

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

**TECNICAS DE INSPECCION EN PLANTAS DE
PROCESO DE REFINERIAS**

154

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

NICOLAS GRANADOS MARTINEZ

1 9 7 5



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.

CLAS
AÑO 1975
FECHA
PROC MT-150
8



QUINTA

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA:

PRESIDENTE PROF. PABLO BARROETA GONZALEZ

VOCAL PROF. JOSE FCO. GUERRA RECASENS

SECRETARIO PROF. ALEJANDRO LOZADA CAÑIBE

1er. SUPLENTE PROF. GERARDO BAZAN NAVARRETE

2do. SUPLENTE PROF. GERARDO RODRIGUEZ ALONSO

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: REFINERIA "18 DE MARZO"

SUSTENTANTE: NICOLAS GRANADOS MARTINEZ

ASESOR DEL TEMA: ING. ALEJANDRO LOZADA CAÑIBE

SUPERVISOR TECNICO: ING. CARLOS HIGUERA SANCHEZ

A mis Padres.

Sr. Nicolás Granados Rivera

Sra. Juana Martínez de Granados

Doy gracias a sus esfuerzos y
apoyo que me brindaron para
culminar una profesión.

A mis Hermanos y Hermanas

Con profundo cariño y respeto.

A mi familia

Con toda sinceridad.

Al Ing. Carlos Higuera Sánchez

por la orientación recibida para
efectuar éste trabajo.

A la Superintendencia de Inspección Técnica
y Seguridad Industrial

por proporcionarme todo el material
de que dispone.

A mis Profesores.

A la Facultad de Química.

I.- INTRODUCCION	1
II.- LA INSPECCION Y EL EQUIPO UTILIZADO EN ESTA TECNICA	5
Métodos Destructivos	7
Métodos No Destructivos	9
III.- PROCEDIMIENTOS DE INSPECCION TECNICA Y SU APLICACION AL MANTENIMIENTO DE PLANTAS	26
Antecedentes y Datos de Diseño.....	26
Inspección Preventiva de Riesgos	27
Desarrollo de la Inspección	31
Inspección Técnica en un paro programado ...	32
Trabajos previos a la Inspección Técnica ...	33
Elaboración del Programa	34
Inspección de Tuberías	37
Inspección de Recipientes a Presión	50
Inspección de Cambiadores de Calor	65
Inspección de Calentadores	76
Inspección de Bombas	93
Inspección de Válvulas de Seguridad	98

IV.- EL MANTENIMIENTO Y SUS DIFERENTES FINALIDADES ..	103
Mantenimiento Preventivo	105
Mantenimiento Predictivo	105
Mantenimiento Correctivo	106
Desarrollo del Mantenimiento Preventivo y su ejecución en el Mantenimiento Predictivo	107
Calibración Preventiva	107
Estadística de Calibración	108
Elaboración de Archivos	118
V.- LA SEGURIDAD EN LA PLANTA	121
Corrosión Química	123
Corrosión Electroquímica	124
Corrosión Atmosférica	125
Formas de la corrosión	126
Corrosión Uniforme	128
Corrosión - Erosión	129
Corrosión por Socavados	129
Corrosión por Picaduras	130
Exfoliación y Lexiviación Selectiva	130
Corrosión Intergranular	131
Corrosión de Fractura por Tensión	132
Factores que afectan la corrosión	133

Medición de la corrosión	134
Por pérdida de peso	135
Método de Resistencia Eléctrica ...	136
Técnicas Electroquímicas	138
Métodos generales para combatir la corrosión	140
Control de las Variables del proceso	141
Inhibidores	145
Recubrimientos	147
Protección Anódica y Catódica	148
Selección de Materiales	152
VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	155
VII.- BIBLIOGRAFIA	157

CAPITULO I

INTRODUCCION

A lo largo de toda la historia de la operación de plantas de proceso de refinarias, se ha observado la presencia de problemas repetitivos manifestados en forma sorpresiva ocasionando siniestros que han afectado al personal, equipo y proceso de las unidades.

Entre los problemas más comunmente ocurridos están las fallas en recipientes y circuitos de proceso, siendo diversas las causas que los han originado.

Una de estas fallas lo constituye la cedencia del material por excesivo adelgazamiento de las paredes que forman los circuitos y equipos de proceso, provocando rupturas repentinas.

Probablemente estos adelgazamientos no fueron detectados oportunamente, por falta de mediciones o porque éstas no fueron adecuadas.

Problemas similares se tienen cuando en la fabricación y construcción de los equipos y líneas no se cumplen las normas y especificaciones de diseño en cuanto a materiales se refiere ó que éstos fueron mal sustituidos.

Lo que generalmente ocasiona el adelgazamiento del material es el fenómeno de la corrosión o erosión, o una combinación de ambos, pero en cualquier forma que se presente dan origen a la pérdida de material.

Esta pérdida de material se puede calcular en base al tiempo de exposición, conociendose como la velocidad de corrosión, y, es en función de este valor que se estima la vida util de los equipos.

Entre las responsabilidades del Ingeniero de Inspección y Seguridad está la de evitar y prevenir éste tipo de fallas mediante el conocimiento adecuado del proceso de las unidades, normas y especificaciones de material de construcción, y las técnicas necesarias para prevenir, detectar y controlar el desgaste ocurrido en los equipos.

Para lograr éstos objetivos se consideran varios requerimientos a saber, como son: las técnicas no destructivas, programas de inspección preventiva, observaciones visuales, recomendaciones para cambio de especificaciones de materiales, adición de materiales ó inhibidores de la corrosión, programas de calibración preventiva con planta en operación, así como la inspección y reparación general con

paro de planta.

Siendo la responsabilidad del Ingeniero de Inspección y Seguridad prevenir y controlar cualquier anomalía - del equipo y circuito de las unidades de proceso, conociendo sus velocidades de corrosión estará en condiciones de evitar la ocurrencia de fallas, identificando plenamente el fenómeno corrosivo antes de sobrevenir un "accidente sorpresa".

La implantación de sistemas adecuados que nos den a conocer el comportamiento de los equipos, ha sido una de las preocupaciones constantes del Ingeniero de Inspección y Seguridad, que día a día se han ido mejorando con el -- avance de la tecnología.

El presente trabajo tiene la finalidad de establecer los lineamientos básicos de las técnicas de Inspección empleadas en el control de los equipos y circuitos de proceso, así como definir un criterio general para lograr un conocimiento específico de los registros y estadísticas, -- para que con ello desarrollar un programa de inspección -- (preventivo y predictivo) que nos permita tener un mejor -- aprovechamiento de los recursos de que se dispone.

Otro de los objetivos que se pretende es el de orientar sobre la resolución de los diferentes problemas que plantea el llevar a cabo una inspección preventiva, y poder posteriormente relacionarla a una inspección predictiva, que, en varias ocasiones, dependerá del criterio y experiencia del Ingeniero de Inspección y Seguridad.

Por último se trata de lograr el máximo de seguridad, efectuando en los periodos previstos las inspecciones necesarias para dar a los equipos y circuitos de proceso - un grado adecuado de confiabilidad.

Concluyendo todo esto, con un conocimiento más amplio de las causas y factores que, aunque diferentes al desarrollo de la inspección, nos darán una imagen general de los problemas, que analizados conjuntamente facilitarán su estudio, tratamiento y resolución.

CAPITULO II

LA INSPECCION Y EL EQUIPO UTILIZADO EN ESTA TECNICA

No se tiene en la actualidad algún libro o instruccivo que nos indique los pasos a seguir en la inspección de una planta, la cual debe efectuarse en una forma secuencial y de acuerdo a las necesidades y los problemas que se presentan en esa planta en particular, así como del tiempo que lleva en operación.

Debido a esto se puede decir que antes de llevar a cabo la inspección, se debe de estar preparado de antemano para saber cuales serán los métodos que se aplicarán de acuerdo a la experiencia y el interés por encontrar algo en los equipos por inspeccionar, y dar las soluciones adecuadas y razonables, con el propósito principal de eliminar los problemas que se pudieran presentar estando la planta en operación, y no exponer la seguridad del personal ó la continuidad de la operación.

Por lo que los objetivos de la Inspección son:

Aplicación de las técnicas necesarias para contribuir a la productividad mediante la utilización de métodos adecuados que permitan alcanzar y mantener el más alto ni-

vel de seguridad en la Refinería.

Entendiendose por "seguridad" en su forma general, el ideal que representa la ausencia de "accidentes", los cuales son fenómenos que interrumpen el proceso normal de producción.

Para la inspección de una planta de proceso, se pueden valer de dos métodos.

Las pruebas pueden clasificarse en Destructivas y No Destructivas, siendo las primeras aquellas pruebas que se ejecutan afectando la capacidad de los materiales, piezas o equipos, para seguir prestando sus servicios. Por lo tanto, las pruebas No Destructivas, serán aquellas en las cuales no se dañan los mencionados materiales, piezas o equipos.

Clasificación de los métodos Destructivos y No Destructivos, señalando las técnicas que se emplean en cada uno, así como su aplicación en el campo, para la inspección de una planta:

- DESTRUCTIVOS {
- 1.- Calibración a martillo
 - 2.- Taladrar y medir directamente
 - 3.- Desembridado
 - 4.- Trepidación

- NO DESTRUCTIVOS
- 1.- Inspección visual
 - 2.- Medición con aparatos ultrasónicos
 - 3.- Mediciones directas
 - 4.- Aplicación de líquidos penetrantes
 - 5.- Aplicación de partículas magnéticas
 - 6.- Radiografía industrial
 - 7.- Pruebas de presión
 - 8.- Aparatos auxiliares

I.- METODOS DESTRUCTIVOS

1) CALIBRACION A MARTILLO.- Se usa frecuentemente para determinar rápidamente áreas delgadas, pero se requiere de bastante práctica y experiencia para interpretar correctamente sus resultados. La superficie por calibrar se golpea con martillo de 0.5 ó 0.75 Kg., por el lado de la bola y se obtienen dos indicaciones, una visual o sea la huella dejada en el material y audible la otra, que es el tipo de sonido producido por el impacto.

La huella dejada en el material puede presentar dos aspectos:

Cuando el material está en buenas condiciones, la -

huella corresponde únicamente a la dejada por la bola del martillo. Cuando el material ya no está en condiciones de seguir operando, la huella dejada presenta una doble deformación; una que corresponde a la bola del martillo y la otra que le circunda que en términos comunes se llama "sumida del material" ó "cazuela".

El impacto del martillo produce un sonido, que puede ser:

a) Sonido agudo, indicativo de material en buenas condiciones.

b) Sonido grave, indica material fatigado o adelgazado.

2) TALADRAR Y MEDIR DIRECTAMENTE.- Consiste en efectuar un barrenado de pequeñas dimensiones en la pared del equipo ó tubería, efectuar observaciones a través de él y medir el espesor con escala de gancho. Una vez hecha la medición deberá taparse el barrenado utilizando un machuelo apropiado de cuerda paralela para construir una cuerda estándar, colocando posteriormente un tapón, mismo que deberá soldarse. Este método obviamente introduce posibles puntos de falla y tiene el inconveniente de consumir mucho tiempo y mano de obra.

- 3) DESEMBRIDADO.- Consiste en separar las bridas unidas por tornillos, a piezas o tramos de tuberías en sus extremos y efectuar observaciones y mediciones directas. Es inoperante con planta en operación, se hace con piezas previamente desarmadas.
- 4) TREPIDACION.- Este es un método empleado normalmente para determinar poros o fracturas en soldaduras o piezas, y combina por una parte el impacto con martillo en uno de los lados (por el exterior) de la pieza o equipo sometido a inspección y por otra, un medio como el agua, cuyo nivel está arriba del lugar considerado. Con el -- impacto se producen por vibración lo que se podría llamar pequeños golpes de ariete.

II.- METODOS NO DESTRUCTIVOS.

- 1) INSPECCION VISUAL.- Tal como su nombre lo dice, consiste en tratar de localizar las posibles fallas con la vista, para lo cual siempre se debe de auxiliar con una lámpara. A esta forma de inspección, también se le conoce como lampareado, y consiste en colocar la lámpara junto al cuerpo de la pieza o equipo, y dirigir la luz

a lo largo de toda la pared, tratando de localizar socabados, incrustaciones, corrosión, etc., la lámpara no se debe de colocar de frente al lugar que se inspecciona ya que de ésta manera no se puede apreciar en forma correcta la parte dañada.

- 2) MEDICION CON APARATOS ULTRASONICOS.- Con éste método se efectúan pruebas ultrasónicas, que es la utilización de un medio de prueba consistente en sonido de alta frecuencia que se aplica al sujeto de prueba, registrando la respuesta de acuerdo a sus dimensiones y las fallas que presenta.

Se conoce como ultrasonido las ondas de vibración que sobrepasan la frecuencia de los 20,000 cps., ya que el oído, en términos generales, es capaz de percibir sonidos de 16,000 a 18,000 cps.

El sistema de prueba más generalmente usado consiste en un aparato electrónico que genera corriente eléctrica de alta frecuencia, la cual a su vez se transmite a un transductor que la transforma en vibraciones mecánicas (ultrasonido). Dicho transductor generalmente es un cristal piezo-eléctrico, que de acuerdo a ésta propiedad cambia de dimensiones con el voltaje que se

le aplique. El transductor cambia la respuesta recibida en forma de vibraciones mecánicas en corriente eléctrica de alta frecuencia, la cual se transmite a un aparato electrónico que transforma la respuesta del sujeto - de prueba en un voltaje, es una indicación luminosa en forma de ondas en un tubo de rayos catódicos. La respuesta obtenida debe casi siempre interpretarse a fin de traducirla en términos de las dimensiones y tipos - de fallas que se desea detectar.

APLICACIONES:

- a) Medición de espesores.
- b) Detección de fallas.
- c) Medición de módulo de elasticidad.
- d) Metalografía.
- e) Evaluación de variables de proceso en el espécimen.

SISTEMAS.- Los más comunmente usados son:

- a) Sistemas de resonancia.
- b) Sistemas de transmisión total.
- c) Sistemas de pulso-eco.
- d) Sistema de inmersión.

SISTEMA DE RESONANCIA.

El sistema de resonancia se utiliza generalmente para medir espesores y para medir el módulo de elasticidad. Se basa en la aplicación de un tren continuo de ondas con frecuencia variable para determinar la frecuencia de resonancia y las armónicas correspondientes a la pieza que se está probando, de acuerdo a las magnitudes que se deseen medir. El sistema completo consiste en un oscilador de alta frecuencia que se alimenta a un modulador, con una onda de baja frecuencia. Existe también el sistema donde la frecuencia se modula manualmente por una perilla.

La onda resultante se alimenta a un transductor el cual se aplica al sujeto de prueba y de acuerdo a su espesor se determina la frecuencia de resonancia, la cual se traduce en elevaciones de la intensidad de corriente al pasarse por cada una de las armónicas.

En éste sistema, que utiliza un solo transductor, la onda de corriente eléctrica de alta frecuencia obtenida se pasa a un desmodulador, alimentándose la onda de corriente obtenida al sistema de medición.

El sistema final de medición generalmente es un

tubo de rayos catódicos, audífonos ó un vóltmetro, donde se registran los picos de corriente. La amplitud entre dichos picos es proporcional al espesor buscado.

SISTEMAS DE PULSO.

Los sistemas de transmisión total, pulso-eco e inmersión se agrupan genéricamente como sistemas de pulso.

El sistema consiste en un generador de alta frecuencia que se modula en amplitud con una onda rectangular de impulsos muy cortos separados por un tiempo relativamente amplio. Lo anterior dá como resultado un tren de paquetes de ondas que se conocen con el nombre de "pulsos". Dichos pulsos se aplican con un transductor al sujeto de prueba y a un tubo de rayos catódicos en forma sincronizada con la frecuencia de barrido, de tal manera que el pulso aparezca con una señal fija en la pantalla.

En el sistema de pulso-eco, dicho pulso viaja a través de la pieza hasta que es reflejada por la cara opuesta, apareciendo el "eco" como una señal en el tubo de rayos catódicos. La distancia entre la señal -

del pulso y la señal del eco, es función del tiempo en que se atravieza el sujeto de prueba de ida y vuelta, por lo tanto también proporcional al espesor de la pieza que se mide, siempre y cuando el material sea homogéneo y por lo tanto constante la velocidad del sonido.

Si dicho sujeto de prueba tuviese un defecto - en alguna parte del recorrido, parte de la energía sónica sería reflejada hacia el transductor antes del eco principal, apareciendo una señal luminosa que nos indicaría la existencia de una falla y la distancia a la cual se encuentra. En éste último caso, la separación entre el pulso inicial y la señal de la falla será función directa de la profundidad a la que se encuentra.

El sistema de transmisión total y el de inmersión, son de poco uso hoy en día.

Se cuenta principalmente con tres tipos de aparatos de ultrasonido, que son los siguientes:

- A) CALIPER 100.- Este aparato opera con el principio ultrasónico del pulso-eco. Es portátil, de poco peso y trabaja con baterías de Niquel-Cadmio recargables.

Se utiliza únicamente para medir espesores, obteniéndose la lectura directamente en milésimas de pulgada, mediante una carátula con dos escalas. Cada una de éstas escalas debe leerse de acuerdo con el rango y transductor que se emplee al hacer la medición, éste aparato solo puede ser usado para calibrar en frío.

- B) SONORAY 301.- Este instrumento es un calibrador de espesores y detector de fallas, opera también con el principio del pulso-eco. Puede trabajar tanto con pilas recargables de Niquel-Cadmio, como con corriente alterna de 115 V.

Se obtiene primeramente un pulso inicial en la pantalla, posteriormente salen las ondas con las cuales se obtienen las mediciones en una escala graduada, la cual se puede cambiar, según el rango en que se vaya a trabajar. Se puede emplear transductor sencillo para calibrar en frío ó en caliente, en éste último caso se emplea un protector para el transductor; también se puede operar con transductor doble para calibraciones en frío. Cuando se emplea pa-

ra detectar fallas, se utiliza un transductor de ángulo.

- C) SONORAY 50 - A.- Opera en forma similar al Sonoray 301.
- 3) MEDICION DIRECTA.- Las calibraciones por medición directa consiste en utilizar calibradores mecánicos especiales con el fin de determinar espesores, medir profundidades, diámetros interiores, etc., limitandose mucho porque su empleo requiere que se tengan áreas accesibles.

En muchas ocasiones estos aparatos nos sirven para comprobar el resultado de las calibraciones de los aparatos ultrasónicos y las pruebas a martillo.

Entre los calibradores mecánicos especiales que más se emplean, están los siguientes:

- a) Micrómetro
- b) Calibrador tipo "C"
- c) Calibrador de tijera
- d) Calibrador de carátula (Federal)

a) MICROMETRO.- Se utiliza cuando se requiere de bastante

precisión en la medición, es útil en lugares en donde hay poco espacio. Tiene una precisión de 0.001 pulg., los micrómetros se pueden emplear tanto para interiores como exteriores durante la inspección. Los micrómetros para exteriores se utilizan para medir el diámetro exterior de los tubos, pistones, etc., los micrómetros para interiores miden los orificios, diámetro interior, etc..

- b) CALIBRADOR TIPO "C".- Se emplea para medir espesores en extremos de tubería y similares, donde existen bridas o cualquier otro obstáculo que dificulte la medición. Consta esencialmente de un arco y un vástago corredizo donde se inserta la escala de medición. Las graduaciones en el vástago se extienden helicoidalmente, existiendo calibradores con rango de 5 a 15 cm.
- c) CALIBRADOR DE TIJERA.- Se emplea para medir diámetros interiores, con rangos de medición de 4.40 hasta 16.9 centímetros como máximo.

Consta de dos piezas que de acuerdo a su unión se asemejan a unas tijeras, una de las cuales lleva otra pieza con la escala de medición, graduada en se--

senticuatravos de pulgada. Por lo regular este calibrador se emplea para la medición del rolado de los tubos de los calentadores, de acuerdo al diámetro de los tubos.

- d) CALIBRADOR FEDERAL.- Consta principalmente de dos -- arcos sujetos en un punto, los cuales pueden abrirse a manera de mandíbulas. Las variaciones de las aberturas pueden medirse por una escala en forma de reloj -- que está acoplado en uno de los arcos.

Las escalas pueden venir graduadas en milésimas de pulgada (0.001"), o bien en sesenticuatravos de pulgada (1/64), correspondientes a 0.025 milímetros.

Este calibrador presenta una ventaja muy grande de hacer mediciones y lecturas correspondientes con mucha facilidad y rapidez. Se emplea para medir el espesor de los cabezales del calentador, así como espesores de lámina de un modo directo.

- 4) LIQUIDOS PENETRANTES.- Es un método utilizado para la determinación de fracturas, fisuras, hendiduras y poros en los materiales. La ventaja de esta prueba es que puede emplearse en materiales magnéticos o nó.

Para la apreciación máxima en la inspección, el líquido penetrante debe aplicarse a las partes en un estado de limpieza aceptable. Ya que los contaminantes -- pesados en las grietas pueden hacer más difícil la penetración y resultar marcas muy tenues.

El método se basa en la aplicación de tres materiales que son:

- a) Limpiador.- Es un solvente para usarse como prelimpiador en donde la grasa u otra basura obstruyan la superficie del material por probar. Se deja el tiempo suficiente para ablandar o disolver la suciedad y facilitar su remoción al limpiar.
- b) Penetrante.- Es un líquido rojo o verde, el cual localiza y señala los defectos. Tiene alto poder penetrante y se dispersa dentro de los más finos defectos; debe dejarse penetrar lo suficiente; dependiendo de la abertura de la grieta será el tiempo que se tarde en removerlo.

Esta remoción se lleva a cabo por la acción del solvente limpiador auxiliandose con estopa.

- c) Revelador.- Es un líquido volátil que contiene un --

polvo, y al secar forma una ligera capa del mismo. Su principal función es extraer el penetrante fuera de los defectos sobre la superficie limpia de la pieza. Por su acción solvente y secante, este ayuda a la formación de marcas coloreadas; de rojo en el caso de haber usado el Spot Check; y de verde fluorescente a luz negra, si se usó el método Zyglo.

Durante la inspección, los defectos estarán señalados con una marca bastante brillante. Una línea o una línea punteada marcará una grieta, costura rebatida o pieza forjada reventada; si la grieta es profunda y larga, la indicación crece y se expande; porosidades, falta de unión y fugas, aparecerán indicadas como puntos individuales o áreas locales. Estas también crecen y se esparcen si el efecto es mayor o más extenso.

- 5) PARTICULAS MAGNETICAS.- Se usan para detectar fallas en la superficie de equipo que pueda ser magnetizado.

Antes de magnetizar el material, se limpia; se procura que la imantación de los dos polos queden perpendicular a la supuesta grieta, se espolvorean las partículas magnéticas y se observará, en caso de existir la grieta, que las partículas se dirigen hacia ella marcando el defecto.

- 6) RADIOGRAFIA INDUSTRIAL.- Se utiliza ampliamente en la detección de fallas, medición de espesores e inspección de soldaduras, normalmente en piezas metálicas.

Tiene la ventaja de poderse emplear ampliamente durante el proceso de operación sin interrumpirlo. En cuanto a la calibración representa un medio más efectivo, ya que detecta corrosión localizada y otras fallas simultáneamente a la medición del espesor, siendo sus desventajas con respecto al ultrasonido, el mayor gasto por toma, más lentitud, así como mayor experiencia requerida para la ejecución de las pruebas y su interpretación. La fuente de radiación que se utiliza es de Cobalto 60, Cesio 137, Iridio 192 y Rayos X.

- 7) PRUEBAS DE PRESION.- Las pruebas de presión se llevan a cabo normalmente con uno de dos propósitos principalmente:

- a) Prueba de comprobación de las condiciones mecánicas del equipo, ya sea nuevo o cuando ha sido sometido a inspección después de un periodo de operación; y
- b) Asegurar la hermeticidad del equipo antes de ser puesto en operación.

Normalmente la prueba de comprobación se hace solamente con un medio líquido, en tanto que la prueba de hermeticidad puede llevarse a cabo tanto con aire -- como con vapor ó con un gas inerte.

Las pruebas hidrostáticas se efectúan con agua ó aceite como medios de prueba, y generalmente la presión de prueba es de vez y media la presión de operación de los equipos, efectuándose en algunos casos una corrección por temperatura.

Los equipos que no son capaces de soportar el peso de los líquidos, pueden someterse a una prueba -- neumática, en cuyo caso la presión no deberá exceder de vez y cuarto la presión de operación.

- 8) APARATOS AUXILIARES.- Son todos aquellos aparatos y herramientas que se utilizan como una ayuda, en los lugares donde no es posible emplear alguno de los métodos o pruebas anteriores.

Los principales auxiliares con los que se cuenta son los siguientes:

- A) BOROSCOPIO.- Es una herramienta auxiliar de la inspección ocular, que nos permite efectuar observaciones en

el interior de piezas en donde no es posible hacerlo directamente con la vista.

Los boroscopios son instrumentos tubulares -- largos, dotados de cabezas de observación que llevan -- una pequeña lámpara eléctrica, un prisma o espejo y -- lentes objetivos, con los que es posible obtener una -- imagen del objeto en observación. La imagen se trans-- mite a través del tubo mediante un juego de lentes -- acromáticos, hacia el extremo ocular donde es amplifi-- cada por un visor ajustable.

En el extremo posterior del instrumento y a -- corta distancia del visor ajustable, llevan un maneral para girarlo y dirigir la observación a donde sea ne-- cesario.

- B) TURNER.- Este aparato es un medidor de incrustación usado ampliamente en la inspección de calderas, tanto en el interior de la tubería y serpentines de vapor -- instalados en la zona de convección de algunos calen-- tadores de fuego directo.

El medidor Turner usa un circuito puente, una de cuyas ramas está constituida por una inductancia. - Al variar el espesor del entrehierro formado por el ma_

terial no magnético de la incrustación, variará la inductancia desbalanceando el puente. Este desbalance -- puede medirse con el microamperímetro del instrumento, que esta calibrado directamente en centésimos de pulgada.

De acuerdo con los datos obtenidos con este aparato, se puede determinar si es necesario efectuar o nó un lavado químico de la tubería para desincrustarla.

- C) PIROMETRO DE CONTACTO.- Este aparato está diseñado para medir la temperatura en la superficie de los equipos. Su funcionamiento está basado en el fenómeno eléctrico producido cuando se calientan dos laminillas de metales distintos unidas entre sí en uno de sus extremos por el proceso de fusión. Con el calentamiento se genera una fuerza electromotriz entre los extremos libres de las laminillas, la cual se usa para medir la temperatura mediante un milivoltímetro calibrado directamente en escala termométrica.
- D) PIROMETRO OPTICO.- Este instrumento se usa para determinar la temperatura superficial de tubos de hornos ó calentadores que trabajan a temperaturas muy eleva--

das. Arriba de 475°C los sólidos entran en incandescencia emitiendo una radiación visible de color rojo. Según aumenta la temperatura, el color de la emisión varía del rojo al amarillo.

El pirómetro óptico es un dispositivo que compara la intensidad de la radiación proveniente del cuerpo sujeto a medición, con la del filamento de una lámpara eléctrica que puede variarse mediante una resistencia, hasta ser igual a la del cuerpo caliente. La corriente eléctrica necesaria para este ajuste se lee en un miliamperímetro, el cual está directamente calibrado en unidades de temperatura.

E) **TERMOCRAYONES.**- Son unos crayones especiales, que funden a determinados rangos de temperatura. Sirven para determinar en forma aproximada y rápida la temperatura de áreas grandes de equipo.

CAPITULO III

PROCEDIMIENTOS DE INSPECCION TECNICA Y SU APLICACION AL MANTENIMIENTO DE PLANTAS

Antecedentes y Datos de Diseño.

Para llevar a cabo una inspección técnica programada, se requiere de varios elementos que nos van a auxiliar a la elección adecuada de los equipos o parte de ellos, principalmente en aquellos lugares que se pueden considerar los vulnerables. Estos elementos son muy importantes para la inspección, ya que teniendo éste tipo de información, se podrá solicitar un mantenimiento preventivo y, de este modo, obtener un mayor y mejor funcionamiento del equipo de proceso durante su operación.

Entre los elementos básicos para efectuar la inspección, se podrá contar con los siguientes:

a) Datos de diseño.- Entre los cuales se consideran:

La presión, la temperatura, producto que maneja, flujo del producto, tipo del material de construcción del equipo o líneas, espesor, margen de corrosión, tipo de pruebas a que se sometio antes de entrar en operación.

En base a estos informes, es posible determinar

el tipo de inspección técnica y el lugar en donde se --
efectuará.

b) Datos de operación real.

Se basan en la historia de trabajo de la unidad, ya que es ahí donde se registran los cambios en las con_
diciones de operación, principalmente la presión, tem--
peratura, flujo y características del producto que se -
maneja, así como el tipo de reparaciones que se han e--
fectuado y las causas que lo motivaron.

De acuerdo con estos datos, se podrán clasificar las áreas y circuitos en críticos y no críticos, de ésta manera, desarrollar un programa en donde se marque la -
fecha de la siguiente inspección.

INSPECCION PREVENTIVA DE RIESGOS.

Estas inspecciones se efectúan durante el trabajo u operación normal del equipo. Las cuales consisten en --
contestar una serie de preguntas pre-elaboradas, tendientes a encontrar y registrar los riesgos potenciales que puedan afectar la seguridad, tanto del personal que ahí trabaja, como también el de las propias instalaciones.

Entre las inspecciones preventivas de riesgos que

se efectúan en las plantas de proceso, se tienen:

ESCALERAS Y PLATAFORMAS: Se examinan en cuanto a -- partes flojas, corroidas, grietas, condición de la pintura, desgaste de los escalones, firmeza de los barandales y la -- condición del piso de las plataformas.

La inspección visual se complementa con martillo -- golpeando sobre las partes corroidas a manera de eliminar -- las capas de óxidos u otros productos de la corrosión. Gene_ ralmente los lugares de posible corrosión se localizan don- de se acumula la humedad.

CIMIENOS Y SOPORTES: Los cimientos de las unidades de proceso consisten usualmente de acero aisladas con con- creto. Los pilares de concreto deben revisarse visualmente en busca de grietas, fisuras y deterioros generales. Debe -- comprobarse el estado de la junta formada entre el cuerpo -- del equipo y el soporte de la cuna. Porque la humedad que -- haya en la hendidura puede ocasionar un rápido ataque sobre el acero.

Las columnas y soportes se revisan por si hubiera -- hundimiento o distorsión anormal , se puede hacer visual-- mente o bién empleando plomadas o niveles.

PERNOS DE ANCLAJE: Se raspan y se examinan en busca de corrosión, el golpe con un martillo en forma lateral -- puede revelar el deterioro total o parcial del perno de anclaje en la parte inferior de la placa.

CONEXIONES DE TUBERIA: Cada una de ellas debe inspeccionarse visualmente durante la operación normal del -- equipo (ó planta), en cuanto a corrosión externa, señales de esfuerzos y evidencias de fugas.

Se hace una revisión visual en busca de juntas con fugas. Deben registrarse estas anomalías para referencia -- en la inspección general, ya que puede indicar condiciones tales como corrosión interna, esfuerzos en la tubería ó empaquetaduras inadecuadas.

CORROSION EXTERNA: Se revisan los recubrimientos, las manchas de óxidos, las burbujas y los levantamientos -- de la película que son las fallas de recubrimiento más comunes. Por lo regular para localizarlas solo se hace inspección visual. Los puntos más probables de falla de la -- pintura en un equipo está en las hendiduras, en los bordes agudos y en las cavidades.

Si el equipo está aislado, debe revisarse el ais--

lante para asegurarse que no tiene defectos. Las áreas que se encuentran alrededor de las boquillas, son puntos probables de falla de aislamiento. Si se sospecha que está fallando, se puede comprobar cortando tramos del aislamiento, aprovechando para hacer la inspección de la superficie metálica, para comprobar que no hay adelgazamientos.

CONEXIONES A TIERRA: Se revisan visualmente para ver si se ha mantenido un buen contacto eléctrico. Estas conexiones permiten el paso a tierra de las descargas inofensivas de los rayos o de la electricidad estática acumulada. Este sistema por lo general consiste de un conductor de cobre tendido entre el recipiente, donde se sujeta mediante un perno unido por el otro extremo con una varilla de acero enterrada profundamente. El cable debe examinarse en busca de hilos rotos. Comprobando periódicamente su resistencia.

RECUBRIMIENTOS Y MATERIAL AISLANTE: Por lo general se encontrarán defectos como manchas de óxido y las ampollas se descubren con facilidad por medio de inspección visual. El levantamiento de pintura no se observa fácilmente a menos que la capa se abulte demasiado o se ha re-

ventado. El lugar más probable para encontrar defectos de pintura es en las áreas constantemente húmedas y en las soldaduras de los equipos y líneas.

La revisión visual del material aislante casi siempre resulta suficiente para determinar su condición.

SUPERFICIES METALICAS EXTERNAS: Se revisan en busca de áreas corroidas, para lo cual es necesario limpiar los lugares en que se sospecha que puede existir la corrosión, pudiendose aprovechar para efectuar mediciones de los espesores en paredes y fondo de los equipos, utilizando los instrumentos de tipo sónico.

DESARROLLO DE LA INSPECCION

En las plantas de proceso, se tiene equipo con la posibilidad de dejarse fuera de operación por un tiempo determinado suficiente para efectuar su inspección y mantenimiento programado. Deben tomarse en consideración todos los equipos con posibilidad de ser entregados para su inspección y mantenimiento durante la operación normal de la unidad. Estas inspecciones parciales presentan una serie de ventajas como son:

a) La inspección en operación permite ver en forma --

adelantada, el comportamiento de los demás elementos -- que trabajan en condiciones similares dentro de la unidad.

- b) . Evita las precipitaciones que pueden traer la urgencia de poner en servicio la unidad, facilitando su mantenimiento preventivo.
- c) Facilita el cumplimiento de los programas, ya que un acumulamiento de trabajo innecesario durante un paro programado de la unidad, limita el personal, el tiempo disponible y los recursos en general.

INSPECCION TECNICA EN UN PARO PROGRAMADO

La inspección técnica de una unidad con paro total o parcial programado se lleva a cabo cuando se han agotado todos los recursos para mantener operando la unidad en condiciones seguras y rendimientos satisfactorios.

En este programa se deben considerar todos aquellos equipos y circuitos que por su función dentro de la unidad no pueden dejarse fuera de servicio durante la operación de la misma, tales como: circuitos y equipo de proceso así como los de servicios auxiliares, recipientes, válvulas y aditamentos de seguridad, calentadores, cambiadores de calor, y torres.

TRABAJOS PREVIOS A LA INSPECCION TECNICA

Existen una serie de trabajos previos a la inspección propia del equipo o al paro programado de la unidad, que por su importancia y relación con la buena marcha del trabajo deben ser analizados. Estos trabajos consisten principalmente en preparar los materiales, herramientas y equipos necesarios para ser empleados en los trabajos de paro y reparación; recomendandose efectuar con anterioridad una inspección preventiva de riesgos.

LIMPIEZA DEL EQUIPO.

La base de una buena inspección y por lo tanto, del cumplimiento de un programa de mantenimiento, es en cierto modo la facilidad con que el inspector puede ejecutar su labor. Uno de los principales puntos que facilitan esta acción, es una buena limpieza del equipo por inspeccionar; por lo tanto, deberá programarse, particularmente en aquellos equipos que por su trabajo normal se prevea que puedan presentar dificultades para su inspección.

IMPORTANCIA DE LA NIPLERIA Y ACCESORIOS.

Un buen programa de inspección, no puede dejar mal valuada la importancia de la nipleria y conexiones de las plantas de proceso; tal como los niples, coples, juntas, - tuercas unión, válvulas de purga e instrumentos. Se hace un programa para su revisión, tomando en cuenta su especificación y las condiciones bajo las cuales está trabajando.

ELABORACION DEL PROGRAMA

Para llevar a cabo la inspección técnica en una -- unidad, deberá elaborarse un programa a seguir que contendrá los siguientes aspectos:

- a) Materiales que deben prepararse.
- b) Trabajos previos.
- c) Recomendaciones de seguridad.
- d) Colocación de instalaciones de seguridad.
- e) Bloqueos y juntas ciegas.
- f) Vaporización, limpieza y pruebas de seguridad.
- g) Equipos que van a ser intervenidos.
- h) Válvulas de seguridad.
- i) Instrumentos.
- j) Equipo mecánico, eléctrico, etc.

k) Conclusiones y recomendaciones para la próxima --
inspección con paro.

Cada uno de los anteriores incisos deben de contener las -
explicaciones o los dibujos y en general todo el material
necesario para facilitar el cumplimiento de los puntos pro_
gramados.

Todo programa de inspección debe presentarse a --
consideración del personal de operación y mantenimiento --
para que los trabajos se coordinen y faciliten el desarro-
llo y cumplimiento del mismo.

Con anterioridad a la inspección, se deben de pre-
sentar copias de todos los documentos del programa, ruta -
crítica, diagramas de flechas de paro y arranque, etc., --
para que se distribuyan entre el personal encargado de la
inspección, el mantenimiento y la operación.

Considerando lo anterior, los equipos que serán --
enlistados para la inspección, serán los siguientes:

- 1) TUBERIAS
- 2) RECIPIENTES A PRESION
- 3) CAMBIADORES DE CALOR
- 4) CALENTADORES

5) BOMBAS

6) VALVULAS DE SEGURIDAD

TUBERIAS

Se consideran tuberías de proceso o de servicios auxiliares, según sea su función, a todas las líneas que tienen 5.0 cm. de diámetro en adelante.

También deberán considerarse todas las conexiones y nipleria que se derivan de éstas líneas, así como las existentes en los equipos. En este caso la inspección es primordialmente una actividad de mantenimiento preventivo. El principal motivo de la inspección es determinar las condiciones físicas del equipo, el desgaste, su velocidad y causas del deterioro. Con estos datos y valores se pueden tomar las medidas necesarias para evitar o retardar el desgaste y corregir el deterioro. Con la inspección periódica, se detectará la existencia de partes dañadas que se sustituirán con mayor frecuencia, y que en algunos casos podrán renovarse con material más resistente.

Las tuberías de proceso de las refinerías del petróleo están diseñadas para conducir varios productos, pudiendo estos ser líquidos, vapores, gases, ácidos, álcalis, catalizadores, gases inertes, productos petroquímicos y otros diversos productos. Algunos de estos fluidos son

altamente corrosivos o erosivos. La tubería instalada sobre la superficie del terreno está sujeta a la corrosión atmosférica; la tubería enterrada está expuesta a la corrosión causada por el suelo.

FRECUENCIA DE LA INSPECCION

La frecuencia con la que debe inspeccionarse la tubería depende de varios factores como son:

- 1.- Grado de corrosividad o abrasión del fluido que pasa por la tubería, o del medio ambiente en que se encuentre instalada.
- 2.- Probabilidades de incendio o explosión en caso de iniciarse fugas o fallas.
- 3.- Importancia de la tubería para la operación continua de la planta.
- 4.- Grado de ensuciamiento que requiera limpieza.
- 5.- Posibilidad de realizar la inspección durante la operación normal de la unidad, en lugar de esperar el paro de la misma.

INSPECCION CON EQUIPO EN OPERACION

Evidentemente las fugas en el sistema de tuberías

se descubren con mayor facilidad mientras el equipo está en operación.

La inspección de los soportes de tubería es para determinar su distorsión y daños, el asentamiento o movimientos de la cimentación y el estado de los pernos de anclaje, y en general se efectúa todo lo relativo a la inspección preventiva de riesgos.

Deben estudiarse los registros relativos a la tubería para determinar las partes de ella que se acercan al límite de retiro en las condiciones existentes. Pueden aprovecharse los resultados de este estudio para determinar las zonas que requieren más urgentemente la inspección.

Para lograr esto se hacen mediciones del espesor por medio del ultrasonido y de este modo calcular la velocidad de desgaste en las condiciones actuales.

La inspección de la tubería de proceso que se efectúa a planta o equipo fuera de servicio, solamente puede requerir de una limpieza, ó si se requiere de una reparación una vez efectuada, se buscarán los orígenes de las fallas, para tratar de evitarlas en el futuro.

Cuando se va abrir cualquier tubería y realizar una

inspección interna, se deben de tomar las siguientes medidas de seguridad:

Se bloquea y colocan juntas ciegas para aislar el circuito de cualquier fuente de líquidos, gases ó vapores dañinos; se vaporiza, se purga y se efectúa una limpieza de la línea o circuito por inspeccionar.

Antes de ser inspeccionada, se le hacen las pruebas de seguridad necesarias para detectar la posible presencia de gases ó líquidos inflamables ó nocivos.

Se efectúa la preparación y revisión de equipos y herramientas necesarias, que se utilizarán en la inspección así como equipos para limpieza con chorro de arena para dejar las superficies en condiciones aceptables de limpieza, con el fin de facilitar la inspección en búsqueda de la existencia de fallas mecánicas.

DETECCION DE FALLAS

INSPECCION CON EQUIPO EN OPERACION.

FUGAS: Se determina si la fuga es peligrosa o nó, para tomar las medidas correctivas necesarias, debido a --

que pueden presentarse riesgos contra la seguridad, originando un incendio, un paro prematuro, así como una pérdida económica. El inspector debe de anotar todas las fugas halladas durante la operación para estar en posibilidades de realizar durante el siguiente periodo de paro la reparación e inspección que nos conduzca a determinar las causas

CORRIMIENTOS Y VIBRACION: Debe hacerse una inspección visual para determinar el corrimiento o la vibración de la tubería. Si se encuentran estas en malas condiciones, debe hacerse una investigación para descubrir la causa. Si existen grietas, fracturas o fisuras en las soldaduras, esta inspección debe llevarse hasta donde sea posible, especialmente en los puntos sujetos a restricciones o esfuerzos donde la tubería está conectada con el equipo, así como posibles daños de la tubería sobre sus soportes; se facilitará su detección con el empleo de líquidos penetrantes.

PUNTOS CALIENTES: La operación de la tubería a temperaturas muy altas, superiores al límite de diseño, incluso sin una presión elevada, puede originar deformaciones (como abalzamientos, expansiones, etc.) en las pare-

des o aún daños mayores. Cuando la tubería se protege contra temperaturas excesivas mediante aislamiento interior, la falla del aislamiento dará como resultado el calentamiento excesivo de la pared del metal, provocando una área caliente en la zona adyacente; lo cual repercutirá en una gran reducción de la resistencia del metal que pueden causar deformaciones, o una falla total. Debe hacerse una inspección a intervalos frecuentes para descubrir la existencia de zonas calientes en la tubería que se encuentra con aislamiento interior, debiendo anotarse cualquier anomalía encontrada para tomar las providencias necesarias. Algunas zonas calientes se pueden detectar por una luminosidad rojiza, -- especialmente si la inspección se hace en la obscuridad. Es recomendable tomar una medida de la temperatura de éstas -- zonas, pudiendo utilizar un Pirómetro de Contacto, o Crayones indicadores de temperatura, los cuales nos darán una -- idea del rango de temperatura.

ULTRASONIDO Y RADIOGRAFIA: La medición con ultrasonido es un método frecuentemente usado en las inspecciones para determinar los espesores de la tubería y el equipo, -- pudiendo emplearse también para localización de fallas y su extensión. Cuando el equipo o línea que se inspeccionan --

presentan severa corrosión (socavados, pits, picaduras, ampollas, etc.) deberá tenerse especial cuidado ya que no habrá señal o ésta dará datos erróneos. Con los valores obtenidos de las mediciones (calibración) se debe llevar un control estadístico (de espesores) determinando con ello las velocidades de desgaste y asegurando la operación continua de los equipos y circuitos.

La radiografía se utiliza frecuentemente para obtener medidas precisas del espesor de la pared de la tubería, evaluación de la calidad de las soldaduras, la detección y dimensión de fallas en el interior del tubo.

Estos dos métodos de inspección, tienen una gran ventaja, ya que pueden detectar cual es el estado mecánico de las tuberías y equipo, pudiéndose con estos métodos evitar las fallas que pueden originar algún siniestro.

Esta serie de inspecciones, se tienen que llevar en hojas de control, debiendo estudiarse las inspecciones anteriores para comparar y relacionar todos los datos existentes. De esta forma se elabora un reporte de los equipos o circuitos se encuentran cercanos a su límite de retiro, especificando cada equipo. Es recomendable elaborar otra lista de las zonas críticas, en especial de las que hayan mostrado

previamente una gran velocidad de desgaste. A partir de estas listas de archivo se elabora un programa de trabajo para el periodo de paro siguiente, donde se indica la prioridad de los trabajos que se deban ejecutar, de acuerdo a una ruta crítica, en donde se programan los equipos que van a ser intervenidos durante la inspección con la unidad fuera de servicio.

INSPECCION CON EL EQUIPO FUERA DE OPERACION

DETERMINACION DE LA EXISTENCIA DE CORROSION, EROSION Y ACUMULACIONES DE DESECHOS: Generalmente al calibrar una tubería, se encontrará un desgaste mayor en los puntos restringidos o de cambio de dirección. Por lo que se recomienda abrir la tubería cerca de curvas de tubo, codos y tees. Se efectúa un lampareado hasta donde sea posible, auxiliándose con el Boroscopio para revisar más allá de donde llega la luz de la lámpara y de la calibración directa cuando esto sea posible.

Las zonas más sujetas a corrosión y erosión son:

- a) Donde es probable la ocurrencia de un arrastre de ácidos procedentes de las operaciones de proceso, así como las corrientes de ácidos orgánicos.

- b) Líneas que lleven un alto contenido de sulfuro.
- c) Zonas en que puede ocurrir un ataque por hidrógeno en alta y baja temperatura.
- d) Lugares soldados, sujetos a cualquier ataque interno.
- e) Tuberías para catalizador, gases de combustión y lodos.
- f) Tubería ferrosa y no ferrosa sujeta al agrietamiento - por corrosión causada por esfuerzos.
- g) Líneas sujetas a fragilización caústica.
- h) Zonas cercanas a bridas o accesorios soldados que actúan como aletas de enfriamiento, resultando así una corrosión localizada originada por cambios de temperatura.
- i) Lugares en los que hay cambios de velocidad del fluido lo que puede originar una corrosión local acelerada.

Debe anotarse el grado de corrosión encontrada para compararlo con los anteriores, y ver cual ha sido la variación de velocidad de desgaste que se venía obteniendo.

La inspección visual inicial determinará el grado de ensuciamiento, lo cual nos dará una variable para determinar los periodos de limpieza del equipo, se investigará la naturaleza de los desechos acumulados con el objeto de determinar si están constituidos por depósitos procedentes

de la corriente del producto ó si son productos de la corrosión.

REVISION DE LA NIPLERIA: Se toman medidas del espesor de las piezas de conexión, se efectúa una revisión de su estado físico y mecánico retirandolos de la línea. Cuando van soldados, una práctica común para detectar sus condiciones es la radiografía; cuando no se emplea este método se pueden probar con golpeteo a martillo el cual debe tener un peso adecuado.

PRUEBA CON MARTILLO: Es recomendable el uso del martillo para determinar condiciones de la tubería, de preferencia deberán hacerlo personas con experiencia y criterio. Esta práctica se utiliza en los tubos y piezas de conexión que no sean de fierro fundido, ni estén sometidos a relevado de esfuerzos en servicio caústico y corrosivo.

Es un medio para ampliar el alcance de las mediciones que tiene por objeto determinar la presencia de secciones inesperadamente delgadas y se aplica para complementar otros métodos de medición.

GRIETAS: Los puntos más susceptibles al agrietamiento son las soldaduras y los puntos de restricción ó suje-

tos a esfuerzos excesivos, los lugares expuestos a la co---
rrosión por ataque de hidrógeno, fragilización caústica y -
las cuerdas de las juntas roscadas.

La superficie por inspeccionar debe estar limpia para determinar la existencia de grietas. Se efectúa una --
inspección visual con una lámpara, cuando se encuentre una
falla superficial ó una grieta, se deben de aplicar los mé-
todos adecuados para confirmarlos. Cuando el material es --
magnético, se puede aplicar el método de partícula magnéti-
ca. Los métodos de líquido penetrante y el ultrasónico son
aplicables tanto a los materiales magnéticos y a los no mag_
néticos. Si estos métodos no se pueden aplicar debido a la
corrosión causada por los esfuerzos ó fragilización caús---
tica en el interior de la tubería, solo se podrá determinar
por medio de la radiografía.

BRIDAS: Se revisan los asientos de los empaques de
las uniones bridadas en forma visual para determinar si hay
corrosión o defectos que puedan originar fugas; estos de---
fectos pueden ser superficie irregular, fisuras, socavados,
rayaduras, etc., se comprueba que los asientos estén planos.

UNIONES: Todas las uniones están sujetas a deterio-
ro por lo que se hace una inspección periódica.

La mayoría de las uniones se revisa para determinar la existencia de grietas y pérdida de metal causado por corrosión y erosión.

Dependiendo del tipo de unión, serán las siguientes formas de inspección:

A las uniones bridadas se les revisan los tornillos y se verifica si están dentro de especificación.

A las uniones soldadas se les verifica la dureza de la soldadura, ya que la corrosión puede tomar la forma de picaduras que al llegar al metal sano provocará fugas, se determina esta picadura por medio de radiografías.

A las uniones roscadas se les revisan los hilos, verificando que no estén barridos ni sucios.

INFORMES Y REPORTE ESTADISTICO

Al termino de la inspección, debe presentarse un informe a todas las personas interesadas. El informe debe ser tan breve como sea posible y cubrir unicamente los aspectos de interés. Debe incluir una lista de recomendaciones y una lista de las partes que requieren reparación inminente para estar en posibilidades de ordenar los materiales, y --

organizar la mano de obra para las reparaciones en el momento que éstas se requieran. Se señala la localización de cualquier punto de corrosión excesiva para poder estudiar el aspecto económico de la utilización de materiales más resistentes a la corrosión.

Estos datos deberán anexarse a la estadística de los equipos.

RECIPIENTES A PRESION

Por lo regular se define un recipiente a presión - como aquel diseñado para soportar con margen de seguridad una presión interna superior a 1.0 Kg., y para propósitos de inspección, todos aquellos recipientes que están sujetos a una presión externa causada ya sea por un vacío interno o por la presión de un fluido actuando entre una chaqueta exterior y el cuerpo mismo del recipiente.

Los recipientes a presión son diseñados de diversas formas, tales como los cilíndricos, esféricos, elípticos, esferoides, etc.

Los recipientes están soportados generalmente por columnas de acero unidas al casquillo mediante faldones.

ACCESORIOS INTERNOS.

Muchos recipientes a presión que se encuentran en una refinería carecen de accesorios internos. Otros recipientes tienen accesorios internos diversos tales como desviadores, platos, rejillas para retener lechos catalíticos, centrífugas, serpentines, boquillas atomizadoras, tuberías de enfriamiento, tubos distribuidores, placas de choque, -

charolas de derrame, nivel hidráulico, ciclones, etc..

USO DE LOS RECIPIENTES A PRESION.

Se utilizan en la mayoría de los procesos de refinación del petróleo para el almacenamiento de líquidos volátiles, se emplean también como reactores térmicos y catalíticos para provocar el cambio químico requerido por el proceso. Como fraccionadoras para separar varios productos de la reacción, separadores de gases, tanques de compensación para líquidos, como regeneradores para restaurarle -- sus propiedades originales al catalizador, etc..

Las razones para efectuar la inspección técnica -- están determinadas básicamente por las condiciones del -- proceso y del recipiente, así como por el tipo, rapidez y causas del deterioro.

Una inspección periódica dará las bases para que -- no se originen fallas peligrosas en los recipientes; por -- lo que se deben programar de acuerdo con el tipo de corrosión presente, y con estos antecedentes predecir la duración de los materiales.

CAUSAS DEL DETERIORO

CORROSION.

La corrosión es la causa principal del deterioro de los recipientes a presión. Los agentes corrosivos más comunes en las refinerías son los compuestos de azufre y cloro. También pueden causar problemas los productos cáusticos, el ácido fosfórico, los ácidos orgánicos y otras sustancias químicas utilizadas durante un proceso determinado.

EROSION.

Por lo general la erosión es causada por los sólidos que se encuentran en los fluidos. Sin embargo, puede ser causada por el arrastre de fracciones líquidas en los vapores. La erosión por lo regular se localiza en aquellas áreas donde las limitaciones de flujo, cambios de dirección u obstaculizaciones provocan altas velocidades en una cierta zona. Los lugares típicos donde puede esperarse encontrar la erosión, son las entradas y salidas de boquillas, las tuberías internas, las secciones de rejillas y platos, así como en las paredes de los recipientes.

En algunos casos la corrosión y la erosión se combinan para dar tasas incrementadas de deterioro. Esta con-

dición puede existir por ejemplo en los lugares opuestos a las boquillas de admisión en la parte inferior de las fraccionadoras de las unidades de cracking catalítico.

En base a lo anterior, se podrá determinar la frecuencia de la inspección y, de acuerdo con el historial obtenido para cada recipiente, se establecerá un periodo de inspección.

METODOS DE INSPECCIONES TECNICAS

REVISION CON EQUIPO EN OPERACION.

Lo que se hace en este periodo, será una inspección preventiva de riesgos, la cual nos va a permitir que se tenga un control permanente de la planta con todos sus auxiliares, mientras el equipo se encuentra en operación.

INSPECCION A PLANTA PARADA.

SEGURIDAD: Debido al espacio cerrado de un recipiente, así como de las vías limitadas de acceso, es posible que las precauciones de seguridad sean más importantes para la inspección de recipientes que para la inspección de cualquier otro equipo.

En general, el recipiente debe bloquearse y aislar-

se con juntas ciegas de las fuentes de líquidos, gases y -- vapores. Debe ser vaciado, purgado y lavado, para posterior_ mente efectuar pruebas de explosividad para minimizar los - peligros causados por gases tóxicos, la falta de oxígeno, - las mezclas explosivas y las sustancias químicas irritantes. Además deberá usarse vestimenta adecuada que proteja el -- cuerpo y los ojos.

Cuando sea posible, es conveniente revisar el reci_ piente antes de haberlo limpiado, para detectar las causas internas de una operación defectuosa, y hacer una inspección previa del interior con el propósito de observar el grado - en que su estructura interna estén firmemente unidos, de tal manera que no se corra el riesgo de que alguna pieza se des_ prenda al momento de encontrarse personal en su interior.

Como un detalle importante, cabe mencionar la utili_ dad que presta disponer de un dibujo simplificado al momen_ to de efectuar la inspección, donde estarán en forma esque_ mática los detalles de los arreglos interiores de los reci_ pientes, especificaciones y dimensiones de los materiales, espesores, aislantes; de tal manera que, sea posible en -- cualquier momento hacer una comparación física de los defec_

tos contra el diseño original.

Una vez que el recipiente ha sido abierto, se revisarán nuevamente los lugares donde fueron colocadas las juntas ciegas, cerciorandose de que no se hayan efectuado movimientos de última hora, ejecutando nuevamente la prueba de explosividad en el interior del recipiente.

Los trabajos preparatorios consisten en tener las herramientas necesarias en buen estado de uso.

PREPARACION DEL EQUIPO: El grado necesario de preparación para una inspección interna estará en función de varios factores, siendo los principales:

- a) El tipo esperado de deterioro.
- b) La localización del deterioro esperado.

Frecuentemente la limpieza necesaria para la operación del recipiente resulta suficiente para la inspección, si las circunstancias lo exigen, la limpieza se debe complementar con el cepillado de alambre, esmerilado, o arena en chorro a presión. La formación extendida de grietas o de picaduras profundas y un gran deterioro de la soldadura requieren de una limpieza total.

INSPECCION VISUAL PRELIMINAR: El fondo de las frac-

cionadoras que procesan crudo con alto contenido de azufre son muy susceptibles a la corrosión debido a los sulfuros, y ésta corrosión será más intensa alrededor de las tuberías de entrada.

El domo de las torres de destilación y fraccionadoras, están expuestas a la corrosión debido al cloro. Los niveles de líquidos en los platos de las torres y el fondo de los acumuladores son lugares de fuerte ataque, en estos lugares se encontrará con frecuencia el ataque en forma de socavados.

En recipientes donde se tiene asentamiento de lodos, se puede llevar a cabo la corrosión por la formación de una pila de concentración; si los lodos contienen ácidos, la corrosión será más rápida.

Cuando se inyecta vapor a un recipiente, se puede llevar a cabo la corrosión y erosión en las áreas directamente opuestas a la entrada del vapor.

Debido a los cambios metalúrgicos en las uniones de soldadura y áreas adyacentes causadas por el calor en las paredes, con frecuencia, se acelera la corrosión en estos lugares. La mayoría de las grietas formadas en un recipien-

te, se localizarán en éstas mismas áreas.

INSPECCION DETALLADA: La inspección detallada debe iniciarse en un extremo del recipiente y continuarse hasta el extremo contrario. Debe seguirse un procedimiento sistemático para no pasar por alto ningún detalle importante.

Se examina todo el recipiente en busca de corrosión, erosión, formación de ampollas de hidrógeno, escamas, deformaciones, rupturas y laminaciones, tomándose medidas del espesor en los lugares de mayor deterioro. Cuando el deterioro parece ser general, se hacen suficientes mediciones para asegurar una determinación precisa del espesor resultante. Cuando el deterioro es leve bastará efectuar unas cuantas mediciones en el fondo y en cada una de las placas de un recipiente pequeño, y serán en mayor número cuando el recipiente sea grande, generalmente se emplearán aparatos ultrasónicos para la determinación de los espesores.

Cuando la corrosión aparece en forma de picaduras, generalmente se localiza después de limpiar la superficie con un raspador de punta. Cuando se descubren estos socavados o picaduras en forma profunda y extendida, debe limpiarse el área de preferencia con arena a presión y posterior--

mente medir con un calibrador de profundidad o un escantillón y una regla de acero respectivamente.

Debe hacerse una minuciosa inspección interna de las boquillas, soportes de platos, desviadores, rejillas, tuberías, refuerzos interiores, bajantes, herrería y todo el equipo interno. La mayor parte de ésta inspección será visual utilizando una linterna cuando sea necesario, pudiendo golpearse levemente con un martillo para comprobar la firmeza del material.

Debe anotarse el estado general de los platos, su soporteria, herrería y empaques, las superficies del cuerpo del recipiente, las superficies del domo, para comprobar la posible pérdida del metal debido a la corrosión.

Las condiciones mecánicas de los platos y equipo interior no afectará la resistencia del recipiente, pero si afectará en la eficiencia y continuidad de la operación. Cuando en la inspección se haga necesario tomar medidas, se hará mediante un calibrador mecánico.

La mayoría de los platos tienen fugas de cierta magnitud, debiéndose reducir al mínimo, mediante una prueba de nivel, tomándose nota del tiempo que tarda el agua -

en escurrir a través de las juntas del plato. Las fugas, se pueden observar por la parte inferior del plato durante la prueba.

El equipo interno de algunos recipientes, tales como los reactores catalíticos, son muy complicados, la inspección de este equipo es en su mayor parte visual, aunque es recomendable efectuar mediciones de espesores en forma directa con aparatos de ultrasonido, o una prueba a martillo para determinar el estado mecánico del material.

En los regeneradores y reactores catalíticos la soportería del equipo interno, como los ciclones, piernas, --placas, son especialmente susceptibles a la erosión, por lo por lo que se revisan cuidadosamente para tratar de detectar la posible existencia de este tipo de ataque.

La lámina de protección interior, desviadores, placas de choque y similares con frecuencia se instalan para --recibir los efectos del desgaste protegiendo las paredes --del recipiente. Este material de sacrificio debe medirse, --por lo regular se usan los calibradores directos para deter_ minar su espesor y poder conocer la velocidad del desgaste.

Las áreas debajo del nivel del líquido en los reci-

recipientes que contienen agentes corrosivos ácidos, son las más expuestas a la formación de ampollas de hidrógeno, que se localizan visualmente por medio del lampareado.

Se efectúa un lampareado por el cuerpo del recipiente para localizar posibles deformaciones, cuando se encuentran indicios de ruptura ó fisuras, se hace un dimensionamiento de ellas por medio de partículas magnéticas, líquidos penetrantes o por radiografía.

Los soportes casi siempre están soldados al casco del recipiente, los puntos de soldadura deben examinarse en busca de fracturas, agrietamientos ó cedencia, un raspador y una lámpara serán suficientes.

INSPECCION DE REVESTIMIENTOS METALICOS: La finalidad principal de estos revestimientos es la de proteger a los recipientes contra los efectos de la corrosión y erosión. Los factores más importantes que deben considerarse al revisar los revestimientos son:

- a) Que estén en buenas condiciones física y mecánica
- b) Que estén instalados adecuadamente
- c) Que no presenten poros ni grietas

Con frecuencia para detectar estas fallas se necesita hacer una limpieza a metal blanco con chorro de arena a presión.

La inspección se efectúa con lámpara y martillo, - se dan golpes leves sobre las zonas que se presume tienen corrosión. En el caso de encontrar corrosión, se hacen determinaciones del espesor con instrumentos ultrasónicos, - cuando presenta dificultades esta medición, se podrá quitar una parte pequeña y medir el espesor con un calibrador mecánico. Este método brinda la oportunidad de examinar la superficie del cuerpo debajo del revestimiento, aunque no es muy recomendable esta forma de prueba.

Pueden soldarse al revestimiento pequeñas probetas o muestras (2.5 cm. x 5.0 cm.) de revestimiento que se colocan en ángulo recto a la pared del recipiente, el espesor de esta muestra se mide en cada inspección, considerando que la pérdida del espesor será del doble que para el revestimiento del cuerpo que solo tiene una superficie expuesta. Esto permite una comprobación bastante precisa de cualquier corrosión sufrida por el revestimiento.

Las grietas en los revestimientos metálicos gene--

ralmente pueden localizarse por inspección visual o leve martilleo, las secciones agrietadas de un revestimiento -- tienen un sonido peculiar parecido a la hojalata. El método más recomendable para detectar estas fisuras es con líquidos penetrantes.

Cuando se descubre esta condición, ya sea la existencia de grietas o fugas en la sección deformada o bien -- que existen pequeños poros en la soldadura adyacente generalmente, estas deformaciones son causadas por la diferencia de elasticidad de los materiales empleados, que pueden dar origen a la acumulación de sustancias del proceso que se filtran entre el revestimiento y el material del cuerpo durante los periodos de operación.

Cuando se ha determinado que un revestimiento tiene fracturas o poros, es necesario conocer si se ha llevado a cabo la corrosión por debajo del revestimiento, y solamente en casos muy necesarios se quitarán secciones representativas del revestimiento para inspeccionar la pared del recipiente (También se puede determinar por calibración ultrasónica de las áreas dañadas por la parte exterior).

INSPECCION DE REVESTIMIENTOS NO METALICOS: Se tienen varios tipos de revestimientos no metálicos, tales como la fibra de vidrio, plástico, hule, concreto y ladrillo. - Estos materiales se emplean con mayor frecuencia como medios de resistencia contra la corrosión y los choques térmicos.

La eficiencia de estos recubrimientos se vé reducida considerablemente cuando existen rupturas en la cubierta.

La presencia de deformaciones indica que existen aberturas en el recubrimiento. Cuando la corrosión es muy marcada, se encuentra que el ataque fué tan severo, que varias partes del revestimiento fueron arrancadas, en este caso se debe de investigar si el aislante ó recubrimiento era el adecuado, ó si, se debió a una mala aplicación o mala operación del equipo, originando unas condiciones más drásticas en los flujos, los cuales repercutieron en el rápido desgaste del recubrimiento.

INFORMES Y ESTADISTICAS

ESTADISTICAS: Las estadísticas de inspección proporcionan

una base para el programa de mantenimiento; siendo éstas de gran importancia. Un archivo completo debe de incluir tres tipos de información:

- i) Datos Básicos
- ii) Informes de Campo
- iii) Records Contínuos

Los cuales serán la base para la programación y desarrollo de futuras inspecciones.

INFORMES: Contienen las mediciones de espesor, velocidad de corrosión, descripción de las reparaciones, cálculos de la vida útil del recipiente, consideraciones permisibles de operación, y las recomendaciones necesarias dependiendo esto del tipo de recipiente.

CAMBIADORES DE CALOR

Se consideran en general a los precalentadores, --
recalentadores, enfriadores, condensadores y cajas de en--
friamiento.

Los precalentadores y recalentadores se usan para
aumentar la temperatura de un fluido que se desea calentar
mediante la transferencia de calor de otro fluido, sin --
mezclar los fluidos.

Los condensadores se usan para reducir la tempe--
ratura de un vapor a un punto en el que se volverá líqui--
do por la transferencia de su calor latente a otro fluido.
Se usan también para enfriar un líquido caliente a una --
temperatura deseada más baja, en este caso, se hace refe--
rencia a ellos como enfriadores.

Las cajas de enfriamiento, se usan generalmente -
para enfriar un gran volúmen de líquido caliente, median--
te la transferencia del calor a un gran volumen de agua.

INSPECCION DE LOS CAMBIADORES DE CALOR

Las razones para llevar a cabo la inspección, son
determinar la condición física del equipo, la velocidad -

de corrosión y la causa del deterioro. Conociendo estos datos pueden tomarse las medidas adecuadas para:

- 1) Hacer las reparaciones necesarias y planear los reemplazos futuros.
- 2) Evitar o retardar el deterioro adicional.
- 3) Evitar los paros no programados, asegurando así la --
continuidad de la operación.

La corrosión y la erosión pueden debilitar varias partes de un intercambiador y pueden causar eventualmente su falla. Aún cuando desde un punto de vista de seguridad, las fallas de los tubos no sean serias, pueden ocasionar -- que se obtengan productos fuera de especificación y que sea necesario parar la unidad. Las fallas de los tubos en los enfriadores pueden provocar una pérdida del producto y ocasionar un problema de seguridad si se libera aceite o vapor con el agua de enfriamiento. El deterioro excesivo del cuerpo, el carrete distribuidor y las tapas, podría resultar en fugas serias o aún en un incendio.

CAUSAS DEL DETERIORO

Es de esperarse el deterioro de todas las superfi--

cies de los intercambiadores que estén en contacto con hidrocarburos, sustancias químicas, agua (tanto salada como dulce) y vapor. La forma de ataque puede ser electroquímica química o mecánica, también puede presentarse una combinación de las tres. El ataque puede, además, ser influenciado por ciertos factores aceleradores, como son la temperatura, el esfuerzo, la fatiga, el choque y la alta velocidad del flujo.

La corrosión puede ocurrir en cualquier parte de un intercambiador. La gravedad del ataque está influenciada por la concentración y naturaleza de los agentes corrosivos presentes en el fluido, así como por la resistencia a la corrosión de los materiales de construcción.

PERIODOS DE INSPECCION

Depende de buen número de factores, siendo el más importante el ritmo de deterioro y la tolerancia de corrosión restante. Esto variará marcadamente con el servicio que preste el equipo que se pretende inspeccionar. Los intercambiadores con servicios diferentes en la misma unidad pueden requerir diferentes frecuencias de inspección. Un precalentador podría requerir una frecuencia, un condensa-

dor otra y un rehervidor una tercera.

Después de varias inspecciones, puede establecerse un registro de servicio para el intercambiador, y programar las inspecciones para cada cambiador. Se debe de dar el margen mínimo de tolerancia a la corrosión y poder -- controlarla.

Cuando hay cambios en las condiciones de opera-- ción del proceso, dichos cambios deben analizarse para es-- timar si puede resultar afectada la velocidad de deterio-- ro. Si ocurre esto, deben cambiarse los intervalos de ins-- pección.

Cuando se tiene previsto que un intercambiador -- tendrá que limpiarse a intervalos más frecuentes que el -- funcionamiento normal de la unidad de proceso, se acos--- tumbra instalar intercambiadores de relevo, para facili-- tar la inspección, limpieza y reparaciones necesarias.

La programación de la inspección, debe de hacerse de tal manera que durante todo el año sea lo más uniforme posible, en forma compatible con la idea de evitar el -- trabajo mecánico y de inspección durante las reparaciones generales con paro programado.

TRABAJO PRELIMINAR

Antes de abrir un cambiador de calor es necesario tomar medidas de seguridad, como son las siguientes:

Vaciar el equipo, purgarlo y aislarlo primeramente con válvulas, posteriormente aislar el equipo por medio de juntas ciegas, neutralizar para evitar que se depositen -- productos dañinos o peligrosos (cuando esto sea necesario, dependiendo del producto que manejan), efectuar pruebas de explosividad para comprobar que no hay productos inflama-- bles; y preparar la herramienta necesaria que se utilizará durante la inspección.

METODOS DE INSPECCION

La primera fase de una buena inspección, debe de -- comenzar con una inspección preventiva de riesgos para los cambiadores de calor, así como obtener lecturas de espesor con instrumentos no destructivos de los diversos componen-- tes del intercambiador para estadística, completandose -- cuando se haga una inspección general durante el paro del equipo.

INSPECCION CON PLANTA FUERA DE OPERACION

PREPARACION DE LA SUPERFICIE: Será de acuerdo con el el tipo de inspección a realizar y el grado de ensuciamien_ to en el que se encuentre el equipo.

Si se sospecha de agrietamientos ó picaduras, las áreas seleccionadas deben sopletearse con arena a presión; o con rasqueta y cepillo de alambre para limpiar áreas pequeñas en donde no es necesario lograr una superficie brillante del metal, en los cuales se utilizan los métodos de partícula magnética o de líquidos penetrantes para localizar las fallas.

UBICACIONES PROBABLES DE LA CORROSION: De acuerdo al servicio del equipo, será el tipo de corrosión que se presente.

Cuando un material corrosivo fluye por los tubos, el desarrollo de la corrosión se puede presentar en la entrada del retorno del tubo.

Cuando las condiciones del proceso son tales que puede formarse un sedimento o depósito similar, generalmente se asentará en el fondo a lo largo de la envolvente; si el depósito contiene algún corrosivo, la máxima corro--

sión ocurrirá a lo largo del fondo de la envolvente y en los tubos inferiores.

En servicio de agua, la corrosión máxima ocurrirá donde las temperaturas del agua son más altas, por ejemplo cuando el agua fluye por los tubos, el lado de salida del carrete distribuidor y la concha flotante serán los lugares de máxima corrosión.

En cualquier tipo de intercambiador, la corrosión puede ocurrir donde metales diferentes están en estrecho contacto, atacandose el menos noble de los dos metales, y para controlar este tipo de corrosión se aprovecha la técnica de la colocación de pequeñas placas de metal menos noble, que actúan como ánodos de sacrificio, cediendo su metal al más noble, los ánodos pueden ser de Mg ó Zn.

Es más probable que aparezcan grietas en donde hay cambios agudos en forma o tamaño, así como cerca de las costuras soldadas, especialmente si se aplica un esfuerzo elevado al equipo. Si se han aplicado esfuerzos excesivos a un equipo, se revisan las boquillas y las bridas de la envolvente en busca de posibles grietas.

Cuando los líquidos fluyen con muy alta velocidad y se tienen cambios de dirección, se puede esperar un ata-

que acelerado.

La parte de la envolvente adyacente a las placas de choque a la entrada y a los deflectores del haz de tubos, son susceptibles a la erosión.

REVISION DE LA ENVOLVENTE, CARRETE DISTRIBUIDOR Y TAPAS: Lo primero será efectuar una inspección visual general de las superficies interiores y exteriores, tratando de localizar picaduras, grietas y ranuras. Se puede detectar con un martillo áreas que estén delgadas.

Se revisan los asientos de los empaques en las boquillas, del cabezal y cuerpo, así como en las tapas flotante y fija, debe quedar un ancho suficiente de superficie para permitir el sello hermético entre ambas piezas -- que se pretenden sellar.

Las costuras soldadas en la envolvente deben revisarse cuidadosamente cuando el servicio es caústico o de alta temperatura. En ambos casos, las grietas, fisuras ó fracturas pueden ocurrir en las soldaduras o en las zonas adyacentes. Se recomienda se revisen con partículas magnéticas o de líquidos penetrantes después de una buena limpieza.

La parte de la envolvente próxima a los deflectores del haz de tubos y a la mampara de choque de entrada, deben revisarse en cuanto a erosión. La turbulencia cerca de la mampara de choque, y la velocidad incrementada alrededor de los deflectores, son causantes de la erosión en las áreas adyacentes. En los deflectores la corrosión aparecerá a menudo como una serie de anillos espaciados regularmente, y si hay escamas el ataque es por erosión.

Después de completar la inspección visual, se efectúan mediciones del espesor de la pared del carrete distribuidor, tapa de la envolvente y boquillas por medio de aparatos de ultrasonido.

Las boquillas se revisan internamente, en busca de corrosión, agrietamiento o distorsión, por medio de lampareado. Las mediciones del espesor pueden hacerse con calibre directos (Tipo "C").

Las tapas fijas se revisan en busca de distorsiones, corrosión ó fallas como fracturas, fisuras, grietas, se puede emplear la prueba con martillo pero no es muy recomendable, también se le pueden hacer mediciones del espesor con el ultrasonido.

Se revisa el estado de los mamparos, postes de refuerzo, conexión de venteo y purga, ánodo de sacrificio, - evaluando la condición y la resistencia para la operación.

INSPECCION DEL HAZ DE TUBOS: Cuando son sacados se revisa el color, tipo, cantidad y ubicación de las escamas y depósitos, lo cual ayuda a precisar los problemas de corrosión. Una formación total de escamas gruesas sobre los tubos, puede indicar una corrosión general del tubo.

El interior de los tubos puede examinarse parcialmente en los extremos por medio del lampareado o boro-flex, siendo posible localizar picaduras en esos extremos.

Los deflectores, tirantes, tapa flotante, placa -- flotante del haz de tubos, se revisan para encontrar distor_ siones y corrosión.

La placa posterior del haz de tubos puede sufrir - deformaciones ocasionado por sobre-rolado ó rolado inadecuado de los tubos, expansión térmica, explosiones ó un -- manejo inadecuado.

Para comprobar que no hay fallas en algún lugar de los tubos y en el cuerpo del intercambiador, se les somete a una prueba hidrostática, si la prueba es satisfactoria -

por dentro y fuera de los tubos, está listo para ponerse en operación.

REGISTROS Y REPORTE

Se elaboran registros continuos para proporcionar un antecedente del cambiador, para conocer cuales han sido los tipos de reparaciones efectuados y los periodos en que ha sido sometido a inspección.

Los reportes se hacen en forma simplificada, en los que se señalan las condiciones presentes, los requerimientos de mantenimiento futuro y el tiempo estimado del equipo en operación.

CALENTADORES

En la industria petrolera son varias las aplicaciones de los calentadores de fuego directo, estas van desde un simple calentamiento de mezclas de hidrocarburos de alta viscosidad con el objeto de poder transportarlos mediante tuberías a las distintas plantas de proceso.

En las refinarias, se puede decir que todo proceso requiere de un calentador de fuego directo, y es por eso -- que se encuentran calentadores en las plantas de Destilación Primaria, Hidrodesulfurizadoras, Reductoras de Viscosidad, etc., pero en algunos casos intervienen indirectamente en el proceso tal como en la planta de Desintegración Catalítica, ya que el calentador se emplea para preparar la carga de dicha planta. En los procesos de Polimerización y Alquilación el calentador se usa para elevar la temperatura de un aceite que circula por los recalentadores de fondos de las torres de fraccionamiento.

Los tipos de calentadores instalados se pueden agrupar en tres clasificaciones:

- a) Calentadores verticales (tipo botella)

- b) Calentadores horizontales con la zona de convección en la parte superior.
- c) Calentadores horizontales con la zona de convección en la parte inferior.

Los calentadores del tipo (a), presentan la tubería de la zona de convección en forma de parrilla, y en la zona de radiación los tubos tienen un arreglo vertical, en algunos diseños la tubería forma un serpentin en espiral alrededor del hogar del calentador.

La diferencia de los calentadores (b) y (c), es -- que unos tienen la zona de convección en la parte superior y otros en la parte inferior de la zona de radiación, pero el tipo de arreglo de los tubos será el mismo en ambos casos, el cual tendrá los tubos en forma horizontal dentro del hogar.

Los calentadores consisten de dos partes básicas:

- a) Serpentin de calentamiento
- b) Hogar

SERPENTIN DE CALENTAMIENTO: Es el que se va a encargar de transportar los hidrocarburos que serán procesa-

dos, consiste de una serie de tubos conectados de tal forma que es un serpentín continuo. Los tubos están conectados por unos "cabezales", que van sellados por medio de una expansión denominada "rolado", cuya medida varía de acuerdo al diámetro del tubo y del cabezal.

HOGAR: El termino hogar u horno cubre todas las partes que forman:

- a) La soportería cuya finalidad es la de mantener fijos los tubos en su lugar y se encuentran colocados a los lados y en la parte superior del hogar.
- b) Cuerpo: Las principales partes del cuerpo son una cubierta metálica externa conocida como paredes laterales y paredes frontales protegidas mediante refractario y una estructura metálica, techo, piso y hombros.
- c) Equipo Auxiliar: Los principales auxiliares son los quemadores, rejillas, termopozos, medidores de tiro, manómetros, etc.

RAZONES DE LA INSPECCION

Valorar los efectos de corrosión, erosión, quemado

y deformación de la tubería y soportería, roturas, fracturas, etc.. Las principales causas de que los calentadores sufran deterioros son:

- a) Elevadas temperaturas.
- b) Mal funcionamiento de los quemadores.
- c) Exceso de vapor en las boquillas de atomización
- d) Tipo de combustibles (exceso de S, H₂S, etc.).
- e) Tipo de producto dentro de la tubería.

La inspección hará posible establecer el periodo más recomendable y seguro durante el cual un calentador -- operará satisfactoriamente y sin riesgos, ésta práctica -- aumentará la corrida operacional del calentador, la vida -- del mismo y reducirá o eliminará los paros de emergencia, con sus consiguientes riesgos.

PRINCIPALES FALLAS DE LOS CALENTADORES

1) SERPENTIN DE CALENTAMIENTO.

Los principales factores que contribuyen al deterioro del serpentín son:

- a) TIPO DE PROCESO: Según el tipo del proceso de -



que se trate, determinará el tipo de carga y la base para establecer las condiciones de operación, que son las que debe soportar el calentador.

CARACTERISTICAS DE LA CARGA: El contenido de azufre, cloro, ácidos orgánicos o materiales sólidos, son los primeros factores en determinar no solamente el tipo sino también la severidad del deterioro en el interior de los tubos, por depósitos de carbón o sales.

c) VELOCIDAD DE FLUJO EN EL SERPENTIN: Pueden causar severa corrosión y erosión en los tubos y accesorios del cabezal si la velocidad es muy grande u ocurren choques directos. La erosión de los tubos es generalmente el resultado de la velocidad y los choques en los cabezales.

d) PRESION: La presión no causa deterioro cuando la temperatura del metal está debajo de su punto de deslizamiento.

Cuando la temperatura del metal está arriba de la temperatura de deslizamiento, un ligero tirón del metal, puede causar ruptura. Si se tiene una presión de operación superior a la permisible para la temperatura de operación del metal puede causar deformaciones, rupturas y hasta una falla completa.

e) TEMPERATURA: La temperatura tiene un papel principal en el tipo y severidad del daño de los tubos del calentador. La temperatura de los tubos en la zona de radiación puede variar considerablemente, las principales causas de esta variación son consecuencia del ensuciamiento de los tubos.

Los tipos de daño que sufren los tubos con la temperatura son deformaciones, quemado, escamado, deslizamiento, cambios metalúrgicos, efectos de expansión, fracturas, fisuras y rupturas totales.

f) PRODUCTOS DE COMBUSTION: Los problemas de corrosión resultante de la combustión, depende primeramente de las características del combustible. Cuando el gas o combustóleo tienen un alto contenido de azufre, los productos de combustión formados y depositados en el exterior de los tubos son principalmente sulfatos y sulfuros, estos productos son inofensivos durante los periodos en operación, pero tan pronto como los depósitos se dejan enfriar serán altamente higroscópicos y al mezclarse con el aire se hidroliza para producir ácido sulfúrico diluido el cual ataca rápidamente al metal.

Cuando el combustible tiene alto contenido de vana-

dio y la temperatura de operación es de 480°C a 510°C, los tubos tendrán un ataque rápido de pentóxido de vanadio, el cual causará fundición y fusión de la superficie metálica caliente.

g) DETERIOROS MECANICOS: Las causas más comunes -- son el daño del rolado de tubos, y los daños durante la -- limpieza mecánica.

La eliminación del carbón con vapor o aire pueden originar una seria oxidación, a menos que se controle la -- temperatura. La fundición puede causar rupturas en la base o en el cuerpo de los cabezales.

2) HOGAR

Las causas principales de los daños son:

a) CONDICIONES ATMOSFERICAS: La rapidéz del daño - causado por las condiciones atmosféricas dependerá de si - el medio es seco, húmedo o salino. El riesgo depende principalmente de la localización del calentador en la planta, sobretodo si los vientos dominantes van hacia el calenta-- dor. Si la parte externa está dañada, aumentarán los ries-- gos en tiempo de lluvia sobre el refractario interior.

b) TEMPERATURA DE OPERACION: Cuando la temperatura es muy severa, el refractario se rompe y cuando esto suce--

de, el soporte de acero está expuesto a los gases calientes y se dañará rápidamente como resultado de la oxidación, quemado y posiblemente un cambio de estructura metalúrgica.

c) PRODUCTOS DE COMBUSTION: Son debidos al azufre y al vanadio contenido en el combustible, al formar escorias sobre el refractario, y los efectos generales de esta acción disminuyen el espesor y reducen el efecto aislante del refractario, permitiendo altas temperaturas sobre el metal de los soportes, con los consiguientes daños.

3) CHIMENEA

Todos los factores que afectan al hogar, serán los mismos que actuarán en la chimenea.

METODOS DE INSPECCION

Se deben de tomar precauciones de seguridad antes de entrar al hogar, en general esas precauciones serán:

- a) Ventilación adecuada para eliminar todos los gases combustibles.
- b) Bloquear y colocar juntas ciegas en la entrada general de los quemadores de combustible y gas, así como en la entrada y salida de carga.

- c) Donde dos calentadores estén conectados a una chimenea, se aísla el ducto para prevenir la posible entrada de gases combustibles.
- d) Colocar juntas ciegas en todas las fuentes probables de contaminación de líquidos, gases o vapores.
- e) Vaporización, purga, enfriamiento y pruebas de explosividad como comprobación dentro del hogar.

INSPECCION DE SERPENTINES

Los procedimientos y métodos comunmente seguidos en la inspección y determinación de las condiciones físicas generales del serpentín de calentamiento son las siguientes:

- 1.- Limpieza
- 2.- Inspección visual (lampareado)
- 3.- Prueba a martillo
- 4.- Determinación del espesor (con ultrasonido)
- 5.- Prueba de presión
- 6.- Otros tipos de prueba (escantillón, prueba de gota, líquidos penetrantes).

1.- LIMPIEZA

EXTERNA: Se pueden limpiar química o mecánicamente según el método que se emplee para la inspección. Los tubos accesibles se limpian con cepillo de alambre o chorro de arena a presión, cuando se tiene depósitos de sulfuro en los tubos, se efectúa una neutralización lavando con Na_2CO_3 .

INTERNA: Se emplea para retirar los depósitos -- acumulados a través del serpentín después de que el ca--- lentador fué sacado de operación y antes de que sea abier_ to y se inicie el trabajo de la inspección. El método es efectivo si los depósitos en el serpentín son tales que - puedan ser ablandados y disueltos en la corriente de arras_ tre.

La limpieza química consiste en circular un ácido inhibido por el serpentín hasta que todos los depósitos - sean eliminados. El método por lo regular se aplica de -- acuerdo a los depósitos encontrados, llevando un riguroso control del mismo para evitar daño a los tubos. Posterior_ mente se hace un lavado con agua para dejar limpio el me- tal.

El quemado del carbón consiste en usar vapor, aire

y calor para quitar el carbón depositado en el interior de la tubería, pero se debe tener cuidado en su control porque puede causar daños a la tubería.

Se le hace limpieza mecánica por medio del turbinado.

2.- INSPECCION VISUAL

Utilizando una lámpara se observa cuales son los daños de los tubos, conexiones y accesorios, se revisan en busca de deformaciones, debilitamientos, fracturas, fisuras, abolzamientos, etc..

EXTERNA: Se efectúa la revisión de los tubos y la soportería.

La grieta de un tubo generalmente se debe al adelgazamiento de la pared o a una pérdida de la propiedad estructural por temperatura excesiva, debido al choque de la flama sobre esos tubos.

Se revisará el rolado de los tubos para localizar fugas alrededor de los cabezales, por lo regular se pueden observar cuando se les está haciendo la prueba de presión.

Se buscan distorsiones o desgastes del cabezal, -- para comprobar si resisten todavía o se tiene que sustituir por otro nuevo.

El tapón del retorno en "U", se revisa por posibles deformaciones y daños en la superficie de asentamiento. La tensión adecuada va a depender de esos factores.

INTERNA: Se efectúa por medio de lampareado, y en las zonas donde se tenga duda se puede hacer con el Boroscopio.

La inspección interna del tubo se hace con el propósito de localizar y determinar posibles daños como:

- a) Corrosión o picaduras.
- b) Adelgazamiento en los extremos del tubo.
- c) Deformaciones o abolsamientos.
- d) Pérdida del rolado en el tubo.
- e) Erosión.

En los tubos se presenta lo que se llama corrosión "excéntrica", donde la pérdida del metal no es uniforme alrededor del diámetro, en este tipo de daño el adelgazamiento máximo ocurre del lado que está expuesto al fuego. La mejor forma de poder decir que el tubo sufre corrosión excéntrica es con aparatos ultrasónicos, para detectar el espesor, aunque solamente se medirán los tubos de la zona de radiación, no así los tubos de la zona de convección.

3.- PRUEBA A MARTILLO

Todos los tubos accesibles de calentador se probarán a martillo por toda su longitud. El lado expuesto al fuego se prueba cuidadosamente en busca de adelgazamientos.

La prueba a martillo es un buen medio para determinar si las escamas de la superficie exterior del tubo es un óxido formado como resultado de un sobrecalentamiento o si es un producto de la combustión.

4.- DETERMINACION DEL ESPESOR

La determinación del espesor del tubo y cabezales es un procedimiento esencial de la inspección. El cual será un record que se obtendrá para determinar la velocidad del desgaste, y determinar si el espesor que tiene será suficiente para soportar las condiciones de operación del calentador, hasta el siguiente paro programado.

La medición del espesor de los tubos por lo regular se efectúa con aparatos ultrasónicos a lo largo de los tubos, por la parte que está expuesta a las flamas.

Debido a la variación de formas, espacio limitado de trabajo, obstrucciones, etc., es laborioso revisar la sección de los cabezales y determinar con precisión el punto mínimo de espesor de pared.

Para el caso del rolado de tubos en los cabezales, se utiliza el calibrador de lectura directa o de Tijera.

5.- PRUEBA DE PRESION

Esta prueba se le hace antes de que sea puesto en operación el calentador y posterior a la inspección y reparación.

La prueba de presión es para verificar la resistencia mecánica que tendrá en un intervalo de tiempo amplio, y localización de fugas. Un método común para efectuar la prueba de presión para la resistencia, es aplicar un factor a la presión máxima normal de entrada al calentador, - este factor puede variar de 1 1/4 a 2 1/2 veces la presión de operación, dependiendo de la temperatura de operación.

Durante el desarrollo de esta prueba, se observa - que no haya fugas en el cuerpo de la tubería, cabezales y el rolado de los tubos.

6.- PRUEBAS ESPECIALES

METALURGICAS: Debido a los daños en los tubos del calentador, resultan en algunos cambios metalúrgicos en la estructura del metal. Los tipos más comunes de daños de esta naturaleza son la carburización, etapa inicial de fractura a la tensión, fractura a la fatiga y algunas formas -

de ataque de hidrógeno.

Se pueden hacer pruebas en el campo por medio del Ferrrometer, o bien por la Prueba de Gota, en ambos casos es para la identificación de los metales. Pero cuando se quiera conocer la composición del metal de la tubería, será necesario hacerlo en el laboratorio por medio de Absorción Atómica, con el cual se obtendrán resultados rápidamente.

ROLADO DE TUBOS: La unión del tubo y del cabezal --rolado es un factor importante en la seguridad, operación y mantenimiento del calentador. Se tienen dos casos importantes en los cuales se hace la calibración e inspección al --rolado de los tubos:

- a) Cuando el tubo es instalado y después de que se hace el rolado.
- b) Durante los paros del calentador se comprueba el rolado.

La calibración hecha para el rolado del tubo es la más importante, la cual consiste en 4 fases:

- 1.- Inspección del cabezal.
- 2.- Inspección del tubo en la parte del rolado,
- 3.- Determinación de la expansión requerida y super_

visión de la operación del rolado.

4.- Calibración posterior al rolado.

El aumento del diámetro interior de los tubos para hacer el rolado es de hasta 4.0 mm., a menos que se especifiquen otros valores por los constructores o fabricantes.

También se puede hacer el re-rolado de los tubos, los cuales estarán sujetos a una expansión marcada por las normas de cada caso en particular.

INSPECCION DEL HOGAR Y CHIMENEA

La inspección llevada a cabo en esta parte, será totalmente visual.

Se revisan la estructura del calentador, soportes estructurales, techo de lámina y muro central, los pozos del quemador, refractario y revisión del mecanismo de la mariposa.

Las partes externas se revisan en busca de daños, retirando la pintura si es necesario, láminas, viguetas, mirillas de inspección, puertas de explosión, zonas calientes o manchadas son síntomas de refractario caído.

INFORMACION Y RECOMENDACIONES

Se efectúa después de la inspección, y es una memoria de los trabajos realizados, con dibujos y gráficas - de lo que se desarrollo, especificaciones de los materiales y los límites de retiro, se marcan las zonas de mayor desgaste y las modificaciones al diseño original.

Se hace una serie de recomendaciones para posteriores inspecciones, así como la solicitud del material -- necesario que se vaya a requerir durante el próximo paro - del calentador.

BOMBAS

Una bomba es un dispositivo mecánico cuya función es la de impulsar un fluido de un nivel más bajo a otro más alto, o bien transportarlo de un medio de baja presión a otro de mayor presión.

Existen tres grandes grupos de bombas, atendiendo a esta clasificación al movimiento de los líquidos en su parte interna únicamente.

- 1) Bombas Centrífugas
- 2) Bombas Reciprocantes
- 3) Bombas Rotatorias

Cada uno de estos grupos se emplea en funciones específicas; es decir, si se requiere mover fluidos muy viscosos se usarán las bombas rotatorias; si se necesita poco gasto y altas presiones podrá usarse una bomba reciprocante, y por último si se desea manejar grandes volúmenes a presiones bajas y medias se emplean las bombas centrífugas.

RAZON DE LA INSPECCION

Básicamente las razones para la inspección son el -

determinar las condiciones físicas de la bomba, su velocidad, tipo y causas del deterioro. Con estos datos se podrá asegurar una operación segura, eficiente y continua.

Se tienen varias causas que pueden provocar el deterioro de los diferentes equipos mecánicos, entre los cuales se pueden contar los siguientes:

- a) Desgaste mecánico.
- b) Erosión y corrosión.
- c) Operación impropia.
- d) Tensión de las tuberías.
- e) Cavitación.
- f) Daños de la estructura.
- g) Condiciones anormales.

Por lo que se le debe de hacer una revisión periódica de mantenimiento preventivo, de acuerdo al servicio que esté desarrollando.

TRABAJO PRELIMINAR

Antes de inspeccionar el equipo mecánico, la inspección de la máquina se divide en dos categorías;

Aquellas las cuales detectan fallas que causan ma-

la operación, y otras, las cuales revelan daños metálicos.

Cuando se requiera del desmantelamiento de la bomba, debido a la limpieza o revisión detallada, es necesario aislarla externamente.

METODOS DE INSPECCION

INSPECCION CON BOMBA EN OPERACION.

Durante la operación, la revisión que se le hace es para indicar las siguientes condiciones generales:

- 1) Estructura.
- 2) Soportes.
- 3) Tornillos de anclaje.
- 4) Tubería, válvulas y nipleria.
- 5) Aislantes o recubrimientos.
- 6) Equipo de seguridad (cubre coples).
- 7) Accesorios (lubricación, temperatura, etc.).
- 8) Vibraciones.
- 9) Conexión a tierra.

Las bombas centrífugas raramente están sujetas a fallas de su estructura en operación normal; sin embargo,

los daños son frecuentemente ocasionados por el derrame de producto.

La vibración puede ser causada de varias maneras; por lo tanto, se efectúan revisiones periódicas para valorar la amplitud de la vibración con respecto a la vibración normal, ya que si se encuentra que es mayor, se debe de poner fuera de servicio e investigar la causa.

Se inspeccionan los tornillos de anclaje, tomas y cubierta, en el caso que se presenten rupturas, por lo general es necesario parar el equipo mecánico, para buscar las posibles causas que lo provocaron de acuerdo al servicio a que está sujeto.

Los derrames pueden indicar filtraciones en la tubería o falla en las tomas. Los derrames en soldadura indican rupturas, agujeros o adelgazamientos en la tubería. Los derrames indican la necesidad de reemplazar la tubería o la válvula. Se revisan los soportes para el control del movimiento y vibración de la tubería, así como su conexión a tierra que esté bien instalada.

Mientras las condiciones de seguridad son normales, todo debe de trabajar bien; pero se tiene que estar alerta

para detectar alguna mala operación, por lo que se revisa la válvula de seguridad y comprobar que funciona.

INSPECCION CON BOMBA FUERA DE OPERACION.

La inspección que se realiza, varía un poco según el tipo de bomba; pero lo efectúa el Departamento de Mantenimiento Mecánico.

Algunas veces se le hace calibración, para valorar la pérdida de metal.

REPORTES

Los reportes deben hacerse de tal manera, que se tenga concentrada toda la información adecuada del estado de las bombas, compresores, etc.; las necesidades de reparación o sustitución, materiales recomendados, causas que ocasionaron las fallas, velocidad del desgaste metálico, y vida de servicio.

VALVULAS DE SEGURIDAD

Los aparatos para relevo de presión, son dispositivos automáticos de seguridad que nos sirven para prevenir una excesiva sobre presión en los recipientes y sistemas de proceso.

Entre estos dispositivos se tienen las llamadas válvulas de seguridad, que actuará automáticamente al alcanzar una presión establecida, protegiendo tanto al equipo como al personal que interviene en la operación.

Las válvulas de seguridad se clasifican según su servicio en:

- a) Válvulas de Relevo.
- b) Válvulas de Seguridad.
- c) Válvulas de Seguridad-Relevo.

Las válvulas de relevo son aquellas en que la presión estática actúa antes que la válvula, haciendo que la válvula abra a la presión establecida, alcanzando su máxima abertura cuando la presión ha aumentado hasta un 110 % de la presión establecida.

Las válvulas de seguridad tienen una acción rápida alcanzando su máxima abertura a 103 % de la presión establecida, se utiliza en servicios de gas y vapores.

El tipo de válvulas como son las de seguridad-relevo, de acuerdo con su aplicación, funciona como válvula de seguridad o como válvula de relevo.

Entre las causas principales para la inspección, - está el determinar su estado físico y sus condiciones de - operación.

Cuando se inspeccione una válvula de seguridad, se seguirán las siguientes precauciones de seguridad:

Se debe de aislar el equipo donde se encuentra la válvula de seguridad, vaporizar y efectuar las pruebas de seguridad que sean necesarias.

Se hace la identificación de la válvula, para saber su servicio, localización de equipo, y condiciones de trabajo.

PROCEDIMIENTOS DE INSPECCION

INSPECCION AL DESMONTARSE.

OBSTRUCCIONES Y DEPOSITOS: Se hace una inspección

visual de la válvula cuando se quita de su localización en el equipo. Cuando el ensuciamiento es un problema frecuente, es conveniente se obtengan muestras para pruebas posteriores. Cualquier obstrucción deberá anotarse.

TUBERIAS DE ENTRADA Y SALIDA: Se comprueba si se tiene o no corrosión y su espesor; el tipo de los depósitos proporcionarán una orientación en la observación de fugas.

Se deben de proteger las caras de las bridas en la tubería y en la válvula para no dañarlas.

INSPECCION DETALLADA

INSPECCION VISUAL: Los puntos que se tienen que comprobar son los siguientes:

Estado de las bridas por efecto de picaduras, disminución en el ancho de la superficie del asiento, etc.

Resortes: Observación de corrosión o fractura y -- para corrección a la temperatura y presión a la que opera -- la válvula.

Los fuelles, si la válvula es de este tipo.

La posición del tornillo de ajuste y abertura en -- el bonete.

En la entrada y salida de las boquillas, buscando

evidencia de depósitos y corrosión.

Condición en que se encuentran las superficies externas, buscando indicios de una atmósfera corrosiva o de daños mecánicos.

Espesor de la pared del cuerpo.

Comprobación de los componentes y materiales, para su identificación y especificación de su record.

RECEPCION DE LA VALVULA: Antes de desarmar la válvula, se determina la presión de abertura al ser retirada del servicio. Si la válvula abre a la presión de relevo, no es necesario hacerle más pruebas. Esta prueba nos servirá también para determinar si la válvula no está pegada debido a depósitos; a la vez para saber si el resorte no se ha debilitado.

DESARMADO Y LIMPIEZA: La válvula será desarmada -- para efectuar la limpieza y la inspección de cada una de sus partes, en busca de desgaste y corrosión.

La superficie del asiento en el disco y la boquilla se revisan por maltrato o daños que puedan dar lugar a fugas.

En el ajuste entre la guía y disco o soporte del -

disco, debe comprobarse que el claro sea adecuado, y se --
inspecciona visualmente en busca de escoriaciones.

PRUEBA DE LA VALVULA: Una vez que la válvula ha --
sido inspeccionada y reacondicionada, se hacen los ajustes
en el resorte para obtener la presión de relevo deseada --
según su operación, efectuandose una prueba hidrostática o
neumática la cual debe ser satisfactoria para ser aprobada.

INFORMES

Se establecen informes de cada una de las válvulas
en donde se marcan los datos obtenidos durante la inspec--
ción y los resultados de la prueba, se anota la fecha de -
la próxima inspección, así como los problemas más frecuen-
tes que se pueden presentar.

CAPITULO IV

EL MANTENIMIENTO Y SUS DIFERENTES FINALIDADES

La inspección de los equipos o de las unidades, no tendría ningún valor si no se controlaran y registraran los datos que de éstas se obtienen. El registro se debe efectuar en forma inmediata a la inspección de cada equipo en el cual deben incluirse todas las partes internas del mismo.

Estos registros permiten establecer estadísticas y efectuar estudios que posteriormente son utilizados para nuevas programaciones, ayudando a lograr un mejor mantenimiento preventivo de las unidades y mayor índice de seguridad, tanto del personal que opera, inspecciona o repara los equipos, como de la misma unidad.

Un buen análisis sobre los registros de inspección permite hacer recomendaciones planeadas al personal de operación y mantenimiento sobre nuevos materiales, o procedimientos que deben seguirse para mejorar la vida útil del equipo y conservar sus márgenes de seguridad; así como -- permitir establecer los lapsos seguros de operación, indicando las fechas en que debe ser retirado de servicio el equipo para desarrollar una nueva inspección.

Tradicionalmente, con una periodicidad no siempre respetada, se suspendía la operación de cada planta, y de acuerdo a un programa más o menos bien elaborado, se procedía casi a desmantelar el equipo para revisarlo, repararlo y volverlo a armar, pero esto originaba problemas en la producción y la seguridad. En repetidas ocasiones se han aplicado técnicas modernas de programación, tales como "PERT" y "Ruta Crítica", con resultados no siempre satisfactorios, precisamente porque en una proporción sustancial de los trabajos se desconoce el estado que guarda el equipo antes de su inspección.

Debido a esto se requerirá de inspecciones periódicas de los equipos y de las condiciones de operación, ya que en base a éstas inspecciones se puede prevenir y predecir la cantidad de trabajo a desarrollar en el interior de los equipos.

El mantenimiento se puede clasificar en tres métodos diferentes y cada uno desarrollará una misión específica de acuerdo al departamento que lo desarrolle, y a los métodos de trabajo empleados.

Los métodos de mantenimiento serán:

- a) Mantenimiento Preventivo.
- b) Mantenimiento Predictivo.
- c) Mantenimiento Correctivo.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Es el conjunto de acciones que van encaminadas en forma planeada a evitar dentro de lo posible cualquier interrupción por fallas en el equipo que interviene en el proceso.

Aclarando el concepto de que nunca se debe llegar a la reparación no programada del equipo que implica una suspensión de la labor. Sino que, se debe tener planeado el equipo suficiente, para que habiendo llegado un plazo determinado en donde el equipo ha estado siendo utilizado sin pérdida de tiempo, sea sustituido en forma temporal -- por otra ó un relevo ya instalado , para que el equipo al que se le dé el mantenimiento preventivo, sea revisado o reparado sin pérdida de tiempo al proceso. Puesto que nunca se debe esperar a que el equipo falle, debe darse el -- mantenimiento antes de que sea obligada la reparación.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO: Se va a llevar a cabo por una serie de conocimientos previos, lo cual nos proporcionará la información mínima necesaria para establecer las -

necesidades del mantenimiento para que éste sea mínimo durante la corrida de cualquier planta. Indicando con anterioridad cuando un circuito o equipo llegará a su límite de retiro, por lo que habrá que hacer las requisiciones necesarias con anterioridad para llevar a cabo el emplazamiento de la parte del circuito que fué programada.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Será la acción de efectuar las reparaciones necesarias a la planta. Estas reparaciones se pueden llevar a cabo en dos formas:

- a) Reparación de emergencia.
- b) Reparación programada.

La reparación de emergencia se lleva a cabo cuando una línea o equipo falla en forma súbita, pudiendo originar un estado de emergencia, ocasionar pérdidas económicas ó situaciones de inseguridad en la planta.

La reparación programada por lo regular será en forma parcial, ya que se efectuará de acuerdo con los datos que dá la programación del mantenimiento preventivo, de la cual y con suficiente antelación, deberá haberse proporcionado al Departamento de Mantenimiento la relación de trabajos necesarios acompañados de isométricos y planos con indica--

ciones precisas de cambios y reparaciones propuestas.

Se puede inducir que, para llevar un buen control de la planta desde el punto de vista del mantenimiento, es preciso efectuar mediciones continuas de los circuitos y equipos de proceso, para que de éste modo se lleve una estadística y poder calcular el límite de retiro de cada uno.

DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU EJECUCION EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Para el correcto funcionamiento de éstas técnicas, se lleva una serie de trabajos que nos permita con mayor facilidad y rapidez la interpretación de los resultados, los cuales se obtienen por:

- a) Calibración preventiva.
- b) Estadística de calibración.
- c) Elaboración de archivos.

CALIBRACION PREVENTIVA

El resultado de las calibraciones será definitiva si un circuito o equipo es crítico desde el punto de vista operacional. Con los aparatos ultrasónicos es posible llevar a cabo calibraciones en caliente hasta temperaturas de

350°C, con lo cual se cubre prácticamente el 90% de las líneas y equipos de las plantas de proceso, el 10% restante - habrá de calibrarse en frío, cuando la unidad se encuentre fuera de operación debido a que corresponden a circuitos -- con alta vibración y a circuitos que tienen temperaturas -- superiores a 350°C, para las cuales la mayor dificultad es-- triba en encontrar un acoplante adecuado para el transduc-- tor que se emplea.

Los puntos de calibración son fijos y corresponden a 4 posiciones de 90° entre sí, de manera que el muestreo -- sea representativo.

Los espesores obtenidos por la calibración, se com-- pararán contra los valores obtenidos anteriormente, a la vez de observar el acercamiento que presentan al límite de re-- tiro de acuerdo con su diámetro.

ESTADISTICA DE CALIBRACION

Por éste medio se obtendrán la vida útil de los e-- quipos y se llevará el control de la velocidad de desgaste en forma estadística.

ANALISIS DE LA ESTADISTICA: Por lo regular se desa_

rrolla después de la calibración preventiva. El procedimiento para el análisis estadístico será:

- a) Discriminación de valores de espesor no significativos.
- b) Cálculo de las velocidades de desgaste máximas por punto.
- c) Cálculo del promedio de desgaste de la línea o equipo considerado y ajuste estadístico del mismo.
- d) Análisis de puntos muy desviados del promedio general en cuanto a su desgaste.
- e) Obtención de la fecha de la siguiente calibración y de la fecha probable de retiro.

A.- Discriminación de valores no significativos.

Se procederá a revisar el registro de calibraciones comparando los valores de todas las parejas de espesores de un mismo punto correspondientes a dos fechas de calibración consecutivas, eliminando los que no sean significativos, para lo cual se observarán las siguientes reglas en orden secuencial:

1a.- Se eliminarán todos los valores de espesor que excedan en 20% o más al espesor original, cuando éste sea conocido y se considere confiable.

2a.- Se eliminarán todos aquellos espesores que no siendo el original, anteceden a dos o más valores de espesor mayores.

3a.- Se considerará nulo el desgaste que se tenga entre dos valores consecutivos de espesor donde la medida más reciente exceda al anterior (aumento de espesor).

B.- Cálculo de las velocidades de desgaste máximas por punto.

Se seleccionará de entre las posibles parejas de valores de espesores consecutivos en un mismo punto, aquella que represente el máximo valor de velocidad de desgaste, de acuerdo con la siguiente relación:

$$D = \frac{e_i - e_f}{f_f - f_i}$$

Donde:

D: Velocidad de desgaste del punto.

f_f : Fecha en que se efectúa la calibración más reciente, correspondiente al último espesor de la pareja seleccionada.

f_i : Fecha en que se hizo la calibración anterior a la efectuada en la fecha f_f .

e_i : Espesor obtenido en la fecha f_i .

e_f : Espesor obtenido en la fecha f_f .

Los valores que sufran desgaste, se anotan en la columna correspondiente para efectuar los cálculos.

C.- Cálculo del promedio de desgaste de la línea ó equipo considerado y ajuste estadístico del mismo.

Para calcular ésto, se aplican las siguientes relaciones:

1o.- Obtener el promedio de desgaste en la siguiente forma:

$$\bar{D} = \frac{D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n}{N}$$

Donde:

$D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$: Velocidades de desgaste correspondientes a cada punto de la línea o equipo considerado.

n : Número de valores de velocidades de desgaste.

\bar{D} : Promedio aritmético de las velocidades de desgaste.

2o.- Obtener el desgaste medio standard del circuito, ajustado

tando a la siguiente relación estadística:

$$\sqrt{\bar{D}}/\text{Std.} = \bar{D} + 1.28 \frac{\bar{D}}{n}$$

D.- Análisis de puntos desviados del promedio general.

Se anota el valor obtenido de la velocidad de desgaste promedio $\sqrt{\bar{D}}/\text{Std.}$ para cada equipo y línea calibrada. Este desgaste promedio lo tomaremos como base para determinar la vida útil mínima del circuito.

E.- Espesor remanente del circuito.

Seleccionar el punto sobre la línea considerada ó equipo calibrado, cuyo espesor sea el menor y comparado -- con el valor de su límite de retiro, obteniendo:

$$E_n - \text{L.R.} = \text{Espesor remanente del circuito}$$

en la fecha F_n .

F.- Estimar la vida útil standarizada mínima del circuito como:

$$\sqrt{\text{VUE}} = \frac{E_n - \text{L.R.}}{\sqrt{\bar{D}}} \text{ años}$$

G.- Calcular la fecha próxima de calibración.

$$\text{FPC} = F_n + \frac{\text{VUE}}{3}$$

H.- Obtener la fecha de retiro probable como sigue:

$$FRP = F_n + VUE$$

Este último dato debe tomarse con las reservas del caso y de su comparación con la fecha de próxima calibración, de la convergencia entre ambos valores tendremos una idea de la criticidad del circuito calibrado.

La fecha de la próxima calibración nos será de -- utilidad para programar y racionalizar las calibraciones -- de tal modo que se puedan aprovechar mejor los recursos y equipo de calibración de que se dispone.

Las ecuaciones anteriores y la forma bajo la cual se pueden analizar los datos de calibración han quedado -- registradas bajo la secuencia de un programa de cálculo -- que nos permitirá determinar la fecha de próxima calibración, para todos los niveles de cualquier circuito determinado.

Todas las fechas que se introduzcan a la máquina -- calculadora, deberán darse de acuerdo a una clave correspondiente a cada mes, como se señala a continuación:

<u>Mes</u>	<u>Codificación del mes.</u>
Enero	0.000
Febrero	0.083
Marzo	0.166
Abril	0.250
Mayo	0.333
Junio	0.416
Julio	0.500
Agosto	0.583
Septiembre	0.666
Octubre	0.750
Noviembre	0.833
Diciembre	0.916

Ejemplos:

<u>Enero/75</u>	<u>Marzo/77</u>	<u>Septiembre/74</u>	<u>Diciembre/78</u>
75.000	77.166	74.666	78.916

Conforme se vaya llevando a cabo la calibración de las líneas y equipos de una planta y se hayan analizado los resultados determinando sus velocidades de desgaste y fechas de próxima calibración, estaremos en posibilidad de programar la calibración de una planta y posteriormente programar todo un sector.

En su primera fase, requerirá del registro de las - fechas próximas de calibración (FPC) de todos y cada uno de los circuitos de una planta, para lo cual se utiliza una -- forma de control en las que se enlistan por una parte las - líneas y de acuerdo con su FPC se marcará en el cuadro co-- rrespondiente al mes y al año.

Posteriormente, podrá fácilmente conocerse que cir- cuitos deben calibrarse en una fecha determinada, y al inte_ grar el mismo tipo de control en todas las plantas, se con- jugará el programa de calibración preventiva para el mes de todo el sector.

Es totalmente conocido y aceptado el hecho de que - el éxito de aplicar un sistema de calibración preventiva -- adecuadamente programado a los circuitos de una planta, de- pende en gran parte en seleccionar para su calibración, to- dos aquellos puntos considerados como críticos en un cir--- cuito determinado; debido a la naturaleza del fluido que -- manejan o por sus condiciones de operación, son definidos - como circuitos críticos, cuyo conocimiento y control deben ser una de las preocupaciones primarias del Ingeniero de -- Sector de Inspección Técnica y Seguridad Industrial.

Por lo anterior, es recomendable que en la selección

de puntos a calibrar queden definidos como puntos fijos de calibración, con referencia exacta a soldaduras, soportes, plataformas y conexiones, por lo que es obligatorio mantener actualizados los isométricos correspondientes a los -- circuitos de proceso.

Es importante hacer notar que es necesario registrar las razones por las que una calibración no puede obtenerse, tales como:

a) No registrarse señal adecuada en el aparato.

Esto puede ser el riesgo más grande en que se puede incurrir, cuando no se le dá importancia, máxime cuando se obtiene señal en una zona adyacente. Lo anterior, puede calificarse como significación de que tenemos una zona delgada con espesores muy bajos y no de manera uniforme, lo cual interfiere o no deja que la señal regrese al transductor, lo cual ocurre normalmente con espesores que representan un peligro de ruptura inminente, con zona adyacente de espesores suficientemente gruesos para una operación sin problemas. Lo anterior tipifica las áreas con corrosión -- localizada.

Desde luego que en estos casos debe intentarse obtener señal, haciendo un uso adecuado de los recursos dis-

ponibles en cuanto a transductores y acoplantes. Para una selección adecuada de transductores deben tomarse en cuenta varios factores: dispersión del haz, penetración requerida, atenuación esperada por el tipo de material, espesor del material, sensibilidad y resolución requeridas.

Cuando se tiene alta temperatura y se presume que ésta sea la razón de la carencia de señal, el problema --- principal estriba en el acoplante, los cuales están recomendados buscando su punto óptimo de funcionamiento, éstos es, fluidez y persistencia adecuada, así como buena transmisión del ultrasonido.

En general se recomienda aplicar los transductores de acuerdo con la siguiente tabla:

<u>Factores</u>	<u>Transductor</u>
Espesor delgado 0.175 a 0.75 cm.	alta frecuencia 5 MHZ
Espesor mediano 0.50 a 1.75 cm.	alta frecuencia 3.5 MHZ
Espesor grueso 1.75 a 5.0 cm.	alta frecuencia 2.25 MHZ
Grano fino alta frecuencia	5 MHZ
Grano grueso baja frecuencia	1, 1.6 y 2.25 MHZ

ELABORACION DE ARCHIVOS

Por medio de estos, será posible llevar a cabo el mantenimiento preventivo, el cual se efectuará tomando como base las inspecciones y calibraciones preventivas desarrolladas anteriormente.

La elaboración de archivos será un registro continuo de todos y cada uno de los equipos y líneas de una planta, de sus reparaciones, modificaciones, condiciones de operación, tipo de materiales de construcción, así como su calibración preventiva.

Cuando ésto se desarrolla en forma programada, se tendrá actualizada la información, incluyendo el mantenimiento preventivo, con todos éstos registros se buscará lo siguiente:

- a) Reducir al mínimo el tiempo de reparación a planta parada.
- b) Reducir los costos de mantenimiento.
- c) Programar en conjunto las reparaciones a planta parada.

Esto será posible preparando con suficiente anticipación los programas de reparación, de acuerdo a las condi-

ciones de operación del equipo, detallando al máximo las -- condiciones físicas y mecánicas, para evitar sorpresas durante el paro programado. Esto permitirá conseguir materiales, refacciones, equipos y herramienta en la cantidad y calidad necesarias con la debida oportunidad.

Deberán integrarse procedimientos y métodos estandarizados, así como redes de actividades parciales, que permitan ser incluidos en "rutas críticas" para reparaciones programadas.

Es necesario analizar la relación de la unidad programada para su reparación con respecto a las otras unidades que continuarán en operación, ya que esto puede implicar disminución de la producción en éstas unidades.

Se debe desarrollar en forma sistemática el cálculo de la vida útil del equipo; lo cual será posible de acuerdo a las experiencias que se tienen en el control de la planta y en la estadística de calibración.

Se deben de programar las obras a ejecutar de acuerdo a los siguientes criterios en orden de importancia:

- a) Seguridad de las personas e instalaciones.
- b) Mayor continuidad de operación.

c) Mayor capacidad y mejores rendimientos.

d) Mayor facilidad de operación y mantenimiento.

Con las experiencias adquiridas, se hace intercambio de métodos, técnicas y procedimientos con otras refineries con el fin de que todos los centros de trabajo cuenten con los mismos métodos y la inspección se lleve a cabo de la mejor manera.

CAPITULO V

LA SEGURIDAD EN LA PLANTA

Prácticamente todos los equipos de refinería sufren deterioros como resultado de las condiciones a las que están sujetos. En condiciones normales de operación estos deterioros son comunes, pero no siempre graduales. Lo cual generalmente ocurre como una pérdida del metal, y ocasionalmente ocurren cambios estructurales o químicos en el metal lo cual resultará en debilitamientos. Cuando el equipo está sujeto a condiciones anormales, los deterioros pueden llevarse a cabo más rápidamente.

La función primaria de cualquier organización de inspección es verificar que el equipo es seguro para operar de acuerdo a las condiciones que pueden causarle deterioros, por lo que es de suma importancia que las condiciones que causan estos daños y fallas sean cuantificados e identificados.

Varios de los productos manejados en las unidades de proceso reaccionan con los metales de tal manera que causan corrosión, en otros puede ocurrir erosión o bien pueden ocurrir ambos. Cuando esto sucede, la pérdida del

metal es frecuentemente mayor que la normal estimada.

Donde el equipo está sujeto a temperaturas altas o mayores para las cuales fué diseñado, frecuentemente ocurren distorsiones ocasionando fallas, especialmente en los lugares que ejercen esfuerzos.

Los cambios de carga en los equipos es un problema frecuente, ya que el diseño de los equipos se basa en manejar un fluido determinado, razón por la cual se les hace la prueba hidrostática a los equipos arriba de la presión de operación para comprobar si se soporta una sobrecarga en operación.

Se debe desarrollar un análisis de las causas que provocan daños a las instalaciones de proceso y los métodos con los que se cuenta para tratar de evitarlos, desde el punto de vista de la Ingeniería de Seguridad en el diseño.

Para efectos prácticos, es casi imposible eliminar la corrosión y el secreto efectivo de la Ingeniería en este campo radica más en su control que, en su eliminación, siendo necesario tomar en cuenta el fenómeno corrosivo desde el diseño de las instalaciones y no después de ponerlas en operación, por lo que es necesario saber cómo se produce, las variables de operación que afectan, modo de comba-

tirla, selección de materiales, así como obtener información de como conseguir ayuda.

Se puede decir que la corrosión es todo cambio sufrido por un metal o sus aleaciones como resultado de un equilibrio termodinámico con el medio que lo rodea, ya sea el proceso químico, electroquímico ó físico.

Se puede inducir que la destrucción de un metal se debe principalmente a que, la mayoría de los metales no son estables en el medio en que se emplean, sino que, tienden a formar compuestos más estables.

Se ha observado que la corrosión es fundamentalmente igual en todos los metales, siendo las diferencias de grado y no de calidad, por lo que será enfocado sobre el fierro, ya que tiene una gran importancia en la construcción de equipos y estructuras.

Las formas de corrosión más comunes son:

CORROSION QUIMICA: La corrosión química tiene lugar cuando un metal es atacado por un agente químico como es el oxígeno del aire, un ácido o cualquier otro agente corrosivo. En este tipo de ataque, los productos de la corrosión forman una capa protectora sobre el metal que impide que el ataque

continúe, pero ésta capa se puede desprender, y la corrosión continúa.

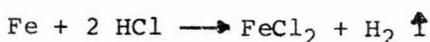
CORROSION ELECTROQUIMICA: Cuando los productos de la corrosión se depositan ó precipitan a distancia del metal, el mecanismo de la corrosión continúa y en éste caso tenemos lo que se llama corrosión electroquímica.

Por lo que en un sentido estricto, siempre que hay una reacción química se tiene un fenómeno electroquímico y sobre esta base la corrosión que llamamos química, también sería electroquímica.

Reacciones Electroquímicas: Una reacción electroquímica es una reacción química en la cual existe una transferencia de electrones, es decir, es una reacción que comprende el fenómeno de oxidación y reducción.

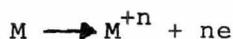
A éste fenómeno de oxidación y reducción también se les conoce como reacciones anódica y catódica.

Durante el ataque corrosivo de las reacciones anódicas, siempre es la oxidación de un metal a un estado superior de valencia, por ejemplo:



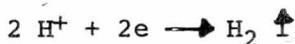
Por lo que se observa que las reacciones anódicas serán una forma de generar moléculas de hidrógeno, el cual será un agente corrosivo.

De acuerdo con las reacciones anteriores, la reacción anódica se puede representar en forma general como:



Es decir, la corrosión del metal M dá por resultado su oxidación para formar iones con valencia +n y la liberación de n electrones, lo cual dependerá de la naturaleza del metal.

Reacciones Catódicas: Serán las que efectúen la reducción de los iones hidrógeno con el consecuente desprendimiento de hidrógeno, por ejemplo:



CORROSION ATMOSFERICA: Este tipo de corrosión se refiere a la exposición de un metal al aire, bajo condiciones normales, los metales pueden estar expuestos a las siguientes condiciones:

- a) Ambiente de baja humedad o corrosión por atmósferas secas: En éste tipo de corrosión la humedad está virtual

mente o si se encuentra presente, no toma parte de la reacción. En ausencia de sustancias que contaminen la atmósfera, los metales desarrollan películas de óxidos invisibles, las que protegen al metal.

b) Corrosión por atmósferas húmedas: En este tipo es necesario la presencia del vapor de agua en concentraciones mayores de un cierto valor mínimo llamado humedad crítica y algunas trazas de contaminantes gaseosos ó sólidos.

c) Corrosión por atmósfera lluviosa: Para que se lleve a cabo es necesario la exposición del metal a la lluvia u otras fuentes de agua líquida.

FORMAS DE LA CORROSION

La corrosión ocurre en muchas y muy variadas formas, pero su clasificación generalmente se basa en uno de los tres siguientes factores:

1.- Naturaleza de la sustancia corrosiva.

La corrosión puede ser clasificada como húmeda o seca. Para la primera se requiere de un líquido o humedad, mientras que para la segunda las reacciones se desarrollan con gases a alta temperatura.

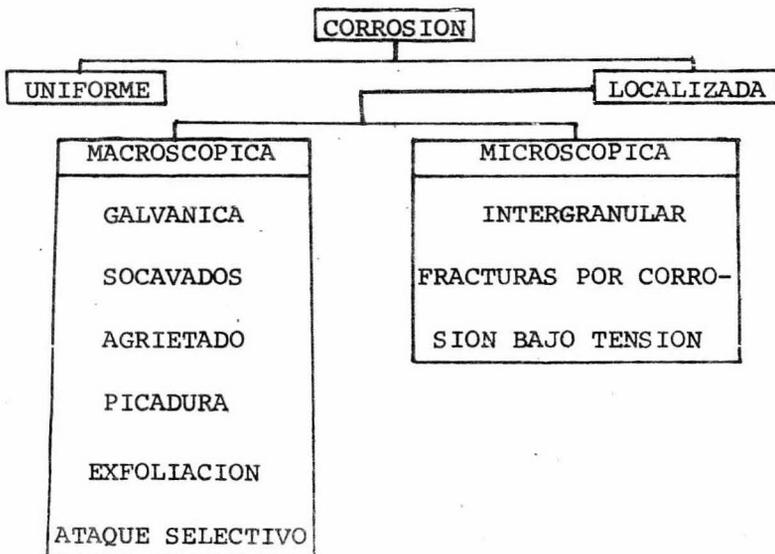
2.- Mecanismo de corrosión.

Este comprende las reacciones electroquímicas ó --
bien las reacciones químicas.

3.- Apariencia del metal corroído

La corrosión puede ser uniforme y entonces el metal se corroe a la misma velocidad en toda su superficie o bien puede ser localizada, en cuyo caso solamente resultan afectadas áreas pequeñas.

La clasificación por apariencia uniforme o localizada, es muy útil para una discusión preliminar que en caso de requerirse más completa, necesita del establecimiento de las diferencias entre la corrosión localizada de tipo macroscópico y el ataque microscópico local. Los diferentes tipos de corrosión se presentan en la siguiente tabla:



CORROSION UNIFORME

El ataque uniforme sobre grandes áreas de una superficie metálica, es la forma más común de la corrosión y puede ser húmeda ó seca, electroquímica ó química, siendo necesario seleccionar los materiales de construcción y los métodos de protección como pintura ó recubrimientos para controlarla. Por otra parte, la corrosión uniforme es la más fácil de medir, por lo que las fallas inesperadas pueden ser evitadas simplemente por inspección regular.

CORROSION GALVANICA

La corrosión galvánica ocurre cuando dos metales diferentes en contacto (ó conectados por un conductor eléctrico) se exponen a una solución conductora.

El potencial eléctrico existente entre metales diferentes actúa como fuerza directriz para pasar corriente a través del agente corrosivo, lo que dá como resultado la corrosión de uno de los metales del par. Se escogen de acuerdo a una serie llamada galvánica, la cual está referida al agua de mar para varios metales y aleaciones.

El metal más activo viene a ser el ánodo en la celda de corrosión y se corroe a mayor velocidad que si la corrosión se presentara en él solamente. El metal más noble viene

a ser el cátodo y se corroe a menor velocidad.

CORROSION-EROSION

Cuando se tiene un medio corrosivo actuando sobre una superficie metálica aumenta su velocidad de ataque debido a desgaste mecánico. El resultado es conocido como corrosión-erosión. Esta forma del desgaste mecánico y corrosión con frecuencia es difícil de evaluar y varía mucho de una situación a otra.

La corrosión-erosión generalmente aparece en forma de agujeros poco profundos con el fondo alisado. El ataque puede orientarse en relación con la dirección que el agente de corrosión sigue al moverse sobre la superficie del metal.

La corrosión-erosión se desarrolla en condiciones de alta velocidad, y en partículas sólidas que se manejan a velocidades altas.

CORROSION POR SOCAVADOS

Las condiciones alrededor de un socavado pueden con el tiempo llegar a ser completamente diferentes a las de una superficie abierta y limpia, es decir, se puede desarrollar un ambiente más agresivo y causar una corrosión localizada en el socavado,

Los socavados se forman en juntas, fondos, etc., son

originados por depósitos que contengan productos de la corrosión. La corrosión por socavados se atribuye generalmente a uno o algunas de las siguientes causas: cambio de acidez en el socavado, ausencia de oxígeno, y disminución del inhibidor.

CORROSION POR PICADURAS

Esta corrosión es la formación de hoyos en una superficie relativamente no atacada. La forma de la picadura con frecuencia tiene que ver con el crecimiento de la misma.

Las picaduras es más fácil de desarrollarse en superficies que tengan incrustaciones, defectos o rugosidades. La corrosión por picadura es un proceso lento que -- puede llevarse meses y años antes de ser visible pero que naturalmente causará fallas inesperadas. El pequeño tamaño de la picadura y las minúsculas cantidades de metal que se disuelven al formarla, hacen que la detección de ésta sea muy difícil en las etapas iniciales.

EXFOLIACION Y LEXIVIACION SELECTIVA

La exfoliación es una corrosión bajo la superficie que se inicia en una superficie limpia pero que se propaga hacia abajo de ella. El ataque se nota porque la superficie

se marca por escamas o ampollas.

La lexiación selectiva (llamada también separación) es la remoción de un elemento de una radiación. El ejemplo más común es la lexiación del zinc de una aleación cobre-zinc ó dezincificación, donde el zinc se corroe quedando solo el cobre en forma porosa, con propiedades mecánicas pobres.

CORROSION INTERGRANULAR

Cuando un metal fundido se cuela en un molde, su solidificación comienza con la formación de núcleos al azar, cada uno de los cuales crece en un arreglo atómico regular para formar lo que se conoce con el nombre de granos. Y el límite de grano se conoce como el espacio que hay entre los granos que no encajaron perfectamente.

Los límites de grano son atacados por un agente corrosivo y el ataque se relaciona con la segregación de elementos específicos o por la formación de un compuesto en el límite. La corrosión generalmente ocurre porque el agente corrosivo ataca preferentemente el límite de grano ó una zona adyacente a él, que ha perdido un elemento necesario para tener una resistencia a la corrosión.

En el caso severo de corrosión intercrystalina,

granos enteros se desprenden debido al deterioro completo de sus límites, en cuyo caso, la superficie será rugosa y rasposa.

CORROSION DE FRACTURA POR TENSION

La acción conjunta de un esfuerzo por tensión y un medio ambiente corrosivo dará como resultado en algunos casos, la fractura de una aleación metálica. La mayoría de las aleaciones son susceptibles a este ataque, y es uno de los problemas metalúrgicos más serios.

Las fracturas pueden seguir caminos intercrystalinos ó transcristalinos, que a menudo presentan una tendencia a la ramificación. Por lo regular las fracturas se presentan quebradizas en forma macroscópica.

El termino de fragilización por hidrógeno llega a confundirse con la corrosión de fractura por tensión debido a que el hidrógeno desempeña una función parecida a la corrosión por tensión, pero desarrolladas en forma diferente.

La fractura debido al hidrógeno introducido en el metal, se desarrolla después de una reacción electroquímica de donde es liberado hidrógeno.

La corrosión por fatiga es una forma especial del tipo de corrosión de fractura por tensión y se presenta en

ausencia de medios corrosivos, debido a esfuerzos cíclicos repetidos. Estas fallas son muy comunes en estructuras sometidas a vibración continua. La corrosión por fatiga se ve aumentada con la presencia de un medio agresivo; éste tipo de corrosión no es muy fácil de detectarlo y se puede presentar en forma inesperada ocasionando una grieta.

FACTORES QUE AFECTAN LA CORROSION

El estudio de la corrosión en las plantas de proceso se investiga de acuerdo a los medios que intervienen y los que se van a ver afectados principalmente, tal como:

- a) El metal.
- b) El medio corrosivo.

EL METAL

Se debe de seleccionar de acuerdo a la resistencia que presenta al medio corrosivo por medio de la serie galvánica, se deben de estimar las posibles impurezas que se pudieran encontrar en la superficie metálica para prevenir una posible corrosión del tipo electroquímico acelerado, se observa el comportamiento de la superficie o de los óxidos para preveer si forma una capa protectora o es necesario --

hacerle un tratamiento al metal para aumentar su resistencia a la corrosión.

EL MEDIO CORROSIVO

Se hacen mediciones de las fluctuaciones que tiene el medio corrosivo en concentración y conductividad de la solución, la naturaleza del anión para calcular la solubilidad que puede tener con el metal, así como los contaminantes más comunes presentes en ese medio.

MEDICION DE LA CORROSION

Antes de seleccionar algún método para medir la velocidad de corrosión en las unidades de proceso, se debe de conocer el tipo de daño que se puede alcanzar si se presenta una falla por corrosión.

Las principales razones para medir la velocidad de corrosión son:

- a) Controlar la corrosión en la planta.
- b) Evaluar materiales y efectos ambientales para aplicaciones futuras.
- c) Estudiar la calidad y el estado de los materiales a los que se les ha aplicado un tratamiento

específico.

d) Estudiar los mecanismos de corrosión.

MEDICION DE LA VELOCIDAD DE CORROSION
POR PERDIDA DE PESO

Las pruebas por pérdida de peso son las más comunes de todas las pruebas de medición de la corrosión, y se efectúa utilizando un cupón de prueba limpio con medidas y peso conocidos, expuesto al medio corrosivo durante un tiempo determinado. Al finalizar la prueba, el cupón se limpia para eliminar los productos de la corrosión y se pesa nuevamente, con esto la velocidad de corrosión se puede calcular de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R = \frac{KW}{ATD} \quad (\text{En milésimas por año})$$

Donde:

R = Velocidad de corrosión, por ejemplo en mpa.

K = Constante, que va a depender de las unidades que se le quieran dar a R.

W = Pérdida de peso en gramos con aproximación a décimas de miligramo.

T = Tiempo de exposición medido en horas con aproximación a centésimos de hora.

A = Area del cupón en centímetros cuadrados.

D = Densidad del material del cupón en g/cm^3 .

Los cupones deben ser examinados cuidadosamente -- antes y después de la prueba, buscando evidencias de corrosión localizada.

No se tiene un tamaño o forma específico para los -- cupones corrosímetricos de prueba, pesan generalmente de 10 a 50 gramos y, de preferencia deben de tener una gran superfic_icie expuesta con relació a la masa, las formas pueden ser de disco, cuadrado o rectangular que son las más comunes. -- La preparación de la superficie varía de acuerdo con el objeto de prueba.

En las plantas se utilizan Portatestigos del tipo -- fijo y retractil que sostienen firmemente el cupón, estos -- portatestigos son de acero inoxidable.

METODOS DE RESISTENCIA ELECTRICA

Si el cupón de prueba está en la forma de un alam-- bre delgado, su resistencia eléctrica aumenta a medida que la corrosión disminuye su sección, por lo que se efectúan -- mediciones periódicas ó continuas de la resistencia entre --

los extremos del cupón, esto servirá como base para llevar un control del proceso corrosivo.

El método de la resistencia eléctrica no tiene nada que ver con las reacciones electroquímicas de la corrosión, ya que mide solo una propiedad que depende de la sección -- del cupón.

Las ventajas que presenta ésta técnica de resisten-- cia eléctrica son las siguientes:

- A) Permite medir la corrosión sin tener que ver o quitar el cupón de prueba.
- B) Las medidas corrosimétricas se hacen rápidamente o bien en forma continua, lo que permite detectar cambios bruscos en la velocidad de corrosión y en algunos casos será posible modificar el proceso para disminuir ésta.
- C) Puede detectar velocidades de corrosión bajas, que se llevan un tiempo muy largo para poder detectarla por medio de los métodos de pérdida de peso.

Las desventajas que puede presentar ésta técnica en su aplicación, es que si los productos de la corrosión formados sobre el cupón de prueba son conductores, se obten--- drán valores que no corresponden a la resistencia eléctrica

de la placa de prueba.

TECNICAS ELECTROQUIMICAS

Se utiliza el método de polarización lineal ó polarización-resistencia, el cual suministra la velocidad de -- corrosión en forma casi instantánea sin necesidad de medi-- ciones previas. La técnica se basa en la naturaleza elec--- troquímica de la corrosión y el método puede resumirse como sigue:

Mide la cantidad de corriente aplicada externamente para cambiar el potencial de corrosión de un cupón que se -- corroe en forma libre. Esta corriente se relaciona con la -- corriente de corrosión y por consiguiente con la velocidad de corrosión del cupón.

Si el metal se corroe rápidamente, se requiere una gran cantidad de corriente externa para cambiar su poten--- cial y viceversa.

Los instrumentos de medición pueden tener dos ó tres electrodos, pero la aplicación vá a depender del sistema -- que será medido.

Las mediciones de polarización lineal tienen las -- siguientes ventajas:

- A) La velocidad de corrosión puede ser medida instantaneamente en cualquier tiempo, una vez que las condiciones de equilibrio han sido alcanzadas.
- B) Los especímenes de prueba no tienen que ser quitados del sistema bajo control para hacer las mediciones.
- C) Los cambios en el proceso pueden rastrearse y a su vez con las lecturas obtenidas poder cambiar las condiciones de operación.
- D) Se puede obtener lectura directa y además graficada.
- E) Puede detectar velocidades de corrosión menores de una milésima de pulgada por año (1 mpa) ó mayores de 1,000 milésimas de pulgada por año.

Entre las limitaciones para su aplicación se tiene:

- A) El medio corrosivo debe ser electrolito.
- B) Es necesario evitar los cortos circuitos en los electrodos, producidos por los productos de la corrosión en las corrientes del proceso.

A pesar de éstos métodos para medir la velocidad de corrosión en los equipos y líneas de proceso, se debe de hacer definitivamente una inspección visual, que usualmente

es la mejor técnica para medir la corrosión.

La experiencia junto con los procedimientos regulares de inspección, pueden evitar muchos problemas efectuando chequeos esporádicos en áreas con problemas potenciales, sugiriendo cambios de diseño ó materiales más resistentes a la corrosión, así como estar al día en el desarrollo de técnicas para combatir el desarrollo de la corrosión en las instalaciones de proceso.

MÉTODOS GENERALES PARA COMBATIR LA CORROSIÓN

Los objetivos que se persiguen al evitar la corrosión, son que las instalaciones de proceso y servicios auxiliares tengan un mayor tiempo en servicio y no se tengan variaciones en forma continua, lo cual aumenta los costos de producción y los paros de la planta serían más frecuentes.

Otra razón importante, en mayor grado que la anterior es la seguridad para las personas que laboran en las plantas, ya que una falla de corrosión puede provocar la destrucción de una instalación en forma súbita, ocasionando incendios ó explosiones, las cuales pueden ocasionar pérdida de vidas.

Por lo anterior, se cuenta con varias formas para poder controlar la corrosión, entre las cuales se pueden --mencionar las siguientes:

- a) Control de las variables del proceso.
- b) Inhibidores.
- c) Recubrimientos.
- d) Protección anódica y catódica.
- e) Selección de materiales.

A) Control de las variables del proceso.

Algunas de las variables más comunes en un proceso, que influyen en la corrosión, son las siguientes:

Concentración de los componentes principales.

Impurezas.

Temperatura

pH.

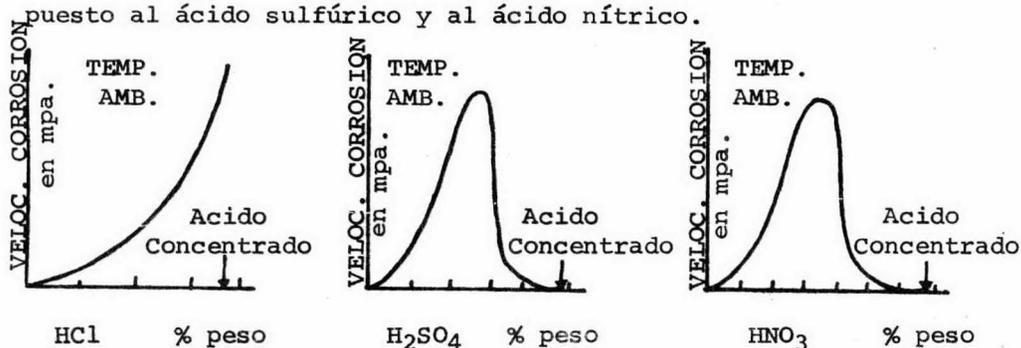
Grado de aereación.

Velocidad de flujo.

La velocidad de corrosión de un material dado generalmente aumenta con la concentración del medio corrosivo.

Un ejemplo de éste comportamiento sobre el hierro - se nota con el ácido clorhídrico. Pero la corrosión no siempre aumenta con la concentración y su efecto a menudo depende de los límites de la misma concentración.

Esto se muestra en las figuras para el hierro expuesto al ácido sulfúrico y al ácido nítrico.



Efecto de la concentración de los ácidos, en la velocidad de corrosión del acero.

En muchos procesos es posible controlar la composición del producto (al menos en algunas etapas del proceso) para minimizar la corrosión. Se recomienda tener un mejor control de la concentración, en donde se tenga contenido de azufre tanto en alta como baja temperatura, contenido de sal y sólidos en las corrientes, debido a su acción erosiva.

Las impurezas en un medio corrosivo pueden ser, buenas o malas, los efectos dependen de los mismos factores -- que los inhibidores.

La reducción de la corrosión debido a la presencia de impurezas en una corriente de proceso, puede considerarse como el resultado de un inhibidor "libre" (frecuentemente ignorado). Esto es ventajoso siempre que la impureza -- esté presente en forma continua y en la cantidad adecuada. Si la impureza desaparece de repente, por algún cambio en la especificación de la materia prima, el aumento resultante en corrosión puede ser variable y conducir a deducciones incorrectas sobre el origen del daño.

El control de la temperatura es uno de los principales métodos para reducir la corrosión. Un aumento de temperatura normalmente sube la velocidad de corrosión, pero -- se tienen también algunas excepciones. Con frecuencia la -- temperatura del metal que se corroe es más alta que la que se suponía. Un ejemplo es la corrosión en superficies trans-- misoras de calor, en donde la temperatura del metal puede -- ser mucho más alta que el medio al cual está en contacto.

El pH es otro factor muy importante, una de las -- aplicaciones más comunes es la neutralización de soluciones ácidas con álcalis para elevar el pH y reducir la corrosi-- vidad. Bastantes por no decir todos, los materiales son re-- sistentes a los álcalis, en cambio son inmediatamente ata--

cados por los ácidos.

El libre acceso al oxígeno (normalmente del aire) - puede aumentar, disminuir o simplemente no tener efecto sobre la corrosión. La influencia del oxígeno se notará de acuerdo a la pasividad que presenten los metales.

Los metales que no presentan pasividad en el medio y se corroen, por regla general lo harán a una velocidad -- mayor si se aumenta el oxígeno. Inversamente, los materiales que presentan pasividad se beneficiarán con la aereación.

Los efectos de la velocidad de flujo son más complejos, independientemente de su efecto en la corrosión-ero---sión, la alta velocidad puede aumentar o disminuir la co---rrosión dependiendo de las propiedades electroquímicas de - la aleación. Una velocidad alta ayuda a evitar la corrosión por picaduras, ya que éstos se originan por debajo de los - depósitos de salida. Las condiciones de una alta velocidad son para disminuir al mínimo los depósitos y consecuente---mente de la corrosión por picaduras.

La influencia de las variables de operación resulta obvia después de las consideraciones que se han hecho. Es - evidente, por lo tanto que, cada vez que por necesidades de operación haya modificación de las mismas deberá hacerse un

análisis completo de lo que puede acontecer para prevenir cualquier situación desfavorable, tomando las medidas preventivas que cada caso requiera.

Si esto se hace, y si se programan adecuadamente - tanto la inspección como el mantenimiento preventivo, se - estará en la posibilidad de anticiparse a todo lo que pueda afectar la producción y la seguridad de las instalaciones.

B) INHIBIDORES

Un inhibidor de la corrosión es un material que se le adiciona al sistema corrosivo. Su propósito es reducir la velocidad de corrosión por:

- a) Modificando el medio ambiente.
- b) Modificando la interfase entre el medio ambiente corrosivo y el material de construcción, de tal manera que no puedan interaccionar.
- c) Modificación de las propiedades de los materiales de construcción.

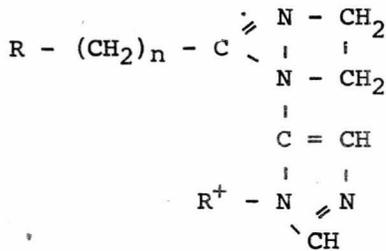
Se llaman inhibidores orgánicos formadores de película, a todos aquellos productos que tienen la propiedad - de formar una barrera dieléctrica sobre la pared metálica

del material que está manejando el fluido corrosivo. Dicha barrera es el resultado de una acción físico-química entre el inhibidor y la superficie metálica.

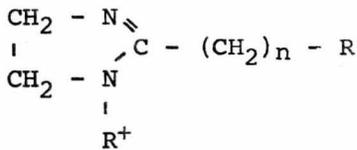
Los productos orgánicos inhibidores de la corrosión formadores de película, son generalmente solubles en hidrocarburos y dispersables en soluciones acuosas, o bien solubles en agua y dispersables en hidrocarburos.

Las fórmulas genéricas son:

1.-



2.-



Donde R⁺ es un grupo funcional adecuado y R, un radical saturado, o no saturado.

Dada las diversas de los fluidos corrosivos en los campos petroleros nacionales, así como la complejidad del equipo que las maneja, no es posible emplear un mismo inhi-

bidor de la corrosión para todos ellos, haciendose necesaria la aplicación de productos específicos para cada caso.

Puesto que los inhibidores solubles en hidrocarburos del petróleo son aminas, no es de sorprenderse que su potencia deba ser pH-dependiente. Por eso, la potencia de un -- inhibidor deberá siempre especificarse para una banda dada de pH. Esto es importante desde el punto de vista económico.

Los inhibidores con buena detergencia, a menudo se ha encontrado que dan excelente protección, porque debido a sus propiedades surfactantes, también previene el ensuciamiento.

C) RECUBRIMIENTOS

El empleo de recubrimientos es el método más generalizado para el combate de la corrosión.

Estos recubrimientos pueden ser de tres categorías: metálicos, inorgánicos y orgánicos.

Como regla general, los recubrimientos no están diseñados para protección contra reactivos severos y más bien, encuentran su mejor aplicación en superficies externas, las placas metálicas y los recubrimientos plásticos se exceptúan en este caso.

Los recubrimientos metálicos normalmente actúan --

marcadamente como anódicos hacia el metal a proteger ó más noble.

Las placas o fundas son una forma de recubrimiento metálico ampliamente utilizados en la industria, ya que un equipo enlainado (recubierto) es frecuentemente más económico que la construcción sólida, particularmente donde es necesario tener tanto resistencia mecánica como corrosiva. Los metales base se combinan con otros metales, plásticos ó fibra de vidrio.

Otros recubrimientos internos que se emplean, son las pinturas anticorrosivas, que además de ser resistentes, debe constituir una barrera que impida que las reacciones de la corrosión prosigan a través de la película. Como el proceso de la corrosión depende de circuitos eléctricos, otro requisito de una buena barrera es que no sea conductora de la electricidad, a pesar de que es una película relativamente delgada, pero aplicado debidamente, -- puede servir de barrera eficaz y evitará la corrosión durante un largo periodo de tiempo.

D) PROTECCION ANODICA Y CATODICA

Cuando fluye una corriente eléctrica sobre una superficie metálica susceptible de corroerse, situada entre

ánodo y cátodo, entre mayor es la corriente más aprisa se corroe el área correspondiente al ánodo.

Usando circuitos externos, se pueden implantar corrientes adicionales sobre el metal y así cambiar y controlar la velocidad de corrosión. Es decir, se puede aplicar una corriente opuesta para nulificar la corrosión (protección catódica) o bien, en algunos casos, se puede ajustar el potencial del metal y aunque se corroa, lo hará más lentamente al actuar como pasivo (protección anódica).

Se tienen dos tipos de protección catódica:

- a) Por corriente impresa.
- b) Galvánica o de ánodo de sacrificio.

POR CORRIENTE IMPRESA: Se logra conectando una fuente suficientemente grande de corriente directa al metal que se corroe y un electrodo que se convierte en ánodo. El método usual como se hace es rectificando la corriente alterna como se ve en la figura 2, debe haber un puente eléctrico entre el electrodo y el metal a proteger.

GALVANICA O DE ANODO DE SACRIFICIO: Utiliza un metal más activo llamado ánodo de sacrificio, con lo que suministra la corriente necesaria para detener la corrosión.

La protección catódica es un método de control de corrosión perfectamente establecido y, muy empleado para estructuras enterradas. Se aplica a una gran variedad de metales y puede usarse en donde no hay electricidad (usando ánodos de sacrificio). Sin embargo la reacción catódica en la superficie a proteger puede producir hidrógeno, el cual será perjudicial en algunos casos (levantar la pintura, fragilización por hidrógeno).

La técnica también tiene aplicación limitada en estructuras complejas. Además el metal de equipos cercanos puede corroerse debido a corrientes difusas.

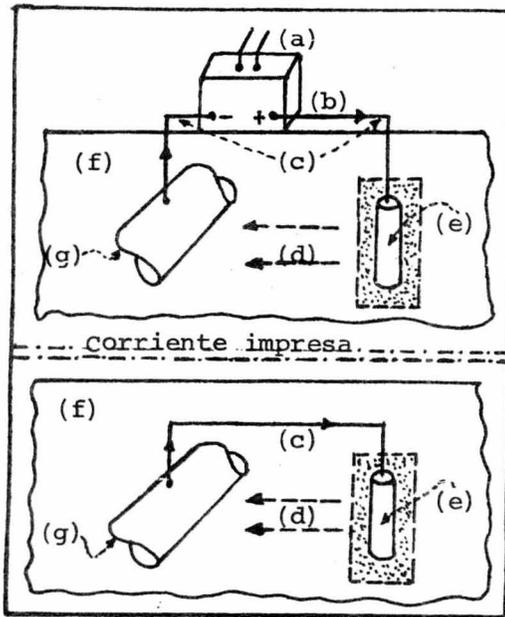
La protección anódica no detiene la corrosión completamente pero la reduce a una velocidad muy baja, éste método solamente es útil con metales y aleaciones que muestren un comportamiento activo-pasivo. Se puede aplicar tanto en acero inoxidable como en aleaciones de cromo.

Las aplicaciones se efectúan en tanques, cambiadores de calor (condensadores principalmente), así como en unidades portátiles, como son los carros tanques.

Como ejemplo de los ánodos de sacrificio, se incluyen el uso del Zinc, Magnesio o Aluminio como ánodos en contacto eléctrico con el metal que será protegido. Este

Fig. 2.-

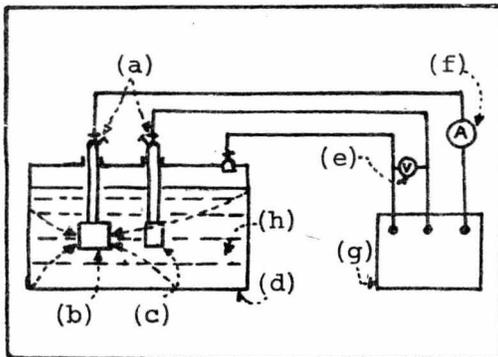
Protección Catódica
para tubería enterrada.



- a) Línea de C.A.
- b) Rectificador.
- c) Alambres de cobre aislados.
- d) Corriente.
- e) Metal activo anódico.
- f) Suelo.
- g) Tubería.

Galvánica ó de Anodo de sacrificio.

Sistema de Protección
anódica para recipientes.



- a) Electrodo aislados.
- b) Electrodo auxiliar.
- c) Electrodo de referencia.
- d) Tanque a proteger.
- e) Voltímetro.
- f) Amperímetro.
- g) Potenciometro.
- h) Producto corrosivo.

tipo de protección tendrá bajos costos de operación y es una buena guía para detectar la velocidad de corrosión.

E) SELECCION DE MATERIALES

La selección de materiales para equipo de proceso deberá estar preferentemente basado en la experiencia con materiales bajo las mismas condiciones de servicio. Es posible la colocación de materiales más resistentes en los lugares en que son más susceptibles de corroerse ó en lugares donde las condiciones sean severas.

Para casi todos los productos manufacturados es posible especificar los materiales más resistentes mecánicamente, a la corrosión, a la erosión, o los de vida más larga, pero se tiene que ver la influencia económica en la producción. De aquí que los materiales a emplearse no deben de ser diseñados con más perfeccionamiento del que se requiera el servicio para el que serán destinados.

En general los materiales empleados, se pueden clasificar como:

A) Materiales Ferrosos.

Hierro, acero al carbón, acero de aleación y acero inoxidable.

B) Materiales No Ferrosos.

Cobre y sus aleaciones, cromo, níquel y sus aleaciones, aluminio, molibdeno, titanio, manganeso, vanadio y silicio.

En general se puede decir que los materiales que se emplean en las aleaciones no ferrosas, tendrán una mayor resistencia a la corrosión que los materiales ferrosos.

En ocasiones se busca encontrar la forma de aumentar la resistencia a la corrosión de varios metales, obteniéndose por medio de un tratamiento térmico conocido como Relevado de Esfuerzos, que se aplica según el tipo de material, para eliminar los esfuerzos internos, dureza y peligros de microfracturas.

Al tiempo que se observa que se lleven a cabo los trabajos necesarios para minimizar la corrosión, se efectúa una labor de equipo con el personal de operación para tener un record de las condiciones en que están operando los equipos, tomando ésto como base para desarrollar un programa de inspección para el control de la corrosión, evitando los problemas de seguridad o bien una falla completa inesperada de la unidad.

Con estos medios de control se pretende:

- A) Prolongar al máximo la duración de las corridas de operación, con capacidad y rendimientos óptimos de las unidades de proceso, considerando siempre la seguridad del personal y del --- equipo.
- B) Limitar el tiempo fuera de operación de cada unidad al estrictamente requerido para efectuar la reparación programada.
- C) Reducir los costos de mantenimiento.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Cuando el deseo de una industria, es que se pueda operar durante bastante tiempo, se debe tener en mente que para poder llevar a cabo ésto, será necesario emplear métodos de prevención contínuos, los cuales deben de ser lo más adecuado posible al tipo de industria que se trate.

A través de la experiencia que se ha adquirido en Petroleos Mexicanos en sus diversas etapas, se ha llegado a establecer que la Seguridad es primero.

Y como respaldo a ese deseo, la Superintendencia - de Inspección Técnica y Seguridad Industrial, han desarrollado las técnicas adecuadas, las cuales se llevan a cabo como una serie de trabajos mensuales, con los cuales se -- aumenta en gran forma la confianza en la operación de las plantas.

Se ha observado que al efectuar los trabajos de -- Inspección Técnica, y al término de ésta, al dar las recomendaciones necesarias y, si se llevan a cabo tal como se aconseja, se tendrá más ausencia de accidentes y lo cual -- tendrá como consecuencia un mejor rendimiento tanto del --

personal como de los procesos en operación.

Por ésta razón es recomendable tener un departamento especializado en los métodos de Inspección Técnica y Seguridad, los cuales serán los encargados de llevar a cabo las técnicas en el momento, lugar y modo adecuado, - así como efectuar pláticas de seguridad con el personal - de operación, laboratorio y talleres, para que se tenga - conciencia de que al llevar a cabo cualquier trabajo, por insignificante que éste parezca, se deben de equipar con el vestuario y herramientas que el caso lo requiera.

Así, al cumplir todas las normas de seguridad en todo momento, se tendrá la mejor forma de alcanzar el -- progreso tanto en el trabajo como físicamente.

Los métodos de Inspección Técnica, van a dar origen de que se tenga un control de todos los equipos y -- líneas de proceso, lo cual nos vá a permitir saber cuando se requerirá que un equipo deberá ser intervenido para -- una nueva inspección y si se requerirá de una reparación o solo sea para limpieza. Esto traerá como consecuencia - que se tengan menos costos por mantenimiento, así como -- una operación más continua y segura.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

1.- Métodos de Inspección.

Ing. Cresencio Fonseca Alemán, 1967.
Manual de Seguridad, Gerencia de Refinación.

2.- Pruebas No Destructivas.

Ing. Marcelo H. Nava Jiménez, 1974.
Manual de Seguridad, Gerencia de Refinación.

3.- Aparatos Auxiliares.

Ing. Marcelo H. Nava Jiménez, 1974.
Refinería "Lázaro Cárdenas".

4.- Apuntes de Calibradores Mecánicos Especiales.

Ing. Jose Luis Salazar Pérez, 1974.
Refinería "Lázaro Cárdenas".

5.- Manual de Formulación de Programas de Inspección.

Ing. Valeriano Urraca C., 1967.
Manual de Seguridad, Gerencia de Refinación.

6.- Pipe, valves & fittings.

American Petroleum Institute, 1967.

7.- Heat Exchanger, Condensers & Cooler Boxes.

American Petroleum Institute, 1967.

8.- Unfired Pressure Vessels.

American Petroleum Institute, 1967.

9.- Construcción e Inspección de Recipientes a Presión.

Ing. Jesús Pérez Valdéz, 1967.

Manual de Seguridad, Gerencia de Refinación.

10.- Fired Heaters & Stacks.

American Petroleum Institute, 1967.

11.- Inspección de Calentadores de Fuego Directo.

Ing. Moises Pérez L., 1967.

Manual de Seguridad, Gerencia de Refinación.

12.- Operación de Bombas Centrífugas.

Instituto Mexicano del Petróleo, 1972.

13.- Pumps, Compresors & Blowers & their Drivers.

American Petroleum Institute, 1967.

14.- Inspección de Bombas, Compresores y Equipo Mecánico
para su Mantenimiento Preventivo.

Ing. Guillermo Ramos Ciprés, 1967.

Manual de Seguridad, Gerencia de Refinación.

15.- Pressure-Relieving Devices.

American Petroleum Institute, 1967.

16.- Direct-Fired Boilers & Auxiliary Equipment.

American Petroleum Institute, 1967.

17.- Sistemas de Control y Registro de las Inspecciones.

Ing. Valeriano Urraca C., 1967.

Manual de Seguridad, Gerencia de Refinación.

18.- Políticas para el Mantenimiento de las Refinerías.

Petróleos Mexicanos.

Gerencia de Refinación, 1971.

19.- Corrosión.

Instituto Mexicano del Petróleo, 1974.

20.- La Corrosión en la Industria Petrolera.

Instituto Mexicano del Petróleo, 1974.

21.- Conditions Causing Deterioration or Failures.

American Petroleum Institute, 1967.

22.- Estadística de Calibración Preventiva.

Petróleos Mexicanos.

Gerencia de Refinación, 1974.