder.

Sistemas de Fuerza Ininterrumpible.

Estructura de apoyo.

Interfases.

Son los dispositivos capaces de permitir la comunicación entre los diferentes componentes del Sistema con el Hombre, con otros Sistemas, o con el Proceso. El Sistema debe considerar las siguientes Interfases:

Interfases Hombre-Máquina.

Permiten al Operador/Programador monitorear, manipular y configurar los Sistemas de Control. Las Interfases y sus características a considerar son:

-Monitores: deben ser del tipo cromático de 19", con alta resolución del tipo pantalla antirreflejante, con 15" tonalidades de color perfectamente distinguibles entre si (blanco, verde, rojo, magenta, cian, azul, amarillo y sus semitonos). Por seguridad se requiere un mínimo de dos monitores, pero cada caso deberá definirse particularmente.

-Teclados: deben ser para uso intensivo, siendo de dos tipos:

- * Teclado de Operación : permite al usuario una operación sencilla y eficiente a partir de las teclas de funciones específicas y dedicadas al control, así como deberá contar con teclas de función configurable. Su construcción deberá ser del tipo membrana.

- * Teclado de Ingeniería/Configuración : debe ser del tipo ANSI extendido con funciones dedicadas, siendo del tipo intercambiable o bien ocultable bajo cubierta.

Se debe considerar un teclado de Operación por cada monitor y uno de Ingeniería/Configuración por consola, como mínimo.

-Impresoras: deben ser para uso intensivo, de escritura tipo matriz de impacto, el tipo de papel a usar es continuo/sencillo estándar, teniendo la capacidad de imprimir caracteres alfanuméricos, así como gráficos con alta resolución. La

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

velocidad de impresión debe ser de 400 caracteres por segundo, como mínimo. Se deberá considerar una impresora como mínimo, cada caso deberá definirse particularmente.

-Videocopiador a color : debe ser para uso intensivo, teniendo la capacidad de imprimir totalmente a color en papel estándar los desplegados mostrados en los monitores, con muy alta resolución, estando habilitado para imprimir una página por minuto como mínimo, debiendo ser activado desde cualquier teclado de operación. Se requiere de un videocopiador como mínimo. Su principio puede ser: por transferencia térmica o por chorros de tinta, no aceptándose impresión por impacto.

-Controladores del Cursor : adicionalmente al toque de pantalla y a los teclados, se deberá contar con un controlador del cursor, debiendo ser uno de los conocidos como "Ratón" o "Track Ball", los cuales deberán ser para uso intensivo. Se deberá de contar con un controlador del cursor por cada monitor.

Interfases Máquina-Máquina.

Estos dispositivos deben ser adecuados para permitir la comunicación del Sistema con otros dispositivos inteligentes externos al mismo. El sistema debe tener la capacidad de permitir la comunicación entre las unidades de control, la consola del operador y la computadora de proceso localizadas en el cuarto de control.

Interfase con el Proceso.

Engloba los dispositivos necesarios para permitir al sistema la Recepción/Envío de señales Desde/Hacia los instrumentos de proceso. Estas interfases deben ser instaladas

en gabinetes de diseño modular permitiendo una fácil instalación de las tarjetas, teniendo indicación visual de su estado operativo.

Se consideran dos clasificaciones de Interfases de Proceso:

*Interfases de señales desde el campo (Entradas). Estos dispositivos reciben diferentes tipos de señales de la instrumentación de campo: validan, condicionan, estandarizan y digitalizan estas señales para ser alimentadas hacia el multiplexor y para ser finalmente interpretadas por el sistema. Las principales interfases de proceso para las señales de entrada de campo son las siguientes:

-Interfases de Entradas Analógicas de Alto Nivel (4-20 mA).

-Interfases de Entradas Analógicas de Bajo Nivel (Termopares/RTD).

-Interfases de Entradas Digitales (para 24 VCD).

-Interfases para Transmisores Inteligentes.

*Interfases para señales hacia el campo (Salidas). Estas Interfases deben manejar dispositivos electrónicos como válvulas solenoides, arrancadores de motores, luces indicadoras, elementos finales de control, etc, así como validar estas señales y mantener su último valor en caso de falla.

Las Interfases para las Señales a campo son divididas en los siguientes tipos:

-Interfases para Salidas Analógicas (4-20 mA).

-Interfases para salidas digitales (24 VCD).

El número de las interfases deberá ser definido por el proveedor, considerando el número de señales indicado en el sumario de Entradas/Salidas y funciones, así como los porcentajes de reservas y redundancias requeridas.

Unidades de Almacenamiento Masivo.

Son los dispositivos requeridos para permitir el arranque, operación y almacenamiento de información de todo el sistema, por periodos especificados. Su cobertura será para todos los dispositivos inteligentes. Los dispositivos de almacenamiento deberán ser de los siguientes tipos:

-Memoria permanente : se refiere a la memoria de estado sólido que todos los dispositivos inteligentes del sistema deberán tener y deberán ser suficientes para que éstos operen apropiadamente, así como permitir al sistema ejecutar funciones matemáticas sencillas.

-Medios removibles : deberán estar constituidos por dos lectoras como mínimo por cada arreglo de Monitores/Teclados de operación en la consola, éstas deberán ser de 5 1/4" o de 3 1/2" de alta densidad, para uso intensivo.

-Medios fijos : las unidades de disco duro deberán ser del tipo para uso intensivo, contenidas en una caja sellada con gas inerte, debiendo resistir vibraciones de magnitud moderada sin sufrir alguna clase de daño, siendo su capacidad mínima de 280 Megabytes (formateados), se requiere un arreglo de dos discos duros con interconexión en paralelo, como mínimo, es decir, su redundancia debe ser 1:1 en los medios magnéticos y en los manejadores.

Las unidades de disco duro deberán almacenar los siguientes conceptos:

***Almacenamiento de la historia continua del proceso (promediación por minuto) de todas las variables analógicas del proceso por 72 horas como mínimo.**

***Almacenamiento de los promedios de todas las variables analógicas del proceso, de acuerdo con los siguientes valores:**

- por una semana, para la promediación horaria
- por un mes, para la promediación por turno, por día y por semana.
- por un año, para la promediación por mes.

***Almacenamiento de las 2000 alarmas más recientes del proceso.**

***Almacenamiento de las 2000 alarmas más recientes del sistema.**

***Almacenamiento de las 2000 acciones más recientes de los ingenieros u operadores en el sistema de control.**

***Almacenamiento de todos los archivos fuente y objeto de la configuración de la red y de la base de datos, de los desplegados gráficos, de los reportes y de los balances del sistema de control.**

-Dispositivos de historización a largo plazo. Como complemento a los discos duros usados para el almacenamiento de información, se deberán recomendar y suministrar alguno de los últimos desarrollos, en dispositivos de almacenamiento masivo. Serán adecuados para el almacenamiento a largo término de datos para historización, ocurriendo en el proceso y en el sistema, como mínimo durante un

mes. Los discos duros deberán transferir diariamente, todos los datos almacenados al dispositivo de almacenamiento histórico. Tales registros deben quedar identificados con la fecha correspondiente. Los dispositivos de almacenamiento histórico (los cuales pueden ser CD, cintas DAT, etc), se suministrarán con todos los dispositivos, programas, documentos y licencias requeridos para esta operación.

Unidades de Control.

Estos dispositivos tienen la responsabilidad de realizar las acciones que permiten al proceso operar en condiciones normales, sin la interacción directa de los operadores, debiendo ser instaladas en los mismos gabinetes que las interfases de proceso, y teniendo la capacidad de comunicarse con todos los dispositivos inteligentes del sistema, así como con otras unidades de control, ya sea para el almacenamiento y procesamiento de datos o para el despliegue de resultados.

Las unidades de control deben tener la capacidad de manejar los diferentes tipos de enfoques de control automático, que a continuación se indican:

***Adquisición de datos :** El sistema deberá ser provisto y tener la capacidad de recopilar, procesar matemáticamente y almacenar apropiadamente todas las variables que son interconectadas al sistema tanto de entrada como de salida y resultados de los procesamientos internos, tales como salidas de control, puntos de ajuste, alarmas de proceso, alarmas del sistema, cambios por los operadores, cambios por los ingenieros y resultados de los cálculos matemáticos, entre otros.

***Control Regulatorio :** Esta clase de control permite a la variable controlada seguir, y en su caso, igualar la referencia, vía el manejo apropiado de la variable

manipulada, después de una variación en el punto de ajuste o bajo la presencia de un disturbio en el sistema de control. En este enfoque, las unidades de control deberán funcionar bajo los lineamientos de la Teoría Clásica del Control Automático, esto es, funciones de transferencia con el concepto de Entrada Única (SISO) ocurriendo en el dominio de la frecuencia.

***Control Lógico/Secuencial.** Este enfoque del Control utiliza señales Lógicas o Discretas, esto es, señales que denotan la presencia o ausencia de una condición determinada de un proceso o dispositivo. La presencia de la condición referida deberá ser denotada como "1", la ausencia como "0". Este criterio es conocido como Lógica

Positiva. Estas señales deberán ser operadas, combinadas o secuenciadas por medio de las funciones lógicas y bajo las reglas del álgebra Booleana. El objetivo de la interrelación de las señales lógicas podrán ser los siguientes:

- Manejo de condiciones anormales del proceso.
- Modificación del modo de operación del proceso.
- Paro ordenado del proceso.

***Control Avanzado de Bajo Nivel.:** Este enfoque del Control Automático procura la obtención de la máxima productividad/eficiencia, con el mínimo de insumos requeridos, en la operación de un proceso de producción dado. Las funciones de control avanzado deberán seguir los lineamientos de la Teoría Moderna del Control Automático, que utiliza modelos con el concepto de Múltiples Entradas, Múltiples Salidas (MIMO) ocurriendo en el dominio del tiempo. Si las unidades de control no contaran con la capacidad de ejecutar funciones de control avanzado, se deberá disponer de un dispositivo alternativo.

El número de controladores deberá ser definido por el proveedor, considerado el número de funciones indicado en el sumario de Entradas/Salidas y funciones, así como los porcentajes de reservas y redundancias requeridas.

Procesadores Auxiliares.

Estas unidades deberán suministrarse para realizar las funciones que no puedan ser ejecutadas por los controladores regulatorios. Los procesadores auxiliares deberán ser Configurables/Programados por medio de los teclados de Ingeniería/Configuración en una estación de ingeniería o bien por la computadora de proceso. En el caso de falla, el control avanzado deberá degradar la operación y el SCD deberá regresar al control regulatorio normal sin sobrepena ni balance.

El vendedor deberá informar a detalle acerca del procesador auxiliar, lo siguiente :

*Capacidad de Memoria total (Mb).

*Velocidad de procesamiento (Mhz).

*Longitud de palabra.

*Tipo de procesador.

*Requerimientos de instalación.

*Sistema Operativo.

*Lenguaje de Control.

***Lenguajes de Aplicación General.**

Computadora de Proceso.

El S.C.D. no deberá requerir una computadora de proceso para Operación/Configuración y Mantenimiento normal del Sistema, esta computadora se utilizará en el caso de tener aplicaciones de control de avanzado de alto nivel, debiendo ser realizada la comunicación a través de un protocolo de Alto Nivel, debiendo existir capacidad de transmitir toda la información de las variables y parámetros de proceso, así como el punto de ajuste y resultados de algoritmos de control del subsistema de la computadora de proceso hacia el sistema.

Fuentes de Poder.

Estas deben estar reguladas en voltaje y frecuencia, estando protegidas contra sobrecorrientes. La capacidad de las fuentes se definirá considerando que los dispositivos del sistema deben trabajar al 70% de su capacidad cuando soporten todos los dispositivos del sistema.

Sistemas de Fuerza Ininterrumpibles.

Todos los dispositivos del sistema deberán ser soportados por sistemas de fuerza ininterrumpible. El suministro de energía debe ser de 220 VCA, 60 Hz, tres fases, con el objeto de mejorar la relación de transformación, escalación y filtraje, calculado para operar a un máximo de 70% de su capacidad en operación normal. El tiempo de respaldo debe ser por lo menos de 30 minutos. Las baterías deberán ser adecuadas para su instalación en interiores.

Estructuras de Apoyo.

Las estructuras de apoyo deberán ser autosoportadas y deberán ser usadas para alojar los diferentes dispositivos que constituyen en SCD. Las estructuras deberán ser construidas de perfiles de acero, cubiertas por placas del mismo material (el vendedor deberá informar acerca del calibre de perfiles y placas), trabajadas en frío, pulidas y resanadas para evitar uniones y esquinas filosas. Las estructuras deberán ser terminadas con recubrimiento epóxico o de poliuretano, adecuado para soportar el uso normal y rayaduras. El color del acabado puede ser el estándar del vendedor, éste debe dar una muestra del color propuesto. Estas estructuras serán de los siguientes tipos :

-Consola del operador: alojará los siguientes elementos:

*Monitores.

*Teclados.

*Impresora.

*Videocopiador a color.

*Controladores del cursor.

*Dispositivos de Almacenamiento Masivo.

*Fuentes de Poder

-Gabinetes: contendrá a los siguientes dispositivos:

***Interfases de Proceso.**

***Unidades de Control.**

***Fuentes de Poder.**

***Interfases Máquina-Máquina.**

***Subsistema de comunicaciones locales.**

***Dispositivos no incluidos en las consolas.**

Sistemas de Comunicaciones.

Define todos los dispositivos, canales, accesorios, protocolos, programas y procedimientos requeridos para permitir la interconexión, y transferencia congruente de información entre todos los dispositivos inteligentes del sistema de control distribuido. Los conceptos englobados por el sistema de comunicaciones son los siguientes:

***Topología.** Define la estructura con que los diferentes dispositivos usados en el sistema están interconectados, debiendo ser esta estructura preferentemente lineal, presentando una redundancia doble.

***Protocolos.** Define la estructura de los datos transmitidos y los convencionalismos utilizados para permitir la transmisión segura y congruente de la información

utilizada entre dispositivos, del sistema de control distribuido, siendo preferible seguir el modelo de siete niveles, como lo establece OSI/ISO.

***Dispositivos Electrónicos.** Cualquier componente electrónico de los Sistemas de Comunicaciones deberá ser redundante.

***Especificaciones Generales.** El sistema de comunicaciones interno deberá operar a menos del 70% de su capacidad nominal, cuando todos los componentes se encuentren operando y transmitiendo. La velocidad del sistema de comunicaciones deberá ser la requerida para satisfacer las condiciones establecidas.

Conceptos Generales.

Los siguientes conceptos generales deberán ser considerados por el diseño de los sistemas de control distribuido:

***Modularidad.** Los dispositivos, circuitos impresos, cables, conectores y estructuras de apoyo deberán tener un diseño integral/modular. Tal diseño modular debe incluir dimensiones, capacidad, acabado, colores, protocolos y suministros de los dispositivos, permitiendo una fácil intercambiabilidad de los Sistemas recomendados.

***Flexibilidad.** El diseño de la arquitectura y topología del sistema deberá ser adecuado para permitir la modificación o expansión del sistema, sin alternativos de la filosofía principal de éste.

***Seguridad del Sistema.** El sistema deberá tener los medios para detectar cualquier condición anormal, como señales fuera del rango, circuitos abiertos, fallas de instrumentación de campo, alarmas de diagnóstico del mismo sistema, etc, ya sea en el proceso o en el sistema de control distribuido. Todas las condiciones anormales detectadas por el sistema, deberá dar lugar a las alarmas, debiendo ser visuales, audibles y mostradas en los monitores así como impresas en el momento que ocurran, almacenándose para su posterior despliegue y análisis.

Programas, Lenguajes y Procedimientos (Software).

El término "Software" incluye todos los programas, lenguajes, y procedimientos necesarios para que los equipos que integran el sistema de control distribuido se configuren, operen, reciban mantenimiento y se reparen. Los conceptos cubiertos por el software para un sistema de control distribuido son los siguientes:

1. Conceptos generales.
2. Programas de Librería.
3. Programas Especiales.

Conceptos Generales.

El software debe ser compatible, es decir, que los programas ofertados puedan ser usados, compartidos o sustituidos por otros programas más recientes, con la misma o ninguna reducción en su capacidad funcional.

En cuanto a la flexibilidad, los programas del sistema deberán ser fácilmente modificados, ampliados e interconectados con otros programas, con la mínima alteración de la subrutina principal del programa.

Respecto a la operatividad todos los programas, lenguajes y procedimientos del sistema de control distribuido deberán ser de uso sencillo y orientado a las funciones de control de proceso.

El software debe ser confiable, es decir, deberá estar totalmente probado y deberá tener los medios para detectar cualquier falla en su funcionamiento.

Programas de Librería.

Incluye los programas, lenguajes y procedimientos considerados básicos y necesarios para la puesta en funcionamiento, configuración, operación normal, mantenimiento y detección de fallas del sistema de control distribuido.

Este término incluye los siguientes puntos:

1. Sistema Operativo.

Es una colección integrada de rutinas usadas para supervisar el secuenciamiento y procesamiento del sistema de control distribuido. El sistema operativo deberá ejecutar así mismo, las funciones de depuración, control de Entradas/Salidas, conteo de máquina, compilación y asignación de memoria.

2. Configuración del Sistema.

Este término cubre todos los programas y procedimientos usados para definir la estructura de la red, definir tipo y características de los dispositivos de la misma, asignar terminales de Entrada/Salida, definir las estrategias de control y los parámetros de los circuitos de control, así como definir agrupamiento de puntos para operación e historización, entre otras funciones.

La configuración del sistema deberá ser realizada en cualquier monitor de la consola, desde los teclados de Ingeniería / Configuración o estación de Ingeniería / Configuración de la misma y controladores del cursor.

El lenguaje de configuración deberá ser de uso sencillo, y dicha configuración deberá ser restringida via clave de acceso y llave física de seguridad, siendo almacenada en los dispositivos apropiados.

Todas las estrategias de control deberán ser realizadas vía programación, no requiriendo ninguna modificación en el equipo o cableado.

3. Procesamiento de datos.

El sistema de control distribuido deberá estar provisto con los medios necesarios para permitir el procesamiento de los datos almacenados por el sistema, transmitidos por la instrumentación de campo o generados por el propio sistema.

El sistema deberá ejecutar las siguientes funciones:

- *Elaboración de reportes.

- *Presentación de sumarios.

***Elaboración de Balances.**

Además tener la capacidad para realizar las siguientes funciones:

***Elaboración de Índices Estadísticos.**

***Procesamiento de Funciones Estadísticas.**

***Opciones del usuario.**

4. Representaciones visuales (Desplegados):

Los desplegados son la representación en los monitores del SCD de los diferentes resultados, y del procesamiento de los datos recibidos de la Instrumentación en campo y de los dispositivos que constituyen el sistema de control distribuido.

Los siguientes puntos deberán aparecer permanentemente en cualquier desplegado:

***Hora, Minuto y Segundo.**

***Fecha (Día, Mes y Año).**

Los desplegados abajo indicados deberán tener la posibilidad de ser construidos en el sistema.

***Desplegados de Vista General.**

***Desplegados de Grupo.**

***Desplegados de Circuitos de Control.**

***Desplegados de Grupos de Alarmas.**

***Desplegados de Sumarios de Alarmas.**

***Desplegados de Tendencias.**

***Gráficos Dinámicos.**

***Desplegados de Autoentonamiento de Circuitos de Control.**

Programas especiales.

El sistema de control distribuido deberá permitir desarrollar y recibir programas especiales, requeridos para la optimización de los procesos vía control avanzado.

Los programas considerados para aplicación son los siguientes:

***Simulación.**

***Control Avanzado.**

***Control de Optimización.**

***Control Gerencial.**

***Programa de Mantenimiento.**

Servicios de Proveedor.

1. Capacitación.

El proveedor deberá proporcionar cursos dirigidos al personal de operación, técnico y de ingeniería, para obtener las habilidades de configuración, mantenimiento y operación del sistema debiendo ser impartidos en el lugar apropiado (las instalaciones del proveedor o en la planta, según sea el caso), con impartición y documentación en idioma español.

2. Programación y configuración del sistema.

El proveedor deberá ser responsable de la configuración y programación del sistema de control distribuido y el mismo deberá dar las facilidades necesarias para permitir al personal designado por el cliente, supervisar la integración del sistema, la configuración del sistema, a la programación del procesamiento de datos y la construcción de los desplegados gráficos dinámicos requeridos para la operación normal de la planta.

3.Documentación.

Los documentos que serán entregados por el cliente al proveedor, para permitir la configuración del sistema, programación del procesamiento de datos y construcción de los desplegados, son los siguientes:

***Sumario de señales de Entrada/Salida y Funciones.**

***Esquemas de Gráficos Dinámicos.**

***Diagramas Lógicos Detallados.**

***Diagramas de Funcionales de Circuitos de Control.**

***Diagramas de Tubería e Instrumentación.**

4. Pruebas del Sistema.

Las pruebas FAT (Pruebas de Aceptación en Fábrica) serán realizadas para verificar el estado físico y funcional de cada uno de los componentes que integran al SCD, así como su aceptación para su embarque al sitio. Con lo anterior se procede a la instalación del mismo, iniciándose el funcionamiento y arranque del sistema, lo cual integra las pruebas de aceptación en sitio (SAT), con el mismo protocolo que las pruebas FAT.

Las pruebas de aceptación deberán ser como sigue:

-Con los sistemas totalmente interconectados.

-Las tarjetas y dispositivos del sistema se probarán por separado.

-Cada entrada, cada salida y cada Circuito de Control Regulatorio y Lógico se aprobarán funcionalmente.

-Todos los módulos de programación deberán ser totalmente probados.

2. Mantenimiento del Sistema.

El Sistema deberá estar provisto con los siguientes niveles de autodiagnóstico:

- Autodiagnóstico en línea.
- Pruebas de rutina.
- Autodiagnóstico fuera de línea.

El autodiagnóstico en línea deberá ser aplicado a los siguientes conceptos:

- Circuitos
- Dispositivos.
- Programas.
- Sistemas de Comunicaciones.

Confiabilidad y Obsolescencia.:

Confiabilidad. :

Para asegurar la confiabilidad requerida del sistema de control distribuido, se garantizarán por un término mínimo de doce meses todos los equipos, accesorios, programas y procedimientos de comunicación por parte del vendedor del sistema.

Se deberán proporcionar las hojas de cálculo de la disponibilidad de los sistemas, considerando todo el sistema y los siguientes subsistemas para cinco años de operación.

-Consola del operador.

-Interfases.

-Unidades de Almacenamiento Masivo.

-Unidades de Control.

-Sistema de Comunicaciones.

-Fuentes de Poder.

-Sistemas de Fuerza Ininterrumpible.

-Computadora de Proceso.

Con el objeto de asegurar que en caso de falla de alguna de las partes no se detenga el proceso, se consideran las redundancias como sigue:

Redundancia de 10:1 para

-Sistema de Comunicaciones.

-Unidades de almacenamiento masivo.

En caso de falla, el soporte técnico deberá estar disponible dentro de las siguientes doce o veinticuatro horas de la notificación, dependiendo del lugar de la instalación.

En cualquier nivel de redundancia la transferencia deberá ser automática y el operador deberá ser alentado inmediatamente.

En caso de interrupción prolongada de la energía eléctrica, deberá ser factible carga mediante un sólo comando toda la configuración y datos necesarios para reiniciar al sistema a su operación normal.

Obsolescencia.

A la fecha de cotización el sistema propuesto deberá tener al menos un año de haber salido al mercado.

El vendedor deberá garantizar que el sistema cotizado no será obsoleto en un periodo de 10 años, dentro del cual deberá ser soportado totalmente por el fabricante.

Se deberá garantizar que el sistema suministrado podrá actualizarse y ser totalmente compatible con los nuevos desarrollos de dispositivos y versiones de programas, lenguajes y procedimientos que sean liberados al mercado.

Se establecerán políticas para asegurar que el sistema suministrado podrá seguir actualizándose con los desarrollos de equipo, accesorios, sistemas operativos, programación, paquetes y procedimientos disponibles después de la construcción y carga del sistema.

CAPITULO VI

INTERCONEXION DEL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO.

En esta sección se analizará la forma en que el sistema de control distribuido (SCD) es interconectado con otros sistemas y otros dispositivos para transmitir las señales de control de y hacia la instrumentación de campo, así como para su protección y energizado, lo cual es necesario para obtener un óptimo desempeño de los SCD's.

Interconexión del Sistema de Control Distribuido.

La interconexión de los sistema de control distribuido se lleva a cabo siguiendo el modelo de sistemas de interconexión, el cual se muestra en la figura anexa, y comprende tres aspectos básicamente:

- a) Suministro de fuerza, que permite la energización del sistema y comprende desde el suministro de la energía eléctrica hasta la entrega de esta energía a los dispositivos del sistema de control.
- b) Redes de tierra, las cuales se dividen en tres tipos, dependiendo de su empleo, que son : el sistema de tierras en general del edificio, el sistema de tierras de seguridad del sistema o dispositivo de control, y el sistema de tierras de referencia o lógicas, con las cuales se le dará protección y homogenización a los equipos y dispositivos
- c) La señalización, cubre la recepción y envío de las señales necesarias para el funcionamiento de los instrumentos de campo.

A continuación se tratará cada uno de éstos sistemas auxiliares para interconexión de los SCD's.

Suministro de Fuerza.

El suministro de energía es indispensable para la energización del sistema de control. En el diagrama de los sistemas de interconexión se puede observar que el suministro principal de energía se hace a través de dos alimentadores que son básicamente la alimentación de energía por parte de la Comisión Federal de Electricidad, o bien a través de una subestación eléctrica del sistema de fuerza de la propia planta.

El suministro que se hace mediante la línea de distribución de la energía eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad transporta un potencial de 36 KV en tres fases, los que tienen que llegar hasta una subestación eléctrica en la que se encuentra un transformador reductor que tendrá la función de disminuir el potencial recibido hasta un valor que va desde los 440/220/127 VCA, el cual es el potencial usado comercialmente para los fines de las plantas.

Si el suministro se hace a través de la subestación eléctrica, hay que considerar que en algunas plantas se produce energía eléctrica a partir de turbinas de vapor, que aprovechan los combustibles generados de algunas de estas plantas y el valor promedio de producción de energía eléctrica está entre 1 MW y 70 MW, energía suficiente para alimentar a una subestación eléctrica, mostrándose así que la energía es propia de la planta, no interviniendo distribuidor alguno tal como Compañía de Luz y Fuerza, o bien, Comisión Federal de Electricidad. En la subestación eléctrica se obtiene la energía eléctrica a 220/127 VCA, 3 fases, 60 Hz., para los fines de control.

La energía que es suministrada a través de los alimentadores llega a un interruptor de transferencia, esta selecciona cualquiera de los alimentadores de acuerdo con las necesidades que se pretendan en el proceso, para permitir el suministro de la energía hacia los dispositivos que están ubicados previamente al sistema o dispositivo de

control, en caso de que falle alguno de los alimentadores, el interruptor transfiere automáticamente la alimentación al canal operable.

Una vez que comienza la circulación de la energía, para poder llegar a los dispositivos que acondicionan y respaldan la energía, tiene que llegar a un tablero de distribución, este tiene la función de controlar y proteger la energía hacia el acondicionador de línea para derivación y al sistema de fuerza ininterrumpible. El acondicionador de la línea requiere un voltaje de 120 VCA, 60 Hz, 1 fases, 2 hilos, el cual tendrá como función enviar una señal que cumpla con las características que requiere el sistema de control distribuido para su funcionamiento, básicamente en lo que se refiere al voltaje de rizo permitido, variaciones de voltaje permitidas y variaciones de frecuencia. Por otra parte, el sistema de fuerza ininterrumpible necesita un voltaje de 220 VCA, el cual es proporcionado por el acondicionador de línea, o bien en un momento determinado, por la selección de la derivación o By-Pass, se puede obtener directamente del tablero de distribución No.1, el SFI tiene su alimentación por la parte trasera, y a partir de la cual se envía la energía hacia el segundo tablero de distribución, el cual consta de varios interruptores termomagnéticos de 15 amperes cada uno, estos distribuirán y controlarán la energía eléctrica de los dispositivos contenidos en los cuartos de control.

Señalización.

De acuerdo con lo descrito en la especificación general del sistema de control distribuido, los controladores y los ensambles para terminales de campo forman parte del sistema de control distribuido, y a través de ellos se interconectarán las señales que se necesita enviar/recibir desde/hacia el campo, auxiliándose de un tablero de interconexión y protecciones. Este tiene como propósito contener el alambrado de entradas y salidas de las señales de la instrumentación de campo, contando con las terminales de campo del

SCD las que se interconectan a las interfases de Entrada/Salida en los gabinetes por medio de multiconductores. Tales terminales deberán ser del tipo baja densidad para cables de calibre 16 AWG. El alambrado de campo deberá introducirse a los gabinetes por la parte inferior y en ductos separados de PCV ranurados (panduit). Los ductos deberán diferenciarse para señales de alto nivel analógicas, para señales de bajo nivel analógicos y para señales digitales.

Posteriormente, de las salidas del gabinete o tablero de interconexión y protección se envía la señal hacia el campo por medio de cable multiconductor de calibre 16 AWG en tubería conduit de 19 mm, llevando la alimentación eléctrica requerida para cada instrumento utilizando corriente directa de 24 V, corriente alterna a 120 V y recibiendo milivoltaje (mV), conjuntándolos en una caja de paso de interconexión, las cuales soportan hasta 72 instrumentos como máximo. De la caja de paso hacia los instrumentos se utilizan conductores bipolares para señal electrónica, de calibre 18 AWG transportándose en tubería conduit de 3/4 de pulgadas.

Redes de Tierras.

El sistema de tierras general del edificio se emplea básicamente para proteger las instalaciones de los percances que puede ocasionar una descarga eléctrica natural o bien algún corto circuito que se pudiera presentar por el funcionamiento de los dispositivos, permitiendo que cada uno de los equipos y dispositivos tenga la garantía de que en caso de alguna falla que pudiera ocurrir dentro del manejo de la energía eléctrica para el dispositivo, éste no provoque daño a las instalaciones donde se aloja. Este sistema de tierras por lo general solo se indica, ya que es propio de toda instalación de este tipo.

El sistema de tierras de seguridad del sistema protege al SCD, acondicionador de línea, sistema de fuerza ininterrumpible y tableros de distribución contra cualquier tipo de

descarga eléctrica que pudiera afectar su funcionamiento mientras que el sistema de tierras de referencia o lógica proporciona una homogeneización de potencial al sistema de control distribuido, para el tren lógico de pulsos, tomándose como referencia para el valor bajo. Lo anterior se logra aterrizando cada uno de los equipos y dispositivos, por medio de varilla que son enterradas.

En estos sistemas de tierras, la impedancia máxima debe ser de 1 ohm. La resistencia a tierra de la red deberá probarse cuando esté terminada la instalación, si la resistencia medida es mayor a un ohm se deberán instalar más varillas, o bien darle tratamiento al terreno, hasta bajar a la impedancia. El cable principal de la red de tierra se instalará sobre el piso de concreto, abajo del piso falso. Para hacer el aterrizaje se enterrarán en tierra varilla de cobre de 16 mm de diámetro con una longitud aproximada de 5 m. El cable de aterrizaje será de cobre de 2/0 AWG y los empalmes serán mediante soldadura.

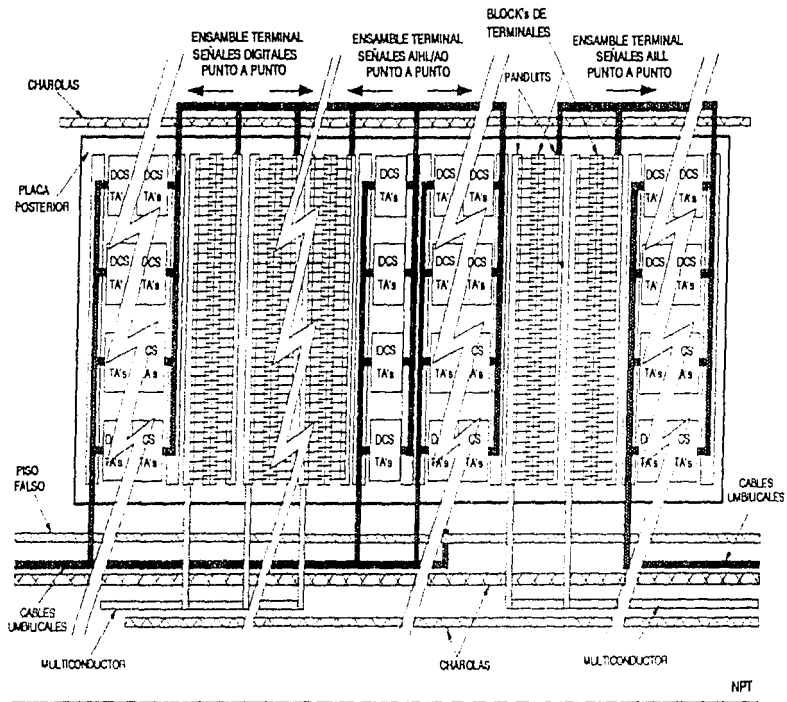
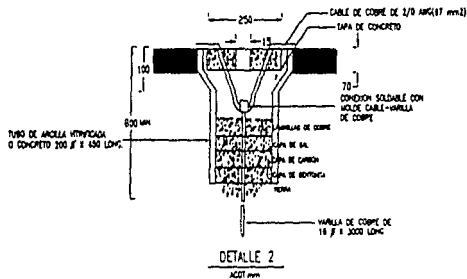
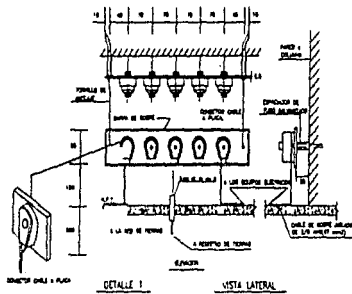


FIG. 6.1. ENSAMBLE TERMINAL



SIMBOLOGIA



RED PRINCIPAL FORMADA POR CABLE DE COBRE AISLADO CAL 2/0 AWG (TIERRA DE SEGURIDAD).

RED PRINCIPAL FORMADA POR CABLE DE COBRE DESNUDO CAL 2/0 AWG (TIERRA LOGICA).

DEFINICIONES FORMADAS POR CABLE DE COBRE AISLADO CAL 2 AWG.



CONECTOR SOLDABLE CABLE A CABLE

REGISTRO FORMADO POR TUBO DE VARILLA, CONECTOR Y VARILLA.

BARRA DE COBRE PARA CONEXION A TIERRA

X

CONECTOR SOLDABLE PLACA A CABLE

NOTAS

- 1.- LA LOCALIZACION DE REGISTROS, ELECTRODOS Y CABLES DE LA RED ES APROXIMADA SU UBICACION EXACTA SE HARÁ EN CAMPO.
- 2.- LA RESISTENCIA A TIERRA DE LA RED, DEBERÁ PROGRAMARSE CUANDO ESTE TERMINADA LA INSTALACION, SI LA RESISTENCIA MEDIDA ES MAYOR DE 10 OHMS SE DEBERÁN INSTALAR MÁS VARILLAS O TRATAMIENTO AL TIERRAS, HASTA BAJAR SU IMPEDENCIA.
- 3.- EL CABLE PRINCIPAL DE LA RED DE TIERRAS SE INSTALARA SOBRE EL PISO DE CONCRETO (ABALO DEL PISO FALSO).
- 4.- LA BARRA DE CONEXION A TIERRA DEBE IR COLOCADA SOBRE EL MURO O COLUMNAS A 15 CM. DE LA ALTURA SOBRE N.P.T. (ABALO DEL PISO FALSO/ABALO DEL CONCRETO).
- 5.- LA RED DE TIERRAS DEL CUARTO DE CONTROL SATELITE SERA INDEPENDIENTE DEL SISTEMA GENERAL DE TIERRAS EXISTENTE DE LA PLANTA.

FIG. 6.1.

DETALLES, NOTAS Y SIMBOLOGIA DEL SISTEMA DE TIERRAS EN CUARTO DE CONTROL

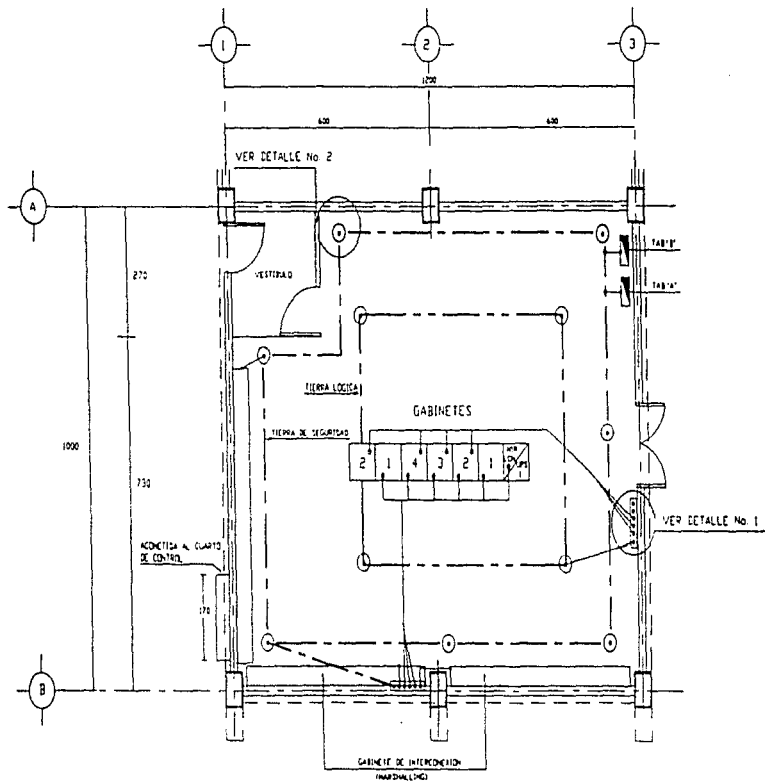


FIG. 6.3.

SISTEMA DE TIERRAS EN CUARTO DE CONTROL

CONCLUSIONES :

El establecimiento de una serie de estrategias, utilizando tecnología de punta, satisfizo la necesidad de ahorro de insumos y energía, al aprovecharse las corrientes de diesel calientes provenientes de las plantas primarias.

En este trabajo se establecieron estrategias basadas en una serie de metodologías, procedimientos y alternativas que incluyen todos los aspectos preponderantes de un proyecto; se aumentó el espectro de utilización de los S.C.D. existentes en las cinco plantas y la apropiada aplicación de los esquemas de control avanzado permitió obtener la información necesaria y ejecutar las acciones para mantener a los equipos dentro de las condiciones de operación a las que fueron diseñadas y mejorar la controlabilidad del mezclado en línea para permitir mejorar la calidad de diesel de alimentación a la HDID.

Una de las mayores ventajas de los S.C.D. es el manejo masivo de la información en tiempo real y de manera más confiable, lo que permite la aplicación de diferentes paquetes para el procesamiento de la información. Los paquetes de procesamiento estadístico de la información permiten a los responsables de la operación y manejo administrativo de las plantas, tener una mejor toma de decisiones para obtener el máximo aprovechamiento de los recursos de la plantas, tanto en términos de calidad como en términos de aumento en la disponibilidad y vida útil de los equipos. También se aplican paquetes para el mantenimiento predictivo de los equipos e instrumentos para determinar los periodos óptimos para recalibración, sustitución de partes sujetas a desgaste y aplicación de rutinas de mantenimiento mayor, aumentando consecuentemente la disponibilidad y vida útil de los equipos de proceso.

Con respecto a la comparación de los Sistemas de Control en este caso :

Sistema de control distribuido y sistema lógico programable (PLC); en esencia desempeñan las mismas funciones; sin embargo en la práctica, el sistema de control distribuido se utiliza más, por tener una capacidad mayor de manejo de información, confiabilidad y seguridad.

ANEXO I

GENERALIDADES DE IDENTIFICACION, DEFINICIONES Y SIMBOLOGIAS DE SISTEMAS DE CONTROL

En instrumentación y control se emplea un sistema especial de símbolos, con el objeto de transmitir más efectivamente tanto las ideas como la información. Este sistema es indispensable en el diseño, selección, operación y mantenimiento de sistemas de control. Un sistema de símbolos ha sido estandarizado por la ISA (Sociedad de Instrumentistas de América), el cual se da a conocer en forma condensada.

Identificación.

Existen dos tipos de Identificación para referirse a un instrumento, a saber:

a) Identificación Funcional.

Cuando se use una combinación de letras para establecer su propósito y funciones.

b) Identificación Específica (de Lazo).

Cuando la combinación de letras acompaña un número que sirve para identificar al instrumento más detalladamente.

Estas identificaciones se usan para designar a todo tipo de instrumentación en trabajos escritos y al combinarlos con símbolos dibujados en las representaciones en diagramas y planos en general.

Las identificaciones funcionales consisten en las letras mostradas en la tabla 1, usadas en combinaciones como lo muestra la tabla 2. La tabla 1 contiene las letras que se pueden usar, con el significado de cada una de ellas y la posición o posiciones permitidas.

En el uso de estas letras, y sus combinaciones, se deben aplicar las siguientes reglas:

1. Las letras de Identificación se escribirán en todos los casos como mayúsculas. Las únicas excepciones lo son el uso de la (d), (r) y (p). (esta última combinación ph únicamente).
2. El número máximo permitido, de letras de Identificación en cualquier tipo de combinación sería de (3). La única excepción la constituye el uso de ph o símbolos químicos CO₂, etcétera, en donde estos son considerados como una letra.
3. Cada letra tendrá un solo significado al usarse como primera letra en cualquier combinación, definiendo la variable de proceso.
4. Igualmente cada letra tendrá un solo significado cuando se use como segunda o tercera letra en una combinación al definir el tipo de servicio.
5. Lo anterior es particularmente importante al formar las combinaciones de letras que indica la tabla 2, o bien, al agregar más de acuerdo con dicha secuencia.
6. No pueden usarse letras o combinaciones de letras intermedias.

Identificaciones específicas; en la mayoría de los casos será necesario agregar a la identificación funcional de un instrumento, un sistema numérico para establecer así su identificación específica. Cualquier sistema de números en serie puede ser usado y puede pertenecer a un solo proceso unitario o bien puede ser todo un sistema completo de número seriados para una planta o grupo de plantas que formen una organización.

En cualquier caso, la serie de números consecutivos deberá ser apropiada para usarse en las identificaciones funcionales.

En un trabajo escrito, el número va inmediatamente después de las letras y separado de estas por medio de un guión. Por ejemplo, el control y registro de temperatura número uno se representara por (TRC-103).

Las identificaciones serán usadas, hasta donde sea posible, para reconocer todo tipo de instrumentos, con todos sus componentes, evitando el usar identificaciones independientes asignadas a cada pieza.

Las reglas e instrucciones para las diferentes combinaciones en identificaciones son:

1. En combinaciones de instrumentos que miden más de una variable, o que contienen más de una función, cada porción de la combinación tendrá una identificación propia. Así una combinación de registro para flujo y presión, se representará por (FRC-105) y (PIC-110).
2. Instrumentos de varias plumillas, con servicio idénticos y provistos además de las mismas funciones, tendrán una sola identificación. Los elementos separados y sus componentes, se identifican por medio de un número como sufijo agregado al número del instrumento. Por ejemplo, (TR-126-1, TR-126-2), etcétera.

3. En instrumentos operando en transmisión, remota tanto el receptor como el transmisor tendrán la misma identificación, de acuerdo con el servicio y función del instrumento.

4. Cada válvula automática tendrá la misma identificación que el instrumento de control por el cual es actuada y la letra (V) inmediatamente después.

Cuando son actuadas por el mismo controlador más de una válvula, éstas se identificarán por medio de letras como sufijos agregadas al número del instrumento.

5. Los accesorios diversos como: posicionadores de válvulas automáticas, reveladores neumáticos, interruptores, reguladores de aire, etcétera, que requieren identificación, serán designados con la misma nomenclatura del instrumento al cual están conectados o con los cuales trabajen.

6. Los elementos primarios de medición, tendrán designada la misma identificación que los instrumentos a los cuales están conectados. Cuando algún elemento no esta conectado a ningún instrumento, solo entonces tendrá una identificación separada. Cuando más de un elemento este conectado al mismo instrumento serán identificados por números como sufijos después del número del instrumento.

TABLA 1

LETRAS PARA IDENTIFICACION			
DEFINICIONES Y POSICIONES PERMITIDAS EN CUALQUIER COMBINACION			
LETRAS MAYUSCULAS ADICIONAL	1ºLETRA VARIABLES DE PROCESO	2ºLETRA TIPO DE REGISTRO U OTRA FUNCION	3ºLETRA FUNCION
A	ANALISIS	ALARMA	ALARMA
B	QUEMADOR DE FLAMA		
C	CONDUCTIVIDAD	CONTROL	CONTROL
D	DENSIDAD		
E	VOLTAJE	ELEMENTO (PRIMARIO)	
F	FLUJO		
G	CALIBRACION	CRISTAL(NO MIDE)	
H	MANUAL		
I	CORRIENTE (ELECTRICA)	INDICADOR	
J	POTENCIA		
K	TIEMPO		
L	NIVEL	LUZ PILOTO	
M	HUMEDAD		
N	ELECCION DEL USUARIO		
O	ELECCION DEL USUARIO	ORIFICIO DE RESTRICCION	
P	PRESION O VACIO	PUNTO(CONEXION DE PRUEBA)	
Q	CANTIDAD O EVENTO		
R	RADIO ACTIVIDAD	REGISTRO(REGISTRADOR)	
S	VELOCIDAD O FRECUENCIA	SEGURIDAD	SWITCH
T	TEMPERATURA	TRANSMISOR	TRANSMISOR
U	MULTIVARIABLE	MULTIFUNCION	
V	VISCOSIDAD		VALVULA
W	PESO O FUERZA	POZO	
X	NO CLASIFICADA	NO CLASIFICADA	
Y	ELECCION DEL USUARIO	ELECCION DEL USUARIO	
Z	POSICION	MANEJAR,ACTUAR O ELEMENTO FINAL DE CONTROL	
d,r y p	MODIFICADORES		

TABLE 2
TYPICAL LETTER COMBINATIONS

First Letters	Initiating or Indicating Variable	Controllers			Readout Devices		Switches and Alarm Devices*			Transmitters			Solenoids, Relays, Computing Devices	Primary Element	Test Point	Well or Probe	Viewing Glass	Safety Device	Final Element
		Recording	Indicating	Blind	Self-Adjusted Control Valves	Recording	Indicating	High	Low	Comb	Recording	Indicating							
A	Analysis Burner Combustion	ARC	AIC	AC	AR	AI	ASH	ASL	ASHL	ART	AIT	AT	AY	AE	AP	AW			AV
B		BRC	BIC	BC	BR	BI	BSH	BSL	BSHL	BRT	BIT	BT	BY	BE	BP	BW	BG		BZ
C	User's Choice																		
D		ERC	EIC	EC	ER	EI	ESH	ESL	ESHL	ERT	EIT	ET	EY	EE					EZ
E	Voltage																		
F		FRG	FRIC	FC	FR	FI	FRH	FRS	FRSH	FRT	FRIT	FT	FY	FE	FP	FG			FW
FF	Flow Rate																		
FG		FORC	FODC	FCV	FOR	FOI	FORH	FORL	FORHL	FOT	FOTI	FOT	FQY	FQE	FE				FQV
FFG	Flow Ratio																		
G		FRAC	FRIC	FRG	FR	FR	FRH	FRS	FRSH										
GG	User's Choice																		
H		HRC	HIC	HC	HR	HI	HRH	HRL	HRHL	HRT	HIT	HT	HY	HE					HW
I	Current																		
J		JRC	JIC	JC	JR	JI	JRH	JRL	JRHL	JRT	JIT	JT	JY	JE					JZ
K	Power																		
L		KRC	KIC	KC	KR	KI	KRH	KRL	KRHL	KRT	KIT	KT	KY	KE					KZ
M	Overload																		
N		LRC	LIC	LC	LR	LI	LRH	LSL	LSHL	LRT	LIT	LT	LY	LE	LV	LG			LV
NO	User's Choice																		
P		PRC	PIC	PC	PR	PI	PRH	PSL	PSHL	PRT	PIT	PT	PY	PE	PP				PV
PO	Pressure																		
PD		PORC	POIC	POC	POR	POI	PORH	POS	POSH	PORT	POIT	POT	POY	PE	PP				PV
Q	Differential Quantity																		
QD		QRC	QIC	QC	QR	QI	QRH	QSL	QSHL	QRT	QIT	QT	QY	QE					QZ
R	Radiation																		
RS		RRC	RIC	RC	RR	RI	RRH	RSL	RSHL	RRT	RIT	RT	RY	RE		RW			RL
S	Speed																		
SD		SRC	SIC	SC	SR	SI	SRH	SSL	SSHL	SRT	SIT	ST	SY	SE					SL
T	Frequency																		
TD		TRC	TIC	TC	TR	TI	TRH	TSL	TSHL	TRT	TIT	TT	TY	TE	TP	TW			TL
U	Temperature																		
UD		UDRC	UDIC	UDC	UDR	UDI	UDRH	UDSL	UDSHL	UDRT	UDIT	TOT	UDY	UE	UP	TW			UL
V	Differential Multi-variable																		
VU		URC	URIC	URC	UR	UR							UY						UV
VU	Vibration Machinery																		
VUW		VRC	VRIC	VRIC	VR	VI	VRH	VSL	VRSH	VRT	VIT	VI	VY	VE					VZ
W	Analysis																		
WD		WRC	WIC	WC	WR	WI	WRH	WSL	WRSH	WRT	WIT	WT	WY	WE					WZ
X	Weight Force Differential																		
XW		WRC	WIC	WIC	WR	WDI	WRH	WDS	WRSH	WRT	WDI	WDI	WY	WE					WX
Y	Unassisted Event State Presence																		
YU		YRC	YIC	YC	YR	YI	YRH	YSL		YRT	YIT	YT	YY	YE					YZ
Z	Position Dimension																		
ZD		ZRC	ZIC	ZC	ZR	ZI	ZRH	ZSL	ZSHL	ZRT	ZIT	ZT	ZY	ZE					ZV
ZD	Coupling Deviation																		
ZDU		ZDRC	ZDIC	ZDC	ZDR	ZDI	ZDRH	ZDSL		ZDRT	ZDIT	ZDT	ZDY	ZDE					ZDV

Note: This table is not all inclusive.

* A alarm the actuating device may be used in the same fashion as S switch, the actuating device.

** The letters H and L may be omitted in the underlined case.

Other Possible Combinations:

FO (Restriction Orifice)
FRH, HIR (Control Surfaces)
FX (Accessories)
TJR (Scanning Recorder)
LLH (Pilot Light)

PFR (Ratio)
ROR (Running Time Indicator)
ODI (Indicating Counter)
HWK (Rate of Weight Loss Controller)
HMS (Hand Momentary Switch)

Como complemento de lo anteriormente indicado, se darán a continuación algunos conceptos como: la designación de los modos de control, la codificación para transductores o convertidores, así como algunos símbolos y la función de cada uno de ellos, grupos de abreviaturas con su significado, algunas variaciones en la identificación de circuitos de control y normas para identificación de las alarmas, con base a lo establecido en el código de la ISA, para poder efectuar la lectura en los diagramas de flujo.

1) Designación de funciones para relevadores

La tabla 3, explica los símbolos para designar funciones de procesamiento de señales, los cuales pueden usarse individualmente o combinados, pudiendo estar dentro de un rectángulo cerca del círculo del instrumento o dentro del círculo y en tal caso las letras se omiten o se muestran en la parte exterior del círculo.

TABLA 3

	SIMBOLOS	FUNCION
1	1-0 ó On-Off	Conecta, desconecta o interfiere uno o más circuitos
2	Σ	Adición o totalización
3	Δ	Diff. Sustracción.
4	\pm ó +(-)	Desviación o Polarización.
5	Avg.	Promedio
6	% ó 1:3 ó 2:1 (típica)	Ganancia o Atenuación (entrada-salida)
7	[X]	Multipliación
8	[/]	División
9	[$\sqrt{\quad}$] o SQ.RT.	Extractor de raíz cuadrada.
10	x^n ó $x^{1/n}$	Elevación a potencia n o 1/n.
11	f(x)	Caracterización
12	1 : 1	Amplificación (de volúmen de aire)
13	[>]	Selector de alta. Selecciona la más alta variable medida (no se refiere a menos que se indique)
14	[<]	Selector de baja. Selecciona la más baja variable medida (no se refiere a menos que se indique)
15	Rev.	Inversa
16	E/P ó P/I	Convertidor
17	\int	Integral
18	D ó d/dt	Derivativa o rate
19	1/D	Derivativa inversa

Algunos de los símbolos mostrados en la tabla 3, se usan ocasionalmente para describir la forma de controlar esta función (no recomendada por ISA).

La posición del círculo debe decir si es un revelador de cálculo o un controlador, pero las letras de identificación del circuito están en él o cerca de él, si hay cualquier duda. La codificación del modo de control es la siguiente:

MODO DE CONTROL.	DESIGNACION
Dos posiciones (On-Off)	I-0 ó On-Off
Dos posiciones con diferencial.	Δ I-0 ó On-Off
Proporcional	% ó P
Reajuste automático	f ó I
Derivativo	D ó d/dt
Acción directa	Dir.
Acción inversa	Rev.

También se usa una codificación especial para indicar las señales involucradas en función de conversión (refiriéndonos al punto 16 de la tabla 3) para transductores o convertidores, usando la designación que se indica a continuación:

Designación de Señales

Designación	Señal
E	Voltaje
H	Hidráulica
I	Corriente (eléctrica)
O	Electromagnético o Sónico
P	Neumático
R	Resistencia (eléctrica)
A	Analógica
D	Digital

La letra de la izquierda de la diagonal indica la señal de entrada y el de la derecha la señal de salida. De esta forma, en el ejemplo típico dado en la tabla (E/P), el instrumento convertidor recibe la señal de voltaje y da una señal de presión.

2) Abreviaturas estándar y otras letras de identificación para instrumentos.

En la primera parte de este anexo, se describe el sistema de identificación de instrumentos en el cual cada letra del alfabeto y su posición en el grupo de letras, indica la variable de proceso y la función del instrumento representadas en un círculo. La tabla 4 muestra otro grupo de abreviaturas para identificación de otros instrumentos. Estas pueden ser utilizadas en cualquier diagrama, pero raramente se usa en el círculo del instrumento.

Nótese que las abreviaturas usadas para describir las formas o modos de control están incluidas también en la lista general, así como abreviaturas que denotan el tipo de suministro de energía de alimentación a los instrumentos descrita anteriormente. En la tabla 4, se da más de un significado para una abreviatura, debiéndose juzgar cómo y en

dónde se usan las letras y su significado. Por ejemplo, (P) se usa con una diagonal (P/), en dónde (P) es una señal neumática y (P) solo cerca del controlador significa forma de control proporcional y (P) dentro de una caja de diamante significa "instrumento de purga o Flushing".

Las letras (C),(I) y (R) algunas veces aparecen dentro de una caja en forma de diamante, significan: montada en tablero, interlock lógico, complejo o indefinido y reposición para un actuador respectivamente aunque no están en la lista general de la ISA.

Las letras (Y) y (O), no están anotadas en la lista pero algunas veces se usan dentro del diamante para indicar que un interlock es efectivo si tiene todas las entradas o si existen una o más entradas.

Las letras (S) y (T) encerradas en un cuadrado representan Solenoide y Trampa y (M) dentro de un círculo es Motor. Las abreviaturas por falla de válvula (FC), (FI),(FL),(FO), usualmente aparecerán abajo del símbolo de la válvula.

ABREVIATURAS

A
Adapt.
AS
Avg
C
D
Diff.
Dir.
E
ES
FC
FI
FL
FO
GS
H
HS
I
M
Max
Min
NS
O
Opt
P

R
Rev
RTD
S
S.P.
Sq.Rt.
SS
T
WS
X

SIGNIFICADO

Señal Analógica
Modo de Control Adaptativo
Suministro de Aire
Promediador o promedio
Conexión a Tablero Principal o secundario
Modo de Control Derivativo o Señal Digital
Sustracción
Acción Directa
Señal de Voltaje.
Suministro Eléctrico
Cierre a Falla
Falla Indeterminada
Asegurado a Falla
Abre a Falla
Suministro de Gas
Señal Hidráulica
Suministro Hidráulico
Señal de Corriente, Sistema de protección o interlock
Motor o Actuador
Modo de Control Maximizado
Modo de Control Minimizado
Suministro de Nitrógeno
Señal Electrónica o Sónica.
Modo de Control Optimizado o Secundario
Señal Neumática, Modo de Control Proporcional
Dispositivo de Purga o Flushing.
Modo de Control con Reset
Acción Inversa
Detector de Temperatura Tipo Resistencia
Actuador Solenoide
Punto de Ajuste
Extractor de Raíz Cuadrada
Suministro de Vapor
Trampa
Suministro de Agua
Multiplicación

3) Definiciones de los componentes de los circuitos de control

Elemento Primario o Sensor. Es elemento sensor que detecta directamente los valores de la variable medida.

Interruptor. Dispositivo que conecta, desconecta o transfiere uno o más circuitos y no es designado como un controlador, un revelador o una válvula de control.

Transmisor. Dispositivo el cual responde a una variable medida por medio de un elemento sensor y convierte ésta, a una señal de transmisión estandarizada la cual es función solo de la variable de proceso.

Indicador. Instrumento de medición, cuya principal función es la de presentar visualmente en cualquier formato, el valor de la variable medida.

Registrador. Instrumento de medición cuya función es la de registrar permanentemente, en cualquier formato y en distintos medios, el valor de la variable medida. El registrador puede o no indicar visualmente el valor registrado.

Controlador. Realiza tres funciones básicas, detecta la variable controlada, la compara con el valor deseado y proporciona una señal de corrección

Estación de Control. Dispositivo que habilita a un operador para seleccionar una señal automática o manual a la entrada de un elemento de control. La señal automática es normalmente la salida del controlador la cual es una señal manual, operada por un mecanismo manualmente.

Luz Piloto. Luz que indica la existencia de alguna condición normal de un sistema o dispositivo.

Convertidor/Transductor. Término general para un dispositivo que recibe información en forma de una o más cantidades físicas, modifica la información y emite una señal de salida resultante.

Elemento de Control Final. Es aquella porción de los medios de control que cambia directamente el valor de la variable manipulada. Este puede ser una válvula de control, un amortiguador u otra forma de restrictor.

Válvula de Control. Elemento final de control, a través del cual un fluido pasa, que ajusta la magnitud del flujo de dicho fluido mediante cambio en el tamaño de su abertura y de acuerdo con la señal que recibe del controlador y así lograr la acción correctiva necesaria.

Actuador: Su propósito es el de suministrar la fuerza o energía necesaria para mover una válvula a través de todo su rango.

Revelador: Dispositivo que recibe información en forma de señales de uno o más instrumentos, modifica la información y emite una o más señales de salida.

Protocolo Hart : Es un lenguaje de comunicación entre el instrumento-instrumento y el sistema de control.

ANEXO 2

SIMBOLOGIA

Los símbolos se usan para identificar la posición de cada instrumento en los diagramas (de flujo de proceso, de tubería e instrumentación, funcionales de instrumentación, etc), los cuales se ilustran más adelante.

Los dibujos básicos de los símbolos requeridos, cuyo propósito es representar la instrumentación en los diagramas de flujo y otros dibujos, y cubren su aplicación en una amplia variedad de procesos. Se dan a continuación las siguientes notas con el objeto de que se usen los símbolos pertinentemente:

a) El círculo, que debe ser aproximadamente de 1:1 centímetros de diámetro, se emplea para localizar la posición de cada instrumento propiamente dicho, y algunas otras partes de la instrumentación. Se usa además como bandera para encerrar las identificaciones de cada uno de los instrumentos incluso las válvulas automáticas que tienen su propio símbolo. Solo en casos excepcionales, algunos instrumentos pueden tener su identificación escrita a un costado del símbolo y omitiendo el círculo.

b) Generalmente es innecesario repetir la identificación para el transmisor, válvula de control, elemento primario, etcétera, son nombrados de acuerdo con el instrumento principal al cual están conectados. Cuando algunos componentes de instrumentos van a estar presentados en alguna otra hoja o diagrama separado o bien esta a gran distancia, se agrega una nota a un costado del símbolo o bien por

medio de una línea cortada conectada al símbolo y la nota.

c) Si se considera necesario puede agregarse una pequeña nota junto al símbolo para aclarar la función o propósito de cualquier componente del circuito de medición o control, ya que una pequeña nota evita el aplicar o usar una variedad de símbolos complicados

A continuación se presenta la simbología usada en Diagramas Funcionales de instrumentos, la cual aplica al proyecto de referencia.

TESIS PROFESIONAL

JOSE T. BAN MIGUEL CHAVEZ

ESTANDARES
DE
INGENIERIA

I INSTRUMENTOS EN GENERAL

SIMBOLO

DESCRIPCION



INSTRUMENTO LOCALIZADO EN CAMPO



DESPLEGADO DE CONTROL, INDICACION, REGISTRO Y/O ALARMAS EN CONSOLA DEL OPERADOR (VIDEO)



TARJETAS DE FUNCION Y/O CONTROL EN AREA DE GABINETES.



FUNCION MATEMATICA QUE REALIZA EL SISTEMA PARA ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL.



INTERCONEXION A UN CIRCUITO LOGICO O SECUENCIA DE CONTROL.



INSTRUMENTO LOCALIZADO EN TABLERO LOCAL DE CONTROL.

II ELEMENTOS PRIMARIOS PARA MEDICION DE FLUJO



PLACA DE ORIFICIO.



TURBINA



MEDIDOR TIPO MASICO

III ELEMENTOS PRIMARIOS PARA MEDICION DE NIVEL



TRANSMISOR DE NIVEL TIPO PALPADOR

TITULO:

SIMBOLOGIA USADA EN DIAGRAMAS FUNCIONALES DE INSTRUMENTOS

HOJA 1 DE 5
A-EODC REV: 0

TESIS PROFESIONAL

JOSE T. SAN MIGUEL CHAVEZ

ESTANDARES
DE
INGENIERIA



TRANSMISOR DE NIVEL TIPO CELDA



INTERRUPTOR DE NIVEL TIPO DESPLAZADOR.

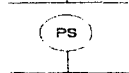


TRANSMISOR DE NIVEL TIPO DESPLAZADOR

IV ELEMENTOS PRIMARIOS PARA MEDICION DE PRESION



TRANSMISOR DE PRESION.



INTERRUPTOR DE PRESION.

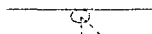


TRANSMISOR DE PRESION DIFERENCIAL.

V ELEMENTOS PRIMARIOS PARA MEDICION DE TEMPERATURA.



TERMOPOZO ROSCADO CON TERMOPAR SENCILLO.



TERMOPOZO ROSCADO CON TERMOPAR DOBLE.

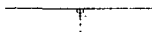
TITULO:

SIMBOLOGIA USADA EN DIAGRAMAS FUNCIONALES DE INSTRUMENTOS

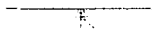
NUM 2 DE 5
A-EODC
SER 0

TESIS PROFESIONAL
JOSE T. SAN MIGUEL CHAVEZ

ESTANDARES
DE
INGENIERIA



TERMOPOZO BRIDADO CON TERMOPAR SENCILLO



TERMOPOZO BRIDADO CON TERMOPAR DOBLE

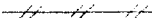
VI LINEAS.



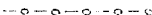
LINEA DE PROCESO



SEÑAL ELECTRICA.



SEÑAL NEUMATICA.



ENLACE DE COMUNICACION EN SOFTWARE.

VII SUMINISTRO DE ENERGIA.



SUMINISTRO ELECTRICO (CORRIENTE ALTERNA).



SUMINISTRO ELECTRICO (CORRIENTE DIRECTA).



SUMINISTRO DE AIRE.

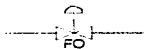
TITULO:

SIMBOLOGIA USADA EN DIAGRAMAS FUNCIONALES DE INSTRUMENTOS

HQM 3 DE 5

A-EODC REV: 0

VIII VALVULAS.



VALVULA DE CONTROL CON ACTUADOR DE DIAFRAGMA,
ABRE A FALLA DE AIRE



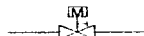
VALVULA DE CONTROL CON ACTUADOR DE DIAFRAGMA,
CIERRA A FALLA DE AIRE.



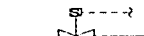
VALVULA DE CONTROL CON ACTUADOR DE DIAFRAGMA,
Y POSICIONADOR.



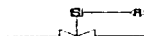
VALVULA DE CONTROL OPERADA POR PISTON.



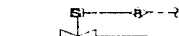
VALVULA OPERADA POR MOTOR ELECTRICO
CON VOLANTE



VALVULA DE TRES VIAS OPERADA POR SOLENOIDE,
AUTOMATICA.



VALVULA DE TRES VIAS OPERADA POR SOLENOIDE,
CON REAJUSTE MANUAL.



VALVULA DE TRES VIAS OPERADA POR SOLENOIDE,
CON REAJUSTE AUTOMATICO.

IX CONVERTIDORES



CONVERTIDOR DE CORRIENTE A PRESION.

X MISCELANEOS



LUZ DEL ESTADO DE INDICACION IL, EL, FAXL, PAXL

TITULO:

SIMBOLOGIA USADA EN DIAGRAMAS FUNCIONALES DE INSTRUMENTOS

PAG. 4 DE 5

A.E.O.C.C

25

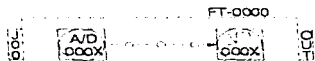
TESIS PROFESIONAL

JOSE T. SAN MIGUEL CHAVEZ

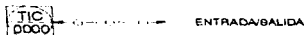
ESTANDARRES
DE
INGENIERIA



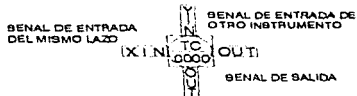
TARJETA ACONDICIONADORA DE SALIDA



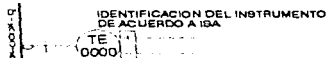
TARJETA ACONDICIONADORA DE ENTRADA



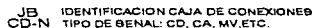
FUNCION EN CONSOLA DEL OPERADOR



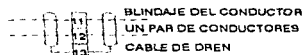
FUNCION EN TARJETA CONTROLADORA



CONEXION DE INSTRUMENTO EN CAMPO



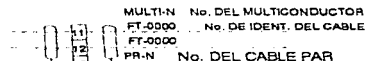
BLOQUE TERMINAL EN CAJA DE CONEXIONES



TABLILLA DE CONEXIONES EN CAJA DE PASO



TABLILLA DE CONEXIONES EN GABINETE MARSHALLING



IDENTIFICACION DEL CONDUCTOR

TITULO:

SIMBOLOGIA USADA EN DIAGRAMAS FUNCIONALES DE INSTRUMENTOS

HQA 5 DE 5
A-EGDC 427
0

ANEXO 3

GLOSARIO SOBRE SISTEMAS DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

Sistema de Procesamiento de la Información (SPI): Es un arreglo de dispositivos cuya función es la manipulación y ordenamiento de la información recibida de su entorno, a un fin de generar resultados congruentes, para ser utilizados por el elemento Humano en la toma de decisiones. Un sistema de procesamiento de la información consta de puertos de entrada y salida, de una Unidad Central de Procesamiento, de los medios de almacenamiento y de los canales de comunicaciones requeridos, como se muestra en el esquema básico de un SPI. Un SPI puede también comunicar los resultados generados a un sistema automatizado, a fin de que este modifique sus parámetros y busque obtener un mejor desempeño del proceso a que este asociado.

Evolución de los Sistemas de Procesamiento de la Información.

Los Sistemas de Procesamiento de la Información se han desarrollado en las etapas que se diferencian a continuación:

Primera Generación. Estos sistemas se construían en base a bulbos, y se caracterizaban por ser voluminosos y poco confiables, además de consumir grandes cantidades de energía y ser poco versátiles para su operación.

Segunda Generación. Construidos en base a transistores, se reducían considerablemente los problemas de volumen, consumo de potencia y confiabilidad,

pero seguían vigentes los problemas del alambrado complejo e intrincado. Se aumentaba su capacidad y velocidad

Tercera Generación. Con el desarrollo de los circuitos integrados, se redujeron los problemas de alambrado, se seguía aumentando la velocidad y capacidad, pero la electrónica seguía siendo “dedicada”, es decir, los circuitos se diseñaban para funciones muy específicas y era problemático el reasignamiento de funciones.

Cuarta Generación. El advenimiento de los microprocesadores, redujo sustancialmente el tamaño y consumo de energía de los SPI, aumento de la velocidad y capacidad, de tal manera que permitió construir los sistemas personales, pero el avance más significativo estriba en el hecho que los microprocesadores se caracterizan por ser de aplicación general (o inteligente) y no dedicada, lo que redujo la variedad de circuitos utilizados y por ende su complejidad, ya que un solo microprocesador podía tomar varias asignaciones con sólo programarlos.

Quinta Generación. En esta etapa los avances más importantes no se refieren a la circuitería, sino a la estrategia de procesamiento lógico de la información, ya que en esta generación se utilizaban patrones de razonamiento como los seres vivos, por lo que se conoce a esta nueva estrategia como “inteligencia artificial”.

Conceptos generales de los Sistemas de Procesamiento de la Información. Todos los SPI's utilizan los mismos conceptos básicos, los que se refieren en los mismos términos, de los cuales se indican a continuación los más importantes:

Datos. Son representaciones numéricas o gramáticas, con formato predefinido, de eventos o magnitudes que ocurren externamente al SPI y son alimentadas a los puertos de entrada de éste.

Información. Son datos que han sido validados y adecuados para poder ser procesados por los SPI. El proceso de validación y adecuación de los datos, normalmente se realiza en los puertos de entrada de los SPI.

Resultados. Son el producto del procesamiento de la información. Estos resultados son a su vez información con un formato predeterminado. Dicho formato pueden ser reportes, balance, índices, listados, gráficos, señales moduladas, etc.

Bit. Término derivado de las palabras en inglés Binary digit, o dígito binario. Un bit equivale a una unidad de información, en un sistema numérico con solo dos estados, representativos de eventos que se manifiestan como complementarios, como en los casos de los estados Si-No, Alto-Bajo, 1-0, etc.

Byte. Conjunto de ocho bits, los que son tratados como una entidad. Adicionalmente a los ocho bits del byte, se le suele añadir un bit más (noveno), para realizar las funciones de verificación de paridad. Normalmente un Byte representa un carácter alfabético o numérico, o bien representa una instrucción o dirección.

Palabra. Son un grupo de bits que son tratados como una entidad, por un Sistema de Procesamiento de la Información. Mientras mayor sea el número de bits en una palabra, mayor capacidad de procesamiento y de direccionamiento tendrá el SPI. Las longitudes de palabras más comunes son 4,8,16 y 32 bits. Pudiendo existir palabras hasta de 64 bits, en alguna computadora del tipo "Mainframe".

Velocidad de Sincronía o de Reloj. Define la frecuencia a la que opera un SPI, y es la misma a la que se transfieren las palabras y los bits internamente a través de secuencias lógicas. Mientras mayor sea esta velocidad, mayor es la capacidad de procesamiento del sistema.

Elemento de Programación de los Sistemas de Procesamientos de la información (Software). Refieren a los lenguajes, programas, protocolos y procedimientos requeridos para la configuración, operación y mantenimiento de los SPI's. A continuación se definen los conceptos básicos englobados por este término:

Archivo. Es un conjunto de juegos de datos, interrelacionados entre sí y con estructura uniformizada, que contienen información sobre formatos, textos, magnitudes, vectores, instrucciones, procedimientos o protocolos, que en su conjunto son tratados como una sola entidad.

Bases de Datos. Son un conjunto sistematizado y organizado de datos, los cuales se interrelacionan de cierta forma. La finalidad de una base de datos es la de permitir un manejo más eficiente de estos datos.

Programa. Juego de instrucciones dispuestas en secuencia adecuada para conducir a una computadora digital a realizar la operación, u operaciones deseadas.

Lenguaje. Conjunto definido de caracteres que sirven para formar símbolos, palabras, etc., así como las reglas para combinar estos caracteres componiendo comunicaciones significativas, p.e. FORTRAN, COBOL, C, ALGOL, etc.

Sistema Operativo. Colección integrada de rutina de servicio para supervisar el secuenciamiento y procesamiento de programación por parte de la computadora.

Ambiente. Entorno operativo que se integra con el Sistema operativo en el cual cada aplicación activa se visualiza en una pantalla movable y redimensionable, a fin de facilitar el uso los recursos de las computadoras p.e. WINDOWS, X-WINDOWS. En el caso del Windows NT desde su concepción, el ambiente y el Sistema Operativo se encuentran integrados en un solo paquete.

Paquete. Conjunto de programas de computadoras que se utilizan en una aplicación particular, tal como paquetes de nóminas/personal, paquetes de subrutinas científicas, etc. En la actualidad se han desarrollado paquetes de aplicación más generalizadas con diferentes enfoques que facilitan el manejo de los recursos de las computadoras, tales como editores de texto, editores de gráficos y de dibujos, manejadores de bases de datos, hojas de cálculo, agendas, etc.

Constituyentes físicos de los Sistemas de Procesamiento de la información (Hardware). Refiere a los sistemas, dispositivos y accesorios requeridos por los SPI's para su programación, operación y mantenimiento. Los principales constituyentes físicos de los SPI son los sig:

Unidad Central de Procesamiento (Central Process Unit, CPU). Es el dispositivo de los SPI que realiza las funciones de manipulación y ordenamiento de la información que recibe, con una finalidad predeterminada. El CPU a su vez se constituye de una Unidad Aritmetico-Lógica (ALU), de una Unidad de Control y de la memoria de trabajo necesario para realizar sus funciones.

Sistemas de Comunicaciones. Son los medios físicos por los cuales la información es transmitida internamente o externamente al SPI. Se diferencia tres tipos de Canales de Comunicación: de Control, de Direccionamiento y de Datos o información.

Canales de Comunicaciones. Son los medios físicos por los cuales la información es transmitida internamente o externamente al SPI. Se diferencian tres tipos de Canales de Comunicación: de Control, de Direccionamiento y de Datos o información.

Puertos de Entrada. Constituyen los medios físicos e informáticos, por los cuales los datos recibidos del entorno, de acuerdo con cada caso en específico, son validados en rango, demodulados, multiplexados o en caso digitalizados para poder ser utilizados por los SPI.

Puertos de Salida. Constituyen los medios físicos e informáticos por los cuales los resultados obtenidos por los SPI, de acuerdo con cada caso en específico, son demultiplexados, modulados o adecuados en rango para ser interpretados por dispositivos exteriores a este SPI.

Periféricos. Engloba a todos los dispositivos que envían información a los SPI's o interpretan los resultados de los SPI y los presentan de forma consistente para el SPI, para el elemento humano o para otro dispositivo externo al SPI. Los periféricos pueden ser impresoras, video copiadoras, teclados, controladores del cursor, monitores, memorias removibles, etc. A los periféricos también se les conoce como interfases Hombre-Máquina.

Memorias. Representan los medios físicos e informáticos por los cuales se almacena temporalmente o permanentemente, información para ser usada por los SPI, o bien,

resultados generados por estos sistemas. Existen varios tipos de memorias, las que se clasifican de diferentes maneras tales como permanentes o no permanentes, fijas o removibles, magnéticas, ópticas, etc.

Niveles de los Sistemas de Procesamiento de la información:

Computadoras (Mainframes). Se refiere a los ordenadores grandes en tamaño, potencia y velocidad de ejecución. Su estructura es la misma de un ordenador más reducido (CPU, memoria principal y periféricos de entrada/salida), pero la diferencia estriba en la potencialidad de estos elementos cuya propiedad importante es que trabajan en modo multiusuario, siendo útiles en la implantación de redes de computadores.

Minicomputadoras. Computador a mediana escala que funciona como una sola estación, o como el sistema multiusuario de hasta varios cientos de terminales. En la actualidad, el término "rango medio" se está haciendo popular para computadores de tamaño medio. Los microcomputadores a gran escala y los mainframe a pequeña escala tiene una relación directa en cuanto a precio y desempeño de los minicomputadores. Por lo general suele tratarse de un sistema binario en paralelo que utiliza una longitud de palabra de 8, 12, 16, 18, 24 o 36 bits que lleva incorporada una memoria de núcleos magnéticos o de semiconductor, que ofrece desde palabras de 4K a palabras de 64K de almacenamiento y una duración de ciclo operativo de 0.2 a 8 microsegundos o un tiempo inferior.

Microcomputadoras. Se refiere a un sistema completo de cómputo de pequeñas dimensiones, constituido por elemento de hardware y software y cuyos bloques de procesamiento principales están constituidos por circuitos integrados de

semiconductores. La diferencia con una minicomputadora estriba en el precio, tamaño, velocidad de procesamiento y potencia de cálculo. El hardware de estas microcomputadoras está constituido por unidad de microprocesamiento (MPU), almacenamiento de ROM y de RAM para programas y datos; circuitos de reloj, interfaces de entrada/salida, controladores, registros, selectores y circuitos de control tal como se puede apreciar en el diagrama a bloques de un microprocesador. Las fuentes de alimentación, las consolas de control y el armario están separados. Las ventajas de su pequeño tamaño, poco peso, pequeña potencia y de su alta fiabilidad se añaden a la capacidad para modificar y fomentar con facilidad, las funciones de sistema de microcomputadora mediante cambios en el software. Muchos sistemas de 16 bits y de 32 bits pueden sustituir a computadoras de unidad central.

Microprocesador. Es la unidad central de procesamiento (CPU) de semiconductor y uno de los componentes principales de la microcomputadora. Los elementos del microprocesador suelen estar contenidos en un solo chip o dentro de la misma cápsula, pero a veces están distribuidos en varios chips independientes. En una microcomputadora con un juego de instrucciones fijas, el microprocesador está constituido por la unidad aritmético-lógica y la unidad lógica de control. En una microcomputadora con un juego de instrucciones microprogramadas, el microprocesador contiene una unidad de memoria de control suplementaria.

Supercomputadoras: El computador más veloz disponible. Se utiliza generalmente para simulaciones en la exploración y producción petrolera, análisis estructural, dinámica computacional de fluidos, física y química, diseño electrónico, investigación de energía nuclear y meteorología. Se emplea también para gráficas animadas en tiempo real. Dentro de las características principales que se pueden mencionar se incluyen: contiene

300 mil circuitos con una duración del ciclo de trabajo de un nanosegundo, incluye una memoria caché de 256K bytes con un acceso de dos nanosegundos y con una memoria principal de 64 Megabytes con un acceso de 7 nanosegundos.

ANEXO 4

GLOSARIO SOBRE CONTROL AUTOMÁTICO

Control. Acción o conjunto de acciones, que busca(n) conformar una magnitud variable, o conjunto de magnitudes variables, en un patrón predeterminado.

Circuito de Control. Arreglo de dispositivos cuya finalidad es la de mantener un proceso dado, dentro de un patrón de comportamiento predeterminado. Un circuito de control típicamente consta de un elemento primario de medición o sensor; un elemento secundario o transmisor; un elemento de decisión y acción o controlador; uno o varios elementos finales de control y los dispositivos necesarios para acoplar señales.

Circuito de Control Abierto. Es un circuito de control en el que el elemento de decisión y acción lo constituye el elemento humano.

Circuito de Control Cerrado. Es un circuito de control en el que el elemento de decisión y acción es un dispositivo de funcionamiento automático.

Magnitudes de Control

Variables Controladas. Son las magnitudes objeto del control; normalmente son las variables que se miden. Estas variables se denotan como Variable Controlada ($c(t)$), como Variable de Proceso (PV), como Medición (Meas), etc.

Variables Manipuladas. Sobre estas magnitudes se efectúan las acciones de control. La variable manipulada puede o no ser la misma que la Variable Controlada. Esta magnitud

se denota como Variable Manipulada ($m(t)$), como Salida de Control (out,OP),etc..

Variable de Referencia. Representan el patrón sobre el cual se desea fijar el resultado de las acciones de control. Cuando las magnitudes de referencia son funciones variables con respecto al tiempo, se denotan como $R(t)$. Cuando estas variables tienen un valor relativamente constante, con respecto al tiempo, se les conoce como punto de ajuste o valor consigna (SP o PA).

Variable de Disturbio. Estas magnitudes son la razón de la aplicación de las técnicas de control sobre los procesos, ya que si no estuvieran presentes, no habría ningún cambio en las otras variables. Estas magnitudes también son conocidas como ruido, si el ruido es de patrón definido, se le conoce como ruido rosa; si el ruido no representa un patrón definido, se le conoce como ruido blanco. A las variables de disturbio se les denota como $D(t)$.

Teorías del Control Automático

Teoría del Control Automático. Son modelos matemáticos que interrelacionan el comportamiento de las variables controladas de un proceso, referidas a la naturaleza de éste y a los disturbios que lo afectan, buscando lograr su estabilidad y desempeño óptimo.

Existen varios enfoques para definir estas interrelaciones, así como existen varios tipos de modelos cuya complejidad dependerá del objetivo que se persiga con la modelación. Las principales corrientes se definen en la Teoría Clásica del Control Automático y en la Teoría Moderna del Control Automático.

Teoría Clásica del Control Automático. Esta teoría fue la primera en ser desarrollada, a partir de los trabajos que James Watt realizara en el siglo pasado para el control de turbinas de vapor mediante gobernadores de bolas.

En este enfoque solo se consideran modelos con una Entrada-una Salida o SISO (del inglés Single Input-Single Output), que ocurren en el dominio de la frecuencia compleja.

Estas restricciones solo permiten que se manejen procesos invariables en el tiempo, relativamente lineales y con tiempos muertos moderados, lo que en general aplica para aproximadamente de 95% de los casos de control que se presentan en aplicaciones industriales.

Su expresión matemática se conoce como ecuación de control PID, esto es, la ecuación define el comportamiento de un sistema de control con tres modos que son el Proporcional, el Integral y el Derivativo, los que se conjuntan en la siguiente ecuación:

$$(1) \quad m(t) = K_c \cdot e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) \cdot dt + T_o \cdot de(t)/dt + M_o \quad \text{donde:}$$

$m(t)$	es la variable manipulada
$e(t)$	es el error y a su vez es igual a $R(t) - c(t)$
$c(t)$	es la variable controlada
K_c	es la ganancia del controlador
T_i	es el tiempo de Integral
T_o	es el tiempo de Derivada
M_o	es la constante de polarización del controlador (normalmente 50%)

El procesamiento de la ecuación (1) requiere poca capacidad de cálculo, pero el ajuste de esta ecuación solo puede realizarse con métodos heurísticos o de caracterización-entonamiento, los que si requieren una capacidad de cálculo considerable, aunque normalmente no proporcionan ajustes óptimos.

Teoría Moderna del Control Automático. A partir de los trabajos realizados por Wiener en la Segunda Guerra Mundial, se comenzó a desarrollar la Teoría Moderna del Control Automático, basada en la notación de estado, que se utilizaba con anterioridad en el estudio de la Mecánica Dinámica.

La notación de espacios de estado es una manera conveniente de representar sistemas de ecuaciones diferenciales de orden "n" (acopladas o no acopladas), de tal forma que sean expresadas como ecuaciones de vectores-matrices. Esto permite que los sistemas dinámicos puedan ser manipulados, transformados y estudiados mediante procedimientos sencillos de álgebra lineal.

Este enfoque permitió que se mejorara el desempeño de los Modelos Matemáticos, lo que permitió que se puedan manejar modelos de Entradas Múltiples-Salidas Múltiples o MIMO (del inglés Multiple Input-Multiple Output), que se manifiestan en el dominio del tiempo.

Este modelo permite que se manejen procesos variables en el tiempo, con fuentes no linealidades y con cualquier tiempo muerto, por lo que en general aplica a casos de control que no se pueden manejar satisfactoriamente con la ecuación PID.

La ecuación de Estado de Control Automático, es la siguiente:

$$(2) \begin{cases} \dot{x}(t) = A * x(t) - B * u(t) \end{cases}$$

$$y(t) = C * x(t)$$

donde:

- $x(t)$ es el vector de las variables de estado (de magnitud $n \times 1$)
- $u(t)$ es el vector de las variables manipuladas (de magnitud $m \times 1$)
- $y(t)$ es el vector de las variables de salida (de magnitud $j \times 1$)
- A es la matriz de parámetros de estado (de magnitud $n \times n$)
- B es la matriz de parámetros de entrada (de magnitud $m \times n$)
- C es la matriz de parámetros de salida (de magnitud $j \times n$)

Con la finalidad de tener una analogía con otras cantidades o parámetros, se puede establecer lo siguiente:

- $x(t)$ se puede interpretar como la salida de los integradores o elementos de retraso, en un diagrama de bloques o de señales del proceso; este vector es de orden consistente con el orden del proceso dinámico.
- $u(t)$ es la lista de cosas que se pueden ver o medir del proceso dinámico
- $y(t)$ es la lista de variables que son usadas para controlar o que alteran el proceso dinámico

El procesamiento de las ecuaciones (2) requieren una gran capacidad de cálculo, pero el ajuste de esta ecuación se realiza con métodos más directos, los que normalmente proporcionan ajustes óptimos.

Se puede considerar que la Teoría Moderna del Control Automático es de carácter general, ya que la Teoría Clásica del Control Automático es un caso particular de ésta.

Esquemas de Control

Control Lógico. La naturaleza de las Variables Controladas, en este esquema es de carácter booleano o discreto, esto es solo presentan dos estados; existencia o no existencia, 1 ó 0, Sí ó No. La finalidad de este esquema de control es la de conformar los estados de una serie de variables booleanas con respecto a patrones o combinaciones de referencia predefinidos. Los patrones predefinidos buscan el cambio ordenado de las condiciones de operación, la detección y manejo de condiciones anormales y en caso crítico el paro ordenado de los procesos.

Control Regulatorio. En este esquema de control la variable controlada, de naturaleza continua, busca igualar a la variable de referencia $R(t)$, la que normalmente es de naturaleza constante o poco variante con respecto al tiempo, esto mediante la modificación de la variable manipulada $m(t)$. La ecuación que define a este esquema de control es la ecuación PID, así como combinaciones sencillas de circuitos de control. El principal objetivo de este tipo de control la estabilización de los procesos.

Control Avanzado de Procesos. El objetivo de este tipo de control es aumentar la controlabilidad de los procesos, esto es, la habilidad de los circuitos de control de

manejar condiciones cambiantes en rangos cada vez más amplios, lo que en algunos casos se logra mediante la aplicación de técnicas relativas a la Teoría Moderna del Control Automático.

Del Control Avanzado de Procesos, se diferencian tres niveles los que se caracterizan por su grado de complejidad matemática, los que son:

i. Control Avanzado de Bajo Nivel. Se caracteriza por utilizar recursos sencillos de procesamiento y compensación de señales y circuitos prealimentados.

ii Control Avanzado de Medio Nivel. Utiliza técnicas más complejas para el control, requerido normalmente para su procesamiento de dispositivos auxiliares de cálculo, los ejemplos más comunes de este tipo de técnicas son las siguientes:

- *Control Adaptivo
- *Autoentonamiento
- *Lógica Difusa
- *Control por Restricciones
- *Control Predictivo
- *Modelación Estática de los Procesos
- *Control Estadístico de Calidad
- *Control Multivariable/Desacopladores
- *Sistemas Expertos

iii. **Control Avanzado de Alto Nivel.** En este nivel se consideran los métodos más avanzados del control, los que para su aplicación requieren de una labor muy especializada, necesitándose el uso de procesadores de muy alta capacidad, que generalmente son minicomputadores del tipo VAX o similares. En esta clasificación se tienen a las siguientes estrategias:

- *Control Multivariable Predictivo
- *Sistemas Neurales
- *Integración a Gran Escala

Control de Optimización. Mientras que los objetivos del Control Regulatorio Convencional y del Control Avanzado de Procesos, son de carácter preponderantemente operativos (aunque con inherentes beneficios económicos), el objetivo del Control de Optimización es el de aumentar la productividad de los procesos, lo que solo se puede realizar después de haber aplicado los dos esquemas anteriores.

El tipo de modelos que se utilizan en este esquema requieren una capacidad de procesamiento muy grande, y en algunos casos información actualizada de costos de insumo, de productos y así como de políticas corporativas, ya que estos modelos hacen interactuar aspectos técnicos y económicos. Las estrategias que se clasifican dentro de este esquema son las siguientes:

- *Modelación Dinámica de Procesos
- *Modelación Económica
- *Control de Inventarios
- *Programación de la Producción
- *Rutinas de Mantenimiento
- *Control de Calidad
- *Asignación de Recursos

Control Secuencial. En este esquema de control, las variables controladas también son de naturaleza booleana, la finalidad de este tipo de control es el de permitir la ocurrencia ordenada, de determinados eventos en un orden preestablecido. En este tipo de control también se realizan acciones de control lógico, por lo que es común que se relacionen estos dos últimos esquemas de control como Control Lógico/Secuencial.

Control Servo de Seguimiento. Similarmente al Control Regulatorio, la Variable Controlada de naturaleza continua, busca seguir y en su oportunidad igualar a la Variable de Referencia $R(t)$, la que en este caso es una función variante con respecto al tiempo.

ANEXO 5

GLOSARIO SOBRE SISTEMAS DE CONTROL DIGITAL

Sistema Digital. Sistema de procesamiento de la información, que basa su operación en el manejo de magnitudes digitales.

Sistema de Control Digital. Este término define a un sistema cuyo principal objetivo es la supervisión y el control en tiempo real, de las condiciones de operación de un proceso industrial, basando su operación en las teorías del control automático y utilizando un sistema de procesamiento de la información como estructura básica.

Tipo de Variables. A diferencia de los sistemas de procesamiento de la información utilizados en aplicaciones administrativas, los sistemas de control digital manejan una gama más amplia de magnitudes, en este caso variables en el tiempo y las que pueden ser transmitidas por señales de naturaleza analógica o digital.

Señales Analógicas. Representan variables continuas, cambiantes en el tiempo, en las que un valor de entrada en la curva de comportamiento de estas variables, corresponde a un solo valor de salida. De acuerdo con el origen de la señal se tienen los siguientes casos:

Señales Analógicas de Entrada. Son señales variables que transmiten información analógica de la instrumentación de campo hacia el sistema de control digital. La naturaleza de estas señales depende del principio de operación de los instrumentos en campo o del tipo de transmisor que se utilice. Estas señales pueden ser de dos tipos.

De Alto Nivel (High Level Analog Input, HLAI). Con rangos de 4-20 mA o de 1-5V más comúnmente.

De Bajo Nivel (Low Level Analog Input, LLAI). Con rangos de mV para termopares o con rangos de variación de resistencia para RTD's.

Señales Analógicas de Salida (Analog Output, AO). Son señales variables que transmiten información analógica del sistema de control digital hacia la instrumentación de campo. En este caso, el rango que se utiliza exclusivamente es del de 4-20 mA.

Señales Digitales. Representan variables discontinuas que representan normalmente dos estados discretos o binarios (tales como 0-1, SI-NO, Existe-No existe, etc.), cambiantes en el tiempo en las que un valor de entrada en la curva de comportamiento de estas variables, corresponde a un solo valor de salida. De acuerdo con el origen de la señal se tienen los siguientes casos:

Señales Digitales de Entrada (DI). Son señales variables que transmiten información digital de la instrumentación de campo hacia el sistema de control digital. La naturaleza de estas señales normalmente es 0-24VCD ó 0-120 VCA, así mismo estas señales pueden ser energizadas por el SCD (secas) o energizadas externamente al SCD (húmedas).

Señales de Salida (DO). Son señales variables que transmiten información digital del sistema de control digital hacia la instrumentación de campo. La naturaleza de estas señales pueden ser energizadas por el SCD (secas) o energizadas externamente al SCD (húmedas).

Señales Protocolizadas. Representan variables continuas o discontinuas, cambiantes en el tiempo, pudiendo ser analógicas o digitales. Estas señales pueden enviar o recibir información de o en el sistema de control digital y su naturaleza es un código digital o analógico/digital tales como el HART (Highway Addressable Remote Transducer) o el DE (Digital Enhanced). La ventaja de estas señales es el poder transmitir información adicional a la variable de proceso, tal como son rangos, calibraciones, compensaciones.

Esquemas de los Sistemas de Control Digital. De acuerdo con la funcionalidad esperada del sistema de control digital, se estructura, su arquitectura y topología para lograr dicha funcionalidad, algunos esquemas pueden ser complementarios, mientras que otros son sustituidos. Estos esquemas son los siguientes:

Sistemas de Adquisición de Datos (SAD). En este esquema solo se recopila información de las variables del proceso o de otro sistema de control asociado, para ser procesada de acuerdo con los algoritmos o modelos necesarios y de esta forma obtener información estadística del comportamiento del proceso o del sistema de control asociado, tales como desplegados gráficos, sumarios, balances, índices, reportes, etc. En este esquema, no se ejerce ninguna acción directa sobre el proceso.

Sistema de Control Supervisorio (SCS). Este tipo de sistemas ya ejercen acción sobre los sistemas de control asociados, principalmente a través de la modificación de los puntos de ajuste de los controladores, de acuerdo con los algoritmos o modelos con que se haya dotado al SPI. Los SCS son muy similares a los SAD en su estructura, con la salvedad que ahora existe transmisión de información desde el SPI. Este esquema es el utilizado en Control Avanzado de Procesos (CAP).

Sistema de Control Digital Directo (SCDD). En este esquema los SPI adquieren la función del procesamiento en tiempo real de los algoritmos de control PID, además de las funciones de adquisición de datos antes descritas. Durante el periodo en que fueron aplicados los SCDD (en la década de los 60's), la confiabilidad y capacidad de los SPI's que entonces se basaban en "Mainframes", era muy pobre, aunado a que su costo era muy alto implicó que su utilización fuera muy limitada.

Cuando se requería una alta confiabilidad, se necesitaba incluir redundancias en los sistemas, lo que incrementaba aún más los costos y el trabajo de mantenimiento. Los SCDD dejaron de utilizarse como tales, incluyéndose este concepto en los sistemas de control distribuido con distribución funcional únicamente.

Sistemas de Control Distribuido (SCD). El concepto que revolucionó la aplicación de los sistemas de control digital, fue el desarrollo de los microprocesadores, que permitieron la distribución de las funciones de los sistemas en varios procesadores independientes interconectados en red, con una mayor capacidad y confiabilidad y con menores costos de adquisición. El desarrollo de los SCD's implicó el desarrollo de los sistemas operativos distribuidos que permitieron a la red de procesadores compartir y modificar la información global del SCD sin conflictos ni pérdida de información.

Dentro de los esquemas de los SCD's se puede tener centralizados a los procesadores en un mismo recinto, distribuyéndose únicamente las funciones de estos, razón por la cual se le conoce a este esquema como "Distribución Funcional". En el caso de que solo se tuviera un procesador en el SCD, se podría considerar que se cumple con el esquema del sistema de control digital directo, sin embargo la confiabilidad, capacidad y funcionalidad ahora obtenida es mucho mayor, siendo el costo comparativo más bajo.

Quando los procesadores se distribuyen geográficamente en el área de la planta, se tiene el esquema de "Distribución Geográfica y Funcional", reduciéndose de esta manera las distancias requeridas para el cableado del SCD, reduciéndose a su vez significativamente los gastos para la instalación eléctrica. Sin embargo, existen problemas en las rutinas de mantenimiento de los SCD's con este esquema, ya que no es factible abrir los gabinetes de los SCD's estando energizados éstos, en las zonas con clasificación eléctrica riesgosa debido al peligro de incendio o explosiones, a este problema seria la instalación de los gabinetes dentro de cabinas con presión positiva, lo que incrementa significativamente el costo de instalación de los SCD's.

BIBLIOGRAFIA

1 Instrument Engineers Handbook

Tomo I

C E Gayler

B.G Liptak

2 Ingeniería de Control Automático

(Instrumentación Industrial)

Tomo I y Tomo II

Ing. Químico Jose Nacif Narchi

**Catedrático de Instrumentación Industrial y Diseño de Plantas Industriales en el
Instituto Politécnico Nacional, E.S.J.Q.I.E.**

Primera Edición

De La Ilustración, S.A.

3. Lange's Handbook of Chemistry

Editor - John A. Dean

Thirteenth Edition.

Mc. Graw - Hill Book Company

4. Petroleum Refinery Engineering

Nelson, W.L.

5. Introducción a la Tecnología del Control Digital

Instituto Mexicano del Petróleo, 1987

6. Instrumentación Industrial

Antonio Creus

7. Ingeniería de Proyectos para Plantas de Procesos.

H.F. Rase y

M.H. Barrow.

8. From Hydrocarbons to Petrochemical

Lewis F. Hatch

Sami Matar.

9. Instrumentación Electrónica Moderna y

Técnicas de Medición.

William D. Cooper

Albert D. Helfrick

10. Perry R.H. & Green D.

Perry's Chemical Engineers' Handbook

Mc.Graw Hill, Ga. Ed.

U.S.A., 1989

11. Peters M.S. & Timmerhaus K.D.

Plant Design and Economic for chemical Engineers

Mc.Graw Hill. 3a. Ed.

Singapore, 1981.

6. Instrumentación Industrial

Antonio Creus

7. Ingeniería de Proyectos para Plantas de Procesos.

H. F. Rase y

M. H. Barrow

8. From Hydrocarbons to Petrochemical

Lewis F. Hatch

Sami Matar.

9. Instrumentación Electronica Moderna y

Técnicas de Medición.

William D. Cooper

Albert D. Helfrick

10. Perry R. H. & Green D.

Perry's Chemical Engineers' Handbook

Mc.Graw Hill, Ga. Ed.

U.S.A., 1989

11. Peters M. S. & Timmerhaus K. D.

Plant Design and Economic for chemical Engineers

Mc.Graw Hill. 3a. Ed.

Singapore, 1981.

12. Flujo de Fluidos

Crane

Richard W. Greene

Mc. Graw - Hill

13. Quimica Organica Industrial

Klaus Weissermel

Hans-Jürgen Arpe

Edit Reberté

14. Procesos de Transferencia de Calor

Donal Q. Kern

Editorial Continental

15. Instrumentation Symbols and Identification

Data American National Standar

Instrument Society of America

16. Specification & Technical Data

Honeywell

TDC 3000

Salamanca Diesel Blending

17. I/A Series Blending Systems

Blend Management System

Foxboro

18 Tecnologías de Procesos
Instituto Mexicano del Petróleo

19 Tesis

"Diseño y desarrollo de un Sistema de Adquisición de datos para el Sistema de Control Distribuido de la C.T.E. de dos bocas, Veracruz.
Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Aragón".

20 Tesis

"Estudio Técnico-económico de una empresa distribuidora de blanqueador (NaClO).
Universidad Nacional Autónoma de México
"Facultad de Química"
Miguel Angel Juárez López
Rosaura Sanchez Araaaju

21 Tesis

Evaluación de Procesos y Desarrollo de la Ingeniería Básica para una planta Productora de etanol. por fermentación.
Carlos César Torres Zárate
Omar Manuel Santamaria Pérez

22. Instrumentación y Control Industrial

Curso I

ISA In

Ing. José Antonio Neri Olvera
Instituto Mexicano del Petróleo

23 Especificaciones Generales para un Sistema Digital de Control

Distribuido y Adquisición de Datos

Planta Fraccionadora de Hidrocarburos

Bahía Blanca, Neuquén, Argentina.

Enron Argentina S A

24 Controladores Lógicos Programables

Sociedad de Instrumentistas de América.

25 Tendencias Tecnológicas de los Sistemas de Control Distribuido

y sus Especificación.

Sociedad de Instrumentistas de América.

José Luis Pérez Navarro

Daniel Medrano Villagrán

Mario A. Lázaro De La Cruz.

OTRAS REFERENCIAS

Ingeniería Básica y de Detalle del Proyecto del Sistema de Control de Mezclado en Línea, ubicado en Samalanca Gto..Bases de diseño,Desarrollo del Proyecto.

Recopilación de información en la "EXPO-Control ISA 97".

"La Integración de Sistemas una alternativa viable de soluciones".