



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

SISTEMAS DE CONTROL PARA UN
CALENTADOR A FUEGO DIRECTO EN
EL PROCESAMIENTO DE CRUDO
REDUCIDO.

200

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a :

EUNICE GOMEZ SALAS



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.

Tesis

LAS _____

FECHA 1976 203

PROC. MT. A



QUIMICA

A MIS PADRES
CON CARIÑO.

A MIS DOS AMORES
ROBERTO Y GABRIELA

A MIS QUERIDOS
HERMANOS.

JURADO ASIGNADO:

Presidente	PROF. OCTAVIO FIGUEROA ARECHAVALETA
Vocal	PROF. ROBERTO ANDRADE CRUZ
Secretario	PROF. JAVIER DE LA VEGA ANDERE
1er. Suplente	PROF. CUTBERTO RAMIREZ CASTILLO
2o. Suplente	PROF. GILBERTO ACOSTA RUIZ

Tema desarrollado en: FACULTAD DE QUIMICA

S u s t e n t a n t e: EUNICE GOMEZ SALAS

Asesor del tema:

ING. QUIM. JAVIER DE LA VEGA ANDERE

Supervisor del tema:

ING. QUIM. ROBERTO HERNANDEZ ACEITUNO

C O N T E N I D O

	PAG.
I. INTRODUCCION	5
II. DESCRIPCION DEL PROCESO	8
II.1 Generalidades	9
II.2 Sección Atmosférica	9
II.3 Sección de Vacío	10
II.4 Calentador de Crudo Reducido	11
III. ANALISIS DE LA DINAMICA DEL PROCESO	13
III.1 Generalidades	15
III.2 Variables que afectan al Proceso	15
IV. CONTROL DEL PROCESO	18
IV.1 Funciones primarias de un Sistema de Control	19
IV.2 Temperatura de salida del Crudo Reducido	20
IV.2.A Sistema de Control en Cascada	21
IV.2.B Sistema de Control Predictivo	39
IV.3 Alimentación del Crudo Reducido al horno	42
IV.4 Comportamiento del Crudo Reducido en las zonas de convección y radiación	45
IV.5 Salida del Crudo Reducido del horno	46
IV.6 Vapor de agua a sobrecalentar	46
V. CONTROL DE COMBUSTION	52
V.1 Quemadores	53
V.2 Aire requerido para la combustión	56

	PAG.
V.3 Alimentación a Quemadores Pilotos	59
V.4 Alimentación a Quemadores Principales	60
V.4.A Control de combustión usando combustible.	60
V.4.B Control de combustión usando aceite - combustible.	62
V.4.C Control de combustión usando multicom- bustible.	66
VI. TECNICAS AVANZADAS DE CONTROL	70
VI.1 Computación Analógica	71
VI.2 Computación Digital	82
VII. CONCLUSIONES	87
VIII. BIBLIOGRAFIA	89

CAPITULO I

INTRODUCCION

INTRODUCCION

El control automático juega un papel cada vez más importante en nuestra vida diaria ya que va desde un simple control que hace funcionar un calentador casero hasta los complicados sistemas de control que hacen posibles las exploraciones espaciales.

En los procesos industriales donde las variables son condiciones que estan sujetas a cambios tanto por los materiales de proceso como por el equipo, en donde las exigencias de incremento de la producción se hacen cada vez más apremiantes no se puede prescindir de la automatización.

El control automático tiene una clara ventaja en cuanto que puede ejecutar funciones altamente completas y con una rapidez tal, que el operador humano no puede imitar. Paralelo a esto, disminuye la posibilidad del error humano así como proporciona condiciones óptimas de seguridad.

En cuanto a los hornos de refinería es conveniente mencionar que no han sufrido grandes modificaciones desde hace unos veinticinco años; sin embargo la potencia térmica de estos se ha visto aumentar considerablemente, mientras que su costo por unidad de calorfa transferida se ha conservado e incluso ha disminuído. Esto se debe sin lugar a dudas al mejor control de las variables que intervienen en el proceso de calentamiento, así como a las mejores técnicas de diseño y construcción y a la utilización de materiales mejor adaptados.

Esta tesis tiene fundamentalmente dos objetivos, Por un lado proponer

sistemas de control para un calentador a fuego directo en el procesamiento de crudo reducido.

Por otro lado, al justificar punto por punto cada instrumento, ofrecer al lector un amplio panorama del trabajo que se desarrolla para instrumentar un proceso.

Cabe aclarar que es adecuada para Ingenieros Químicos o Mecánicos que a nivel de licenciatura posean nociones de la teoría de control.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL PROCESO

II.1 GENERALIDADES

II.2 SECCION ATMOSFERICA

II.3 SECCION DE VACIO

II.4 CALENTADOR DE CRUDO REDUCIDO

II. 1 GENERALIDADES.

El petróleo crudo está formado por una serie de hidrocarburos, que comprenden desde el metano hasta el asfalto. Su separación en columnas de destilación se logra aprovechando las diferencias de punto de ebullición que tienen unos y otros.

El procedimiento consiste, en términos generales, en la separación mediante destilación fraccionada de petróleo crudo en una serie de productos denominados comercialmente como: nafta ligera, nafta pesada, kerosina, gasóleo ligero primario, gasóleo pesado primario y un residuo primario. Esto ocurre en una unidad llamada de destilación atmosférica.

Por otro lado, parte del residuo primario o crudo reducido se manda a la unidad de destilación al vacío, donde es sometido a otra destilación fraccionada, obteniéndose en esta etapa los siguientes productos: gasóleo ligero "AV", gasóleo pesado "AV" y un residuo de vacío.

II. 2 SECCION ATMOSFERICA.

El crudo que se encuentra almacenado se bombea a un tren de cambiadores de calor en paralelo, donde se incrementa su temperatura aprovechando el calor de los diversos afluentes y reflujos externos de las columnas de destilación. Antes de alcanzar su máxima temperatura en el tren de cambiadores se manda a la desaladora donde por métodos electrostáticos se eliminan las sales que acompañan al crudo y que ocasionan problemas de operación. El crudo desalado continúa su precalentamiento y una vez que alcanza su máxima temperatura se alimenta a uno o más hornos de fuego di

-recto tipo vertical. En estos hornos se lleva a cabo la vaporización de los productos ligeros, nafta ligera o gasóleo pesado, más un pequeño exceso de vaporización de residuo.

Por otra parte, los hornos se aprovechan también para sobrecalentar vapor de agua de proceso, que se empleará en los agotadores y en la columna atmosférica para la desorción de los productos volátiles de las extracciones laterales.

La mezcla vapor-líquido se alimenta a la columna de destilación atmosférica donde se separan las diferentes fracciones ligeras y un residuo primario llamado también crudo reducido.

Cuando la sección de destilación al vacío no trabaja, su carga correspondiente de crudo reducido es enfriada aprovechando los precalentadores de carga (tren de cambiadores de calor) y la caja enfriadora, de donde se manda finalmente a almacenamiento.

II. 3 SECCION DE VACIO.

El crudo reducido que proviene de la sección atmosférica, se envía mediante una bomba a un cambiador de calor en donde el residuo de la torre de destilación al vacío le cede calor. En estas condiciones se alimenta el crudo reducido al horno de fuego directo.

Este horno es utilizado para recalentar el crudo reducido por vaporización parcial y la mezcla vapor-líquido se lleva a la parte inferior de la columna de destilación al vacío. La vaporización del residuo primario se lleva a cabo sin la necesidad de emplear vapor de a-

-gua. La presión del sistema horno-torre de vacío se mantiene única -
-mente mediante un sistema de eyectores.

El residuo de la destilación al vacío, se envía a un cambiador de ca -
-lor con el residuo primario o crudo reducido, en donde reduce su tem -
-peratura y de allí pasa a un generador de vapor para finalmente en -
-viarse a la sección atmosférica donde se aprovecha también para so -
-brecalentar el agua de proceso que se emplea en los agotadores y la
-columna atmosférica.

11. 4 CALENTADOR DE CRUDO REDUCIDO.

Siendo el objetivo de esta tesis la instrumentación de este horno, es -
-conveniente describir con más detalle cómo se realiza el proceso de -
-calentamiento por este medio.

El calentador de carga es una especie de caja con una serie de quema -
-dores colocados en línea recta a todo lo largo y una chimenea en la
-parte superior.

La línea de carga se reparte en dos o más serpentines (uno de preca -
-lentamiento y otro de vaporización) ensamblados a tope. Estos ser -
-pentines en formas diversas, van colocados en un envolvente metálico -
-revestido interiormente de refractario. En estos serpentines circula -
-el crudo reducido que por radiación, convección y conducción recibe el
-calor cedido de los diversos combustibles que pasan a través de los -
-quemadores.

El calentamiento es hecho usualmente en los serpentines de la sección

de convección del horno, la cual es la porción donde la flama no se ve pero está expuesta a los gases calientes en su camino al cañón de la chimenea.

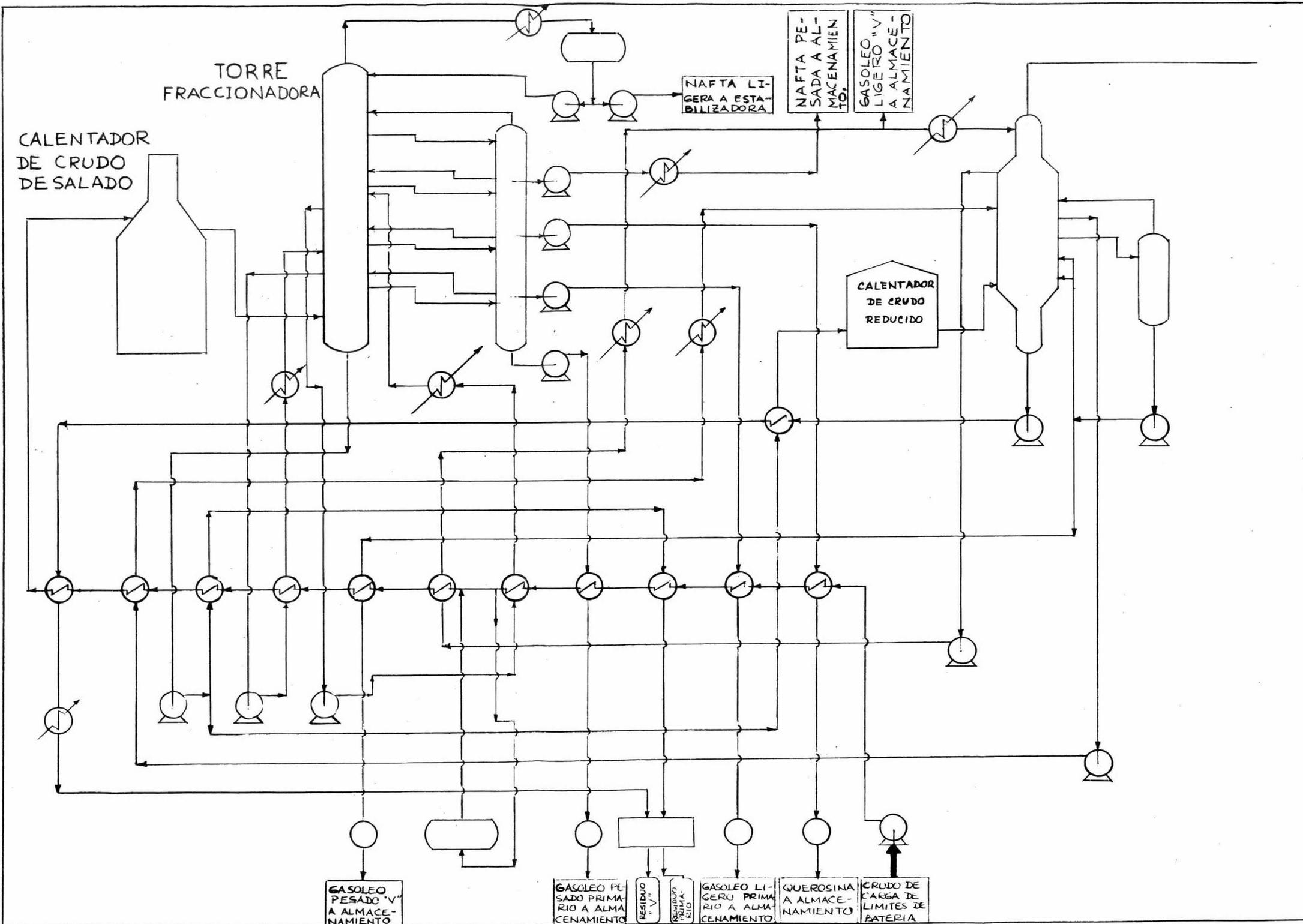
La vaporización toma lugar en la sección de radiación del horno (donde el serpentín ve la flama y las paredes luminosas del fogón).

La sección de radiación o fogón provee espacio para que el combustible se mezcle perfectamente con el aire y se queme. En esta sección es donde se efectúa la mayor transferencia de calor.

Para aprovechar el calor disponible, tanto de residuo de vacío como del calor existente en la zona de convección del horno, se hace funcionar un generador de vapor de alta presión. El sistema de manejo de condensado y vapor generado es el siguiente: se alimenta condensado en límites de batería a un tambor de condensado. De este tanque pasa mediante una bomba a un generador de vapor en donde se produce vapor saturado. Otra parte del condensado se lleva a un serpentín economizador con el objeto de calentar el condensado de límite de batería hasta una temperatura igual a la del vapor proveniente del generador. El vapor producido en el generador se envía posteriormente a otro serpentín del horno en donde se sobrecalienta para pasar finalmente a límites de batería para conectarse a la línea general.

Cuando se quema aceite combustible es necesario pulverizarlo usando vapor de agua como agente de pulverización.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



CAPITULO III

ANALISIS DE LA DINAMICA DEL PROCESO

III.1 GENERALIDADES

III.2 VARIABLES QUE AFECTAN AL PROCESO

III.1 GENERALIDADES.

El éxito del funcionamiento de un proceso radica, fundamentalmente, - en un buen diseño basado en los mejores códigos sin salirse de las - normas en vigor y sin olvidar los coeficientes de seguridad especiales en función de la tarea que les será exigida; por lo mismo, cualquier sistema de control automático que se seleccione deberá conjugar los cambios de carga con las bases de diseño para lograr el mayor grado de flexibilidad, optimizando así el proceso, de aquí la importancia de la elección de un buen sistema de control que nos permita alcanzar esto.

III.2 VARIABLES QUE AFECTAN AL PROCESO.

Son muchas las variables que afectan al sistema, algunas más importantes que otras; en base a lo anterior, dichas variables deben y/o pueden ser:

- a) Controladas
- b) Registradas
- c) Indicadas
- d) Medidas periódicamente
- e) Ni medidas, ni controladas
- f) O bien las diferentes combinaciones que se puedan hacer de los cuatro primeros incisos.

A continuación se enumeran y detallan algunas de las más importantes variables que, mediante un control adecuado, pueden ayudar a hacer más eficiente el proceso:

PRESION DEL COMBUSTIBLE. Esta es una de las más importantes varia-

bles que causan cambios en la temperatura del crudo reducido. Si la temperatura está en el valor deseado y por cualquier razón la presión del combustible disminuye, pasará menos flujo. El calor de la flama disminuirá, el calor absorbido por el crudo reducido, será menor y consecuentemente afectará a la temperatura de salida del mismo.

Generalmente en las refinerías se queman dos o tres tipos de combustibles, (aceite, gas natural o producto de cola). Esto significa, que el efecto del trastorno de la presión, en cada uno de estos combustibles tomará tiempos diferentes, muy importantes, que causarán mayores disturbios en el sistema de control que si se empleara un calentador quemando un solo combustible.

CAMBIO DE FLUJO DEL CRUDO REDUCIDO. Si el flujo del crudo reducido a través del calentador se modifica, la cantidad de calor que se deberá suministrar al horno deberá ser diferente, ya que esto afecta a la temperatura del crudo.

CONTENIDO DE CALOR DEL COMBUSTIBLE, (Btu). Si el contenido de Btu de los combustibles cambia, (cambiando de suministro), puede ocasionar, aún para un mismo flujo de combustible, cambios en el calor desarrollado en el horno modificando la temperatura del crudo reducido que pasa a través de los serpentines.

CAMBIOS EN EL FLUJO DEL COMBUSTIBLE.- Si por alguna razón se alterara la cantidad de flujo del combustible, el calor suministrado cambiará originando una variación en la temperatura de salida del crudo reducido.

COMPOSICION DEL CRUDO REDUCIDO.- Un cambio en la composición del cru-

do reducido, (por ejemplo, durante el arranque), provocará que la cantidad de calor que se necesite para alcanzar la temperatura de control sea diferente.

RELACION AIRE/COMBUSTIBLE.- Para una completa combustión, existe una cantidad ideal de oxígeno requerido y por consiguiente una cantidad equivalente de aire. Si se modifica esta relación para un mismo combustible la temperatura de la flama variará y por consiguiente la temperatura de salida del crudo. El problema se complica debido a que esta relación deberá cambiar con el combustible empleado.

OTROS FACTORES. - Existen otros factores de menor importancia, aunque de ninguna manera despreciables, tales como cambios en la temperatura de combustión del aire, cambios de la temperatura del combustible, lluvias, el grado de premezcla, (cuando sea necesario), cambios en la relación vapor/aceite combustible, cuando este sea usado, el tiro, el grado de limpieza del equipo; todas éstas variables influyen en mayor o menor grado para mantener la temperatura deseada. Sin embargo sólo los cambios vigorosos de estos factores afectarán realmente la temperatura controlada.

CAPITULO IV

CONTROL DEL PROCESO

- IV.1 FUNCIONES PRIMARIAS DE UN SISTEMA DE CONTROL
- IV.2 TEMPERATURA DE SALIDA DEL CRUDO REDUCIDO
 - IV.2.A CONTROL EN CASCADA
 - IV.2.B CONTROL PREDICTIVO
- IV.3 ALIMENTACION DEL CRUDO REDUCIDO AL HORNO
- IV.4 COMPORTAMIENTO DEL CRUDO REDUCIDO EN LAS ZONAS DE CONVECCION Y RADIACION
- IV.5 SALIDA DEL CRUDO REDUCIDO DEL HORNO
- IV.6 VAPOR DE AGUA A SOBRECALENTAR

IV.1 LAS FUNCIONES PRIMARIAS DE UN SISTEMA DE CONTROL EN UN HORNO -
SON:

- 1.- Mantener la velocidad deseada de transferencia de energía a la carga, (control del proceso).
- 2.- Mantener una combustión eficiente y controlada del combustible.
- 3.- Mantener las condiciones de seguridad en todas las fases de operación del horno.

El sistema de control deberá asegurar que la carga recibe la energía calorífica a la velocidad apropiada.

Comunmente la temperatura de la carga es el índice usado como la medida del calor transferido. Cuando la vaporización ocurre tanto con la transferencia de calor sensible, la temperatura de carga puede no ser un buen índice. En este caso el contenido de calor total es importante, pero ésta es una condición más difícil de medir.

La combustión apropiada del combustible, que es el segundo propósito del sistema de control, involucra muchos factores, tales como, regulación del aire de combustión, la preferencia de quemar un combustible sobre otro y el control de la atomización del vapor cuando se quema aceite combustible. Tales factores serán discutidos más adelante.

La seguridad es siempre un aspecto importante en cualquier proceso, y lo es aún más en los hornos donde tiene lugar la combustión ya que siempre existe la posibilidad de que se forme una mezcla explosiva potencialmente muy peligrosa que puede causar graves accidentes.

Las alarmas de alto y bajo valor con que se suministran los instrumentos de control, para las variables importantes del proceso, la selección de la acción de las válvulas, la posición de los elementos sensibles, etc. contribuyen a la seguridad de operación del horno, y se señalarán oportunamente en cada caso.

En este capítulo se discuten los sistemas de control que se pueden usar para controlar la velocidad de transferencia de energía a la carga de crudo reducido que entra al horno. En el capítulo V se comentan los sistemas de control para obtener una eficiente combustión.

La seguridad se abordará a lo largo de este y del siguiente capítulo.

Los sistemas de control de las diversas partes del proceso serán analizados de acuerdo al orden siguiente:

IV.2 Temperatura de salida del crudo reducido

IV.2.A Sistema de control en cascada

IV.2.B Sistema de control predictivo

IV.3 Alimentación del crudo reducido al horno

IV.4 Comportamiento del crudo en la zona de convección y radiación

IV.5 Salida del crudo reducido del horno

IV.6 Vapor de agua a sobrecalentar

IV.2 CONTROL DE LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL CRUDO REDUCIDO.

El horno de calentamiento de crudo reducido se utiliza, como ya se dijo, para calentar el crudo reducido a una temperatura determinada, y así alimentarlo a la columna de destilación al vacío. De acuerdo a lo anterior, obtener el crudo reducido a una temperatura constante pre-

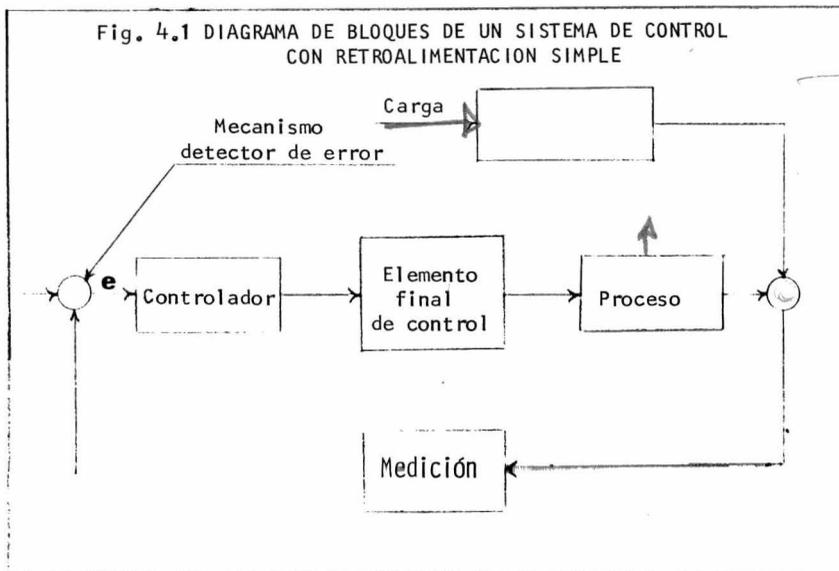
viamente establecida, es el objetivo principal de los sistemas de control que se discuten en esta sección.

IV.2.A SISTEMA DE CONTROL EN CASCADA

Para fundamentar la necesidad de un sistema en cascada para controlar la temperatura de salida del crudo reducido se analiza el comportamiento de un sistema de un solo "loop" para el control del horno.

Este sistema de control consiste básicamente en la detección del valor, la transmisión de esta información al controlador, el cual compara el valor de la variable con un valor prefijado. Cualquier error es invertido por el controlador para ocasionar ajustes del proceso en la dirección opuesta. El controlador amplifica la señal de error modificándola según los modos de control, y por medio de la manipulación del elemento final de control provocando la corrección del proceso.

A este sistema de control cualquiera que sea la acción del controlador se le llama "loop" de control.



Al ocurrir un error debido a factores externos desconocidos o no medibles del proceso, (cambios de carga), se genera una corrección externa al proceso mismo. Por esta razón el control con retroalimentación encuentra amplia aplicación en la industria del proceso, donde la dinámica de éste no es del todo conocido; además, el resultado final puede alcanzarse con gran economía y sin un equipo complicado.

El control con retroalimentación tiene la ventaja de que actualiza en forma continua la señal de control, conforme ocurren cambios en el proceso debido no únicamente a cambios de la carga mayor sino también por cambios amplios o variaciones tales como temperatura ambiente etc.

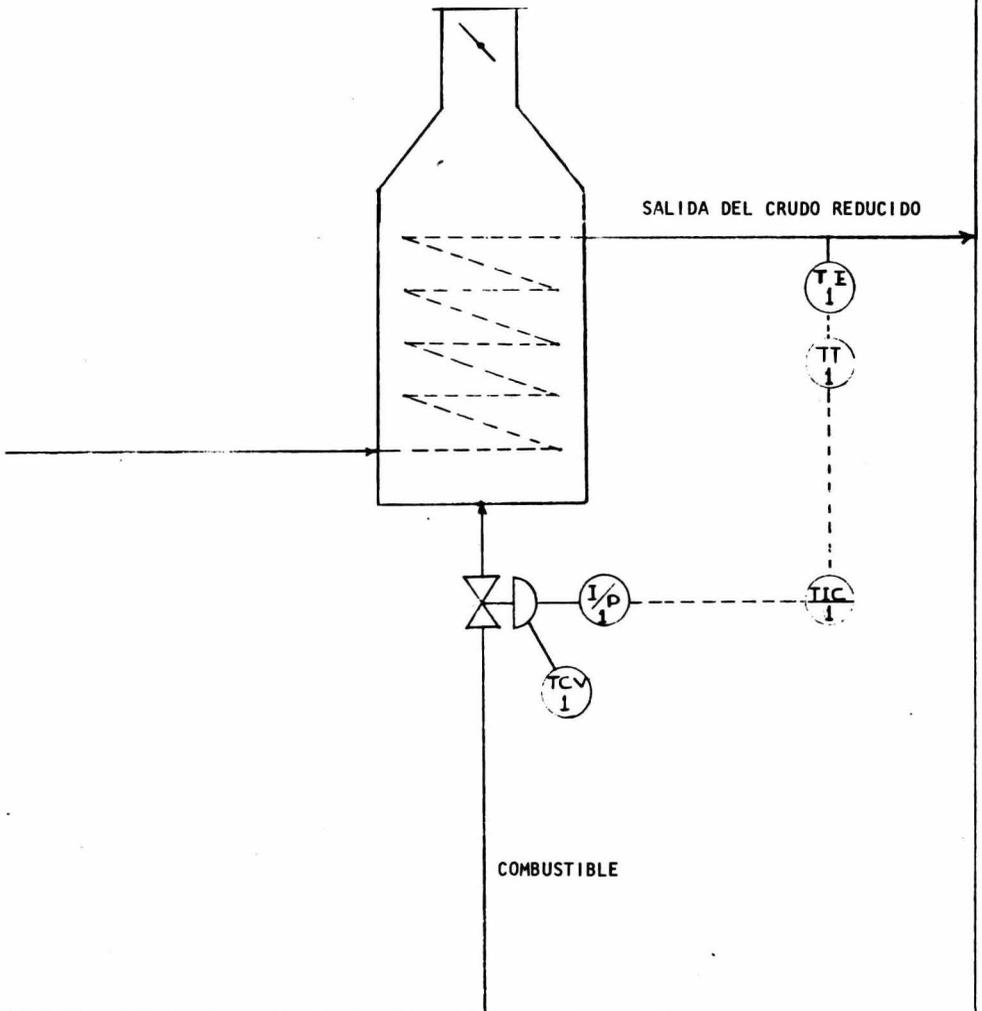
La precisión del sistema de control con retroalimentación no es de primordial importancia, con tal de que la señal sea repetible en la misma magnitud cada vez que ocurra un error. La precisión puede ser importante únicamente cuando por condiciones de seguridad se requieran una cuidadosa posición de los límites de control o si los datos desean ser reunidos para cálculos de proceso en un estado de la planta.

Un solo "loop" para el sistema de control de calentadores normalmente incluye un elemento sensible TE-1 generalmente es un termopar, un transmisor, (TT-1), el registrador de temperatura controlador indicador de temperatura, (TIC-1), y una válvula de control del combustible (TCV-1), Fig. 4.2.

Cuando el transmisor y el elemento de temperatura constituyen una sola unidad, únicamente indicaremos (TT), lo cual significa que el transmisor incluye al elemento sensible.

Cabe aclarar los siguientes puntos:

Fig. 4.2 SISTEMA DE UN SOLO "LOOP"
DE CONTROL PARA UN HORNO



1).- La simbología usada en ésta tesis es la de la Instrument Society of America, pero, para dar mayor claridad a los temas, al final de este capítulo se anexa una hoja con la explicación de cada uno de los símbolos.

2).- Los diagramas de instrumentación que se presentan, han sido hechos, pensando en qué instrumentación electrónica moderna, se usará para el control del horno. En caso de tratarse de una aplicación de instrumentación neumática, todo lo que se discute tiene validez y sólo hay que cambiar las señales eléctricas por neumáticas así como eliminar los transductores de señales eléctricas a neumáticas, (I/P).

Se ha encontrado que el tiempo de atraso para la mayoría de los calentadores es entre 3 y 12 minutos. Esto significa que si manualmente se produce un 10% de cambio de la abertura de la válvula de control de flujo del combustible, esto causará un cambio en la temperatura, requiriéndose como mínimo tres minutos para que ésta vuelva a su punto de control.

En un sistema de un solo "loop" en control automático, la señal de salida del controlador y consecuentemente la posición de la válvula estarán cambiando de acuerdo con el error existente entre el punto de control y el valor real de la variable. (Fig. 4.2).

Si todas las demás variables permanecieran constantes este sistema de control sería correcto, pero de ninguna manera se acercaría este horno al ideal ya que generalmente se trabaja con cargas variadas buscando la mayor flexibilidad tanto en rendimiento como en potencia térmica.

De acuerdo con lo anterior se debe considerar un sistema de control más complejo, como es el control en cascada.

No existe una definición precisa de lo que es un sistema de control en cascada, pero generalmente involucra al menos dos controladores interconectados en tal forma, que un controlador llamado secundario tiene su punto de control ajustado a la señal correctiva de la salida de otro controlador, (primario), cuyo punto de control se ajusta a un valor deseado, en este caso, la temperatura de salida del crudo reducido.

El control en cascada debe considerarse en cualquiera de los siguientes casos:

- 1).- Cuando el proceso reacciona lentamente para un cambio de posición de la válvula.
- 2).- Cuando el valor de la variable que se controla oscila alrededor del punto de control.
- 3).- Si hay cambios en el proceso que provocan trastornos en el valor de la variable que se controla.
- 4).- Si se alteran una o más de las variables que están directamente relacionadas con el valor que se controla.
- 5).- Cuando sobre un cambio del punto de control se requiera un mínimo de sobredisparo y una mayor rapidéz para que el valor de la variable alcance el nuevo punto de control.

Cada uno de los puntos citados anteriormente, se presentan en el pro-

ceso de transferencia de calor realizado por el horno entre el crudo reducido y el combustible que se emplee.

En el sistema que se estudia en esta tesis un control en cascada - bien planeado tiene tres principales ventajas sobre un solo "loop".

1).- Una reducción bastante considerable de la desviación alrededor del punto de control.

Se ha encontrado que la variación del pico de la figura 4.3. puede reducirse por un factor de 10 y el área bajo la curva puede ser reducida aún por un factor de 100 para trastornos que vayan al "loop" secundario, (Fig. 4.4).

El pico máximo puede reducirse a la mitad y la superficie bajo la curva puede reducirse por un factor de 5 a 6 para trastornos que vayan al "loop" primario.

El sistema completo reaccionará más rápido porque el tiempo de respuesta del "loop" secundario es mucho más rápido.

2).- La variable primaria, (temperatura del crudo reducido), tomará rápidamente el valor deseado después de un cambio en el valor del punto de control o, por ejemplo, cuando el suministro de combustible se interrumpe por unos momentos. En estas condiciones, puede esperarse un máximo de 2 a 3 ciclos, aún con variaciones importantes.

3).- El punto de control del "loop" secundario puede proveerse con límite de parada y alarma. Esto significa que una alarma puede estar lista en el momento en que el valor esté en su camino al valor límite.

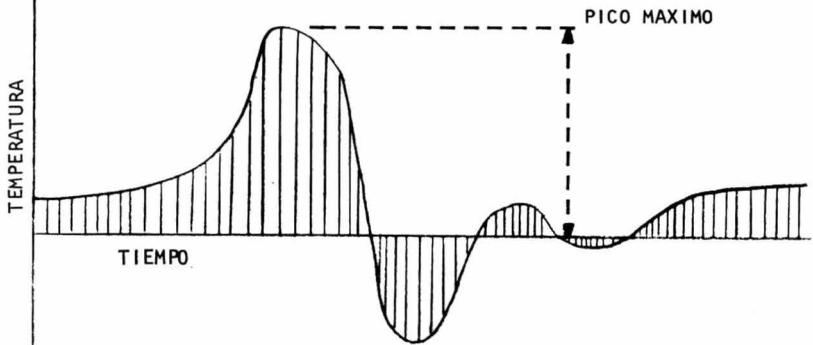


FIG. 4.3 VARIACIONES DEL PICO PUEDE REDUCIRSE
POR UN FACTOR DE 10

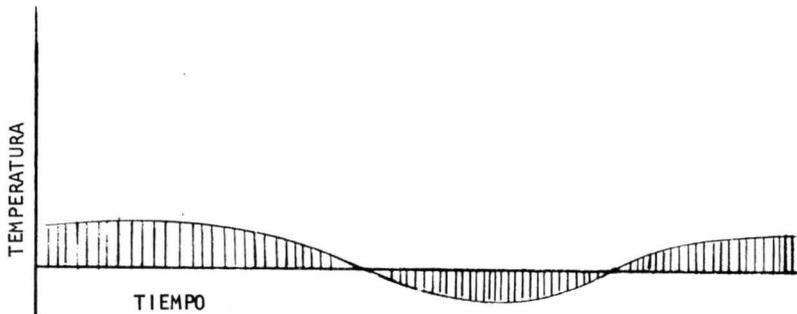


FIG. 4.4 EL AREA BAJO LA CURVA PUEDE REDUCIRSE
POR UN FACTOR DE 100

Tanto el producto, como el equipo del proceso pueden protegerse con - mismo sistema.

Un buen sistema de control en cascada depende de la elección de la variable secundaria. Para asegurarse de que la elección es correcta hay que tener en cuenta ciertos principios o reglas generales:

1).- Estar seguros que el "loop" secundario recibe el máximo de alteraciones. Como ya fue explicado en la sección III.2 existen una serie de variables diferentes, cada una de las cuales influye en el sistema de control, en el "loop". Así, cuando el "loop" secundario incluye - tantos factores como sea posible que lo trastornen, hay menos posibilidades que el "loop" primario pueda ser alterado y consecuentemente podrá concentrarse a su tarea específica para conservar la variable - primaria constante.

2).- El "loop" secundario deberá contener los peores trastornos que - puedan esperarse porque esos son los que determinan las variaciones - del agente de control.

3).- El "loop" secundario deberá tener una respuesta más rápida que - el primario. De lo contrario el "loop" secundario sería saturado por el primario.

OBSERVACION: En hornos operando, ha llevado a establecer que la relación entre la constante de tiempo del "loop" primario y secundario deberá ser preferentemente entre 5 y 10.

Esto significa que:

$$10 > \frac{T_p}{T_s} > 5$$

T_p = cte tiempo primario

T_s = cte tiempo secundario

Y en cada caso $\frac{T_p}{T_s} > 3$, si no, ocurrirá una saturación.

4).- El "loop" secundario deberá tener una influencia directa sobre el primario. Esto significa que un cambio en el punto de control del "loop" secundario deberá reflejarse casi inmediatamente en el primario.

5).- Deberá existir, preferentemente, una relación directamente proporcional entre el "loop" primario y el secundario. Así, cuando el primario tiene una escala lineal, (temperatura o presión), el secundario debe ser lineal.

Cuando el "loop" secundario, sea un control de flujo, cuyo elemento primario de medición sea del tipo presión diferencial variable, se recomienda usar un extractor de raíz cuadrada para hacer lineal la medición. De no hacerse lo anterior un cambio en el punto de control del secundario mandado por el primario, diferirá completamente en el efecto que cause en la parte superior de la escala comparado con el que cause en la parte inferior.

El control secundario deberá funcionar normalmente, aún a valores próximos a los límites de su función de control. En la mayoría de los casos, la escala secundaria será por eso escogida algo más grande que la estrictamente necesaria como se muestra en la figura 4,5.

6).- La escala primaria determina la escala secundaria. En otras pala

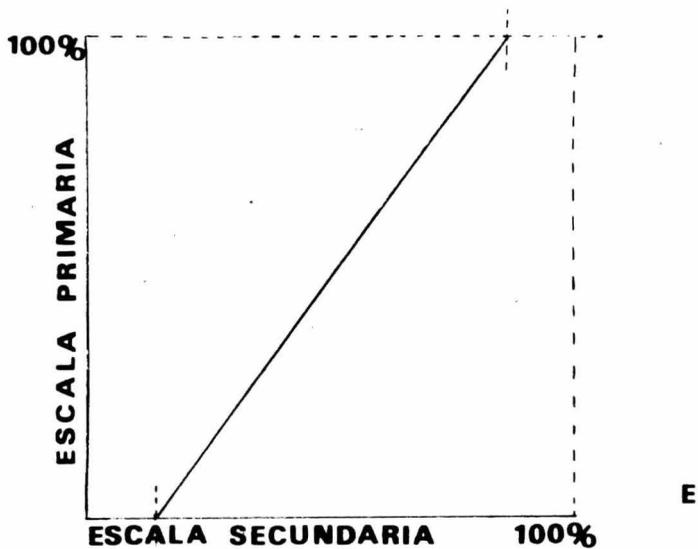


FIG. 4.5 LA ESCALA SECUNDARIA ES ALGO MAS GRANDE
QUE LA ESTRICTAMENTE NECESARIA.

bras, cuando la variable del primer proceso secundario aumenta 10% en la escala secundaria, esto también produce un cambio de 10% en el valor de la variable en la escala primaria.

7).- El "loop" secundario deberá escogerse de tal forma que requiera un ajuste de banda proporcional estrecha.

En la gráfica de temperatura contra tiempo, el valor del pico se verá reducido por un factor, $(mp) (ms)$, para el "loop" primario y por $\frac{(mp) (ms)}{m}$ para el secundario.

Siendo:

mp = factor de ganancia del "loop" primario

ms = factor de ganancia del "loop" secundario

$$m = \frac{100}{PB}$$

PB = Banda proporcional

m = Factor de ganancia de un solo "loop".

Las figuras (4.6), (4.7) y (4.8), muestran las tres posibilidades de control secundario.

Es decir, usando como control secundario flujo, presión o temperatura para ello se coloca en el "loop" secundario un controlador indicador de flujo, presión o temperatura (FIC-2, PIC-3 o TIC-4), según sea el caso.

Se ha visto que el éxito o fracaso de un sistema de control en cascada radica fundamentalmente en la elección de la variable secundaria; por eso, la elección dependerá del análisis de las tres posibilidades de control, basándose en los siete puntos descritos anteriormente.

FIG. 4.6 SISTEMA DE CONTROL EN CASCADA TIC-1/FIC-2

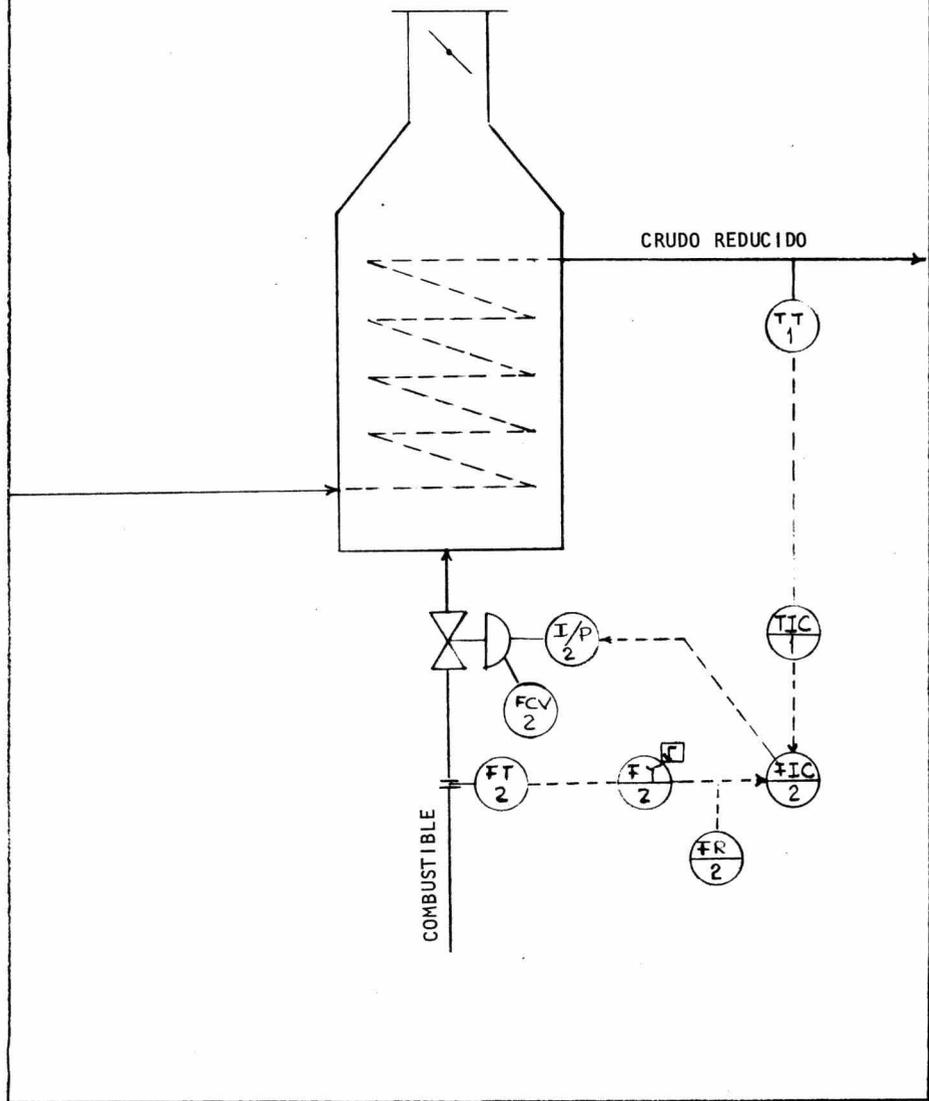
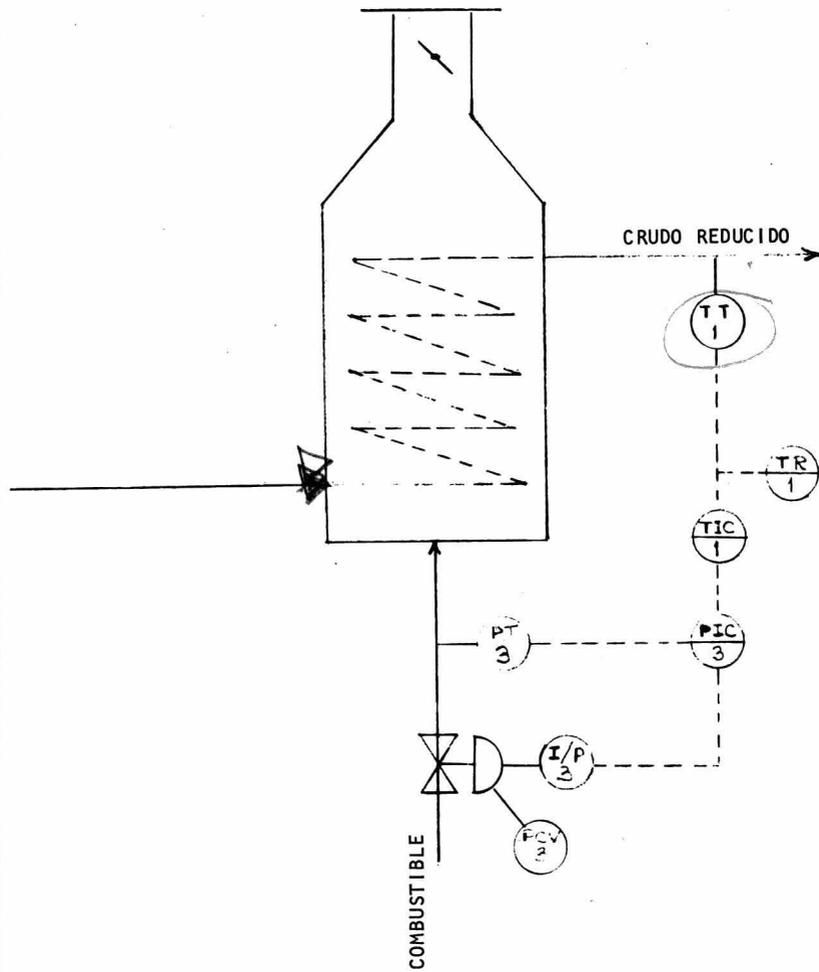


FIG.4.7 SISTEMA DE CONTROL EN CASCADA TIC-1/PIC-3



ANALISIS DE LAS TRES POSIBILIDADES
DE CONTROL SECUNDARIO .

CONDICION PARA REALIZARSE	SELECCION DE LA VARIABLE SECUNDARIA		
	PIC	FIC	TIC
1. Verificar que el secundario incluya el máximo de alteraciones.	NO	NO	SI
2. El secundario, (loop), debe incluir el peor trastorno - que pueda esperarse.	SI	SI	SI
3. $T_p/T_s \geq 3$ (mínimo)	SI	SI	SI*
4. El "loop" secundario deberá tener una influencia directa en el primario.	SI*	SI*	SI
5. Deberá ser una relación directamente proporcional entre "loop" primario y secundario.	SI	NO*	SI
6. La escala primaria escogida es decisiva en la escala secundaria.	SI	NO	SI
7. La banda proporcional del controlador secundario deberá ser estrecha.	NO	NO	SI

I).- La condición, (3), para la cascada TIC/TIC, es el más bajo de los tres, pero se considera que funciona bien porque un cambio en la temperatura de flama, será reflejada en pocos minutos a la salida del calentador. Se ha encontrado como aceptable el valor de 5.5.

II).- La condición, (4), las tres la cumplen pero se debe hacer una diferencia dependiendo de si el combustible es aceite o es gas. Las variaciones de presión del combustible de aceite, son mucho mayores que las variaciones de presión del gas, porque el aceite es normalmente suministrado a presiones más altas

Por lo mismo que es conveniente usar presión más baja para el gas, es común usar el FIC para control cuando el combustible es gas y existe una diferencia notable entre un secundario FIC que controla aceite combustible y uno que controla gas.

Para el secundario TIC esto es independiente y no importa que clase de combustible sea, de aquí que permita una gran flexibilidad en cuanto al tipo de combustible.

III).- La condición (5) impone una restricción al secundario FIC, como es el uso de un extractor de raíz cuadrada y el control resulta por tanto menos confiable.

IV).- El ajuste normal para la banda proporcional mediante "loop" normal (TIC-1) es aproximadamente entre 10 y 12%, así:

$$m = \frac{100}{10} = 10$$

Para un control en cascada el ajuste primario "mp" es normalmente de

20, (es decir banda proporcional de 5%).

Con TIC-1/FIC-2, el ajuste secundario "ms" es de 1, (banda proporcional 100%).

entonces $(mp) (ms) = (20) (1) = 20$

Con TIC-1/PIC-3 el ajuste secundario "ms" es de 2.5, (banda proporcional 40%).

entonces $(mp) (ms) = (20) (2.5) = 50$

Con TIC-1/TIC-4, el ajuste para el secundario "ms" es de 10, (banda proporcional 10%).

entonces $(mp) (ms) = (20) (10) = 200$

Esto significa que con control TIC-1/TIC-4 el área bajo la curva será reducida 200 veces contra un solo "loop", (fig. 4.9).

Del análisis anterior se deduce que el control TIC-1/TIC-4 es especialmente indicado para el control del proceso de calentamiento en un horno a fuego directo, de un medio cualquiera. Aún en las peores circunstancias el sistema mejorará cuando menos 100 veces contra un solo "loop". El control secundario FIC-2 y PIC-3 son sin lugar a dudas más rápidos en reaccionar pero no toman en cuenta todas las alteraciones mencionadas previamente. Por otra parte, aunque el producto, $(mp)(ms)$ es determinante, ya que este producto determina la magnitud de las desviaciones del primario y no el tiempo de respuesta del "loop" secundario, representa una ventaja más ya que indica una mayor estabilidad.

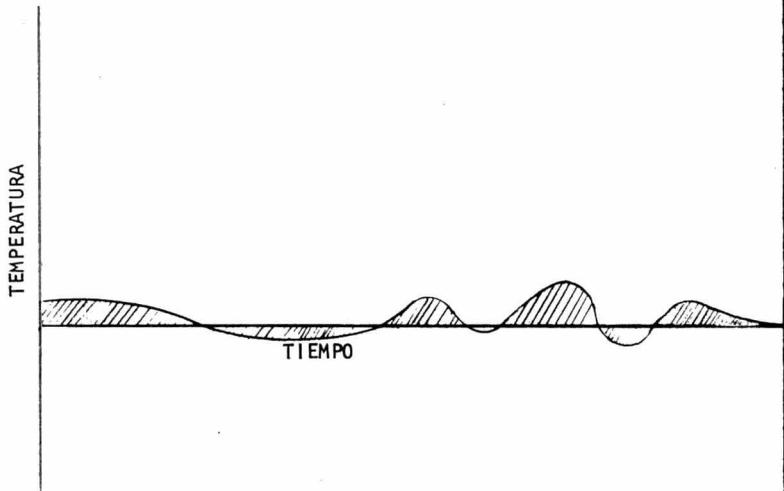


FIG. 4.9 USANDO EL CONTROL EN CASCADA TIC-1/TIC-4,
LA SUPERFICIE BAJO LA CURVA SE REDUCE 200
VECES CONTRA UN SIMPLE " LOOP " DE CONTROL

Otra ventaja más del control TIC-1/TIC-4 es de que al detectar la temperatura dentro del horno puede dar una buena idea de la relación entre la temperatura interna del calentador y el contenido de O_2 y CO_2 del combustible.

IV.2.B CONTROL PREDICTIVO

En control predictivo se usan relaciones conocidas entre las variables para ajustar por disturbios antes de que estos afecten la variable a controlar en el proceso. Esto, como ya se vió, es contrario al control con retroalimentación, el cual debe primero detectar un error en la variable del proceso antes de que la acción correctiva se inicie.

El control predictivo requiere que la magnitud y las características dinámicas del efecto, tanto de la perturbación como de la variable manipulada sobre la variable controlada, sean conocidas.

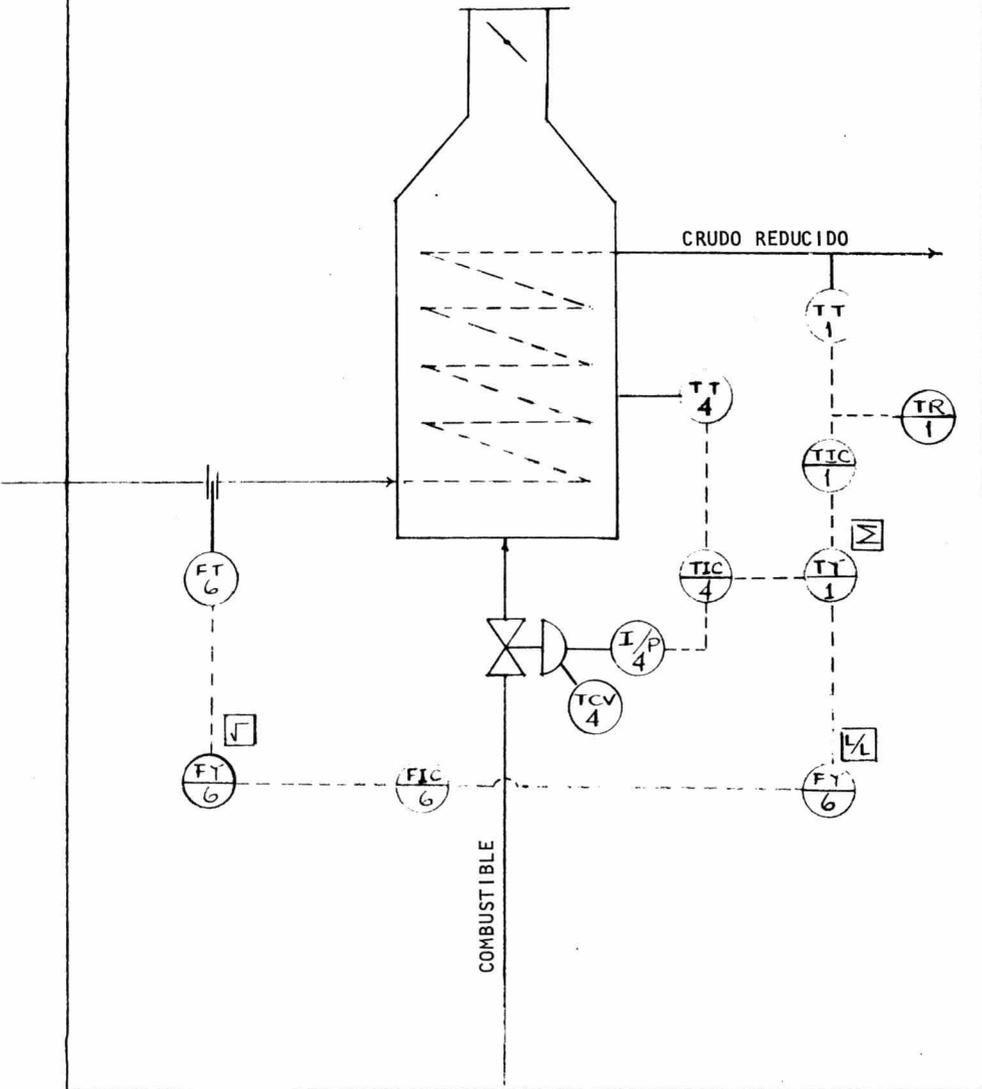
Debido a que el controlador mueve la variable manipulada para cancelar los efectos de una perturbación, antes de que aquella pueda desviar el proceso. Las imprecisiones del modelo pueden ser equilibradas por el control con retroalimentación. Esta posibilidad de la retroalimentación de equilibrar la acción del circuito predictivo significa que pueden ahorrarse gastos considerables en el modelo de un proceso. El modelo no tiene que ser un duplicado del proceso sino que basta con una aproximación; ésto ahorra dinero con respecto a cálculos y el equipo necesario para adquirir un circuito de control satisfactorio.

El control predictivo puede tomar dos formas. El método es usar la señal predictiva para compensar los cambios de carga.

La segunda forma es usar la señal de salida de un sistema de control como una señal predictiva que se introduce como polarización dentro de un segundo o tercer sistema de control para reducir la interacción entre los sistemas de control.

Un buen ejemplo del empleo del control predictivo para estos hornos se muestra en la figura 4.10. El control normal es la cascada propuesta en el punto IV.2.A de este capítulo. Cuando cambia el flujo de alimentación al horno, el cual es una variable independiente en el sistema, hay una necesidad definida de cambiar la cantidad de combustible a quemar. Como se muestra, el transmisor de flujo FT-6, detecta los cambios en el flujo de alimentación y envía una señal alterada al multiplicador, (FY-6). El multiplicador ajusta la relación en un cambio en el flujo de alimentación y el cambio requerido en el paso de flujo de combustible. Este es un valor empíricamente determinado y puede ser ajustado en el campo. La señal modificada entonces entra al sumador, (TY-1), el cual adiciona la señal a la salida del controlador indicador de temperatura, TIC-1 ajustando de este modo, el punto de control del TIC-4, quien modifica la posición de la válvula de combustible TCV-4. En efecto, información adelantada es introducida al controlador de la combustión TIC-4, indicando que un cambio en la carga del proceso está tomando lugar y que las condiciones de combustión deberían empezar a cambiar. Sin el uso del control predictivo el cambio requerido en las condiciones del combustible tomarían lugar más tarde, después que el controlador de temperatura, (TIC-1), detectó un cambio en la variable controlada, (la temperatura del crudo reducido). Si una relación constante exis

FIG. 4.10 SISTEMA DE CONTROL PREDICTIVO CON RETROALIMENTACION



quiera entre el flujo de alimentación y la cantidad de combustible a quemarse, el controlador de temperatura no sería necesario, pero en la práctica, con cambios en el ambiente y en las condiciones de proceso ésta relación cambia con el tiempo.

IV.3 ALIMENTACION DE CRUDO REDUCIDO AL HORNO. DIVISION APROPIADA DEL FLUJO EN LOS PASOS PARALELOS A TRAVES DEL HORNO.

El flujo de crudo reducido puede circular a través de uno o varios pasos. Se llama paso a la unión de tubos colocados en serie desde la entrada hasta la salida del horno.

En este capítulo, se analiza el caso de un horno de cuatro pasos.

El diagrama de localización de los instrumentos, que de aquí en adelante se mencionen aparece al final de este capítulo.

Antes de abordar el problema de la división del flujo a través de los pasos, se discuten los sistemas de seguridad y control del cabezal principal de alimentación de crudo:

a).- En la entrada general del crudo se instala una válvula automática de seguridad, (SV-5), que permite aislar al horno en caso de una emergencia y la cual puede ser operada desde el tablero de control por medio de interconexiones, el mismo botón de emergencia corta el suministro de combustible a los quemadores y completa el dispositivo de seguridad introduciendo vapor, completamente purgado a los serpentines. El uso de dos hornos en paralelo es cada vez más frecuente, por lo que resulta más interesante el uso del dispositivo antes descrito, ya que permite hacer con facilidad, seguridad y rapidéz el cam

bío de un horno al otro.

b).- Se instala, también, un "loop" de control de flujo, con alarmas - de alto y bajo flujo. (FIC-6, FR-6, FAL-6 y FAH-6). La válvula se selecciona para que en caso de falla de aire de suministro quede abierta (FCV-6).

Para una división apropiada del flujo en los pasos, primeramente es necesario que todo el sistema sea simétrico, no solamente desde el punto de vista de longitud de tuberías y número de codos, sino también, en cuanto al número de válvulas. A menudo, desgraciadamente, en la práctica no ocurre así.

Una mala repartición de la carga puede fácilmente favorecer una separación de líquido y vapor de tal manera que por cada uno de los pasos, - no circulará una cantidad de flujo equivalente, pudiendo llegar a formarse un tapón de vapor que impedirá momentáneamente el flujo de crudo reducido a través del paso, creando entonces, un caso de graves dificultades.

Por lo anteriormente expuesto, es necesario vigilar más de cerca los - flujos, temperaturas y presiones del fluido que circula a través de cada paso.

En la aplicación que aquí se discute, se hace necesario controlar el - flujo en cada uno de los pasos del horno, por las siguientes razones - principales:

- a).- Existe vaporización parcial
- b).- Variación en el flujo a calentar
- c).- Perturbaciones por cambios rápidos y mal compensados de la calidad del combustible.

Una disminución de flujo en un paso, provoca un aumento de volumen de vapor. Al disminuir la carga a calentar, la temperatura del fluido a la salida de este paso aumenta, pero la temperatura media del crudo no varía sustancialmente, ya que se compensa el incremento antes mencionado con la disminución de temperatura de los otros flujos. El controlador de temperatura, (TIC-1), no toma ninguna acción correctiva, o bien no es la adecuada y la cantidad de calor que proporciona el combustible permanece constante, lo cual puede ocasionar incrustaciones de coque en los tubos del paso cuyo flujo se ha reducido y existirá riesgos de una ruptura de tubos.

Un controlador registrador de flujo con alarmas de alto y bajo flujo, se hace necesario instalar en cada paso, ("loops" 7,8,9 y 10). En el caso de ocurrir una ruptura de tubo, el flujo tenderá a aumentar, por lo que entrará en acción la alarma de alta, parando inmediatamente el calentamiento del horno, lo aislará y eventualmente, si no hay otro horno en paralelo, ordenará parar la bomba de carga. Con la alarma de bajo flujo no será necesario parar el horno. Hay muchas razones para la disminución del flujo en cada paso como son, por ejemplo:

- Formación de depósitos en la tubería
- Bajo flujo de la alimentación general, etc.

Las válvulas de control, (FCV-7,8,9 y 10), deben ser seleccionadas para trabajar entre 50 y 60% de abertura con el flujo normal de operación con el objeto de tener un excelente control de flujo.

Después del sistema de control de flujo, en cada paso, se encuentra la entrada del vapor de purga, un indicador de temperatura montado en

el tablero, (TI-11, 12, 13 y 14), y un indicador de presión montado localmente que informará la presión del crudo en cada paso, (PI-15, -16, 17 y 18).

IV.4. COMPORTAMIENTO DEL CRUDO REDUCIDO EN LAS ZONAS DE CONVECCION Y RADIACION.

Es necesario vigilar, también, la evolución del producto tanto en zona de convección como de radiación para ello se instala el siguiente equipo en cada paso:

a).- Un indicador de presión local de lectura directa en la zona de convección, (PI-19, 20, 21 y 22).

b).- En cada línea de unión convección-radiación se instalan cuatro termopares en paralelo provistos cada uno de alarma por alta temperatura, montada en el tablero, que informará al operador cuando la temperatura límite sea alcanzada, (TAH-4A, 4B, 4C y 4D). Esta zona es muy importante, ya que es altamente indicativa del comportamiento del horno. La alarma de alta temperatura al ser activada hará entrar en acción al sistema de seguridad, cortando particularmente la llegada de combustible a los quemadores. Los termopares son los mismos que se usan como elementos primarios de medición en el "loop" secundario en el sistema de control en cascada propuesto en la sección IV.2.A.

En la zona de radiación se instalan termopares que miden las temperaturas del metal de los tubos, estas son registradas en la sala de control. Los termopares deben ser colocados en puntos escogidos para que midan las temperaturas más altas, (TR-23, 24, 25 y 26).

IV.5 SALIDA DEL CRUDO REDUCIDO DEL HORNO

A la salida del crudo se encuentra instalado en cada paso:

- a).- Un indicador de presión, (PI-27, 28, 29 y 30).
- b).- Un registrador de temperatura el cual incluye alarma de alta y baja, ("loops" 31, 32, 33 y 34).

En la línea principal de salida del crudo reducido se instala un controlador de temperatura, TIC-1, cuyas funciones fueron descritas en la sección IV.1. El "loop" incluye alarma de alta y baja temperatura TAL/TAH-1.

IV.6 VAPOR DE AGUA A SOBRECALENTAR

Para aprovechar el calor que se genera en el horno, se hace circular vapor, con el objeto de ser sobrecalentado. Este vapor se usa para diferentes funciones en el proceso, como se explicó en la sección --- 11.2.

Dos sistemas de control se pueden aplicar:

- a).- Si la temperatura de salida del vapor es importante, pero no al grado de ser crítica, se puede instalar a la entrada un controlador - indicador de flujo FIC-48, el cual mantendrá el flujo de vapor cons-- tante, a través del horno. De esta manera, si la operación del horno es estable se obtendrá vapor sobrecalentado dentro de cierto rango de temperatura. El "loop" incluye alarma de alto y bajo flujo (Fig.4.11)
- b).- Si la temperatura del vapor a la salida del horno, tiene gran - importancia, se recomienda usar un sistema de control en cascada de temperatura con flujo, como se ve en la figura 4.12.

En cualquiera de los casos la instrumentación se completa con un indicador de temperatura y otro de presión a la entrada del vapor, y con una alarma de alta y baja temperatura del vapor de salida del horno, y un indicador para montaje local.

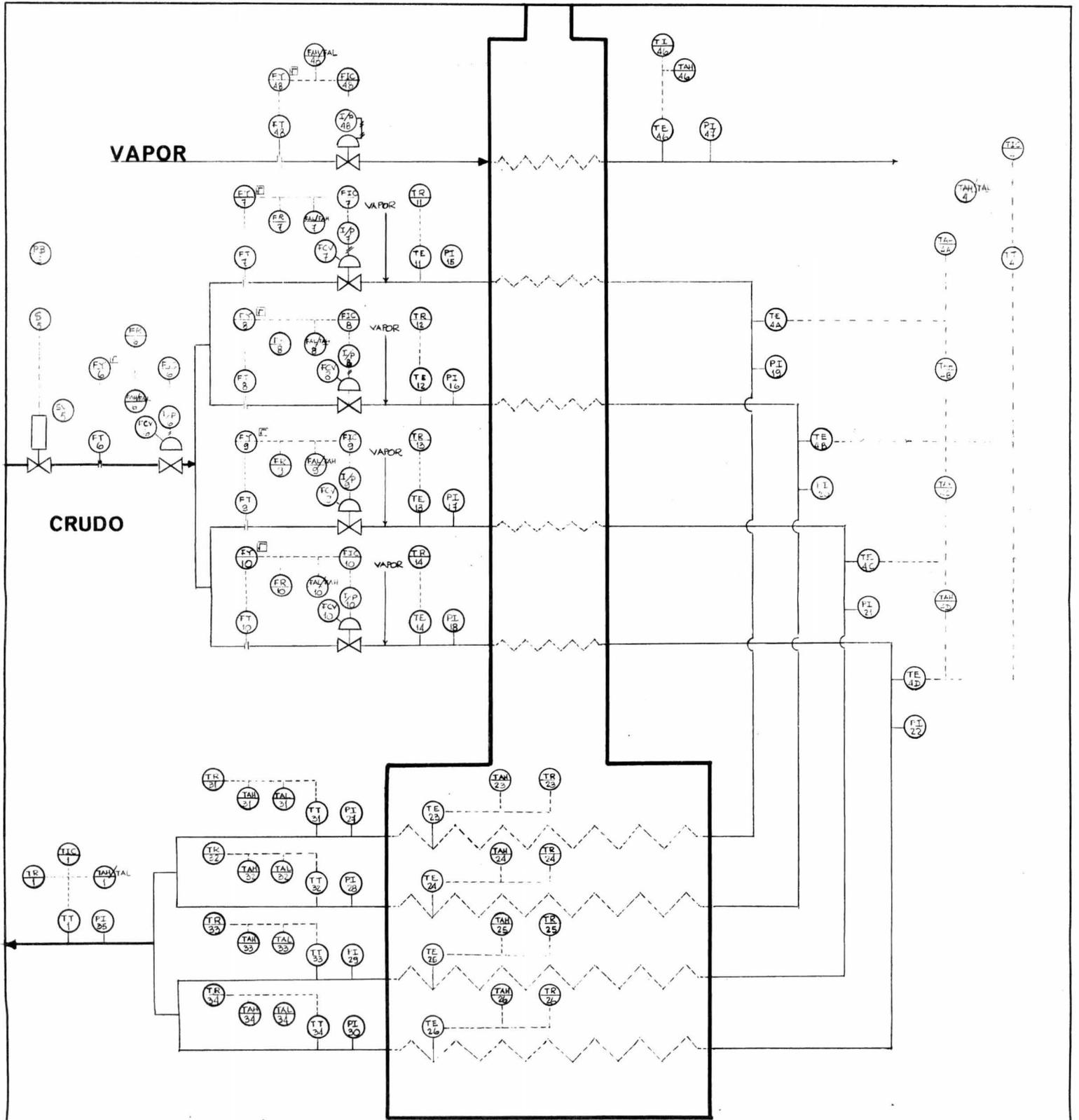


FIG.4.11 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION PARA EL CONTROL DEL CRUDO REDUCIDO Y EL VAPOR

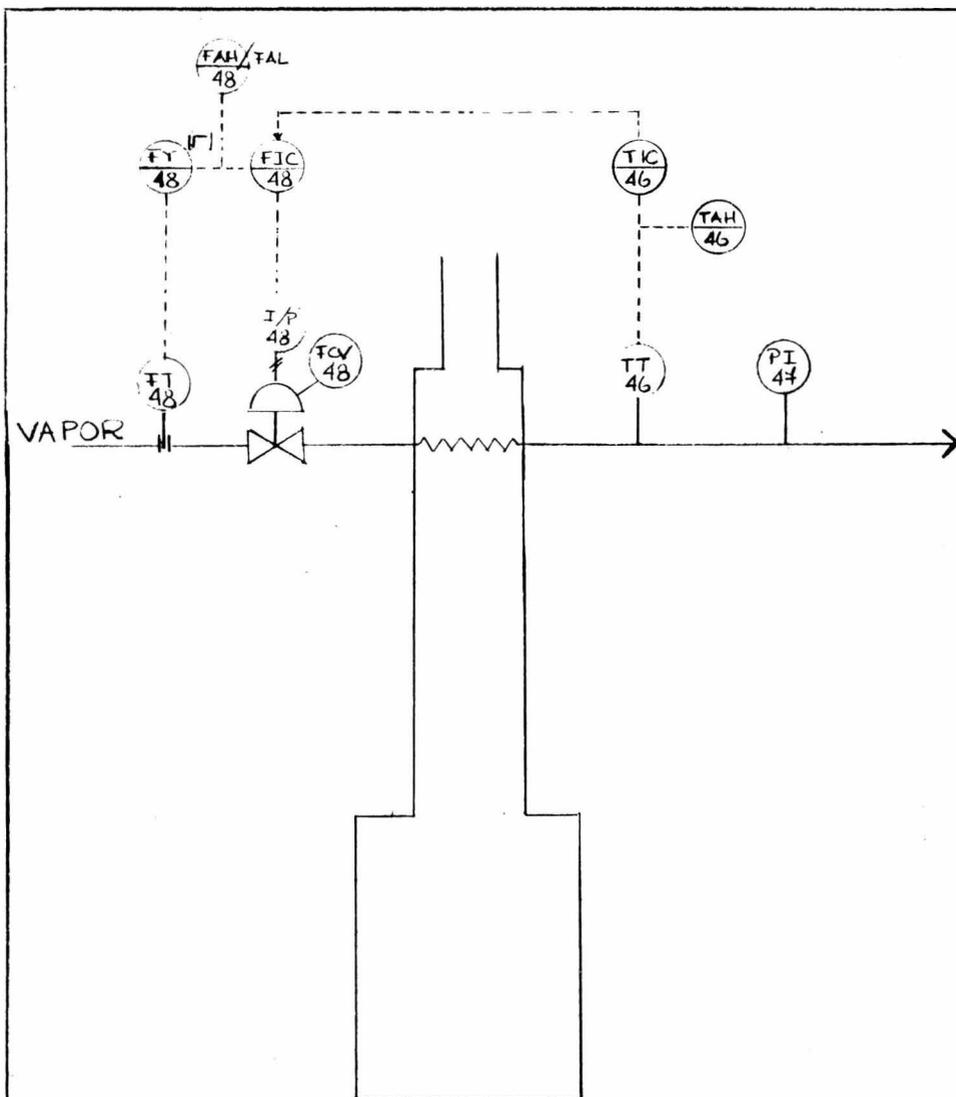


FIG.4.12 SISTEMA DE CONTROL EN CASCADA PARA EL VAPOR

LISTA DE ABREVIATURAS

FLUJO

FAH - - - - -	ALARMA DE ALTO FLUJO
FAL - - - - -	ALARMA DE BAJO FLUJO
FCV - - - - -	VALVULA DE CONTROL DE FLUJO
FIC - - - - -	INDICADOR CONTROLADOR DE FLUJO
FR - - - - -	REGISTRADOR DE FLUJO
FT - - - - -	TRANSMISOR DE FLUJO
FY - - - - -	ESTACION ANALOGICA DE COMPUTACION

PRESION

PAH - - - - -	ALARMA DE ALTA PRESION
PAL - - - - -	ALARMA DE BAJA PRESION
PCV - - - - -	VALVULA DE CONTROL DE PRESION
PI - - - - -	INDICADOR DE PRESION
PIC - - - - -	INDICADOR CONTROLADOR DE PRESION
PT - - - - -	TRANSMISOR DE PRESION

TEMPERATURA

TAH - - - - -	ALARMA DE ALTA TEMPERATURA
TAL - - - - -	ALARMA DE BAJA TEMPERATURA
TE - - - - -	ELEMENTO PRIMARIO DE TEMPERATURA
TI - - - - -	INDICADOR DE TEMPERATURA
TIC - - - - -	INDICADOR CONTROLADOR DE TEMPERATURA
TR - - - - -	REGISTRADOR DE TEMPERATURA
TT - - - - -	TRANSMISOR DE TEMPERATURA
TY - - - - -	ESTACION ANALOGICA DE COMPUTACION(MULTIPLICACION SUMA).

ΔT A - - - - - ALARMA DE DIFERENCIA DE TEMPERATURA

OTRAS

I/P - - - - - TRANDUCTOR DE SEÑAL (ELECTRICA/NEUMATICA)

PB - - - - - BOTON DE ARRANQUE Y PARO

RS - - - - - ESTACION DE RELACION

S - - - - - VALVULA SOLENOIDE

SV - - - - - VALVULA DE SEGURIDAD

Σ - - - - - SUMA

$\sqrt{\quad}$ - - - - - EXTRACTOR DE RAIZ CUADRADA

X - - - - - MULTIPLICACION

CAPITULO V

CONTROL DE COMBUSTION

- V.1 QUEMADORES
- V.2 AIRE REQUERIDO PARA LA COMBUSTION
- V.3 ALIMENTACION A QUEMADORES PILOTOS
- V.4 ALIMENTACION A QUEMADORES PRINCIPALES
 - V.4.A CONTROL DE COMBUSTION USANDO GAS COMBUSTIBLE
 - V.4.B CONTROL DE COMBUSTION USANDO ACEITE COMBUSTIBLE
 - V.4.C CONTROL DE COMBUSTION USANDO MULTICOMBUSTIBLE

V. CONTROL DE COMBUSTION.

El calor que se suministra a un horno se provee primariamente por una reacci3n de combusti3n y por el calor sensible del aire de combusti3n si 3ste ha sido precalentado. Los combustibles gaseosos generalmente generan llamas no luminosas. Los combustibles de petr3leo pueden quemarse de manera que generen flamas de luminosidad variable, dependiendo del dise1o del quemador, grado de atomizaci3n y porcentaje de aire en exceso. Los quemadores de carb3n pulverizado producen una flama que contiene part3culas incandescentes y un alto grado de luminosidad sobre el m3nimo obtenible en quemadores de petr3leo. De acuerdo a lo anterior, falta a3n el sistema de control que permita una 3ptima eficiencia en la combusti3n tratando diversos combustibles. Para ello este cap3tulo se divide en las siguientes secciones:

V. 1 QUEMADORES.

V. 2 AIRE REQUERIDO PARA LA COMBUSTION.

V. 3 ALIMENTACION A QUEMADORES PILOTOS.

V. 4 ALIMENTACION A QUEMADORES PRINCIPALES.

V. 4. A.- CONTROL DE COMBUSTION USANDO GAS COMBUSTIBLE.

V. 4. B.- CONTROL DE COMBUSTION USANDO ACEITE COMBUSTIBLE.

V. 4. C.- CONTROL DE COMBUSTION USANDO MULTICOMBUSTIBLE.

Como se mencion3 en el cap3tulo anterior, la seguridad es una tarea fundamental y ser3 tratada en cada una de las secciones arriba mencionadas.

V. 1 QUEMADORES.

Hay dos grandes categorías:

- a) Quemadores de aire soplado.
- b) Quemadores de tiro natural.

Los quemadores de aire soplado son corrientemente utilizados en centrales térmicas. En los hornos de refinería son más raros por diferentes razones, pero en especial por su precio, pues son mucho más caros que los quemadores convencionales de tiro natural. Sin embargo presentan ventajas notables, como la de poder ser regulados automáticamente y permitir una combustión con muy bajo exceso de aire. Esto tiene importancia ya que permite:

- a) Economía de combustible.
- b) Reducir la corrosión. Por ejemplo, hay reducción en las corrosiones observadas en la utilización de combustibles sulfurados o que contienen Vanadio.

Con el uso de quemadores de aire soplado, se admite que la necesidad del exceso de aire en los humos descienda a menos del 3 % .

Los quemadores de tiro natural que se utilizan generalmente en los hornos, dan resultados correctos. Cuando se emplea combustible líquido se hace necesario pulverizarlos. La atomización puede ser mecánica: el aceite es finamente dividido por el efecto de la propia presión, la cual es del orden de 20 a 30 bares; este sistema puede ser económico, pero los quemadores de este tipo carecen generalmente de flexibilidad. La pulverización puede ser, también, semimecánica con ayuda de aire o de vapor. Lo más común es el uso de quemadores de tiro natural tanto

para combustible gas como para líquido; en este caso lo más empleado para pulverizar el combustible líquido es vapor de atomización.

Los quemadores de tiro natural, para gas, son de mezcla aire / gas cuando el combustible contiene menos del 40 % de Hidrógeno, y se suprime la mezcla cuando el porcentaje en el gas es superior. Las flamas de estos últimos son más largas y diferentes de las producidas por la mezcla aire / gas. No debe buscarse obtener a cualquier precio flamas azules, ya que esto indica gran exceso de aire.

La flexibilidad de un quemador de tiro natural es generalmente de 1 a 3. Con frecuencia, los usuarios exigen que el quemador pueda funcionar con una posibilidad de carga permanente de 20 %, o sea 120 % del rendimiento nominal. El constructor del quemador calcula entonces el quemador sobre la base de este rendimiento, agrega un coeficiente de seguridad normal, y se tiene un quemador capaz de funcionar al 130 e incluso al 140 % de su rendimiento normal. El usuario lo hace funcionar en promedio entre 60 y 100 % y lo que ocurre son problemas como: mala pulverización, formación de incombustibles, corrosión, ... etc.

En muchas ocasiones, el quemador es utilizado, usando la misma boquilla de aceite sin ninguna modificación, con diferentes combustibles líquidos que pueden variar, desde la gasolina ligera hasta el asfalto. Este procedimiento no se recomienda, ya que, además de los problemas de combustión, puede producirse en las boquillas vaporizaciones cuando se trabaja con combustibles ligeros. Una inflamación dentro de las boquillas, puede suceder a una reducción grande de presión.

En general, los quemadores de tiro natural corrientemente utilizados - pueden consumir hasta 400 / 500 Kg / Hora de aceite. Los quemadores de aire soplado son de mayor consumo, ya que manejan hasta 5000 Kg / Hora, y algunas veces más.

No es el propósito de esta tesis hacer una comparación de los dos tipos de quemadores antes mencionados, pero se podrían substituir varios quemadores de tiro natural por un quemador de aire soplado, con lo cual, el comportamiento de los hornos petroleros mejorarían.

ENCENDIDO DE QUEMADORES.

Para proceder a encender los quemadores se debe tener, primero, control de la atmósfera del horno por lo menos en su parte superior. Un quemador debe ser encendido lentamente, para que sus refractarios se calienten progresivamente, así como la cámara de combustión, cuya temperatura es factor importante para una buena combustión; antes de ser sometido a un mayor régimen, el quemador debe ser apagado y purgado, todo ello con las mayores precauciones. El acatamiento de las instrucciones del fabricante evita muchos problemas.

V. 2 AIRE REQUERIDO PARA LA COMBUSTION.

Para la completa combustión de cualquier porción de combustible, hay una cantidad ideal de Oxígeno y por lo consiguiente una cantidad ideal de aire requerido. Bajo condiciones reales, las ineficiencias en la combustión requieren de una cantidad adicional de aire para asegurar que la combustión sea completa. La cantidad extra y arriba de la ideal re-

-querida es llamada "exceso de aire", y es usual hablar del "porcien-
-to de aire en exceso", el cual está dado por la relación siguiente:

$$\% \text{ de aire en exceso} = \frac{\text{aire en exceso}}{\text{aire requerido para la combustión ideal}} \times 100$$

Cada combustible tiene un límite mínimo práctico de porcentaje de aire-
en exceso y probablemente la más importante función del sistema de con-
-trol de combustión es mantener el porcentaje del exceso de aire arriba
del mínimo. Los requerimientos del "exceso de aire" son usualmente sa-
-tisfechos manteniendo un tiro adecuado en el horno, (una adecuada ba-
-ja presión en la chimenea), para asegurar que entra suficiente aire a
la cámara de combustión. Para una medición más exacta del exceso de -
aire, se requiere medir el contenido de Oxígeno de los gases de la com-
-bustión, ya que este factor está directamente relacionado al porcentaje
de aire en exceso.

El analizador de Oxígeno es un instrumento común, para hornos que consu-
-men grandes cantidades de combustible. Su principal función es medir-
el contenido de Oxígeno de los gases de la combustión, a partir del -
cual, se puede calcular el exceso de aire que se proporciona al horno.
Si se mantiene el exceso de aire al mínimo deseado, el calor se conser-
-vará, ya que el calor sensible que absorbe el exceso de aire es una -
pérdida total de calor que hace ineficiente la combustión. Mantienen-
-do al mínimo el exceso de Oxígeno, por medio de la admisión de aire -
dentro del horno, manipulando el tiro de la chimenea, la eficiencia de-
combustión puede ser optimizada con respecto al consumo de aire. El a

-nalizador tiene una función secundaria, ya que puede conectarse a una alarma que se activará cuando se maneje bajo Oxígeno, y que alertará al operador de una inminente atmósfera peligrosa en el horno. Generalmente, la decisión de cuándo adquirir un analizador de Oxígeno se hace en base a un análisis económico, ya que hay que tomar en cuenta además de su costo inicial, el correspondiente al mantenimiento periódico del analizador.

Se puede justificar el uso de un analizador de Oxígeno en los siguientes casos:

- a) Hornos que consumen grandes cantidades de combustible. El tiempo que se requiere para que la instalación del analizador se pague, puede ser cosa de meses.
- b) Hornos donde las condiciones de operación son tales que hay frecuentes cambios en las cargas de crudo reducido a calentar, y / o frecuentes cambios en el tipo de combustible. En estos casos, el analizador podría considerarse una necesidad tomando en cuenta solamente la necesidad de operación.

Con relación al montaje del analizador se deben tomar las siguientes precauciones:

- a) Ubicar la toma de muestreo en un lugar donde los humos son homogéneos, sin riesgo de perturbaciones debidas a infiltraciones de aire parásitas.
- b) Proteger la línea de muestreo contra el hielo y las grandes variaciones de temperatura.
- c) Instalar la línea de muestreo con cierta pendiente y con puntos de

carga.

En el diagrama 5.1 se puede observar la toma para el analizador de Oxígeno, O_2 T-36, instalada a la salida de la zona de radiación.

V. 3 ALIMENTACION A QUEMADORES PILOTOS.

El uso de quemadores pilotos fue muy discutido hace algunos años, pero en la actualidad se consideran imprescindibles, tanto para quemadores de gas como para aceite, ya que permiten hacer lo siguiente:

- a) Encender más fácilmente los quemadores.
- b) Evitan extinciones intempestivas, ayudando a mantener encendidos los quemadores.
- c) Facilitan el reencendido.
- d) Proporcionan un sistema de seguridad que funciona perfectamente bien.

Para una buena operación de los quemadores pilotos, es necesario que la alimentación de combustible tenga las siguientes características:

- a) Presión constante.
- b) Hasta donde sea posible, la misma calidad.
- c) Contenga muy poco o nada de Hidrógeno, ya que se trata, en general, de quemadores de premezclado.

Los pilotos pueden ser conservados en funcionamiento, en caso de paro del horno, aún si la carga de crudo a calentar no está circulando.

El horno no sufrirá daño si los pilotos no son alimentados a presión correcta, pero si la presión es de 10 a 20 veces mayor o menor que la que debería tener, las llamas pueden ser sopladas en el momento de la-

extinción total de los quemadores, lo cual puede ser de terribles consecuencias si existe un flujo importante de gas.

Para mantener la presión constante se instala un controlador indicador de presión PIC-36, con alarma de baja presión (PAL-36), que cortará la llegada de combustible en los casos de extrema emergencia, cerrando al activar la solenoide S-37, la válvula de seguridad SV-37.

V. 4 ALIMENTACION A LOS QUEMADORES PRINCIPALES.

Se analizan los sistemas de control requeridos para el control de combustión usando los siguientes:

- V. 4. A) Gas combustible.
- V. 4. B) Aceite.
- V. 4 C) Multicombustible.

V. 4. A CONTROL DE COMBUSTION USANDO GAS COMBUSTIBLE UNICAMENTE.

La figura 5.1 muestra el control de combustión para el horno usando gas combustible únicamente.

El controlador de presión PIC-38, mantiene la presión a un valor determinado en el cabezal del quemador, e incorpora una alarma de baja presión, (PAL-38), que corta la alimentación de combustible, cerrando la válvula de seguridad SV-46. El gas combustible alimenta a muchos quemadores colocados a igual distancia a lo largo del piso del fogón. Los quemadores siendo esencialmente orificios de diámetros fijos, dejarán pasar más o menos combustible dependiendo de la presión del cabezal. Para cambiar la cantidad de calor que los quemadores suministran

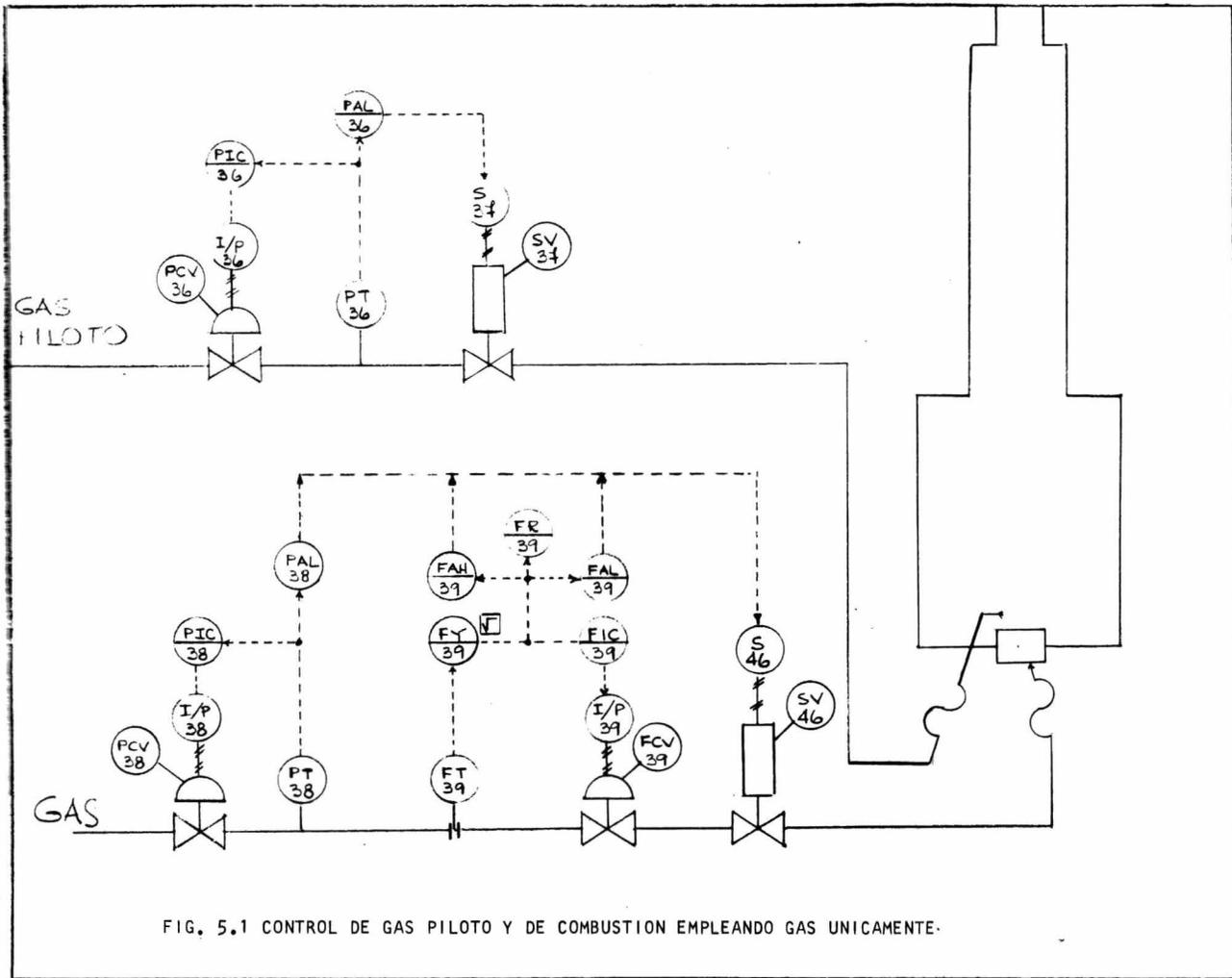


FIG. 5.1 CONTROL DE GAS PILOTO Y DE COMBUSTION EMPLEANDO GAS UNICAMENTE.

al horno, la presión del cabezal debe ser alterada. Esto se logra por medio de los sistemas de control discutidos en el capítulo IV, por ejemplo, en el sistema de control en cascada de temperatura con temperatura, la válvula TCV-4, al ser manipulada por la señal del TIC-1, modificará la presión del cabezal de gas combustible a los quemadores cambiando, de esta manera, la cantidad de calor que se suministra al horno. Cuando la temperatura dentro del horno sea constante, la cual se mide por el transmisor de temperatura TT-4 ("loop" secundario), y la variable esté dentro del punto de control, la posición de la válvula TCV-4, será constante y por lo tanto, la presión del cabezal será también constante, manteniéndose de esta manera la cantidad de calor que se suministra al horno constante.

Un controlador indicador de flujo con señal de salida limitada (FIC-39), se instala para controlar el flujo de combustible, el FR-39 es necesario para hacer un chequeo eficiente del horno y determinar el calor de entrada. Este "loop" incorpora alambres de alto y bajo flujo cuya misión es cortar la alimentación de gas combustible a los quemadores cerrando la válvula.

V. 4. B CONTROL DE COMBUSTION USANDO ACEITE COMO COMBUSTIBLE.

Generalmente se usan quemadores de tiro natural de pulverización por vapor. Se requiere vapor de atomización para dispersar el aceite suficientemente y producir una combustión eficiente.

En primer lugar el aceite debe estar correctamente precalentado y llegar a los quemadores con la temperatura adecuada. Es necesario hacer

notar este punto, pues a menudo por culpa de tuberías mal trazadas y de fugas caloríficas, la temperatura de aceite es correcta a la salida del precalentador de línea, pero no es la que se requiere al llegar a los quemadores. Se recomienda que el elemento primario de medición TE-40 esté instalado lo más cerca de los quemadores.

Los quemadores convencionales de pulverización por vapor, queman correctamente aceites cuya viscosidad es de 4 a 5 grados ENGLER. En general la temperatura de precalentamiento es determinada utilizando una relación de viscosidad contra temperatura. De esta manera, el aceite es precalentado a una temperatura lo suficientemente exacta, para que obtenga la viscosidad requerida por los fabricantes de quemadores.

El controlador indicador de temperatura TIC-40, debe realizar las siguientes tareas:

- a) Mantener una temperatura constante de salida del aceite precalentado, con el objeto de que la viscosidad sea constante.
- b) La temperatura debe ser lo suficientemente alta para proporcionar el aceite precalentado dentro de los límites de viscosidad requeridos por el quemador.

Ensayos hechos de precalentado de combustible pesado, mostraron que a temperaturas menores de 115 °C, la combustión es defectuosa con formación de sólidos incombustibles y un poco de gases incombustibles. A arriba de 115 °C, los sólidos incombustibles desaparecen y el contenido de Oxígeno en exceso baja.

El mantenimiento de la estabilidad de la temperatura de precalenta -

-miento de aceite, y en particular para un aceite pesado, es ayudado - por la utilización de una recirculación del aceite precalentado.

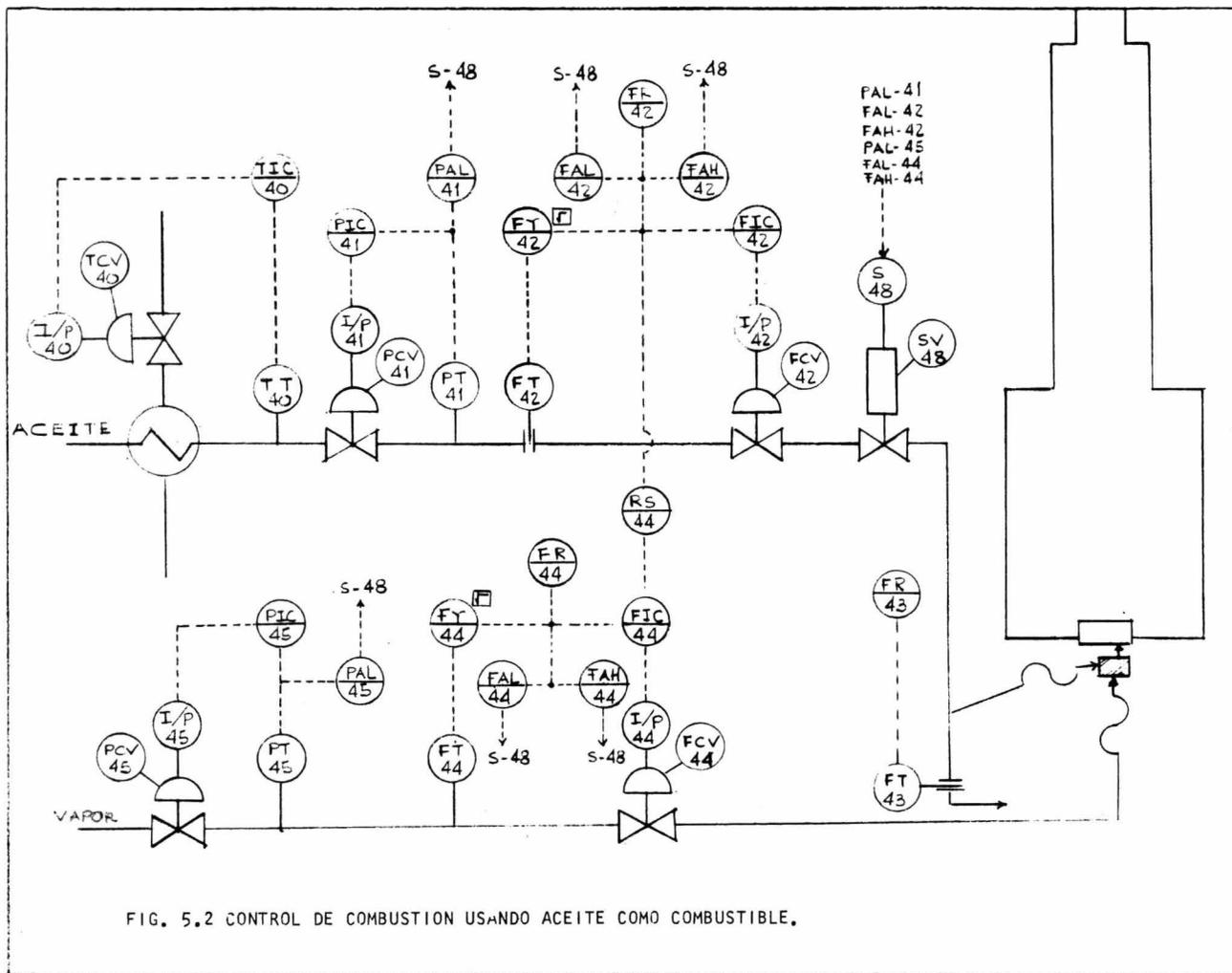
En el cabezal del aceite combustible se instala un controlador indica-
-dor de presión, PIC-41, y una alarma por baja presión PAL-41, que cor-
-tará al ser activada, la alimentación de combustible. (La válvula de
seguridad SV-48, cierra).

Un controlador indicador de flujo, FIC-42, con señal de salida limitada
se instala para controlar y limitar la alimentación de combustible a-
los quemadores. Las alarmas, FAH-42 y FAL-42 cortan la alimentación de
combustible, en caso de alto o bajo flujo de combustible.

Con el objeto de conocer la diferencia de consumo de combustible en -
cada quemador, se instala en cada paso un registrador de flujo FR-43, -
43-A, ...etc.

La figura 5.2 muestra el sistema de control de relación, entre aceite-
y vapor que asegura una buena pulverización durante las variaciones -
de calentamiento requerido. Las alarmas de alto y bajo flujo, FAL-44 y
FAH-44, al ser activadas cortan la alimentación de combustible. La es-
-tación de relación RS-44, de acuerdo al flujo de aceite combustible -
que pasa, fija el punto de control del FIC-44, que controla, a través de
la válvula FCV-44 el flujo de vapor de atomización. Tanto la alarma -
de alto flujo, como la de bajo (FAL-44 y FAH-44), al ser activadas -
cortan la alimentación de combustible cerrando la válvula SV-48.

La adición de poco vapor puede provocar flamas con chispas largas y -



humeantes, aún con un exceso de aire, y disminuir la temperatura de la flama, volviéndose extremadamente luminosa. En casos extremos, hace disminuir la flexibilidad de los quemadores y provoca la pérdida de la flama. La regulación de la relación de aceite y vapor, tiene la ventaja de suministrar a los quemadores un porcentaje conveniente de vapor en relación al aceite. Esto es muy útil ya que logra:

- a) Constancia en la luminosidad.
- b) Exceso de aire mínimo.

El controlador indicador de presión PIC-45, y la alarma de baja presión PAL-45, completan el sistema. La alarma en caso de baja presión de vapor corta la alimentación de combustible y de vapor.

El vapor de atomización debe ser seco y ligeramente sobrecalentado. Sin embargo, su temperatura no debe ser excesiva, para evitar vaporizaciones intempestivas de aceite en la línea de los quemadores. Una buena temperatura es entre 200 y 260 °C.

V. 4. C CONTROL DE COMBUSTION USANDO MULTICOMBUSTIBLE.

El uso del calentamiento mixto se generaliza cada vez más. Sin embargo, exige ciertas precauciones. Cuando un horno está equipado con cierto número de quemadores, se pueden alimentar alternativamente uno con aceite y el otro quemador con gas. De esta manera, por algo se denominan mixtos, se puede alimentar el horno con combustibles líquidos y gaseosos.

Generalmente se regula uno de los quemadores en "manual", y el otro en automático. Es necesario que la alimentación de los combustibles,

y sobre todo el del aceite, no sea inferior al 30% de la capacidad no minal de los quemadores, pues de lo contrario, se tendrán dificultades para controlar la combustión.

La figura 5.3 muestra el arreglo más común para calentamiento con com bustibles mezclados. El aceite se usa como relleno y el gas se quema preferentemente. Esta situación es común donde cantidades variables - pero insuficientes de gas combustible están disponibles desde una uni -dad de proceso, tal como una refinería de petróleo. La presión del - gas combustible es reducida y controlada por el instrumento, PIC-38 - manteniendo la presión constante en el cabezal del gas, mientras exis- -ta gas combustible disponible en cantidades suficientes. De esta ma- -nera, del total de calor que absorbe el crudo reducido, parte es sumi- -nistrado por el gas, y el resto por el aceite combustible, el cual es controlado por cualquiera de los sistemas discutidos en la sección - IV. 2.

Si la presión en el cabezal de gas combustible cae abajo de un valor límite mínimo, previamente determinado, que ponga en peligro la opera -ción estable del horno, el suministro de gas será cortado por la alar -ma de baja presión PAL-38, haciendo que cierre la válvula de seguri -dad SV-46. Cuando ésto ocurre, la carga total de calentamiento es lle -vada a cabo por el sistema de aceite combustible.

Aunque el aceite combustible es el soporte de calentamiento, debe es -tar disponible en cantidades suficientes para calentar la carga total del crudo, en caso de una interrupción de gas combustible.

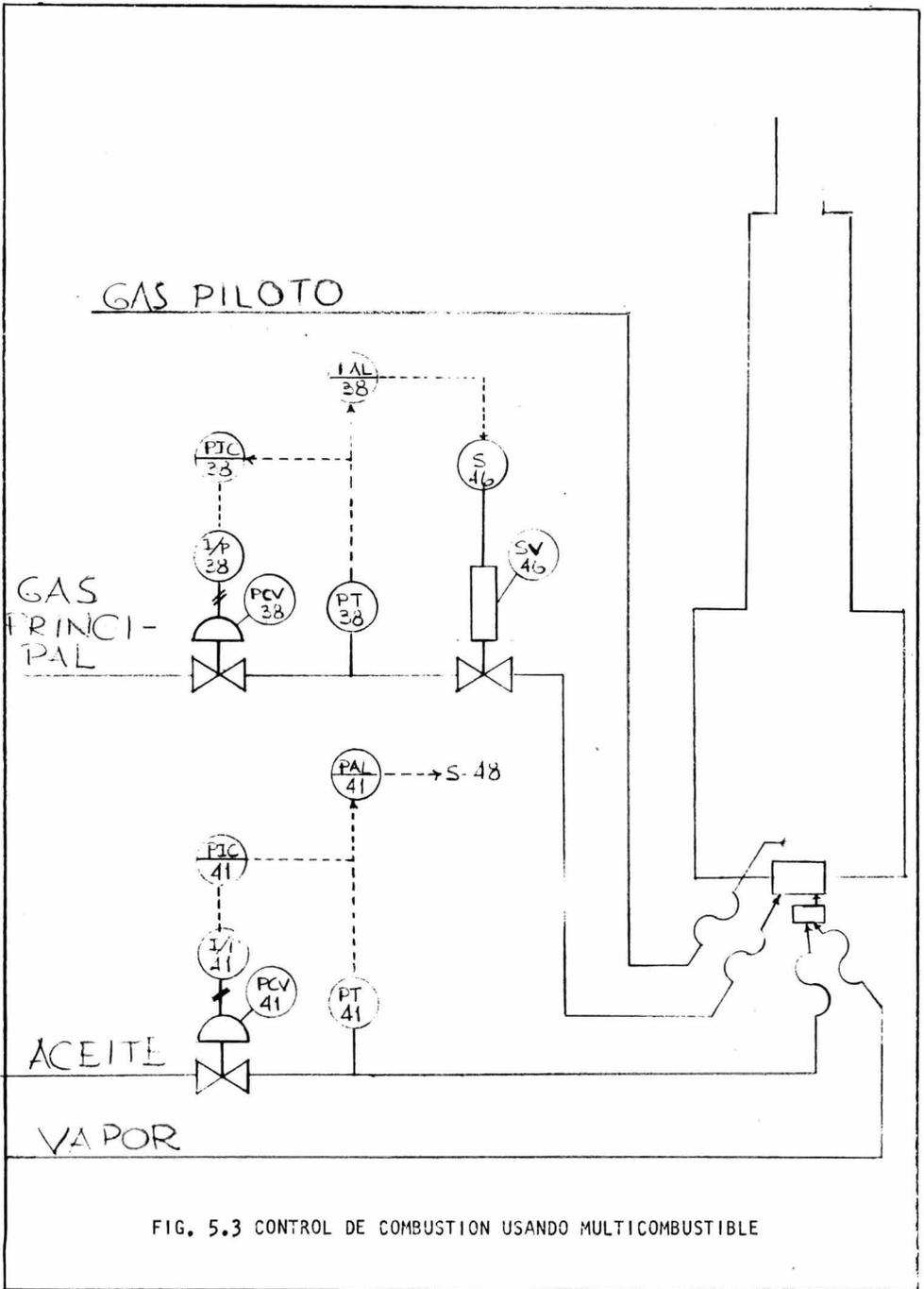


FIG. 5.3 CONTROL DE COMBUSTION USANDO MULTICOMBUSTIBLE

Cualquier quemador tiene un límite de "rechazo", el cual es la relación de la máxima a la mínima capacidad de combustible que se puede quemar, generalmente es de 3 a 1. Cuando hay baja presión en el cabezal de aceite combustible, indica que se está alcanzando un mínimo de fuego disponible en el horno, la alarma de baja presión PAL-41, avisará al operador cuando ésta situación ocurre. El operador tiene dos opciones:

- a) Ir al horno y manualmente apagar los quemadores individuales de aceite.
- b) Reducir la alimentación de calor debida al gas, lo cual se logra disminuyendo el punto de control del PIC-38. El cambio incrementará la demanda del aceite combustible y ésto llevará al sistema a una zona estable de operación.

CAPITULO VI

TECNICAS AVANZADAS DE CONTROL

VI.1 COMPUTACION ANALOGICA

VI.2 COMPUTACION DIGITAL

VI.- TECNICAS AVANZADAS DE CONTROL APLICADAS A HORNOS.

Por múltiples razones se ha hecho necesario aplicar sistemas avanzados de control a los hornos; entre otras, debido a:

- a).- Grandes tamaños de hornos. Más de 100 millones Kcal/h llegando algunos a 175 millones de Kcal/h.
- b).- La gran flexibilidad que se les exige, tanto en rendimiento como en potencia.
- c).- Que manejan cargas variables de crudo reducido a calentar.
- d).- La necesidad de optimizar la operación.

Las computadoras digitales han sido usadas con éxito para el control de procesos, en un amplio rango de operaciones. El objetivo de éste capítulo es dar un ejemplo, de cómo podrían emplearse para mejorar el control de la operación de los hornos.

En la sección VI.1, se hace un breve resumen de las formas de aplicación de las computadoras digitales a los procesos, en la sección VI.2, se comenta su aplicación a los hornos, y por último en la sección - - VI.3, se habla de las situaciones que hay que cuidar antes de comprar una computadora.

VI.1.- APLICACION DE LA COMPUTADORA DIGITAL A PROCESOS INDUSTRIALES.

La aparición de económicas minicomputadoras han modificado las ideas acerca del control de procesos. No solamente, la reducción en el costo del "hardware" está causando el cambio, sino también, la disponibili-

dad de lenguajes de programación fáciles de usar, y un mayor conocimiento de las aplicaciones de la computadora, han justificado el uso de éste tipo de equipo en procesos industriales.

Es muy importante distinguir un minisistema de una minicomputadora. - El minisistema es un paquete completo, basado en una minicomputadora, pero incluye, además, todas las interfases, acondicionamiento de señales y unidades periféricas, unidos con un lenguaje de programación fácil de usar.

Antes de analizar los componentes de un minisistema, primero se definirán las tareas que hay que desarrollar en un sistema digital para el control de procesos.

- 1).- Medir el estado que guarda el proceso
- 2).- Analizar el nivel del proceso y determinar de acuerdo a los objetivos fijados, si el proceso se está llevando a cabo correctamente.
- 3).- Hacer la acción correctiva, si se requiere, y llevar el proceso al punto de control deseado.
- 4).- Informar al operador del estado del proceso.

Un completo minisistema, para hacer lo anterior, tiene cuatro distintos sub-sistemas, uno para cada uno de las cuatro tareas anteriormente mencionadas.

Los sub-sistemas son:

- 1).- "UNIDAD DE REUNION DE DATOS".- Es la interfase proceso-máquina, que convierte señales a una forma tal, que la computadora puede inter

pretar y localizarlas en su memoria.

Las señales que recibe éste subsistema pueden ser:

a).- Analógicas: como 4-20 ma, 1-5VDC etc., que envían los diferentes transmisores de presión, temperatura, nivel, etc.

b).- Discretas: que vienen de: - Relevadores, interruptores de temperatura, presión etc.- Pulsos lógicos.

"UNIDAD DE PROCESAMIENTO".- La cual es por si misma la computadora. - El subsistema normalmente contiene dos secciones.

a).- Una unidad central de procesamiento, (CPU).- con su capacidad aritmética y de control.

b).- La memoria de la computadora: La cual contiene almacenados datos e instrucciones.

El CPU y la memoria, juntos, analizan la información acerca del proceso que la "Unidad de Reunión de Datos" ha adquirido. Este análisis, - resulta en la computación de nuevos puntos de ajustes, posiciones de válvulas, etc., para mantener controlador el proceso.

"UNIDAD DE CONTROL DE SALIDA".- Interpreta los mandatos de la Unidad Central de Procesamiento, y los traduce en la forma necesaria para hacer el actual proyecto de control. Las señales de salida para controlar el proceso pueden ser:

a).- Dos posiciones, (Digital).- Señales eléctricas, para arrancar o parar un agitador, una bomba, etc.

b).-Analógicas.-Como 1-5VDC, 4-20 ma... que pueden ser los puntos - de ajuste para los controladores en el caso de control supervisorio, o, en el caso de una aplicación de control digital directo, la señal que a través de un transductor electroneumático dará una nueva posición a la válvula de control.

c).- Pulsos lógicos.- Con un convertidor de señales igual que b).

"UNIDAD PERIFERICA".- Contiene uno o más accesorios, tales como, teletipos, imprimidor de gráficas, CRTs, (pantalla de tubo de rayos catódicos, tablero para controles especiales, tarjetas o cintas perforadas, perforadoras, etc... Estos accesorios constituyen la interfase hombre-máquina que permite al operador cambiar funciones de control y estrategias, preguntar el estado del proceso, o, poner alerta al operador, cuando ocurren condiciones de alarma.

A falta de estos 4 subsistemas, el ingeniero de control tiene que ser un especialista en electrónica, para poder comprar o diseñar, los tableros, multiplexer, convertidores de análogo a digital, fuentes de poder etc.. y, acoplarlos al computador para convertirlos en un útil-sistema de trabajo.

El minisistema, es un completo paquete de 'hardware', donde, el proyecto está hecho, y es en esta forma como actualmente los fabricantes de estos sistemas lo presentan al mercado.

En los casos en que aquí se hable de una computadora, se refiere en realidad a un minisistema con todos sus componentes anteriormente mencionados.

* Hardware: deberá entenderse por este término todos los componentes electrónicos, mecánicos... etc., que forman parte de la computadora incluyendo las unidades periféricas.

* Software: Es la parte relativa a la programación y a la implementación del programa.

II).- METODOS DE CONTROL CON COMPUTADORA

La computadora ha sido aplicada de muchas maneras como:

- a).- Adquisición de datos
- b).- Control de "loop" abierto
- c).- Control de "loop" cerrado
- d).- Control de secuencias intermitentes, (control de dos posiciones)

Los sistemas de control "loop" cerrado se puede dividir en 2 categorías:

Supervisorio

Control digital directo (DDC)

Antes de hablar de los beneficios de un control por computadora, es conveniente repasar cada uno de éstos métodos básicos:

ADQUISICION DE DATOS.-

La figura 6.1 muestra, esquemáticamente, una configuración para adquisición de datos. Un computador usado para la adquisición de datos explora todas las variables del proceso periódicamente, (1 a 60 veces =

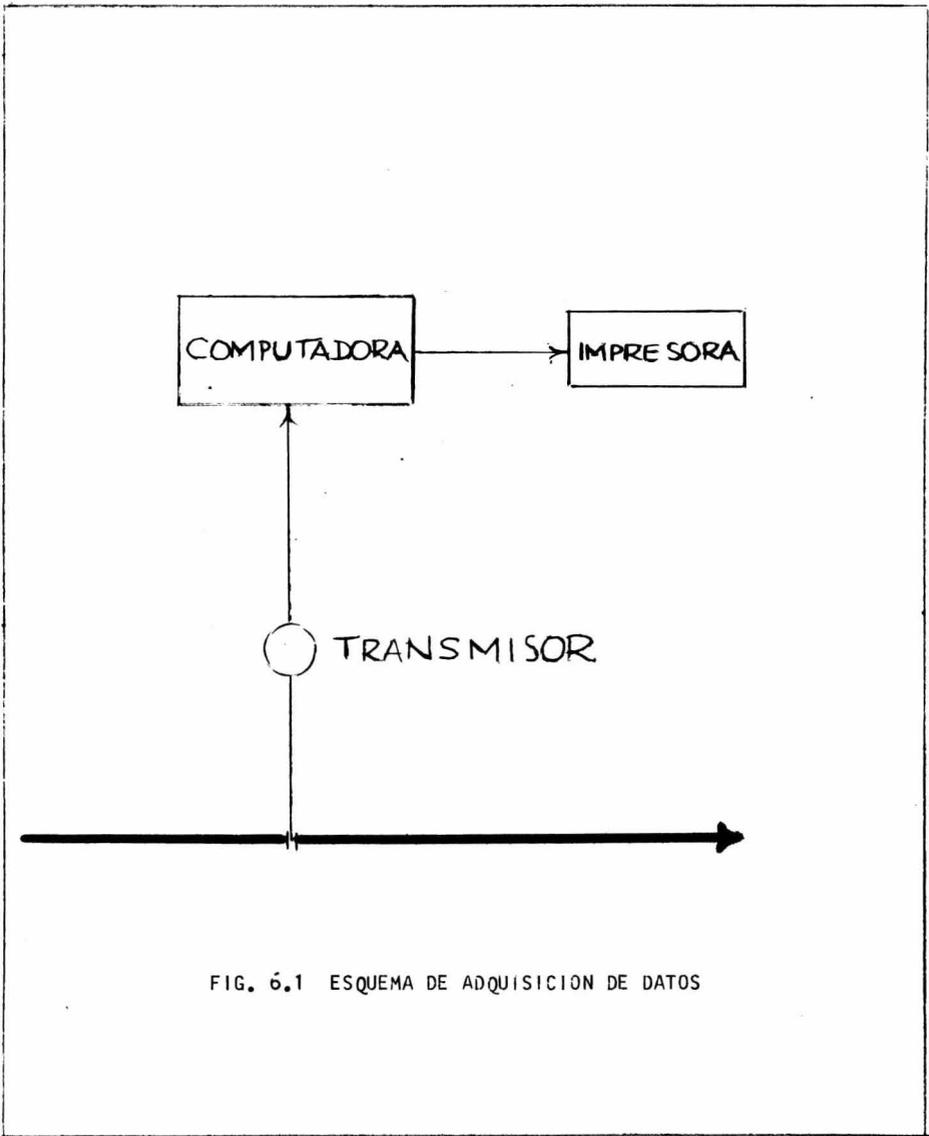


FIG. 6.1 ESQUEMA DE ADQUISICION DE DATOS

por minuto, típicamente). Estas señales son convertidas de su forma - analógica 1-5VDC 4-20ma 10-50 ma, a una equivalente representación binaria. Estos valores binarios son, entonces, normalmente convertidos a unidades de ingeniería y checados contra altos y bajos límites de alarma, escribiéndose los valores en hojas de registro, periódicamente, o cuando son requeridos. Un mensaje apropiado, es escrito cuando los límites son excedidos. Otras funciones, incluyen totalizador y/o promedio de variables del proceso seleccionadas, cálculos de balances de materiales y energía, cambios y resúmenes diarios pueden también, ser incluidos.

CONTROL DE "LOOP" ABIERTO.-

El control de "loop" abierto, o control guiado por el operador, el cual se ilustra en la figura 6.2., adiciona otras tareas al trabajo de la computadora. Esta aplicación es una estrategia de control, la cual calcula los puntos de control, o posiciones de las válvulas para algunos "loops" específicos. La información es, escrita en el teletipo para guiar al operador en el uso del controlador en el proceso. Este método fue popular en los primeros días del control por computadora pero ha sido substituido por el control de "loop" cerrado.

CONTROL DE "LOOP" CERRADO

Esta aplicación permite a la computadora manipular directamente las variables del proceso, (Fig. 6.3)

CONTROL SUPERVISORIO.- En control supervisorio, la computadora, calcula el óptimo punto de ajuste que se requiere en el proceso, y éste valor

FIG.6.2 CONTROL DE "LOOP" ABIERTO

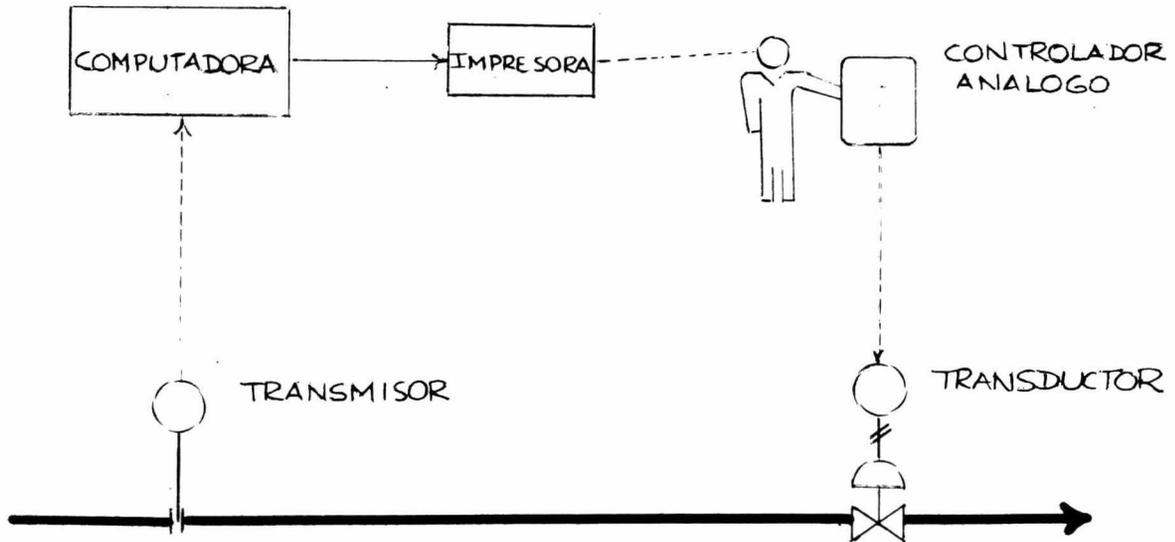
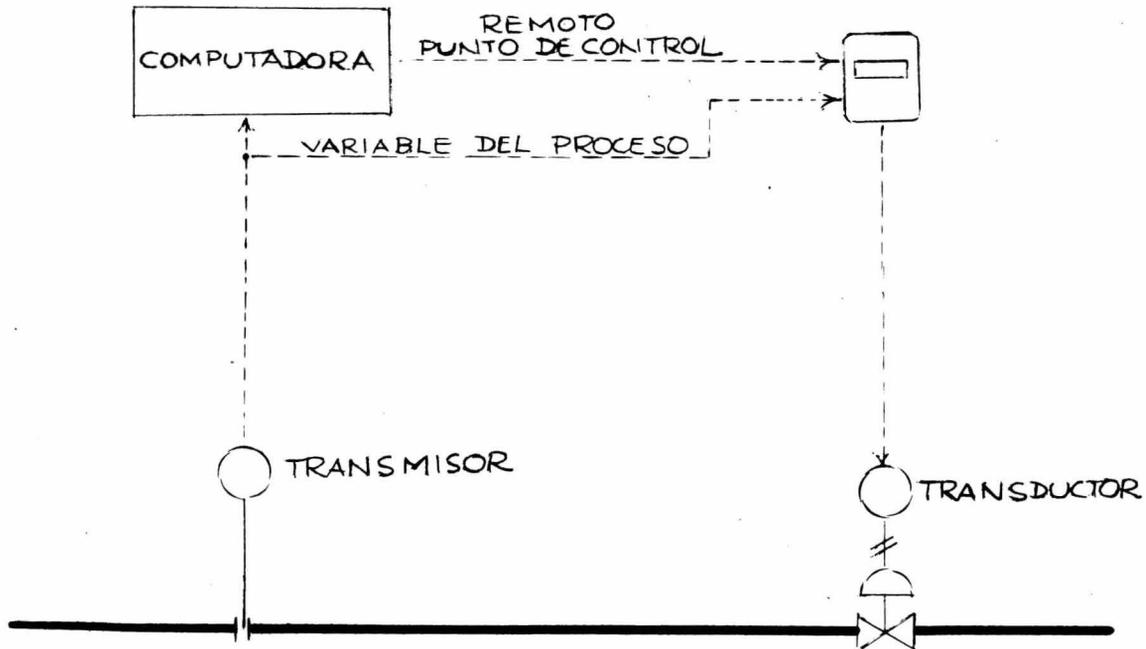


FIG. 6.3 CONTROL DE "LOOP" CERRADO



3111/04

se envía a un controlador análogo convencional, en donde, con la banda proporcional, el reajuste automático y la acción derivada, determinan la señal que dará a la válvula la posición correcta para mantener el proceso trabajando a óptimas condiciones de operación (Fig.6.4).

CONTROL DIGITAL DIRECTO: En control digital directo los algoritmos de control, como banda proporcional, reajuste automático y acción derivada son almacenados como parte del programa de la computadora. Usando estos algoritmos, el computador calcula qué posición debe mantener la válvula para cumplir con los objetivos del programa. El control Digital Directo elimina la necesidad de un controlador análogo. Normalmente habrá una estación "DDC" interpuesta entre la señal de salida de la computadora y la válvula de control, la cual permite:

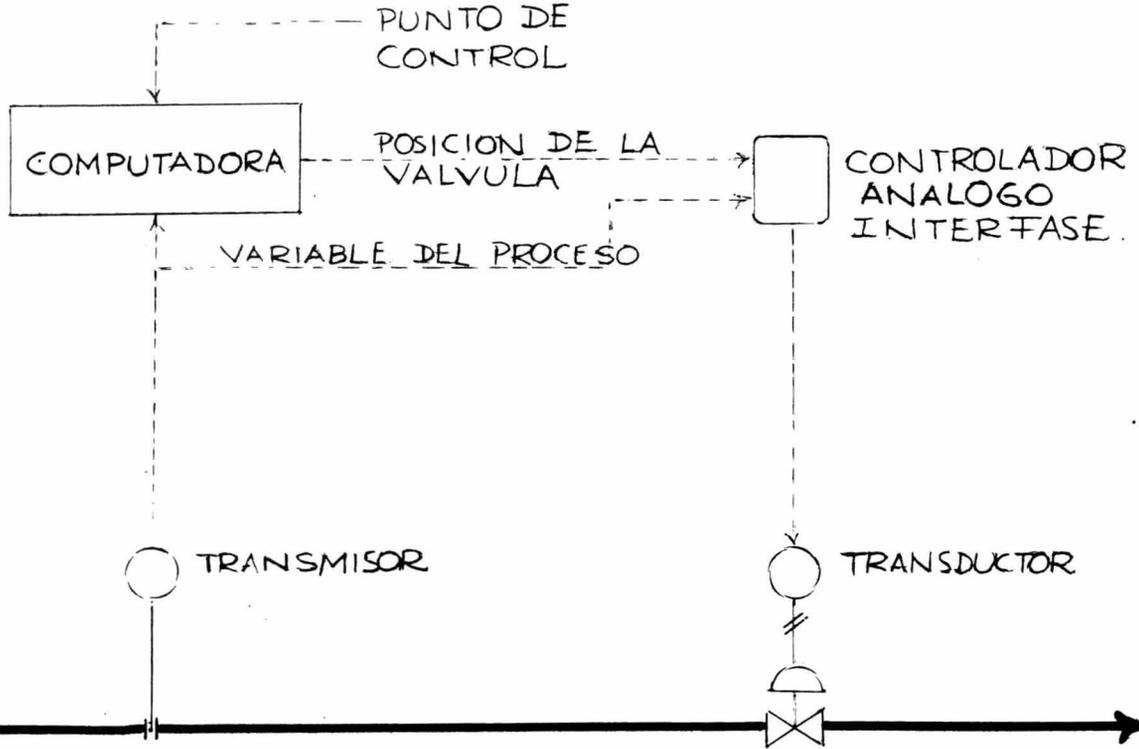
- a).- En caso de falla de la computadora, disponer de control manual y control automático analógico, o solamente manual.
- b).- Mostrar continuamente el valor de la variable y la posición de la válvula.

CONTROL DE SECUENCIA, (CONTROL DE DOS POSICIONES).

Los procesos intermitentes, son ordenados por medio de pasos previamente determinados, y son los reactores intermitentes, ejemplos clásicos de este tipo de procesos, en donde el tiempo es de primordial importancia, por lo que los parámetros típicos de control son:

- a).- El tiempo en que se efectúa la reacción.
- b).- El tiempo que un reactor debe conservar una presión o una temperatura dada.

FIG. 6.4 CONTROL SUPERVISORIO



c).- El tiempo al cual se debe adicionar los reactivos.

Las típicas señales de entrada al minisistema, son señales discretas que vienen de interruptores de presión, temperatura, nivel, totalizadores de flujo, etc. Las señales de salida son normalmente eléctricas, las cuales, arrancan o para bombas, agitadores, energizan o desenergizan válvulas solenoides y equipos similares que trabajan en 2 posiciones, (abrir y cerrar).

VI.2.- APLICACION DE LA COMPUTADORA DIGITAL PARA EL CONTROL DE HORNOS

Las condiciones de operación de los hornos, así como las principales tareas de control, tanto del proceso, como de la combustión y de la seguridad, han sido discutidas en los capítulos anteriores.

Una de las principales consideraciones discutidas, fué la división apropiada del crudo reducido a través de los diferentes pasos. En una refinería de gran tamaño, donde se tienen varios hornos, cada uno con 4 ó 6 pasos, resulta una tarea difícil para el operador, mantener la división apropiada del flujo. Esta tarea es una buena aplicación para una computadora digital, debido a la facilidad que tiene de repetir, exactamente, un número ilimitado de veces la misma operación.

La figura 6.5, representa un sistema de control por computadora, aplicado a un horno de calentamiento de crudo reducido. Las señales con el símbolo  , significan entradas al computador; las que tienen el símbolo  , son salidas del sistema de computación.

El flujo total que se alimenta al horno, FT-6, así como también, los flujos de los pasos individuales, (FT-7, 8, 9 y 10), son enviados al

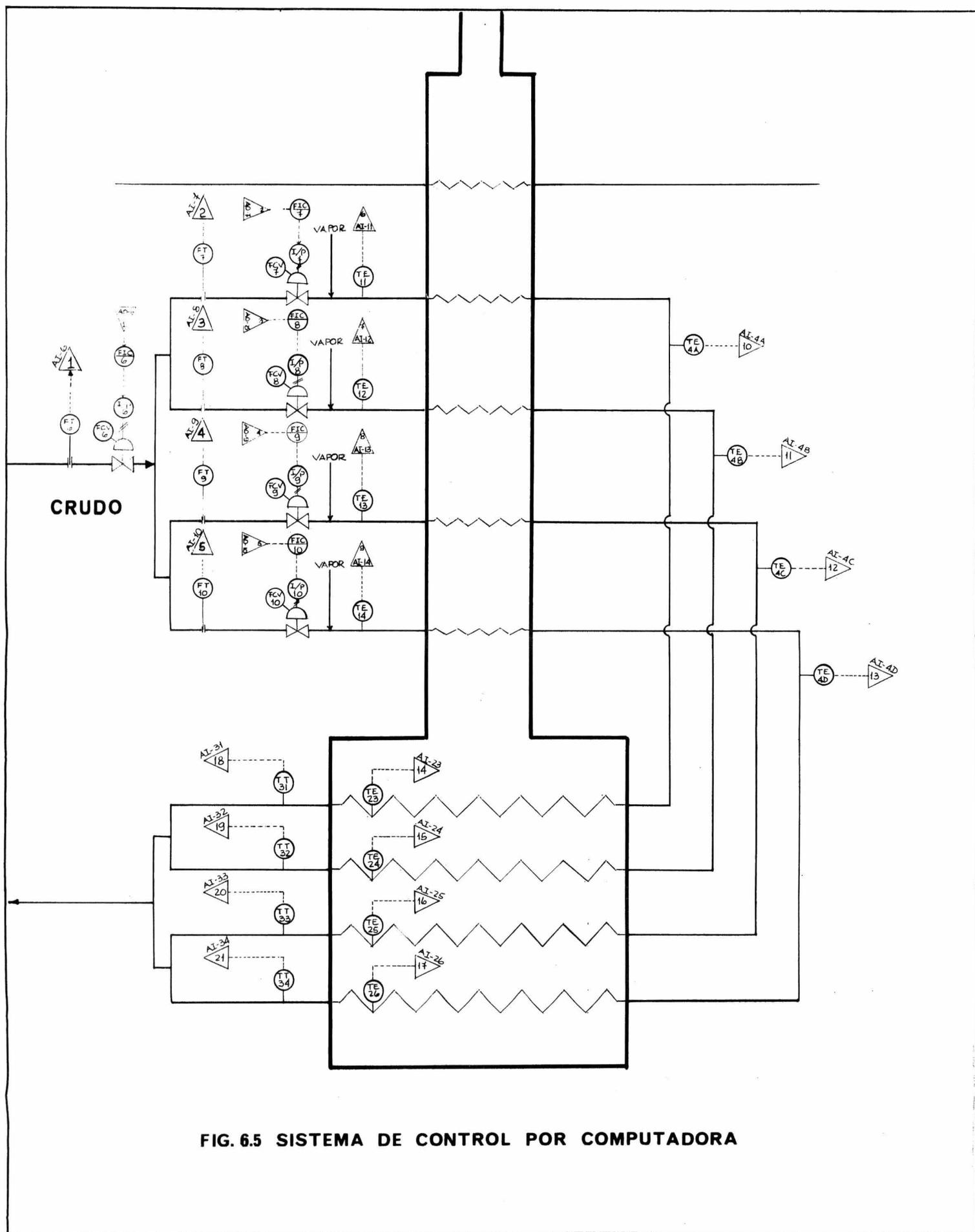


FIG. 6.5 SISTEMA DE CONTROL POR COMPUTADORA

computador, para que de acuerdo a ellos, calcule los puntos de ajuste de los controladores de flujo, FIC-7, 8, 9 y 10, quienes dan a las - válvulas de control, FCV-7, 8, 9 y 10, las posiciones adecuadas, para que el flujo se divida correctamente. Esta es una aplicación de control supervisorio.

En el arranque, el flujo será dividido en cantidades iguales a través de los pasos, pero conforme pasa el tiempo, coque se irá depositando gradualmente en los pasos individuales, haciendo que la temperatura - de salida varíe de un paso a otro. La computadora se puede programar para mantener la temperatura de salida del crudo de los diferentes pa - sos a un mismo valor, con alguna tolerancia previamente especificada, para lo cual, tendrá que modificar el flujo a través de cada paso. La computadora toma información de las temperaturas del crudo a la sali - da de cada paso, por medio de los transmisores TT-31, 32, 33 y 34, - compara los valores, y de acuerdo a ellos, calcula una nueva división del flujo de alimentación de crudo reducido. Nuevamente las válvulas FCV-7, 8, 9 y 10, serán ajustadas por el computador, a través de sus respectivos controladores. El computador guarda en su memoria, los má - ximos y mínimos flujos que pueden ser manejados en cada paso, infor - mando al operador, y tomando la acción que le especifiquen, cuando al - guna condición llímite sea alcanzada.

El sistema de control en cascada, así como también, el predictivo, - pueden ser implementados en la computadora, por medio del control di - gital directo, que para abreviar llamaremos DDC.

Es importante hacer notar, que no debe tratarse, sin razón alguna, de introducir todas las variables en el computador para ser controladas

por el DDC, en lugar de los controladores analógicos convencionales, ya que podría resultar un sistema demasiado complejo y excesivamente caro, cuyos beneficios indudables, pudieran no justificar la inversión original.

La gran flexibilidad que se le exige a los hornos, así como la necesidad de cambios frecuentes en el flujo de crudo reducido a calentar, las variaciones en la calidad del combustible etc..., pueden justificar el uso del DDC, para el control de la temperatura.

Un programa de registro y alarma puede ser implementado en la computadora, para el cual, se pueden usar muchas de las señales empleadas para la división apropiada del crudo reducido en los pasos, y para el control de la temperatura de salida del crudo.

La ventaja de este programa, es que disminuye la tarea y responsabilidad del operador en el cuidado del proceso, ya que el trabajo es absorbido por la computadora, quien reportará periódicamente en hojas de registro, los parámetros importantes del proceso, o bien, cuando sean requeridos por el operador. Valores típicos que se reportan son:

- a).- Normal/Anormal, flujo de alimentación en los pasos.
- b).- Normal/Anormal, flujo de alimentación en la línea general.
- c).- Normal/Anormal, temperatura de salida del crudo reducido.
- d).- Normal/Anormal, temperatura en la línea de unión convección/radiación.
- e).- Normal/Anormal, temperatura del metal en los tubos.
- f).- Alta caída de presión a través de los pasos...etc.

Los valores de flujo, temperatura, presión, etc..., pueden ser reportados en unidades de ingeniería, si la computadora es programada para hacer esta tarea.

La computadora puede almacenar en su memoria qué estrategia de control seguir, en caso de que una situación anormal ocurra.

La computadora digital, se puede desarrollar otras tareas como:

- a).- Optimización
- b).- Cálculos de la eficiencia del horno
- c).- Balances de energía.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

La automatización de un proceso y su consistente optimización es la meta de todos los procesos industriales.

Un buen sistema de control depende de las condiciones reales del proceso, por esto no se puede proponer un sistema único para el control de un horno, a pesar de que se trate de un horno para calentamiento del crudo reducido en la refinación del petróleo, ya que pueden tratarse de hornos con muy diferentes capacidades térmicas, además, existen innumerables detalles que pueden cambiar de una planta a otra. Todo esto hace que pueda justificarse el empleo de un sistema o de otro.

En cuanto al sistema de control en cascada se propone definitivamente la cascada TIC-1/TIC-4, (temperatura de salida del crudo en cascada con la temperatura dentro del horno).

Sin embargo se recomienda muy especialmente el empleo del sistema de control predictivo con retroalimentación aplicado en la forma aquí expuesta.

En cuanto a los controles avanzados su uso debiera tomarse muy en serio, ya que permite una real optimización del proceso cuando se les exige una gran flexibilidad, cosa siempre deseable.

En cuanto a la instrumentación complementaria aquí expuesta, podemos decir que se pueden quitar o poner algunos de ellos, pero contiene los que como mínimo deben adoptarse para el mejor funcionamiento del horno.

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1 BELA G. LIPTAK
Instrument Engineers' Handbook
Volumen II
Chilton Book Company
- 2 CONSIDINE DOUGLAS AND ROSS
Process Instrument And Control Handbook
New York Mc Graw Hill, 1964
- 3 F. G. SHINSKEY
Process-Control Systems
Mc Graw Hill Book Company, 1967
- 4 G. PIAULT
La importancia de los auxiliares para la buena explotación de los hornos de refinería.
Extracto de una conferencia pronunciada el 12 de Febrero de - 1968. Propiedad de la biblioteca del Instituto Mexicano del - Petróleo.
- 5 GLEN R. NIEMAN
Mini-systems in the Processing Plant
Instruments & Control Systems. Feb./ Mar. de 1974
- 6 NORMAN H. CEAGLSKE
Automatic Process Control for Chemical Engineers
John Wiley & Sons, Inc., U. S. A.

7 R. N. WIMPRESS

Rating Fired Heaters

Hydrocarbon Processing.

Vol. 42 No. 10. Octubre 1963

8 T. J. WILLIAMS AND F. M. RYAN

Instrument Societe of America

9 WERNER G. HOLZBOCK

Instrumentos para Medición y Control

C. E. C. S. A.