UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

ASPECTOS Y APLICACIONES DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Tesis
Que para obtener el título de
INGENIERO QUIMICO
PRESENTA

MIGUEL I. MARTINEZ MARQUEZ

1970

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

A MIS PADRES Y MIS
HERMANOS QUE SIEMPRE
ME BRINDARON SU APOYO

A MIS MAESTROS Y
A MI ESCUELA

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: PROF. RAUL MEYER STOFFEL.

VOCAL " ENRIQUE BARRIGA GUZMAN.

SECRETARIO " JORGE RIVERA BENITEZ.

1er. SUPLENTE" PABLO BARRERA GONZALEZ.

2o SUPLENTE" ENRIQUE JIMENEZ RUIZ.

SITIOS DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: BIBLIOTECAS: CENTRAL: - C.U., FACULTAD DE QUIMICA Y FACULTAD DE INGENIERIA.

SUSTENTANTE: MIGUEL I. MARTINEZ MARQUEZ.

ASESOR DEL TEMA: PROF. JORGE RIVERA BENITEZ.

I N D I C E

PAG.

I.- INTRODUCCION ---------- 4

I.- OBJETIVO DEL TRABAJO ---------- 5

2.- BREVE RESEÑA HISTORICA DEL DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO ---------- 7

3.- EL POR QUE DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO ---- 11

4.- COMO APLICAR EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO --- 14

11.- ASPECTOS TECNICOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO ---------- 16

1.- TECNICAS PRINCIPALES EN LAS QUE SE BASA EL MENTENIMIENTO PREDICTIVO ---------- 17

2.- TIPOS DE INSTRUMENTOS COMERCIALES APLICABLES AL MENTENIMIENTO PREDICTIVO ---------- 47

3.- APLICACION DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO A DIFERENTES TIPOS DE EQUIPO INDUSTRIAL -------- 68

III.- ASPECTOS ADMINISTRATIVOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO ---------- 81

1.- SEGURIDAD ---------- 82

2.- ALMACEN ---------- 85

3.- CONCLUSION ---------- 86

IV.- BIBLIOGRAFIA ---------- 88

I._ I N T R O D U C C I O N

1.- Objetivo del trabajo.

2.- Breve reseña histórica del desarrollo del mantenimiento.

3.- El por qué del mantenimiento predictivo.

4.- Como aplicar el mentenimiento predictivo.

1.- OBJETIVO DEL TRABAJO

El desarrollo del Mantenimiento Predictivo es muy reciente. De hecho, todavía no ha madurado y hay poco material escrito al que se pueda recurrir como referencia. Sin embargo, sus aplicaciones potenciales son tan interesantes que se ha considerado que sería una contribución valiosa a la industria del País, el recopilar este material disponible e intentar presentarlo en una forma aplicable a diferentes industrias.

Se ha considerado que los campos de mantenimiento correctivo y de mantenimiento preventivo son suficientemente conocidos, por lo que se han dejado fuera del objetivo de este trabajo. Por lo que se refiere a la reparación específica del equipo, los proveedores y fabricantes suelen dar servicios y asistencia técnica suficiente. El mantenimiento preventivo es un campo de aplicación todavía muy fértil en la industria del País. Queda mucho por hacer, pero en la mayoría de los casos las industrias conscientes de ello y disponen de muy buenas referencias bibliográficas.

En este trabajo se incluye una breve reseña histórica para enlazar al Mantenimiento Predictivo con el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo, ya que estas tres ramas del mantenimiento se han desarrollado en forma cronológica y complementaria, y no son tres campos distintos, desarrollados en paralelo, como es la opinión de algunos grupos. De hecho, la aplicación de uno u otro tipo de mantenimiento depende del grado de complejidad de la industria en particular y de qué tan crítico es el mantener la operación de la planta sin pasos intempestivos

Para el desarrollo de este tema se procedio a realizar una recopilación bibliográfica, de la cual se presenta un resumen - en el apéndice, para referencia de los lectores.

2.- BREVE RESEÑA HISTORICA DEL DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO.

El desarrollo industrial de fines del siglo pasado cambió - de artesano individualista, acostumbrado a trabajar en su pequeño taller, en el obrero conocedor de uno de los pasos del proceso industrial, encargándose de la operación y cuidado general,- incluyendo las reparaciones del equipo a su cargo.

Con el desarrollo del maquinismo se justificó entrenar personal para que únicamente se dedicase a la reparación del equipo, lo que dió lugar a la formación de grupos de mantenimiento.

Los sistemas más avanzados de producción en línea y la competencia, que forzaran a mejorar la productividad del obrero, - fueron el motor que impulsó el desarrollo de la organización de un departamento de mantenimiento y que dió lugar a los primeros indicios de una planeación en el mantenimiento. Mientra la producción estaba basada fundamentalmente en la multiplicación de - módulos unitarios de producción, la función de mantenimiento se concretó a ser la de corregir las descomposturas de cada una de estas unidad es para volverlas a poner en producción.

El advenimiento de procesos continuos, en las que muchas veces la descompostura de una pieza de equipo puede parar toda una planta, o una sección muy grande de ella, hizo necesario que este grupo de mantenimiento se adelantara a las descomposturas, -- buscando la forma de impedir o prevenir que estas sucedan, aún - a costa de sacrificar las últimas horas útiles de una pieza. Así surge el mantenimiento preventivo, que en sus orígenes consistía fundamentalmente en definir cuáles eran las descomposturas más - usuales, normalmente causadas por el desgaste excesivo o la rup-

tura de una pieza y definir cuál era el periodo medio de dura-- ción de estas piezas para substituirlas al llegar a este tiempo aunque las piezas estuvieran en buen estado de operación toda-- vía.

Así, hay fábricas que cambian todos los focos del sistema de iluminación después de un número determinado de demandas de uso, y otras que paran grandes equipos para cambiarles todas -- las piezas criticas, también después de un período determinado de tiempo.

Este sistema dió grandes resultados en las plantas de proceso continuo, o donde los paros de equipo eran críticos, puesto que la reducción del tiempo perdido a unos cuantos días al - año se justificaba económicamente el desechar piezas todavía en buen estado.

Este tipo de mantenimiento tuvo su auge durante la segunda guerra mundial, donde era obvia la importancia crítica de tener más producción a cualquier costo y siguio con el auge industrial de la postguerra, en donde la demanda de los mercados era mayor que la capacidad instalada de las fábricas.

Ahora bien, en la década de los cincuentas, este auge industrial empezó a sufrir la presión de la competencia, con el resurgimiento industrial de los paises europeos y del extremo oriente y la incorporación a la economía de muchos países de desarrollo inicipiente. Esta fue fundamentalmente la cuna de las tan conocidas crisis económicas de la década de los cincuentas que forzó a las grandes industrias a empezar a reducir costos donde -- fuera posible. Uno de los sitios donde era más obvia la reduc-- ción de costos fue en el mantenimiento; en muchas plantas donde

era crítico mantener la producción sin parar, por el costo elevado que significa un paro, esta tendencia de reducción de costos reflejó por un lado, en el desarrollo de técnicas matemáticas,-- principalmente el análisis estadístico y por el otro, en el desarrollo de medios principalmente instrumentos, de determinar en el campo de la vida útil de cada pieza individual del equipo.

El primer enfoque, el matemático, se considera todavía hoy como parte del mantenimiento preventivo, pero el segundo enfo-- que, la determinación práctica en el campo, se ha desarrollado - ya al extremo de considerarse como una rama del mantenimiento, - a la que se conoce como Mantenimiento Predictivo.

Este tipo de mantenimiento se basa en la aplicación de pruebas no destructivas a las partes críticas del equipo, en la mayoría de los casos sin interrumpir la operación del mismo, para - determinar si el desgaste, la fatiga mecánica, la pérdida de alineación, etc., han llegado ya al límite permisible y por lo tanto requieren que se pare el equipo para reemplazar algunas pa -- tes.

Junto con los factores de tipo económico e industrial men-- cionados anteriormente entraron en juego importantes factores sociológicos que afectaron al individuo como tal: en el caso que - nos ocupa los más importantes han sido sin duda el sindicalismo y el desarrollo explosivo de la tecnología industrial con su demanda insaciable por personal técnicamente especializado. Esto - cambió al artesano de fines del siglo pasado, con una tecnología que pasaba de padres a hijos o de maestros a aprendices y siem-- pre dispuestos para cualquier tarea relacionada con su rama, en

un obrero consciente de sus derecho laborales y temeroso del enorme volumen de conocimientos que tenía que asimilar, lo cual derivó lógicamente en una separación cada vez mayor de las funciones de producción, mantenimineto y servicios auxiliares, creándose - así el personal de mantenimiento con categoria propia y más adelente la especialización en ramas como mecánicos, electricistas, soldadores, etc., usualmente con un sobrestante (capataz, mayordomo) de la misma especialidad. Este especialización unida a las definiciones es de los contratos sindicales, ocasionaba con frecuencia que el grupo de soldadores no hiciese trabajos de torno, o que el mecánico se negase a pintar el equipo, etc., y que los sobrestantes tuviesen a menudo fricciones sobre la delimitación de sus áreas de trabajo.

Para obviar estos problemas se ha desarrollado la tendencia hacia la delimitación de areas de trabajo por unidades de producción más que por especialidades de mantenimiento.

Con este criterio se considera a cada unidad como un ente - individual con problemas peculiares y se le da al personal de -- mantenimiento a cargo de esa unidad un entrenamiento enfocado - a conocer todos los problemas concernientes a esa unidad para - que los puedan identificar y resolver, recurriéndose al especialista solo en los casos críticos. Así ya hay plantas en las -- que el mecánico a cargo de los compresores, prueba los instru-- mentos, da mantenimiento a las tuberías de agua de enfriamiento y pinta el equipo, además de sus tareas usuales de ajuste mecánico, lubricación y limpieza.

Esta tendencia afecta también a la supervisión directa y -- así hay muchas plantas ya que en lugar de tener un sobrestante

mecánico, otro electricista y otro de tubería y pintura, por -- ejemplo, tienen ahora un sobrestante de talleres y uno más para cada área de producción; este tipo de organización representa - muchos beneficios colaterales.

Esta tendencia ha llegado en algunos casos al extremo de -- diversificación tal que el mismo individuo que se encarga de la operación del equipo se encarga también de su mantenimiento, ya que la autorización de los equipos de proceso permite que los - operadores tengan tiempo disponible para revisar las partes que no estan en operación en ese momento durante las etapas no críticas del proceso y a la vez le permite a ese individuo acumular experiencia muy valiosa para identificar y resolver una gran variedad de problemas de operación y mantenimiento de ese equipo.

3.-EL PORQUE DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

El Mantenimiento Predictivo se basa, en esencia, en la aplicación de diversas técnicas para diagnosticar la existencia de fallas incipientes. Así, una acumulación excesiva de rebabas en una trampa magnética colocada en una caja de engranes, si se quiere evitar una falla costosa.

Otro de los aspectos del Mentenimiento Predictivo es la obtención de información más completa, que se pueda usar para tomar decisiones. Así, por ejemplo, cuando la corrosión había adelgazado varias partes de la pared de un tanque amortiguador de pulsaciones, el extremo de que era peligroso posponer por más tiempo las reparaciones, parecia ser inminente la necesidad de parar la planta. Sin embargo, el análisis no destructivo indicó que las porciones debilitadas de la pared del tanque estaban principalmente en una banda alrededor del nivel normal del líquido.- Una vez que se determinó esta área simplemente se bajo el nivel del tanque que se terminaron las reparaciones temporales, sin necesidad de detener ni un momento el flujo a traves del tanque.

Una tercera aplicación del mantenimiento preventivo. Por ejemplo, en el caso de un transmisor de calor, las pruebas comunes en mantenimiento preventivo suelen ser de tipo hidrostático. Sin embargo este sistema de pruebas no indica si los tubos del transmisor de calor han perdido metal y por lo tanto estan potencialmente en peligro de fallar en el siguiente período de operación.

El quitar uno o más tubos del transmisor de calor y abrirlos en dos para un exámen visual del interior es obviamente una prueba destructiva que requiere la instalación de tubos nuevos o el -

taponar los huecos de donde se sacaron los tubos.

El Mantenimiento Predictivo define con exactitud el espesor de la pared de los tubos y llega aún más lejos ya que indica si aquellos tubos, cuyo espesor de pared es correcto, están propensos a una falla por cristalización o fragilización cáustica.

Un ejemplo del enorme desarrollo del Mantenimiento Predictivo es que entre 1960 y 1964 surgieron más de 125 instrumentos de diagnóstico básicamente nuevos. Pero esta ola de instrumentos significa más para la gerencia de producción que para el personal de mantenimiento, ya que significa el fin de:

Aceptar como un mal necesario el que la Maquinaria de producción no pueda llegar a la capacidad de diseño.

El substituir en forma rutinaria partes caras solo para estar del lado seguro.

El adivinar qué tiempo le queda de vida a los baleros a los aislamientos, a los tanques, etc.

El preguntarse si un operador de máquinas estará realmente siguiendo las instrucciones de operación.

El suspender la producción, fuera de programa por fallas imprevistas.

4.- COMO APLICAR EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

El Mantenimiento Predictivo se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregir la sin perjuicios a la producción, usando para ello instrumentos de diagnóstico y pruebas no destructivas.

De hecho, el mecánico experimentado que saca una gota de -- aceite de la caja de engranes y la palpa entre sus dedos, o el que revisa con la mano qué tan caliente está una chumacera, ó que tan desalineado está un acoplamiento estan haciendo Mantenimiento Predictivo.

Ahora bien, antes de empezar de lleno un programa de Mantenimiento Predictivo, es necesario asegurarse de que la planta está en condiciones que permitan aprovechar al máximo las ventajas de mantenimiento predictivo. Puesto que la Ventaja fundamental de - esta técnica es la de reducir substancialmente paros inesperados del equipo de producción, es obvio que el factor decisivo para - definir la intensidad con que se podria aplicar el Mantenimiento Predictivo es el costo que representa un paro inesperado de producción. Es evidente que para una industria de proceso contínuo, como lo es la del papel, muchas industrias químicas y algunas - industrias textiles, es mucho más crítico precedir las fallas de su equipo que para una industria múltiple, como lo es, por ejemplo, una industria mecánica con 20 tornos realizando el mismo - trabajo, o una industria electrónica con muchas líneas de producción y ensamble manual. Es pues decisivo el hacer una determinación económica lo más exacta posible del potencial de reducción de costos que se podría tener con el Mantenimiento Predictivo, -

para proceder después a tomar una decisión en cuanto a la inversión de instrumentos, entrenamiento de técnicos y tiempo que se pueda dedicar al desarrollo de un programa de Mantenimiento Predictivo.

Otro factor que es importante tomar en cuenta antes de determinar las conveniencias de aplicar Mantenimiento Predictivo es el estado de conservación del equipo de la planta. Es evidente que resultaría un desperdicio de tiempo y dinero el aplicar las técnicas más modernas y los instrumentos costosos a equipos de los que de antemano se sabe que deberían de haber tenido una reparación general hace algún tiempo.

A diferencia del mantenimiento preventivo, que se debe aplicar en conjunto, el Mantenimiento Predictivo puede comenzarse a aplicar paso a paso, es decir, se puede empezar a utilizar un instrumento analizador de vibraciones, o un analizador de elementos termicos de sobrecarga, para inspeccionar el equipo crítico, o revisar nuevas instalaciones o reparaciones, De hecho, en muchas industrias se utilizan instrumentos de diagnóstico sin tener instaurado un programa de Mantenimiento Predictivo. Es muy conveniente ir adquiriendo los instrumentos de diagnóstico que se puedan justificar económicamente, para ir creando una base sobre la que se pueda implantar un programa de Mantenimiento Predictivo.

II.- ASPECTOS TECNICOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

1.- Técnicas principales en las que se basa el Mantenimiento Predictivo.

2.- Tipos de instrumentos comerciales aplicables a Mantenimiento Predictivo.

3.- Aplicación del Mantenimiento Predictivo a diferentes tipos de equipo industrial.

1.- TECNICAS PRINCIPALES EN LAS QUE SE BASA EL MANTENIMIENTO -- PREDICTIVO.

Se ha considerado conveniente clasificar las técnicas principales en las que se basa el Mantenimiento Predictivo siguiendo una orden lógico, ya que la mayoría de estas técnicas se han originado en los sentidos humanos (Vista, Oido, Tacto) gracias al - desarrollo de instrumentos que aportan una capacidad cuantitativa a la cualitativa de los sentidos.

Las dos últimas secciones cubren los desarrollos basados en técnicas electromagnéticas y en radiaciones subatómicas.

1.1.- Técnicas Visuales.

1.-2.- Técnicas ultrasónicas.

1.3.- Técnicas de temperatura

1.4.- Técnicas de vibraciones.

1.5.- Técnicas electromagnéticas.

1.6.- Técnicas de radiaciones.

1.1.- Técnicas Visuales.

La vista ha sido quizá el sentido más utilizado por el hombre para la inspección y se puede decir que su aplicación se remonta a los origenes de la humedad.

La lupa es el primer instrumento desarrollado para aumentar la capacidad visual del hombre. El siglo pasado, con sus grandes desarrollos en óptica, produce los microscopios, usados más bien en pruebas de laboratorio que en inspecciones de campo.

Con el desarrollo industrual se desarrollaron una serie de dispositivos visuales con tres funciones fundamentales, la primera, aumentar la capacidad visual del hombre, la segunda, darle flexibilidad al ojo humano, es decir, permitirle ver lugares inaccesibles en línea recta o por estar en movimiento y la tercera, permitir que fallas, que normalmente no son perceptibles por el ojo humano, sean localizadas con ayuda de reactivos o reveladores químicos.

En el primer campo en realidad los desarrollos más recientes no son más que refinamientos de la lupa y el microscopio; en el segundo se han desarrollado recientemente el borescopio, el visor flexible, el estroboscopio, etc., que forman parte de los instrumentos usados en el Mantenimiento Predictivo y en el tercero se dispone hoy en día de una gama de reactivos reveladores para detectar fugas de gases, normalmente invisibles y de un sistema de colorantes penetrantes para revelar grietas, pasos u otras imperfecciones superficiales en soldaduras o materiales de fundición y estructurales.

El borescopio se basa en un arreglo de lentes, con ilumina-

ción interior, que trasmiten la imágen próxima a la cabeza del - mismo. Se pueden encontrar con varios tipos de iluminación y de arreglos de lentes y también se pueden obtener en secciones para inspeccionar partes con longitudes tan cortas como un metro o tan largas como siete metros.

La aplicación del borescopio a la inspección de tubos, como por ejemplo, los de un cambiador de calor, presenta varios factores limitantes. El primer factor es la limpieza y la ausencia - de material extraño en la superficie interior del tubo. Otro factor es la diferencia en el diámetro del borescopio y el diámetro del tubo ya que para obtener una visión de circunferencia de 360 grados se puede llegar a tener una gran distorsión de la -- imágen, si el borescopio está más cercano a la parte baja del - tubo y más separado de la parte alta del mismo, por lo tanto, - el diámetro del borescopio se debe escoger con cuidado para cada diámetro del tubo y se deben de comprar de tal forma que se puedan inspeccionar tubos de diferentes diámetros.

Una limitación más crítica del borescopio es la dificultad de estimar cuantitativamente el grado de corrosión que pueda -- existir sobre la superficie interior del tubo; bajo ciertas condiciones lo que se ve se puede registrar en una película, pero - normalmente es el ojo humano el que se usa como fuente receptora de todas las imágenes trasmitidas por el borescopio.

El borescopio tampoco puede informar de ningun ataque en la parte externa o de la carcaza de los tubos, por lo que no es muy recomendable su aplicación para inspección de tubos, si con --- ella se busca el determinar el espesor de la pared de los mismos

El visor flexible se basa en los desarrollos recientes de fi

bras ópticas, que son hacer de fibras, generalmente hechas de - polímeros acrílicos con un forro de otro material que le da a - cada fibra la propiedad de reflejar la casi totalidad de los rayos de luz, perdiéndo una mínima parte por refracción.

El estroboscopio es un instrumento que emite destellos de - luz a intervalos regulares ajustables. Aunque este instrumento se usa principalmente para medir la velocidad de flechas y engranes, se está convirtiendo en una herramienta de gran importancia para la inspección, ya que permite que las partes que giran aparezcan como a inmóviles, con lo que es posible efectuar una inspección sin tener que parar el equipo.

La inspección de colorantes penetrantes se aplica en superficies de todo tipo de material, en donde únicamente se espere encontrar fallas superficiales. El principio de esta prueba es la capacidad de un líquido, de baja tensión superficial, de introducirse en las grietas.

El juego de colorantes que se utiliza consta de tres líquidos; el primero es un líquido limpiador (Para quitar el aceite, grasa, mugre, etc.), el segundo es un colorante rojo (Oue es el que tiene baja tensión superficial) y el tercero es un revelador blanco.

Después de que la parte a inspeccionar se limpia perfectamente con el primer líquido, se aplica el colorante rojo, dejándolo de cinco a treinta minutos para que penetre en las fallas - existentes, el líquido en exceso se quita con un limpiador y se deja secar; después se rocía el área con el líquido revelador y se deja secar, actuando dicho revelador como papel secante y sa

ca al penetrante de las grietas y como éste es rojo y el revelador se saca en blanco, se forma inmediatamente una indicación - definida de cualquier grieta.

1.2.- Técnicas ultrasónicas.

Las técnicas ultrasónicas constituyen uno de los campos más desarrollados dentro de la industria. Sus aplicaciones cubren - pruebas no destructivas, limpieza de materiales, soldadura ul-- trasónica, etc.

Como es sabido, el oído humano es capaz de percibir sonido dentro de la gama de 100 a 20000 cps, arriba de esta gama el sonido no es percibido por el oído humano y se denomina ultrasonido.

El uso de una unidad ultrasónica de prueba se puede compa-- rar en cierta forma con el uso de métodos sónicos, como el de - martillear una superficie para determinar el grado de reverba-- ción. Un ingeniero o un mecánico experimentados son capaces de diferenciar entre un material grueso y uno delgado, por el sonido y el rebate del martillo en su superficie. Sin embargo es -- obvio que le falta una determinación cuantitativa.

Las variaciones de esta técnica de matrtilleo son útiles para diferencias materiales que pueden tener diferentes caracte-- rísticas amortiguadoras, mientras que sus otras características sean similares. Como un ejemplo, el hierro fundido amortiqua mucho la energía sónica debido a la gran cantidad de grafito que contiene, mientras que la mayoría de los aceros no causan esa - amortiguación y producen un sonido como de campana.

Las unidades ultrasónicas se comenzaron a aplicar en la industria en el año de 1948 (Ya antes se utilizaban para evaluar la forma en que diversas intensidades de ruido afectaban a los seres humanos) para relacionar ruidos anormales en equipos como motores, reductores y otras máquinas con el desgaste de las mis

mas.

Todos los instrumentos que utilizan técnicas ultrasonicas - transmiten, reciben y analizan los ruidos mediante transductores Los tipos principales de transductores son electromagnético, -- magnetoestrictivo y el pieza eléctrico.

En el transductor magnetoestristivo el núcleo de un elec--- troimaf se dilata y contrae al aplicarle una corriente alterna a los devanados, creándose así un movimiento vibratorio en la - casa del imán.

Los transductores piezaeléctricos utilizan ciertos tipos de cerámica o cristal (generalmente circonato de plomo o litanato de bario) que transforman la energía de la corriente alterna en un movimiento vibratorio.

El tansductor receptor puede ser una unidad separada (como se usa en las técnicas de trasmisión) o puede ser el mismo ---- transductor que manda la señal, conocido como técnica del impulso con eco.

La sensibilidad obtenidad por detección ultrasónica suele - ser adecuada para detectar y localizar discontinuidades subsu-- perficiales de importancia estructural en partes de hasta 30 metros.

Casi todos los materiales se pueden medir, incluyendo el -- plástico, el concreto, etc. si se usa frecuencua ultrasónica suficientemente baja.Sin embargo,como es necesario usar cristales muy grandes para frecuencias muy bajas, el costo de los cristales y el problema de conseguir un contacto perfecto sobre un -- área grande, puede hacer impráctico el medir materiales que ten

gan una trasmisión pobre de las frecuencias ultrasónicas altas.

Actualmente los analizadores ultrasónicas se construyen de manera que sean portátiles y operados con pilas, lo que permiten que se usen bajo cualquier condición de operación en el campo. - Hay dos características fundamentales de las ondas sonoras, que son parte de la operación del probador de espesor por resonancia ultrasónica; en primer lugar las ondas sonoras viajan a través - del metal a una velocidad que es una función tanto de la densidad del metal como de su constante elástica, sin ser influenciadas por variaciones de la temperatura del metal, y en segundo - lugar, las ondas sonoras son reflejadas por superficies interfaciales que separan dos materiales que tienen diferentes impedancias acústicas.

Así, la frecuencia fundamental a la que un material resuena, para un espesor dado, está expresada por:

$$F = \frac{V}{2t}$$

donde:

F es la frecuencia en cps.

V es la velocidad del sonido en el material en cm/seg.

t es el espesor del material en cm.

Las frecuencias de resonancia se determinan mediante un tono audible en audífonos, como una deflexión de un medidor de lo que se está emitiendo, o como una huella en un bulbo de rayos catódicos de un osciloscopio. En algunos de los equipos relativamente nuevos, por calibración adecuada, el espesor del material se puede indicar directamente en el bulbo de lectura.

Entre los peoblemas a los que se enfrenta el ingeniero cuando está usando alguna de estas unidades ultrasónicas en el campo se encuentran la preparación de la superficie en contra de la cual se coloca el transductor y la condición de la superficie reflectora, o sea la del lado más alejado. Suele ser necesario colocar el transductor en una superficie que sea relativamente lisa y libre de discontinuidades; así, las incrustaciones o pintura fuertemente adherida no tienen que eliminarse, pero una superficie que está muy corroída o que tenga pintura suelta o escamas, debe lijarse hasta que quede lisa. La superficie más alejada no tiene que ser lisa ni libre de incrustaciones.

Conviene señalar que la sensibilidad de la señal del eco depende de la impedancia relativa del transductor y el material de la cara inaccesible del material de prueba. Si la cara inaccesible está libre de incrustaciones y en condiciones más o menos iguales a la cara de prueba, se obtendrá una señal muy aguda. Por otro lado, si hay un depósito grueso de corrosión o incrustaciones, que actúe como un medio amortiguador, la señal será parcialmente obscurecida y se tendrán que usar técnicas especiales para determinar con exactitud el espesor de la muestra.

Entre los medidores más comunes para efectuar pruebas, tanto de espesor de materiales, como fallas internas, se encuentran el "AUDIGAGE", "VIDIGAGE" y "SONORAY".

El "AUDAGAGE", que es el más antiguo de los tres instrumentos, está provisto de audífonos que usa el operador para escuchar la señal que le permite determinar el espesor del metal. Como el "AUDIGAGE" se basa en la apreciación del operador, es

el menos confiable de los tres instrumentos.

El transmisor del "AUDIGAGE" envía ondas ultrasónicas que - pasan a través del metal y cuando las ondas alcancan la interfa se metal-aire o metal-líquido (dependiendo del contenido del re cipiente o tubería) la mayoría de ellas rebotan, es decir, se - reflejan. Las ondas de regreso llegan a un receptor que mide -- el tiempo que éstas tardan en penetrar el metal y regresar.

El operador encuentra la frecuencia de las ondas de regreso moviendo un botón, igual que se hace para encontrar una estación emisora en un radio. Se necesitan dos o más lecturas de la frecuencia (preferiblemente más de dos) antes de poder traducirlas en lecturas de espesor decimal una grafica de calibración con-- vierte las lecturas de frecuencia en valores dimensionáles.

Con el "AUDIGAGE" un operador experimentado necesita varias horas para completar un exámen, ya que solo se pueden tomar de - cuatro a seis lecturas por hora. Por esta razón y debido a que su exactitud depende de la habilidad del operador, el "AUDIGAGE" está siendo desplazado por otros modelos.

El "VIDIGAGE" opera en forma parecida al "AUDIGAGE", a excepción hecha de que elimina la interpretación del operador. Como lo implica el nombre del instrumento, las señales recibidas se - ven en lugar de oirse. Cuando las ondas regresan, se reciben en un transductor que las convierte nuevamente en señales eléctri-- cas, las cuales se proyectan en la cara de un bulbo de rayos catódicos.

El operador ve los [illegible] en una gráfica de calibración de plástico que se coloca enfrente del bulbo. Las líneas vertica

les múltiples creadas por la frecuencia y sus armónicas aparecen en el bulbo, correspondiendo a una serie de líneas armónicas --- identificadas en la gráfica con el mismo número, que indican el espesor del metal.

Cada tipo de metal requiere su gráfica correspondiente. EL - "VIDIGAGE" puede leer espesores desde medio milímetro hasta diez centímetros. Aunque no se pueden utilizar con seguridad sus componentes en una atmósfera explosiva, el "VIDIGAGE" se puede adaptar para lecturas a control remoto.

El "SONORAY", el más completo de los tres instrumentos, opera en forma similar al "VIDIGAGE", excepción hecha que trabaja - bajo la técnica de impulso con eco, es decir, el transductor --- tiene una doble función: primero como transmisor, al emitir la - energía sónica y después como receptor (mientras espera a reci-- bir las ondas reflejadas).

Las señales de transductor se proyectan en la cara de un bulbo de rayos catódicos, donde se presentan como líneas vertica es La primera línea aparece cuando las ondas entran a la superficie del metal. Si algunas ondas encuentran algunas fallas se refle-- jan y causan una segunda línea en el bulbo de rayos catódicos. - El resto de las ondas se refleja cuando alcanza la otra superficie, apareciendo o tercera línea cuando regresan al transductor.

Al igual que con el "VIDIGAGE", el espesor se lee directamente en una gráfica calibrada. A diferencia de la gráfica de "VIDIGAGE", la gráfica del "SONORAY" no se tiene que cambiar cuando - se encuentra un espesor diferente. Con el "SONORAY" se puede --- usar una gráfica del rango múltiple, porque su rango de lectura

se puede cambiar simplemente moviendo un botón.

Esta característica hace al "SONORAY" capaz de lecturas rápidas, porque el operador puede deslizar el transductor rápidamente sobre la superficie del metal. Si es necesario hacer un ajuste de rango, como en el caso en que se detecte una falla, el operador puede hacer el cambio en unos cuantos segundos. Después de localizar la falla puede cambiar instantáneamente el rango normal que tenía y continuar su inspección. Con el "SONORAY" se pueden tomar más de 200 lecturas por hora.

El rango del "SONORAY" es de dos milímetros a seis metros. Aunque su rango es mucho más amplio que el del "VIDIGAGE", no puede medir dimensiones pequeñas tan bien como este otro instrumento. Cuando se están midiendo materiales de espesores diversos se pueden usar ambos aparatos. Al igual que el "VIDIGAGE" las partes eléctricas del "SONORAY" no se pueden operar en una atmosfera explosiva, pero también se puede adaptar para lecturas a control remoto con cables en extensión.

El "SONORAY" es muy útil para detectar grietas en soldaduras delicadas y fracturas en flechas. Es también más conveniente que el "VIDIGAGE" por estar operado con pilas y ser portátil. La unidad completa pesa 3 Kg. aproximadamente, mientras que el "VIDIGAGE" pesa unos 30 Kg.

Cuando las soldaduras tienen que estar hechas sin que haya ninguna falla en ellas, es necesario inspeccionarlas cuidadosamente con instrumentos ultrasónicos.

Otra de las aplicaciones de las técnicas ultrasónicas es la detección de fugas pequeñas en tanques o tuberías, ya que estas producen sonidos no perceptibles por el oído humano pero que pue

den ser captados por un transductor sensible y un amplificador. Esta aplicación se ha extendido mucho, debido a que una sola persona puede inspeccionar muchos metros de tubería en muy pocos minutos, ya que solamente tiene que ir caminando bajo la tubería - con el detector ultrasónico apuntando hacia ella para encontrar la fuga. Para efectuar esta prueba se llenan las tuberías con -- aire a presión.

También es aplicable esta técnica a la detección de roturas en el blindaje o conexión interna a tierra de los cables de alta tensión, ya que cuando esto ocurre se produce una crepitación -- ultrasónica.

1.3.- Técnicas de la temperatura.

Los aumentos anormales de temperatura suelen indicar dos tipos fundamentales de problemas en el equipo industrial; o una -- fricción mecánica excesiva o un desequilibrio energético, ya sea por incrustaciones u obstrucciones de ductos o tuberías o por -- desviaciones de flujo.

La detección de aumentos de temperatura por fricciones indebidas es uno de los elementos básicos de diagnóstico en el Mantenimiento Predictivo, lo que ha dado lugar al desarrollo de inmumerables tipos de termómetros, como los de contacto, termisores, -- termopares, termómetros infrarrojos, etc.

En el Mantenimiento Predictivo de equipos mecánicos susceptibles de fricciones indebidas, se debe establecer una inspección de rutina en la cual se tomen la temperatura de la superficie de las partes críticas (estoperos, sellos mecánicos, chumaceras, -- etc.) y se deben anotar en un registro apropiado. Cuando el balero, chumacera, sello mecánico, etc., está próximo a su fin, se observará un aumento de temperatura que va ascendiendo de inspección a inspección. Con base en la experiencia individual y en la información disponible de los fabricantes del equipo, se deben - establecer límites de temperatura a los que es necesario reemplazar la pieza por una nueva.

Este mismo tipo de termómetros sensibles de superficie, o -- los termómetros comerciales, se utilizan para determinar balan-- ces de energía en unidades de transmisión térmica, comparando -- los valores obtenidos con los de diseño, pudiendo así determinar desequilibrios en el sistema, debidos a incrustaciones, obstrucciones o desviaciones del flujo.

Recientemente se han desarrollado sistemas de detección térmica más complejos, como son las cámaras de rayos infrarrojos, que obtienen fotografías de las piezas de equipo en las que las partes más calientes salen en un tono más claro y las frías en un tono más obscuro. Esto permite identificar rápidamente los desequilibrios en el sistema y tomar las medidas necesarias para corregirlas.

Este sistema se aplica tanto a transmisores de calor, como a cámaras de combustión, líneas de distribución de vapor o líneas de distribución eléctrica en alta tensión.

Otra área de aplicación de la temperatura como elemento de diagnóstico es en el tratamiento térmico de materiales, para relevado de esfuerzos y control de estructura cristalina. Normalmente en estos tratamientos es crítico el controlar la temperatura que alcanza el material. Cuando la pieza es demasiado grande como para meterla en el horno o cuando por trabajar en el campo no se dispone de horno, se puede usar calentamiento directo con un indicador de temperatura del tipo de pinturas que cambian su color irrevesiblemente al llegar a una cierta temperatura. Se dispone en el comercio de pinturas con una gama muy amplia de temperaturas.

También se puede usar, en lugar de pinturas, elementos fusibles, que son pequeñas piezas de metal que se funden a una cierta temperatura. Se suelen usar fusibles, con preferencia a las pinturas, cuando el tratamiento térmico se hace en un baño o de alguna forma que asegure una distribución homogénea de la temperatura. Cuando el tratamiento térmico se hace en forma directa

con llama, por ejemplo, es necesario recurir a estas pinturas indicadoras, cuyo costo es más alto.

Otra aplicación de los elementos fusibles, aparte de la tan conocida en electricidad para el control de corriente, es la de los tapones fusibles, que se usan para aliviar presiones y temperaturas críticas en motores de combustión interna, compresores, calderas, etc. En estos casos el tapón fusible cumple una doble función al fundirse, ya que alivia la presión (y por lo tanto -- baja la temperatura) y da una indicación de alarma, ya que los - gases o vapores al salir por el lugar del fusible producen el -- mismo efecto que en un silbato.

1.4.- Téncicas de Vibraciones.

La vibración es la oscilación periódica alrededor de un punto de equilibrio. De sus variaciones características las dos que -- más explican las condiciones del equipo rotarorio son la amplitud y la frecuencia, aunque también la fase puede ayudar a determinar las causas de fallas de los mismos. La amplitud indica cuánta vibración hay y la frecuencia indica que es lo que causa la vibra-- ción.

Los instrumentos que miden nada más la amplitud son muy ma-- nuables y útiles para hacer pruebas regulares de equipo giratorio Estos medidores son portátiles, de pilas y pueden dar datos re-- producibles de la amplitud en la que está vibrando el equipo.

El sensor de vibración, que está unido al medidor por un cable, transforma la vibración mecánica en una señal eléctrica cuyo voltaje es proporcional a la amplitud de la vibración. Esta señal se amplia en el circuito eléctrico y se registra en un medidor - de amplitud.

Con cinco carátulas distintas este instrumento tiene un rango de 0.02 a 2500 milésimas de milímetro. Aunque un operador ex-- perimentado puede hacer mucho trabajo de análisis con este instru mento, no es realmente un analizador.

Un analizador de vibraciones combina mediciones de amplitud - que suelen incluir lecturas verticales, horizontales y axiales en puntos específicos, establecen la vibración predominante. Como la frecuencia de esta vibración suele ser igual a la velocidad de ro tación o un múltiple de ella del componente defectuoso, las medi- ciones de frecuencia nos ayudan a detectar qué es lo que está causando -

la vibración y así definir si es un balero, un cople, mala lubricación, un engrane desalineado, etc.

Un aditamento útil es un filtro para los casos en que hay más de una vibración con frecuencias cercanas entre sí.

La señal del sensor puede operar también la luz de un estroboscopio, que permite la observación visual a la vez que se puede usar como tacómetro.

Los medidores de amplitud de vibración se montan, a veces, para servir de monitores, accionando una alarma cuando la vibración en un cierto punto alcanza una determinada amplitud. Estos monitores también se pueden conectar a registradores gráficos, para tener un registro de lo que ha pasado y así poder tomar las precauciones necesarias.

La aplicación de los instrumentos detectores de vibraciones en un programa de Mantenimiento Predictivo se hace verificando ciertos puntos preseleccionados de cada máquina, lo que permite detactar y predecir un desgaste de las partes de la máquina antes de que sea peligrosa su operación.

A continuación se presenta una tabla de diagnóstico de la vibración, reproducida de la página 62 de la revista INDUSTRIAL WORLD en español, publicada en Mayo de 1965.

DEFECTO	AMPLITUD	FRECUENCIA	FASE
Volante o eje desequilibrado.	proporcional - al desequili-- brio. Mayor en sentido radial.	Igual a la velocidad angular -- (rpm).	Marca de referencia única.
Acoplamiento o cojinetes desalineados; eje doblado.	Grande en sentido axial: 50% más de la vibración radial.	Igual a las rpm ó 2 ó 3 veces - las rpm.	Marca de referencia única.
Cojinetes en mal estado.	Inestable	Muy alta, varias veces las rpm.	Irregular.
Muñones excéntricos.	No suele ser --- grande.	Igual a las rpm.	Marcas de referencia únicas.
Engranajes en mal estado o ruido de engranes.	Baja. Medirla frecuencia si es posible.	Muy alta. Número de dientes por las rpm.	Irregular.
Juego mecánico excesivo.	Variable	2 X rpm.	Dos marcas de referencia algo irregulares.
Bandas en mal estado.	Irregular o - pulsante.	1,2,3ó4 veces las rpm.	1ó2 marcas de - referencia segun la frecuencia - generalmente inestable.
Eléctrico.	Generalmente baja desaparece al desconectar.	Igual a las -- rpm; 1ó2 veces la frecuencia sincrona.	Marca doble rotatoria o única.
Fuerzas hidráulicas o aerodinamicas	Generalmente reducida.	Igual a las -- rpm; o número - de palas en el ventilador o rotor por rpm.	No aplica

DEFECTO	APLITUD	FRECUENCIA	FASE
Fuerzas de movimiento.	Variable.	Igual a las rpm. ó múltiplos.	No aplica

1.5.- Técnicas electromagnéticas.

1.5.1.- Corrientes eddy.

Cuando se aplica una corriente alterna a una bobina se establece un campo magnético: la presencia de una pieza o placa de un material conductor no magnético en ese campo provoca corrientes eddy que fluyen de la placa con un cambio correspondiente en el flujo magnético en la bobina. La forma geométrica, la conductividad eléctrica y la permeabilidad magnética del material de la placa influencían las corrientes eddy y el campo magnético neto dentro del material de la placa. Estos efectos se pueden observar directamente midiendo la amplitud de la corriente que fluye en la bobina bajo ciertas condiciones de tensión, frecuencia y amplitud.

La densidad de las corrientes eddy es máxima en y cerca de la superficie que está más cercana a la fuente del campo magnético. Esto limita el espesor de partes que se pueden medir por medio de este tipo de unidades, aunque el uso de frecuencias variantes pueden eliminar parte de estos problemas de espesor.

Las irregularidades que se presentan en la parte que se está analizando producen un desbalanceo de tensión en el circuito del puente de impedancia de que constan estos instrumentos; estas tensiones se amplifican y se discriminan según la fase en el circuito del registrador para mover una pluma de un lado a otro y marcar estas variaciones en una gráfica.

El "PROBOLOG" y el "FERROLOG" son dispositivos portátiles que detectan y registran todas las condiciones de corrosión e irregularidad, el primero en tubos de materiales no magnéticos --

y el segundo en tubos de materiales magnéticos.

Estos instrumentos son adecuados para una gran variedad de aleaciones y de tamaños de tubos. Ambos revelan la presencia de defectos tales como hoyos grandes y pequeños, daños por corro-- sión, falta de uniformidad del espesor de la pared y áreas de - ataque selectivo, como pérdida de zinc en galvanizados y cosas - similares. Estos defectos se detectan con igual precisión ya -- sean internos o externos.

En la práctica se aplica una velocidad relativamente cons-- tante a un probador a lo largo del tubo que se inspecciona.

Los probadores de pueden obtener en tamaños de 6 mm. hasta aproximadamente 50 mm., lo que los hace adecuados para tubos -- desde 11.1 mm. (7/16") hasta 57.2 mm. (2 1/4") de diámetro exte rior.

Hay diversos factores que tienen una influencia considera-- ble en la operación con buenos resultados del "PROBOLOG", entre ellas está la limpieza del tubo (ausencia de incrustaciones mag- néticas) tanto en la parte interior como en la exterior y la -- historia de fabricación del tubo; este último punto es importan- te ya que la experiencia de muchos ha demostrado que el grado - de trabajo y la historia térmica de los tubos durante su fabri-- cación tiene mucho que ver en cuanto a la permeabilidad de los - tubos y pueden resultar en ruidos o desordenes desconocidos en - los registros durante las mediciones. Por esta razón es desea-- ble tener como referencia tubos sin usar de los diferentes lotes que se tengan instalados. Esto permite una comparación más posi- tiva, particularmente en cuanto a espesor de la pared y da como

resultado una investigación más exacta. Sin un tubo de referen-- cia, con defectos ya incluidos en él, es algo difícil el obtener datos cuantitativos exactos de una investigación con corrientes eddy.

El "FERROLOG" es una variación electrónica del "PROBOLOG",- estando adaptado, para medir tubos de material magnético. Su base de operación y sus limitaciones son en cierta forma similares a las del "PROBOLOG", se obtiene de cada tubo inspeccionado una gráfica de registro de la cual por calibración previa, se pueden determinar adelgazamientos en la pared, hoyos, grietas, erosión, etc. Se han usado otros tipos de instrumentos con corrientes --- eddy para inspección de tratamientos térmicos, edición de dureza de metales, selección de piezas de aleaciones diferentes y -- mezclas y localización de objetos metálicos perdidos. Muchos de estos procedimientos requieren la normalización en función de materiales de referencia conocidas.

1.5.2.- Partículas Magnéticas.

La prueba de partículas magnéticas es un medio de determi-- nar fallas en o cerca de la superficie de materiales ferromagnéticos. El material que se va a inspeccionar se magnetiza primero y después se rocía con un polvo finamente dividido; como el polvo es magnético tiende a concentrarse donde hay una falla que interrumpe la carga. Este método trabaja en el principio de que -- los aceros al carbón tienen una permeabilidad mil veces o más mayor que el aire. Cualquier interrupción en el material establece una resistencia a las líneas magnéticas de fuerza; éstas brincan- de un lado a otro de la falla ofreciendo un nuevo polo magnético

formando una concentración en los puntos de falla, lo que facilita la localización de ésta.

El equipo usado es un transformador que produce corriente alterna de baja tensión y alta intensidad (de 3 a 3000 ampares a intervalos cortos de uno a cinco segundos).

El método de las partículas magnéticas se aplica para mostrar fatigas, grietas de forjado, grietas térmicas de soldadura o de esmerilado.

1.5.3.- Otros Instrumentos.

Entre los muchos instrumentos que hay para medir espesores de peliculas de recubrimiento, el más popular para mantenimiento es el "ELKOMETER", que, como la mayoría de ellos, necesita que la película o recubrimiento esté sobre una base magnética.

El "ELKOMETER" es del tamaño y forma de una cajetilla de cigarros, tiene los imanes en su base y una carátula de lectura en su parte superior. El flujo magnético entre los dos imanes cambia con el espesor de la película; cualquier cambio en el espesor desvia proporcionalmente la aguja en la carátula, en donde se mide el espesor en milímetros o en milésimas de pulgada.

Otro instrumento, el "COATINGAGE", define los espesores de pelicula de recubrimiento midiendo cambios en la impedancia de una bobina medidora. Estos cambios de impedancia provocan un desbalanceo en un circuito de puente, que se registra en un microamperímetro cuya escala está calibrada en milímetros o en fracciones de pulgada.

Los recubrimientos de hule, vidrio y otros materiales se pueden inspeccionar para que no tengan agujeros o perforaciones pequeñas con un probador de chispa de alta frecuencia, que gene-

ra una gran tensión a baja intensidad. Cuando se encuentra una - fuga las chispas se concentran y fluyen en forma contínua hacia ese punto.

Los tapones magnéticos son aplicables principalmente en tuberías de fluidos, cajas de engranes o en tanques de líneas de - proceso en los que es de vital importancia detectar las partículas ferrosas, ya sean pequeñas, medianas o grandes.

Estos tapones magnéticos tienen múltiples pares de polos, - permitiendoles mantener su eficiencia aún después de atrapar bastantes partículas. El número de polos en estos tapones varía con el diámetro, se fabrican en diámetros que van de 2.45 mm. a 7.62 mm. y el número de polos varía de cuatro a ocho, con una capacidad de retención de 2.5 Kg. a 30 Kg.

También se encuentran en el mercado trampas de partículas - magnéticas, que se instalan en las tuberías y estan construidas - de tal forma que disminuyen la velocidad del fluído para facilitar la captación de las partículas, sin casi afectar la presión. Se pueden instalar con un paso directo en el caso de que se espere que el depósito de partículas magnéticas sea el suficiente - como para justificar su instalación y así poderlas limpiar sin - interrumpir el flujo.

1.6.- Técnicas de Radiaciones.

El gran poder de penetración de las radiaciones subatómicas, así como su efecto obscurecedor de la película fotográfica, las hacen muy adecuadas para ciertos casos de diagnóstico. Entre todas ellas, los rayos X son los que primero se desarrollaron en aplicaciones industriales, algunas de ellas muy conocidas ya. Posteriormente se han usado radiaciones gamma, de mucho mayor poder de penetración y de más fácil control de intensidad y dirección.- Los isótopos radioactivos también tienen aplicación en el mantenimiento industrial.

Otro tipo de radiaciones usadas en el Mantenimiento Predictivo son la de los rayos infrarrojos, por su relación directa y cuantitativa con la temperatura de un objeto.

La aplicación continuamente creciente de los métodos de difracción de los rayos X se basa en el hecho de que la mayor parte de los materiales que se utilizan en la industria, poseen una estructura cristalina. La mayoría de las características físicas y químicas dependen totalmente de la estructura cristalina. Como no se pueden encontrar dos substancias que presenten exactamente la misma estructura, el estudio de ésta proporciona no solo la posibilidad de una identificación perfecta, sino ademas muchos y muy útiles datos.

La posibilidad de utilizar los rayos X en el estudio de los cristales se basa en el hecho de que la longitud de onda de tales rayos es del mismo es del mismo orden de magnitud que la distancia entre átomos adyacentes.

Cuando un haz de rayos X incide sobre un material, los rayos incidentes son parcialmente reflejados por los distintos planos -

cristalinos. Los rayos reflejados forman, segun la ley de Bragg, un haz cónico concéntrico que tiene como eje el haz incidente. - El registro de esta radiación se puede hacer por medio de foto-- grafías o con tubo contador y goniómetro.

Cuando se coloca un material sólido entre una fuente de radiación y una película de rayos X, la cantidad de radiación. Por lo tanto, la película de rayos X produce una imagen en la que se revelan, como áreas más obscuras de la película, las fallas internas que disminuyen el espesor real del material sólido.

Las radiaciones gamma tienen fundamentalmente las mismas -- aplicaciones que los rayos X, siendo la diferencia principalmente el método de generar la radiación. Como la fuente de radiación es pequeña, es posible insertarla en lugares confinados, inaccesibles a un tubo de rayos X.- Permitiendo además, exposiciones -- panoramicas de 360 grados.

Las radiaciones gamma no requieren de energía eléctrica, por lo que el equipo se puede llevar al lugar de trabajo, ya sea a - una tuberia, una estructura a medio construir o cualquier otra. - Como no se requieren sistemas complejos complejos de energía ni de control, el equipo de rayos gamma suele tener un costo mucho menor que el equipo comparable de rayos X.

Los rayos gamma se pueden aplicar tanto al acero como al -- bonce, latón, cobre, niquel, plata y oro.

Los rayos gamma no siempre substituyen a los rayos X, ya que las máquinas de estos pueden hacer muchos trabajos que todavía -- no estan al alcance de las radiaciones gamma; cada método tiene - sus propias ventajas y sus desventajas.

Los isótopos radioactivos se utilizan cada vez más en la -- industria por su tamaño reducido, lo que les permite el acceso - a lugares verdaderamente recónditos. Entre los isótopos más usados se encuentran: el Cobalto 60, el Iridio 192 y el Cesio 137. Todos ellos son emisores de rayos gamma y por lo tanto de gran - aplicación de gran aplicación en la radiografía industrial.

Otra de los aplicaciones más importentes de los rayos gamma en la industria es la medición de espesores.

Uno de los instrumentos que utiliza esta técnica es el "PENETRON", que es completamente transitorizado, portátil y de peso ligero. La radiación emitida está muy por abajo de la permitida para la protección de la salud.

La fuente de radiación se guarda con una protección de tungsteno y tiene una ventaja por la que se emite la radiación de rayos gamma directamente al elemento sensor, situado en el mango - de la cabeza.

Los rayos gamma pasan a traves del material que se está midiendo y la radiación disminuye en proporción al espesor del material. El detector, situado en el mango, percibe la intensidad - de las radiaciones y las traduce a pulsaciones eléctricas a una - velocidad proporcional a la intensidad de la radiación. Las pulsaciones eléctricas son amplificadas e integradas, para producir corriente directa que se transmite a un microamperímetro indicador. La lectura en el microamperímetro es directamente indicativa del espesor de la pared.

Ni la estructura molecular ni el estado físico del material que se está midiendo afectan apreciablemente la absorción de ra-

yos gamma; el paso de rayos gamma es afectado casi completamente por la densidad del material, y si la densidad es una constante conocida se puede determinar el espesor con un alto grado de -- exactitud. Las medidas obtenidas con el "PENETRON" tienen una -- exactitud de más o menos 3% del espesor de la pared. El "PENETRON" mide el espesor promedio sobre un área aproximada de seis centí-- metros cuadrados.

El termógrafo o cámara de rayos infrarrojos usa un detector infrarrojo para medir distintas intensidades de energía infrarroja emitida por todas las partículas de un objeto. Mediante técnicas ópticas y electrónicas produce una fotografía que muestra -- las variaciones de la temperatura. En esta fotografía o temograma el negro indica las áreas más frias y el blanco los lugares - más calientes y diferentes tonalidades de gris indican los niveles intermedios de temperatura.

El termógrafo detecta temperaturas desde 68 hasta 523 grados Kelvin. El rango de temperaturas (negro a blanco) que aparece en cualquier termograma, se puede hacer tan amplio como 265°c ó tan reducido como 1.°c. En el segundo caso se pueden detectar dife-- rencias de temperatura tan pequeñas como 0.1°c.

El termograma está formado por una serie de exposiciones individuales (en casos hasta de 60000) obtenidos en forma secuencial por un objetivo que se mueve de izquierda a derecha y de -- abajo a arriba, cubriendo el área a medir.

El objetivo recibe la radiación infrarroja emitida naturalmente por el objeto y la convierte en una señal eléctrica. Des-- pués de amplificarla y procesarla electrónicamente la alimenta-

a un pequeño tubo de gas que se ilumina con mayor o menor bri-- llantez, en proporción a la energía infrarrojo emitida por el -- objeto. La luz de este tubo se imprime en una pelicula "POLAROID" que es la que constituye el termograma que se obtiene finalmente

2.- TIPOS DE INSTRUMENTOS COMERCIALES APLICABLES A MANTENIMIENTO PREDICTIVO

2.01.- Distancia y Velocidad lineal.

2.02.- Velocidad angular.

2.03.- Empuje lineal.

2.04.- Torsión.

2.05.- Impacto.

2.06.- Vibración.

2.07.- Ruido.

2.08.- Variación de dimensión.

2.09.- Variación de alineamiento.

2.10.- Deformaciones.

2.11.- Sistemas detectores de fallas.

2.12.- Fugas de aire o gas.

2.13.- Presión y velocidad de aire o gas.

2.14.- Presión de lfujo hidráulico.

2.15.- Medición de temperatura.

2.16.- Flujo de calor.

2.17.- Analizadores de combustión.

2.18.- Analizadores de gases.

2.19.- Otros analizadores.

2.20.- Instrumentos sensibles a la humedad.

2.21.- Analizadores de procesos de soldadura.

2.22.- Instrumentos básicos de sistema eléctrico.

2.23.- Instrumentos electrónicos.

2.24.- Probadores de aislamiento..

2.25.- Probadores de sistema de fuerza.

2.26.- Probadores de componente.

2.27.- Instrumentos para equipo de alumbrado.

2.- TIPOS DE INSTRUMENTOS COMERCIALES APLICABLES A MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

A continuación se presenta un resumen de los instrumentos - disponibles hoy en día; incluye algunos de los más antiguos así como algunos de los desarrollados más recientemente.

2.10.- Distancia y Velocidad lineal.

2.01.1.- Las unidades de tipo de potenciometro suelen ser resistencias lineales montadas en la parte en movimiento que se está probando. Son necesarios un suministro de energía y en indicador o registrador.

2.01.2.- Los indicadores de movimiento con transductor electrónico registran variaciones de movimientos tan lentos como 0.127 mm. por minuto hasta casi cualquier velocidad de una máquina herramienta.

2.02.- Velocidad angular.

2.02.1.- Los tacómetros mecánicos miden las rpm. directamente sobre la carátula del instrumento digital.

2.02.2.- Los tacómetros eléctricos miden la velocidad en un medidor remoto o en un instrumento digital.

2.02.3.- El estroboscopio es una lámpara de relampagueo sincronizado con mucha exactitud que se ajusta hasta que el movimiento se detiene. La frecuencia de relampagueo determina la velocidad. Los de tipo automático obtienen la señal pulsatil del relampagueo del objeto en movimiento y se lee la velocidad en la carátula. Son ideales para observaciones inaccesibles o peligrosas.

2.02.4.- Los indicadores de velocidad diferencial o de patinamiento suelen usar dos tacómetros eléctricos en circuito diferen

cial. El de tipo transductor dá la velocidad de penetración de - la herramienta por revolución de la pieza.

2.03.- Empuje lineal.

2.03.1.- Las celdas hidráulicas de carga son esencialmente pas-- tos hidráulicos invertidos que dan la presión de la prensa o la torsión de la palanca en un medidor remoto de presión. Las cel-- das magnéticas de carga similarmente producen lecturas magnéti-- cas remotas.

2.03.2.- Los medidores de fuerza mecánica miden la fuerza de fle xión de un resorte o una estructura semirígida en forma de "T" en un indicador de carátula leyendo el peso. (Los simples y ligeros cuestan de 1,900 dolares para arriba).

2.03.3.- Los medidores de esfuerzos miden el esfuerzo de flexión en una estructura rígida, la lectura se puede traducir en empuje o carga. Estos instrumentos requieren equipo auxiliar muy sensi- ble.

2.03.4.- Las celdas de capacitancia o resistencia son unidades - muy delgadas, del tamaño de un sello de correos y pueden medir - altas presiones. Miden la presión entre dos rodillos prensadores y se pueden meter entre rollos de papel, de película, etc. para definir la acumulación de presión. Se necesita un amplificador - y el costo mínimo de la unidad más sencilla es de unos 5,000 dó lares.

2.03.5.- La pintura sensible a la presión es una resistencia --- eléctrica en forma de pintura. Se conecta en un circuito de puen te amplificador y mide la tensión o la compresión. Su sensibili-- dad varía desde unos gramos hasta 22 toneladas. Cuesta más o me- nos 12 dólares el gramo.

2.03.6.- Los medidores de tensión indican la tensión en un alambre, cuerda o cable, midiendo la deflexión de las diferentes --- cuerdas del trenzado bajo la presión de un malacate.

2.04.- Torsión.

2.04.1.- Los medidores de tensión portátiles o de tipo de banco usan cargas al freno, o con resorte y registran la torsión máxima a través de la deflexión en una flecha.

2.04.2.- Los medidores de torsión sin hacer contacto están disponibles en unidades no portátiles, pero que se pueden montar cerca de cualquier flecha de acero flexible sin necesidad de desmontarlas, tienen bobinas de inducción que miden el cambio de magnetoestricción de la flecha bajo torsión.

2.05.- Impacto.

2.05.1.- El acelerómetro portátil registra el choque en 2 ó 3 planos simultáneamente, con una capacidad de 2 a 300 veces la aceleración de la gravedad, sirve para controlar el manejo descuido de camiones, tractores o grúas, prensas de moldeo o de estampado, precide problemas indicando los movimientos transversales más ligeros sin falla de la unidad.

2.06.- Vibración.

2.06.1.- Unidades indicadoras de rayo luminoso muestran el desplazamiento de un espejo de luz mantenido apuntando hacia un cuerpo en vibración. Tienen una gran variedad de frecuencias. Un espejo amplifica el movimiento, que se ve como un rayo en pantalla de varios metros.

2.06.2.- Los medidores de vibración se pueden adaptar para leer frecuencias de vibración en puntos problema.

2.06.3.- Los audífonos electro-magnéticos dan lecturas medibles del desplazamiento de un probador sostenido con una mano, sobre una gran variedad de frecuencias (de 2 a 250 cps.), con una luz estroboscópica sincronizada define el punto de desbalanceo. Los circuitos especiales permiten las lecturas de frecuencias individuales en vibraciones complejas.

2.06.4.- Los audífonos electostáticos son similares a las unidades electromagnéticas pero tienen un margén de frecuencia de hasta 25,000 cps, son ligeramente menos resistentes que las unidades electromagnéticas.

2.06.5.- Los registradores de vibración marcan una gráfica en una tira de papel para mostrar variaciones de amplitud y frecuencia.- Son buenos para registrar tendencias de vibración a largo plazo.

2.06.6.- Los analizadores de baleros miden las vibraciones en el rango audible, usando un audífono probador de contacto y un medidor.

2.06.7.- Los transductores de proximidad no requieren ningún contacto físico con el objetivo vibratorio. Mide la variación de -- una superficie rotatoria y el punto sensor del probador es lo suficientemente pequeño como para medir la rugosidad de la superficie. Incluye un cuircuito amplificador muy complicado. Cuesta -- unos 45,000 dolares.

2.06.8.- Los transductores ópticos funcionan como los de tipo de proximidad. Es una unidad de fibra óptica la que opera cerca de la superficie. No es tan preciso ni versátil como los transduc-- tores de proximidad pero son más económicos.

2.06.9.- Los estetoscopios permiten la detección de frecuencias

audibles en presencia de otras ruidos. Las unidades no electróni cas tienen una cavidad de resonancia ajustable calibrada en cps. Hay tipos electrónicos del tamaño de una pluma de bolsillo que - sirven desde 200 hasta 100,000 cps, con salida para audífono u - osciloscopio.

2.07.- Ruido.

2.07.1.- Los transductores acústicos generalmente son sensores - de vibración electromagnética para vibraciones trasmitidas por - aire o por estructuras. Son sensibles a frecuencias audibles y ultrasónicas. Algunas tienen un amplicafor ajustable y leen el - desplazamiento en cada frecuencia.

2.07.2.- Los transductores ultrasónicos (que también se usan como detectores de fugas) registran sonidos de frecuencia ultra-alta. Los baleros frecuentemente dan un aviso de falla por medio - de ruidos ultrasónicos.

2.07.3.- Los medidores de nivel de ruido miden el sonido total - promedio en decibeles dentro de varios rangos de frecuencia. Son resistentes y simples de usarse. Hay algunos que muestran el nivel máximo de ruido producido por impacto o explosión.

2.08.- Variación de dimensión.

2.0.81- Los medidores electrónicos amplifican el movimiento de - la cabeza de un estilete. Algunos tienen una sensibilidad de hasta 0.025 micras. Miden la variación de dimensión en superficies, ondulación, rugosidad o falta de esfericidad. No son buenos para superficies de movimiento muy rápido o abrasivas.

2.08.2.- Los registradores de perfil usan una cabeza pieza eléctrica o magnética que barre a través de la superficie registran-

do la magnitud de las variaciones de dimensión de la superficie.

2.08.3.- Los dispositivos ópticos de no contacto miden las variaciones de la luz reflejada en la superficie, ya sea en movimiento fija a través de un atado de fibras ópticas. Leen únicamente el desplazamiento relativo.

2.09.- Variación de alineamiento.

2.09.1.- Los autocolimadores ópticos miden telescópicamente el - aliniamiento y la rectitud en distancias muy largas.

2.09.2.- Los detectores de falta de alineamiento usan luz polarizada para alineamiento extremadamente exacto de herramiento angulares. se pueden obtener exactitudes de un segundo arco".

2.09.3.- Los medidores electrónicos colocados sobre cualquier superficie dan lecturas instantáneas de la desviación del desnivel verdadero en medidores portátiles.

2.10.- Deformaciones.

2.10.1.- Los medidores de deformaciones o de esfuerzos son resistores planos y delgados unidos a la superficie bajo estudio. La resistencia eléctrica varía con el más ligero cambio en dimensión Requieren equipo auxiliar y un gran entrenamiento del operador - y se usan principalmente para estudio de equipo problema.

2.10.2.- La pintura sensible al esfuerzo se resquebraja instantáneamente cuando se deforma la superficie a la que está aplicada. La hay con varios margenes de elasticidad.

2.11.- Sistemas detectores de fallas.

2.11.01.- Los detectores ultrasónicos de fallas, miden las variaciones en el espesor del material o de las soldaduras y la -- presencia de grietas o inclusiones así como a la distancia a que

se encuentra. Se requiere algo de entrenamiento del operador. -- . Las lecturas se hacen a través de un osciloscopio. Algunas unidades portátiles detectan corrosión escondida bajo la superficie.

2.11.02.- Los medidores de resonancia sónica miden el espesor -- de pared y evidencia de resonancia o desgaste por resonancia o desgaste por resonancia dentro del material. No son útiles para formas complejas.

2.11.03.- Los medidores de discontinuidad de campo tienen probadores que sienten las grietas de superficie y los defectos en toda clase de metales a través de corrientes eddy. Con las unidades sensoras de resistencias se determinan pérdidas de espesor.

2.11.04.- Los instrumentos de radiaciones gamma también determinan pérdidas de espesor.

2.11.05.- Los detectores de partícula magnética, utilizan suspensiones de partículas magnéticas en un fluído que se aplica -- en la superficie metálica junto con un electroimán portátil. Las partículas se amontonan en las grietas de la superficie o subsuperficiales y facilitan su detección. Algunas soluciones se endurecen y se convierten en películas que se pueden arrancar enteras.

2.11.06.- Los sistemas de partículas electrostáticas se basa en la migración de partículas cargadas hacia las fallas o debilidades en el vidrio u otros recubrimientos aislantes.

2.11.07.- Los sistemas de colorantes penetrantes utilizan partículas de alta visibilidad y que tienen tendencia a introducirse en las grietas, en una solución de evaporación rápida que se puede limpiar con un trapo. Algunos detectan partículas fluorescen-

tes bajo luz ultravioleta.

2.11.08.- La radiografía portátil utiliza isótopos con protec-- ción o bulbos de rayos X como fuente para rayos gamma. Unidades nuevas pequeñas y de muy poco peso permiten hacer pruebas de rayos X en agujeros de hombre, pequeños recipientes y tuberías

2.11.09.- Los detectores de fallas en recubrimientos de superficies usan alta tensión y baja intensidad sobre un frotador o cepillo conductivo conductivo que se mueven sobre las superficies recubiertas. Las fallas en el recubrimiento provocan descargas en la punta del cepillo.

2.11.10.- También hay disponibles detectores de fallas para propósitos especiales. Así, por ejemplo, hay un medidor de escale-- ras de mano que mide la deflexión de los escalones bajo cargas - de 250 Kg. y es de tipo portátil.

2.12.- Fugas de aire o gas.

2.12.01.- Los detectores de fugas por conductividad térmica in-- cluyen un sistema manual portátil o de pilas, de bombeo de vacío para el control del probador. Detecta la presencia de casi cualquier gas que no sea el aire, arrastrándolo en un oficio muy pequeño del probador.

2.12.02.- Los detectores sónicos usan micrófonos o probadores -- sensibles, amplificadores y audífonos o medidores, para localizar ruido de fugas.

2.12.03.- Los detectores de halógenos utilizan una llama piloto indicadora o un probador electrónico para sentir la presencia de cualquier gas que contenga halógenos.

2.12.04.- El espectrómetro de masa tiene un sistema de alto vacío

integral con la unidad sensible a cualquier gas inerte preesta-- blecido. Requiere una conección para alto vacío a su probador o al recipiente que está bajo prueba.

2.12.05.- Los detectores ultrasónicos usan un micrófono diferen-- cial o de contacto sensible únicamente a ultrasonidos en la re-- gión de 35 a 45,000 cps., los traduce en frecuencias audibles para audífono, medidor o altavoz montado en banda. Detecta fugas - de presión o de vapor desde una gran distancia. El probador de - contacto detecta fugas en válvulas y tuberias.

2.12.06.- El medidor de fugas en roscas de tuberias revisa el -- ajuste de las cuerdas macho o hembra de la tuberia comparandolos contra un estandar.

2.13.- Presión o Velocidad de aire o gas.

2.13.01.- Los medidores movibles miden la velocidad del aire en - la entrada del probador-medidor unido a una manguera. Una carátu- la graduada indica la presión en márgenes desde 6 hasta 730 me-- tros cúbicos por minuto.

2.13.02.- Los medidores de bola flotante muestran la velocidad - del aire o el tiro aproximado.

2.13.03.- Hay manómetros disponibles en cientos de configuraciones diferentes, desde unidades de tubo inclinado con una sensi-- bilidad de 1.2 mm. de columna de agua hasta tubos U flexibles de bolsillo que miden hasta 500 mm. de columna de agua.

2.13.04.- Los medidores de presión de diagrama son convenientes para mediciones de tiros. Están disponibles con sensibilidades - hasta de una diferencia de presión de 0.25 mm. columna de agua.

2.13.05.- Los medidores de flujo de aire o gas en probadores mon

tados fijos o sujetos con la mano. Tienen una sensibilidad diferencial hasta de 0.025 mm. columna de agua.

2.13.06.- El medidor de aguja hipodérmica que se puede meter en una manguera lee la presión del aire comprimido o del gas y el orificio que se hace se sella por sí solo.

2.14.- Presión de flujo hidráulico.

2.14.01.- El probador hidráulico combina dos medidores de presión flujo y temperatura con una válvula de ajuste en sistemas hidráulicos de hasta 350 Kg/cm.2, señala fugas,componentes atorados o trabajando fuera de lo normal.

2.14.02.- Los detectores ultrasónicos y sónicos detectan fugas - pequeñas o paros directos internos en válvulas o reguladores teóricamente cerrados.

2.15.- Medición de temperatura.

2.15.01 Los pirómetros termopares o termópilos miden desde la -- temperatura ambiente y más abajo hasta 2700°C. Un parbimetálico - genera la corriente necesaria para operar el medidor. Hay unidades disponibles con probadores desde agujas hipodérmicas hasta tintas para determinar temperaturas en rodillos.

2.15.02.- Los indicadores de temperaturas de termistor o de resistencia usan elementos sensores de poco peso cuya resistencia varía considerablemente con la temperatura y son sensibles a fracciones de grado, con una respuesta rápida.

2.15.03.- Hay termómetro que incluyen diferentes tipos de vástago bimetálico, del espesor de un lápiz, con carátula semicircular para poderlos llevar en el bolsillo.

2.15.04.- Los termómetros infrarrojos sienten la energía térmi--

ca emitida por cualquier objeto caliente. Las unidades con mirilla de pistola leen casi instantáneamente la temperatura para -- cualquier punto alejado unos cuantos metros. Los tipos manuales varían entre 80 y 4000°C.

2.15.05.- Los crayones, pinturas, perlitas y papel sensible a la temperatura permanecen inertes hasta que se llega a una temperatura predeterminada en la cual cambian irreversiblemente de co-- lor o se funden. Son económicas para evidencias positivas de sobrecarga de equipo o sobretemperatura. Hay rangos desde 40 hasta 1600°C.

2.16.- Flujo de Calor.

2.16.01.- El preindicador diferencial de temperatura da lecturas de diferencias de temperatura entre dos probadores del tipo de - resistencia. Tienen una exactitud de hasta 0.14°C. Señalan aislamientos pobres en la superficie de los cambiadores de calor.

2.16.02.- El medidor de flujo de calor da lecturas instantáneas de dentro hacia afuera de cualquier superficie desde 3 a 1350 -- Kcal/h2.m2. El probador es una termopila del tamaño de una billetera. Señala los puntos de aislamiento defectuoso ya sea del lado caliente o del lado frío.

2.17.- Analizadores de Combustión.

2.17.01.- Los analizadores de combustión suelen suministrar lecturas continuas del por ciento de Co, H e hidrocarburos en los - combustibles que quedan en los gases de la chimenea. El gas muestreado se quema en una camara analizadora, generalmente con un - catalizador. Se utiliza para análisis de la combustión en hornos calderas y máquinas de combustión interna. Algunas veces se combinan con un analizador de oxígeno, en el cual éste reacciona con

el hidrógeno de un generador integral a una temperatura proporcional al contenido de oxígeno, y un pirómetro termopar en un -- juego para una diagnosis más completa de los gases de la combustión.

2.17.02.- Los analizadores de densidad relativa miden continuamente la densidad de un gas contra la de un gas patrón (generalmente aire). Para usos donde existe una relación definida entre la densidad relativa y el análisis de gases es de mucha utilidad.

2.17.03.- Los aparatos Orsat que trabajan bajo el principio de absorción de gases por soluciones químicas, hacen el análisis - de cualquier muestra discreta de gases de una chimenea indicando el porcentaje en volumen de CO_2, O y CO.

2.17.04.- Los medidores de humo fuerzan una cantidad predeterminada de gases de la chimenea a través de un papel filtro y se - compara este papel filtro con estandares para medir los niveles de hollín.

2.18.- Analizadores de gases.

2.18.01.- Los analizadores de conductividad suministran lecturas del porcentaje de varios gases midiendo simplemente la diferencia del efecto enfriador sobre un alambre caliente.

2.18.02.- Varios analizadores de gases utilizan reacciones químicas visibles para indicar el porcentaje de gases especificos en - la muestra. Otros usan corrientes en reacciones electroquímicas - para medir gases como el cloro, ozono y anhídrido nítrico.

2.19.- Otros analizadores.

2.19.01.- El indicador de presión de tiempo promedio de una má--

quina lee directamente la energía y la potencia de la máquina -- y las condiciones de carga en cada cilindro de una máquina diesel o de gas. Un mecanismo medidor interno absorbe las fluctuaciones de presión. Es adecuado para determinar cuales son los cilindros que estan fuera de lo normal o para balancear la carga.

2.19.02.- Los transductores de presión de cilindros son cristales de cuarzo introducidos en bujías normales. La señal del transductor se recibe en un osciloscopio. La pantalla muestra una curva directa presión-tiempo para cada cilindro, señalando las fallas en válvulas, anillos, ignición, la conductividad de los gases de escape, la alimentación del combustible, la tensión en las bujías y el tiempo de encendido (con medidores u osciloscopio) y otras variables del motor.

2.20.- Instrumentos Sensibles a la humedad.

2.2001.- Los higrómetros eléctricos muestrean gases o mezclas de gases, desde el aire hasta hidrocarburos saturados en una celda electrolítica. El vapor de agua se absorbe en una película situada sobre el electrodo y la corriente que pasa a través del electrodo es proporcional a las partes por millón de agua.

2.20.02.- La cantidad de humedad en un gas o en un material fibroso generalmente se mide por el cambio de conductividad a través de un sensor semidieléctrico. Los medidores de humedad relativa integran sensores de temperatura y sensores de humedad en una sola lectura, usando generalmente elementos eléctricos o fibras higroscópicas. Los indicadores de punto de rocío usan camaras refrigerantes o de vacío para determinar la temperatura a la cual se condensará un gas.

2.21.- Analizadores de procesos de soldadura.-

2.21.01.- Los analizadores de resistencia de soldadura son combinaciones de sensores que miden y registran simultáneamente el voltaje primario y el voltaje de salida, la corriente, el factor de potencia, la fuerza del electrodo y el recorrido del electrodo.

2.21.02.- Los medidores de limpieza de superficie leen la conductividad eléctrica de las superficies que se van a soldar con arco o con resistencia. Mide y evalúa la contaminación o la oxidación en metales difíciles de soldar.

2.22.- Instrumentos básicos de sistema eléctrico.

2.22.01.- Un medidor básico de movimiento mide tensión, potencia, factor de potencia o mueve las plumas de instrumentos registradores. Los avances más recientes incluyen medidores a prueba de choques en tamaños de 25 cm. y sensibilidades de unos cuantos microamperes. Escalas largas de 270°en medidores de tipo panel; medidores indicadores y registradores de poco precio y de tamaño de bolsillo (del tipo de gancho); multiprobadores resistentes al, que se pueden dejar caer o sobrecargarse sin sufrir daños; y relevadores medidores que son intercambiables con medidores estandar y que sin embargo están provistos de una ó más posiciones ajustables para abrir o cerrar circuitos con las lecturas preestablecidas.

2.23.- Instrumentos electrónicos.

2.23.01.- Los medidores de tubo de vacío registran señales de bajo nivel que se deben de amplificar para poderse medir. Prácticamente no suponen ninguna carga extra en el circuito. Los tipos -

nuevos son transistorizados y muy portáiles. Por desarrollo colateral se tienen miliamperimetros de gancho de corriente directa, del tipo clip para bolsillo, que permiten mediciones desde - 0.01 miliamperes sin tener que abrir circuitos.

2.23.02.- Los instrumentos digitales convierten valores analógicos de corriente tensión a lecturas digitales directas que se desarrollan a intervalos de tiempo específicamente preestablesidos. Reduce los errores del operador y acelera la velocidad de la lectura.

2.23.03.- Los osciloscopios de rayos catódicos muestran la variable que se está midiendo como una deflexión vertical de un rayo electrónico en la cara del osciloscopio. La de flexión horizontal suele estar basada en el tiempo. No tienen comparación para análisis precisos de fenómenos dinámicos complejos sin disturbar el circuito. Las cámaras "polaroid" para conectar dan un registro permanente de la huella.

3.23.04.- Los oscilógrafos registradores utilizan un estilete -- movible o rayos de luz para registrar cualquier valor de corriente o de tensión en un papel o en una película en movimiento. Las velocidades de registro llegan a 750 metros por minuto o más. Los instrumentos con varias plumas son esenciales para eventos complejos interrelacionados.

2.23.05.- El registrador de eventos es el dispositivo más simple que registra las condiciones de encendido o apagado de uno o más circuitos en función de una base de tiempo común. Algunas veces viene combinado con el oscilógrafo.

2.23.06.- Las grabadoras de cinta magnética otrecen un registro de doce o más mediciones eléctricas simultáneas. Generalmente -

vienen con un circuito anexo para hacer señales de corriente directa que se puedan registrar en la cinta.

En las nuevas unidades se pueden efectuar registros con mucha exactitud a velocidades de unos cuantos metros por hora. Es ideal para análisis de pruebas cuando el equipo se debe monitorizar durante periodos largos de tiempo para encontrar un mal funcionamiento transitorio.

2.23.07.- Los registradores y detectores transitorios normalmente monitorizan el voltaje en líneas o circuitos a prueba durante períodos de tiempo grandes, registrando en un medidor de tipo cerrado la tensión pico que se presentó Capta pulsaciones de un -- microsegundo. Otros cuentan el número de veces que se excede la tensión pico. Averigua la falla de componentes (como semiconductores) o de aislamiento.

2.24.- Probadores de aislamiento.

2.24.01.- Los probadores de sobrepotencial de corriente directa incluyen una tensión variable de corriente directa al suministro de fuerza, microamperímetros y circuitos colaterales. El sobre-- potencial se aplica en pasos a traves del cable, del motor o de cualquier otro aislamiento que se esté sometiendo a prueba, mientras se va midiendo las fugas de corriente. Una elevación rápida en las fugas de corriente de acuerdo con la curva de tensión de prueba indica que se está aproximando al punto de ruptura y evita que se presente una falla de aislamiento. La tensión de prueba suele ser de 160% de la tensión de corriente alterna de operación más 1000 voltios. Algunos incluyen luces o timbres de alarma.

2.24.02.- Los probadores de sobrepotencial de corriente alterna son similares en principio a los de corriente continua. No se - usan mucho para pruebas de mantenimiento de equipo industrial - debido a su tamaño (que es muchas veces mayor que el de las unidades de corriente directa) . Suministran un análisis más exacto de las condiciones del aislamiento. Las unidades pequeñas con luces indicadoras de fugas muestran los riesgos, prueban tierras en la estructura en instrumentos portátiles o en otros equipos.

2.24.03.- Los magohmetros incluyen los de manivela, batería o - movidos con motor con una fuente de voltaje constante de corriente directa y con su ohmetro sensible. Se usan mucho para probar condiciones de aislamiento. Una elevación rápida en la fuga de - corriente desde un punto de comprobación al siguiente señala un deterioro en el aislamiento.

2.25.- Probadores de Sistemas de fuerza.

2.25.01.- Los probadores de resistencia de tierras suelen ser - fuentes de corriente alterna o actuados por una batería o una - manivela con un medidor y un potenciometro calibrado. Indican - desde 0.01. ohms. Se utiliza para la comprobación periódica del atenizado del sistema de fuerza.

2.25.02.- Los detectores de tierras con unidades de investigación que se mueven a lo largo de la parte exterior de un conduit para localizar el punto exacto de la tierra interna. Recibe señales de alta frecuencia superimpuestas en las lineas de corriente alterna. Hay modelos para usarse en lineas con corriente y en líneas con corriente y en lineas sin corriente. Algunos diseños - localizan fallas en conduits enterrados.

2.26.- Probadores de componentes.

2.26.01.- Los probadores de relevadores combinan una fuente ---- portátil de alta corriente y medidas de tiempo exacto para pro-- bar la velocidad de operación y la condición de los relevadores térmicos y magnéticos, incluyendo los elementos térmicos de sobrecarga, sin tener que quitarlos de su lugar. Hay modelos de - mucha exactitud para prueba de relevadores e interruptores. Pueden traer integral un analizador de aislamiento.

2.26.02.- Los probadores de conductividad son ohmetros modificados para probar resistencias de microohms a traves de uniones altamente conductivas como las de un interruptor de circuito o -- los contactos para conexiones en barras. Determinan erosión en - los contactos.

2.26.03.- Los medidores relevadores de tensión son tensiometros sensibles que comprueban la tensión del relevador en gramos.

2.26.04 Los probadores de semiconductores miden la conductividad, fugas invertidas y ganancias de transistores, resistencia de semiconductores o diodos. Algunos están diseñados para prueba de - semiconductores directamente en el circuito.

2.27.- Instrumentos para equipo de alumbrado.

2.27.01.- El telefotómetro lee la brillantez de cualquier punto en superficies distantes o cercanas a traves de un visor. Se usa para hacer estudios de comodidad de visión en lugares de trabajo.

2.27.02.- Los medidores de nivel de luz miden la radiación total de la luz que incide sobre la superficie de la fotocelda del instrumento. Determina la aceptabilidad cuantitativa de la luz en - cualquier posición.

3.- APLICACION DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO A DIFERENTES TIPOS - DE EQUIPO INDUSTPIAL.

3.1.- Equipos de transmisión mecánica.

3.2.- Equipo de manejo de materiales.

3.3.- Máquinas herramientas, maquinaria y sistemas hidráulicos.

3.4.- Equipos de proceso, de calentamiento o de soldadura.

3.5.- Equipo de fuerza y alumbrado.

3.6.- Equipo de servicio de la planta.

3.- APLICACION DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO A DIFERENTES TIPOS DE EQUIPO INDUSTRIAL.

He aquí una relación, desglosada por clases principales de equipo, de formas en que los instrumentos pueden ayudar a resolver problemas en la industria.

3.1.- Equipos de transmisión mecánica.

3.1.1.- Baleros.

Investigar vibraciones o ruidos con instrumentos de vibración o acústicos, o con un analizador de baleros.

Investigar los aumentos de temperatura debidos a la fricción en ciertos puntos con instrumentos de temperatura.

Predecir la falla por sobrecarga o por pistas o baleros defectuosos con un analizador de baleros y un osciloscopio o con un transductor ultrasónico.

3.1.2.- Engranes.

Investigar vibraciones o ruidos con instrumentos de vibración o acústicos.

Utilizando un estroboscopio retardador del tiempo o variable buscar golpeteo.

3.1.2.- Coples y flechas.

Comprobar la exactitud de la velocidad o la variación con un tacómetro o un estroboscopio.

Investigar patinajes con transductores ópticos o de proximidad mientras el equipo está operado, o con medidores indicadores.

Investigar latigueo con el estroboscopio o con transductor óptico o de proximidad.

Investigar sobrecargas de torsión con el medidor de torsión o con pintura sensible a esfuerzos.

3.1.4.- Bandas de transmisión.

Medir variaciones en el patinaje con el estroboscopio o con el indicador de velocidad diferencial.

Comprobar la velocidad midiendo la tensión adecuada en la - banda con una báscula de muelles y un medidor de flexión.

3.1.5.- Cadenas de transmisión.

Comprobar latigazos o golpeteos con el estroboscopio.

Determinar el desgaste o sobretensión con el medidor de tensión.

Encontrar fallas en los eslabones con instrumentos detectores de fallas. (partículas magnéticas u otros).

Usar analizadores de ruido o de vibración o estroboscopio - activado por vibración para determinar dientes gastados o defectuosos en las uniones.

3.1.6.- Embragues.

Analizar falso arrastre o acción de liberación con dos tacómetros alimentados a un oscilógrafo registrador junto con una señal de actuación del embarque.

3.2.- Equipo de Manejo de materiales.

3.2.1.- Motoestibadores.

Inspeccionar las partes importantes listadas anteriormente probar el equipo del motor de gas o de diesel de una forma rutinaria con un analizador de motores para mantener la eficacia.

Cuando la capacidad o la rápidez de elevación de la carga - disminuye buscar componentes hidráulicos defectuosos con un analizador hidráulico o localizar fugas internas con registrador - acústico o ultrasónico.

Montar un registrador de impacto en el cuerpo del motoes-- tibador o en las horquillas, para determinar una operación descuida o destructiva.

Cuando las cargas están cerca de la capacidad máxima del -- motoestibador, inspeccionar en forma rutinaria los miembros estructurales críticos y las uniones para elevación, con instrumentos detectores de fallas.

Usando manómetros u otros instrumentos indicadores de pre-- sión de aire, comprobar en forma rutinaria, a la velocidad indicada, la pérdida de presión a traves del enfriador de aire; compararlo con la condición cuando nuevo para determinar el punto - económico de substitución.

Revisar la tensión en la barra de mandos con un medidor de fuerza mecánica, compararlo contra la condición cuando nuevo -- para determinar el deterioro del embrague.

Con el motoestibador cargado medir la capacidad de los frenos y compararlo con la condición cuando nuevo, utilizando un medidor registrador de fuerza mecánica en el cable de arrastre.

Escuchar con un estetoscopio o con un transductor acústico los baleros, válvulas, anillos, juntas universales, dientes de - engranes, etc., con el motoestibador funcionando en diferentes - partes.

Instalar un vibrador de frecuencia variable en el chasis y en la transmisión y localizar ruidos raros con el audífono acústico o de vibración.

Localizar juntas sospechosamente calientes en el sistema -- de enfriamiento con un termistor de respuesta rápida o un termo-

metro IR (radiación de rayos infrarrojos).

3.2.2.- Transportadores.

Revisar los componentes mecánicos básicos como se indica -- anteriormente.

Tomar lecturas del amperaje del motor con carga con un am-- perímetro de gancho, para determinar si existe sobre carga o un ajuste impropio o falta de lubricación.

3.2.3.- Grúas.

Revisar los componentes básicos mecánicos.

Revisar en forma rutinaria las ruedas del Trolley, las --- guías, las flechas y los ganchos, en las grúas críticas, con -- equipo adecuado para detectar las fallas.

Tratar de predecir cuando se van a presentar fallas en las ruedas, operando la grúa y escuchando con el transductor acústi- co golpeteos transmitidos a las grúas.

Revisar los componentes eléctricos de la unidad, como se in dica más adelante en la sección sobre energía y alumbrado.

Revisar en forma rutinaria el nivel de las guías de la grúa con un nivel electrónico u otro nivel de lectura rápida o con un nivel óptico.

3.3.- Máquinas herramientas, maquinaria y sistemas hidráulicos.-

Determinar la causa de una rapidez inadecuada de remoción - de metal comprobando la velocidad con el tacómetro o con el indi cador de movimiento.

Encontrar excesos de fricción en la punta de la herramienta con un termometro IR o con un termistor sensible.

Determinar la causa de dimensiones inadecuadas e inacepta--

bles de una pieza investigando fallas en los baleros y vibración o desgaste en la herramienta.

Utilizar un oscilógrafo registrador para tener el perfil - con un indicador electrónico de precisión.

Investigar errores de operación en cuanto a seguir instrucciones mediante registros con un oscilógrafo analizador de la secuencia de operación de la herramienta, carga de herramienta y - alimentación y velocidad de la misma por medio de transductores apropiados.

Investigar variaciones de velocidad con el estroboscopio.

Investigar las herramientas y alimentaciones erráticias de la masa utilizando un indicador de movimientos lentos.

Inspeccionar inflexiones en miembros estructurales bajo carga, con medidores de esfuerzos, pinturas sensibles a los esfuerzos o medidores electronicos de precisión.

Buscar fallas en la estructura con equipo detector de fallas

Anticipar el desgaste de herramientas o fallas en prensas - forjas y remachadoras con un analizador de impacto.

Usar monturas de tres puntos con celdas de capacitancia bajo el bloque del dado y un oscilógrafo registrador para diagnosticar fallas en las presiones de la forja o de la prensa o la - velocidad de aumento de presión.

Descubrir sistemas hidráulicos gastados o con fallas en -- válvulas o bombas con un analizador hidráulico.

Determinar fallas transitorias en sistemas hidráulicos o - meumáticos con transistores de presión en el flujo y con un oscilógrafo registrador en los puntos claves del sistema.

Investigar problemas causados por temperaturas incorrectas en los moldes de máquinas de moldeo por inyección o vaciado con indicadores de temperatura utilizando un sensor de pequeñas dimensiones o pintura o crayones sensibles a la temperatura.

3.4.- Equipos de proceso, de calentamiento o de soldadura.

3.4.1.- Válvulas, tuberías y tanques.

Investigar corrosión y reducción de espesor de paredes con instrumentos transductores ultrasónicos o sónicos o con equipos de rayos X en las secciones pesadas.

Investigar los puntos débiles en las capas de aislamiento con pruebas de partículas cargadas o probadores de chispas.

Encontrar fugas en recipientes para aire o gas o en tuberías y accesorios con instrumentos detectores apropiados.

Encontrar obturaciones escondidas en las válvulas de seguridad, causadas por producto endurecido, usando equipo portátil de rayos X.

Encontrar fugas en válvulas cerradas con audífinos ultrasónicos o acústicos.

Encontrar fallas en sistemas de vacío con espectrómetros de vacío o de gas inerte o con un transductor ultrasónico. (el rociar una neblina de agua cerca de la fuga aumenta mucha la sensibilidad).

3.4.2.- Rodillos de proceso.

Medir las variaciones de la presión, a lo largo de la cara de los rodillos de presión, alimentando celdas delgadas de carga a través de los rodillos, encerradas en el material si es necesario, o enrollando celdas de carga al rodillo.

Determinar variaciones indeseables de temperatura a lo largo de la cara de los rodillos de calentamiento o de secado con -- un termómetro termistor de respuesta rápida con un rodillo de -- fricción o con un termometro IR.

3.4.3.- Secadores.

Medir el perfil de temperatura erróneas sobre la superficie con un termometro IR o con un termistor; o el perfil de la humedad con sensores de humedad.

3.4.4.- Hornos de tratamiento térmico, hogares, estufas de secado.

Instalar un pirómetro registrador, resistente al calor, en una cara del horno para determinar el tiempo de calentamiento o - de enfriamiento y las temperaturas en diferentes zonas.

Reducir el consumo de combustible y de energía investigando donde hay aislamiento térmico defectuoso con un termistor de respuesta rápida o un probador termopar o un termómetro IR.

Muestrear la atmósfera de gas en forma rutinaria determinando la gravedad específica, la conductividad y otros, usando al-- gun analizador de gases adecuado.

Registrar un tiempo excesivo de apertura de compuestos con - interruptores de límite y un contador de eventos.

Comprobar el ajuste de la flama y la eficiencia con un analizador de gases de combustión.

Investigar el perfil de temperatura a lo largo del horno por medio de termopares, [illegible] o fusibles.

Investigar las excesivas operaciones del contactor, que indicará un termostato ajustado con un margen demasiado estrecho, con contadores eléctricos.

3.4.5.- Equipo de soldadura.

Revisar en forma rutinaria fallas en el aislamiento de los soportes de electrodos y cables, especialmente en áreas húmedas, con un indicador de fugas en el aislamiento.

Investigar en forma rutinaria si las posiciones de la resistencia de la soldadura son las correctas utilizando un analizador de resistencia de soldadura sobre sensores individuales y un oscilógrafo registrador.

3.5.- Equipo de fuerza y alumbrado.

3.5.1.- Sobrecarga.

Compruebe la alimentación con un voltímetro registrador o con un amperímetro registrador de gancho en todas las zonas sospechosas y a todas las horas del día, o marque los cables o las barras conductoras con crayones apropiados de temperaturas, o revise la temperatura del conductor o la de las superficies del equipo desde lejos con un termómetro IR.

3.5.2.- Aislamiento.

Revisar en forma rutinaria en los cables, barras, aisladores, transformadores, interruptores y motores las condiciones de aislamiento para predecir cuando se van a presentar fallas, con un probador de sobrepotencial de corriente directa o con un megaohmmetro.

Localizar fallas en cables con unidades de descarga de chispas de alta frecuencia.

3.5.3.- Problemas de carga.

Determinar el consumo de energía, la corriente de alimentación o el factor de potencia de cargas sospechosas de problemas.

Conectar medidores registradores apropiados en el alimentador o en la entrada de servicio. Conectar las cargas en forma de - secuencia llevando registros cuidadosos del tiempo con un cro-- nómetro. La correlación de ambos registros mostrará la fuente - de problemas.

3.5.4.- Tierras. Investigar en forma rutinaria tierras defectuosas o corroidas con un medidor de resistencia de tierras.

3.5.5.- Relevadores de sobrecarga.

Compruebe las características de interrupción, a diferen-- tes sobrecargas, de los elementos térmicos.

3.5.6.- Interruptores de circuito.

Comprobar la resistencia de los contactores (aumentada por corrosión o contactos sucios) con un probador de conductividad.

Revisar puntos de las armaduras en mal estado o la opera-- ción de la varilla de empuje con un oscilógrafo registrador de- alta velocidad usando la alimentación de los interruptores de - límite o los transductores de respuesta a la posición de la ar-- madura.

3.5.7.- Relevadores con interruptor de engrane.

Revisar rutinariamente con probadores analizadores de rele- vadores.

3.5.8.- Transformadores, reguladores.

Revisar el aceite aislador y el deterioro con un probador - dieléctrico adecuado o de contaminación.

Tratar de escuchar descargas de efecto corona en los aisla dores con un transductor ultrasónico.

3.5.9.- Interruptores, contactos de presión y juntas de barras -

de distribución.

Evitar pérdida de tiempo en la búsqueda de lugares que necesitan atención marcando con crayón de temperatura todas las superficies con carga o investigando la superficies con carga con un termómetro IR, o con una cámara de rayos infrarrojos.

3.5.10.- Fusibles.

Investigar el deterioro comparándolos con la condición cuando nuevos, cerca de sobrecarga, con un probador de alta sensibilidad de conductividad en la montura de los fusibles.

3.5.11.- Motores y generadores.

Efectuar las pruebas básicas anteriores.

Revisar la vibración de los cepillos (colectores) con el estroboscopio o con un transductor de proximidad.

Buscar un chisporroteo excesivo de los cepillos colectores, en áreas inaccesibles, con un estetoscopio ajustable o con un audífono acústico.

Comprobar la velocidad y el amperaje con carga normal y sin carga y comparar los resultados con lecturas de cuando nuevo, para cualquier indicación de cortocircuito, ruptura de bobinado, voltaje anormal o controles defectuosos.

3.5.12.- Arrancadores y controles.

Revisar los relevadores de sobrecarga como se indica anteriormente.

Revisar los diodos, transistores y otros semiconductores con probadores en el lugar.

Comparar las condiciones de bulbos electrónicos con lecturas de cuando nuevas en un probador industrial de bulbos.

3.5.13.- Equipo de seguridad.

Revisar los guantes de seguridad, bastones calientes, herramienta aislada, etc. con probadores de sobrepotencial como práctica de rutina.

3.5.14.- Iluminación.

Substituir las lamparas en grupos para obtener resultados económicos, usando criterios de pérdida de producción determinados a partir de lecturas normalizadas de rutina de los niveles de iluminación, utilizando un medidor de niveles de iluminación.

Acabar con las áreas de iluminación pobre por medio de registros de iluminación de toda la planta.

Determinar un programa más económico para lavar luminarias o focos de pared en base a lecturas con un medidor de nivel de iluminación.

Determinar la relación de altura con brillantez y los problemas que ocasiona para la vista con un espectrofotómetro.

3.6.- Equipo de servicio de la planta.

3.6.1.1- Ductos.

Encontrar desperdicios de corriente y lugares productores de ruido en codos, accesorios y unidades de transición con probadores de flujo de aire a través del sistema.

Utilizar las lecturas de caida de presión estática de un manómetro para determinar si las rejas o los accesorios son del tamaño adecuado o si los filtros necesitan substitución.

3.6.2.- Ventiladores y Calentadores.

Investigar los ruidos con dispositivos acústicos o sensores de vibración. Si se trata de las paletas de un ventilador utilizar un estroboscopio para determinar fallas.

Investigar caídas de temperaturas a traves de radiadores calentadores unitarios o conductores con un termómetro de contacto de respuesta rápida o con un termómetro IR para localizar obstrucciones o incrustaciones internas.

Localizar trampas de vapor que no funcionen en forma correcta.

Investigar fugas de vapor en los sistemas de condensado de los sistemas de calentamiento con detectores ultrasónicos y con rociado de neblina de agua.

3.6.3.- Aislamiento.

Localizar aislamiento defectuoso o demasiado delgado en paredes, ductos de calderas, lineas de vapor o de agua caliente con un termistor de respuesta rápida u otro tipo de termómetro probador, instrumento IR o sensor de flujo de calor.

Utilizar lecturas tomadas con un medidor de nivel de ruido para determinar fuentes frecuentes de ruidos molestos y para probar la eficiencia de la instalación de aislamiento acústico.

3.6.4.- Comodidad.

Usar termómetros registradores y medidores de flujo de aire montados en parejas y en todas direcciones a nivel del hombro y del tobillo en lugares de trabajo, para evitar lugares con temperaturas extremas.

Conectar registradores de eventos a los circuitos de termostatos de los cuartos para aislar excesivos ciclos de encendido y apagado.

Localizar y evaluar la economía de corregir las peores fugas de aire a traves de las ventanas, puertas y grietas en la albañilería con un detector sensible de flujo de aire.

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MEXICO
QUIMICA

3.6.5.- Equipo compresor de aire.

Utilizar un medidor de aire del tipo de aguja hipodérmica - en la manguera de succión como una forma rápida de determinar - la caída de presión de aire bajo carga completa.

Investigar en forma rutinaria la torsión real del embrague o herramientas de impacto con un medidor de torsión.

III.- ASPECTOS ADMINISTRATIVOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

1.- Seguridad

2.- Almacen.

3.- Conclusión

1.- SEGURIDAD.

Es común en toda planta industrial el tener un programa--- de seguridad, pero si no lo tuviera es fundamental empezar a desarrollarlo. Un programa efectivo de seguridad no solo disminuye -- los accidentes, con la consiguiente reducción de costos, sino que también y quizá esto es mas importante, eleva la moral del personal, después de un período de ajuste, al crear el hábito de hacer las cosas de la manera más segura, que muchas veces es también la más eficiente.

Al empezar a desarrollar un programa de Mantenimiento Pre-- dictivo es fundamental el revisar el programa de seguridad desde este nuevo ángulo. El cambio más importante es que, en las plantas donde no se hace Mantenimiento Predictivo, las reglas de seguridad suelen prohibir claramente el que personal de mantenimiento trabaje en equipo en operación, siendo necesario bloquear interruptores eléctricos válvulas, etc., con candado y tarjetas, para efectuar cualquier trabajo en el, mientras que en Mantenimiento Predictivo se requiere que el inspector realice la mayor parte de su trabajo con el equipo en operación; de hecho la esencia del Mantenimiento Predictivo es evitar pararel equipo para inspecciones.

Otro cambio muy importante, unido al anterior, es la necesidad de redefinir responsabilidades, ya que ahora al intervenir -- mantenimiento durante la operación del equipo se desplazaran, en cierta forma, las áreas de responsabilidades.

Es muy conveniente, desde todos los puntos de vista, el preparar unas reglas generales que les sirvan de guía a los inspectores, para su trabajo normal. Estas reglas deben incluir, desde luego, información sobre el equipo de seguridad (casco, lentes,-

zapatos, guantes, etc.) que es obligatorio en cada área; deben incluir también indicaciones sobre cómo debe comportarse el inspector ante actos inseguros observados en el área que visita (dependiendo de la gravedad del acto inseguro lo debe corregir en el acto y/o reportarlo al supervisor inmediato de la persona que está cometiendo el acto inseguro); otro punto que debe cubrir es especificar aquellos lugares en donde es necesario que otra persona acompañe todo el tiempo al inspector, y las piezas de equipo para cuya inspección se requiere que haya otra persona junto a los mandos del equipo, para interrumpir inmediatamente su operación en caso de emergencia. No está de más el repetir, en estas reglas generales, algunas reglas básicas de seguridad, como el no usar ropa suelta, ni joyas en las manos cerca de maquinaria en movimiento, no operar ninguna válvula, interruptor o máquina que estén en producción (siempre debe ser el operador responsable el que haga este trabajo), cooperar a la limpieza y el orden general de la planta, respetar las indicaciones y avisos de cada área, etc.

Es importante que todo trabajo de inspección de Mantenimiento Predictivo, por rutinario que parezca, vaya bien descrito en un instructivo, indicando con detalle los pasos a seguir, así como las condiciones inseguras que se puedan presentar y la acción correctiva inmediata. A riesgo de ser repetitivo, es conveniente incluír en cada instructivo individual las reglas elementales de seguridad que se deben de seguir. Así, es conveniente que el punto uno de todo instructivo diga:

1.- Avise al operador en turno que se va a llevar a cabo la inspección del equipo,

y a continuación intercalar, en lugares pertinentes, tantas recomendaciones de seguridad como se considere conveniente.

2.- ALMACEN.

En las plantas donde ya tienen desarrollado y trabajando, un programa de mantenimiento preventivo, el almacén de refacciones se controla, fundamentalmente, por el programa maestro de mantenimiento preventivo. Es decir, si se ha programado reemplazar las bandas V de los motores de una cierta área cada seis meses, el almacén necesitará tener el juego completo de bandas con la anticipación necesaria a la fecha en que está programado el cambio. Este sistema sobre simplificado de determinación de inventario en almacén es una de las grandes ventajas del mantenimiento preventivo.

Sin embargo, al instaurar un programa de Mantenimiento Predictivo, el sistema vuelve, en parte, a lo que suele ser en una planta que trabaja solamente con mantenimiento correctivo, es decir, hay que aplicar métodos estadísticos a la experiencia real para determinar máximos y mínimos, ya que ahora no se cambiarán las refacciones a fecha fija, sino cuando empiecen a dar señales de falla, lo cual es un periodo variable.

El aplicar el Mantenimiento Predictivo representa, con respecto al problema de almacén, una ventaja sobre el mantenimiento correctivo, ya que las pruebas no destructivas permiten procedir con una cierta anticipación la falla de una refacción, en muchos casos con tiempo suficiente para ordenarla fuera de la planta y tenerla a tiempo, lo que permite llevar un inventario mínimo de muchas refacciones.

3.- CONCLUSION.

Es difícil encontrar dos plantas con la misma organización en su departamento de mantenimiento. Esto se debe a que no hay dos plantas idénticas en tamaño físico, antigüedad, localización tipos y distribución de servicios, etc.
y todas ellas tienen diferencias de organización, políticas de operación y personal, aparte de que los problemas de mantenimiento son distintos según las características del proceso. Pero esto no afecta al desarrollo de un programa de Mantenimiento Predictivo, ya que éste es más una filosofía de operación que un método básico de trabajo. Normalmente no cambia el número de obreros necesarios (sino es que se reduce algo), y cuando mucho es necesario aumentar el personal en uno o dos oficinistas y entrenar a parte del personal existente en el manejo de los instrumentos para pruebas no destructivas.

El desarrollo de un programa de Mantenimiento Predictivo no implica necesariamente una inversión inicial fuerte en instrumentos nuevos, ya que hay varias compañías que prestan el servicio, lo cual permite ir entrenando al personal propio y adquiriendo el equipo necesario a medida que se vaya encontrando justificable y se puede continuar alquilando el equipo y servicio de uso menos frecuente.

Por lo que respecta al papeleo inherente a un programa de Mantenimiento Predictivo, pocos son los cambios que es necesario hacer. Cada planta tiene un sistema propio de distribución de copias y de canalización de papeles, dependiendo del personal específico y de los problemas de organización, pero son tan pequeños los cambios necesarios para el Mantenimiento Predictivo, que no

importa cual sea el sistema que se siga, se podrá adaptar fácilmente a las nuevas necesidades.

Cada caso individual deberá ser planeado por los interesados teniendo en mente que cuanto más simple sea la organización al principio, más fácil será irla modificando para que se ajuste a las necesidades que vayan surgiendo.

IV.- BIBLIOGRAFIA.

Generalidades sobre Mantenimiento Predictivo.

1.- Garlson S., "La ultrasónica y lo que podrá esperarse de ella", Industrial World en Español, (sep. 1966), pags. 50 y 51.

2.- Carlson S., "Control e inspección de procesos por instrumentos ultrasónicos", Industrial World en Español, (sep. 1966)- pags. 56 a 58.

3.- Saito F., "La industria japonesa avanza en ultrasónica", Industrial World en Español, (sep. 1966), pag. 60.

4.- Elonka S. "Nondestructive Testing", Power special report, -- (March 1958).

5.- Nottinger R. H., "Nondestructive Testing", Chemical Engineering, (February 28, 1966), pags. 87 a 92.

6.- Gleekman L. M., "On the Job Nondestructive Testing", Chemical Engineering, (April 11, 1966), pags. 198 a 206,

7.- Quinn G. C., "Take costly guesswork out of equipment efficiency", Reprinted from Factory, (January 1965).

8.- Bogart H, G., "The Place for Nondestructive Tests in the --- field of Plant and Equipment Overhaul", Magnaflux Corporatión M-158.

Técnicas principales en las que se basa el Mantenimiento Predictivo. Las mismas referencias anteriores y:

Ultrasónica.

9.- "Chemical Vessels Checked Ultrasonically", Plastics División of Allied Chemical Corp., Bulletin nomber SO-16 (reprinted - from Magnafacts, Sprong 1965, Magnaflux Corporation).

10.- "Ultrasonic Testing," Sonizon SO-300 Magnaflux Corporation.

11.- "The M_Scape", Fisher Research Laboratory, GT-4, GT-5 GT-6, T-30.

Temperatura.

12.- "Multigas leak detector industrial model SA-64A", Bacharach, code 27-7027.

13.- "Temperature Electrically Ameresco model T-1", Amstro Corporatión.

Vibraciones

14.- "Balancing Machines", International Research and Development Corporation, IRD # 525.

15.- "Vibration the positive Key to machinery condition", International Research and Development Corporation, IRD # 823.

16.- "Industrial Gear Care Accesories", TEDECO catalog M62.

17.- "Magnetic particle inspection systems", Magnaflux Corporation, From Nª 140-5 2M 3-65 GE.

18.- "Magnetic particle inspection systems", Magnaflux Corporation, From Nª 155, 10M, 7-62, GE.

19.- Patterson N.C., Armco Avoids Accidents with Lifting Inspection Program", Magnaflux Corp. Bulletin M-86, (Reprinted -- from Power Enginnering, November 1955).

20.- "Spotting Trouble Before It Happens Pays At Bake lite Company", Magnaflux Corp., Care History Nª 55-2. (Reprinted from Magnafacts Vol. 3, Nª 1).

21.- "Magnetic Participe Testing", Magnuflex Corp. from Nª 151-4 15M, 3-65, GE.

Radiaciones.

22.- "Penetron nucleonic instruments for n=destructive measurement of tubes, pipes S vessel Wa s", United.

Engineers, Bulletin Nº 1010 6-1-61 5M.

23.- Rehnberg J. D., "Now, spot impending Trauble with a BTU camara", Power, (March 1965), pp. 49-52.

24.- "Industrial Radiography with Isotopes", Picher X Ray Corp. Bulletin # 1527.

25.- "Scientific Equipment", Philips, WA 16-E3, WA 16-EG.

26.- "X-Rays in Industry", Wstinghouse Electric Corporation. -- X-404-200.