

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



Mantenimiento de la Refinería de Petróleo en Talara

**TESIS DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO Y ELECTRICISTA**

CARLOS E. SEMINARIO GARCES
PROMOCION 1960

LIMA - PERU 1966

I N D I C E

	<u>Página No.</u>
INTRODUCCION	1
PROGRAMACION	5
Organización de la Sección Industrial	5
Equipo Principal que recibe Mantenimiento	6
Inspecciones	11
PLANEAMIENTO	25
Ordenes de Trabajo	25
Reuniones de Planeo	32
Coordinación	35
Permisos de Trabajo	38
Sistemas de Planeamiento	39
Ejemplo de Planeo por la Ruta Crítica	42
MATERIALES	61
Pedidos	64
Reporte de Existencias	66
COSTOS	75
SIMPLIFICACION	
CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFIA	95

INTRODUCCION

La refinería de Talara comprende una unidad de destilación primaria, cuatro unidades de craqueo térmico y dos unidades de destilación al vacío; comprende además; una planta de preparación de bases de aceites lubricantes, una planta de grasas, una planta depropanizadora, planta de tratamiento de productos destilados, planta de tratamiento de gas producido, un alambique para preparar asfaltos sólidos y un sistema de mezcla para asfaltos líquidos; complementadas todas estas unidades por una planta de generación de vapor, una de aire comprimido y un sistema de agua salada para enfriamiento y contra incendio.

El funcionamiento y relación entre estas unidades es el siguiente:

El petróleo crudo, o "crudo" como lo denominaremos en adelante se procesa primeramente en el alambique tubular a un promedio de 55.0 MB/D (miles de barriles por día), la temperatura con la cual entra a la torre de destilación es de 660°F y la presión dentro de ésta varía entre 10 á 12 PSI, en esta unidad se producen las naftas de destilación primaria (liviana y pesada) el kerosene, aceite diesel y el crudo reducido que es el residuo de esta destilación primaria.

El crudo reducido de esta unidad es la carga a los alambiques de craqueo térmico que son cuatro y procesan un promedio de 4.0 MB/D cada uno, la temperatura de entrada al primer recipiente de destilación es de 910°F y las presiones varían según el tipo de torre ó recipiente desde 60 PSI á 250 PSI, los productos de este proceso son la nafta craqueada, un aceite liviano denominado gas oil craqueado usado como componente del Combustible No.4, y; los residuos llamados brea que son usados en la preparación de Combustible No.5 y No.6 ó; para procesarlos en la obtención de las bases asfálticas.

Las plantas al vacío son dos, la planta de asfaltos y la planta de lubricantes, las cuales procesan indistintamente:

- Crudo reducido para corregir su viscosidad a Combustible No.6 o para producir base asfáltica de 105/115 SP (°F de punto de ablandamiento).
- Productos de recuperación del sistema de desagües (slop).
- Gas oil craqueado para obtener nafta y un gas oil de bajo pour point componente del diesel No.2.

En la planta de asfaltos se procesa en particular una base importada de 500ⁿ viscosidad Furol a 122°F para producir bases asfálticas de 85/100 Pen. y cementos asfálticos. Asimismo, en estas planta, se procesa la brea de craqueo para producir base asfáltica 60/70 Pen.

La planta de lubricantes, es la única que produce bases de aceites lubricantes, de allí su nombre, su carga en este caso es crudo reducido LCT.

La temperatura de entrada a las torres al vacío en estas unidades varían con el proceso desde 450°F á 800°F. y la presión es de cero PSIA. (ó 29ⁿ de vacío).

Los asfaltos sólidos se preparan en un recipiente cilíndrico horizontal, oxidando con aire las bases asfálticas, este recipiente se denomina Oxidador No.6.

Las bases de aceites lubricantes sufren un proceso de tratamiento con ácido sulfúrico y luego se filtran; estas operaciones se realizan en la llamada planta de agitadores.

Los productos del alambique tubular, tales como nafta, kerosene y diesel son tratados con soluciones de soda cáustica en una planta denominada de "Tratamientos" antes de ser enviados a los tanques de almacenamiento.

La nafta craqueada, es despojada de sus gases más livianos especialmente el propano en la planta depropanizadora.

Los gases producidos por la destilación en el alambique tubular, unidades de craqueo y depropanizador son tratados con una solución de monoetanolamina (MEA) que es un absorbente del SH_2 , y; libres de este gas ácido, los gases producidos, son comprimidos y enviados a las plantas de gas en el campo.

Una planta de vapor con una capacidad de 100,000 lbs./hora a 135 PSI provee del vapor necesario para destilación, accionamiento de bombas, calentadores y sistema contra incendio.

Una batería de tres compresores recíprocos movidos eléctricamente y un compresor a motor diesel proveen del aire necesario para instrumentos neumáticos, máquinas-herramientas neumáticas y para agitación en tratamientos especiales.

Tres bombas verticales, eléctricas de 350 HP proveen del agua salada necesaria para enfriamiento y sistema contra incendio.

Las unidades a las que nos referiremos en la siguiente exposición son:

- Alambique Tubular.
- Unidades de Craqueo.
- Plantas al Vacío.
- Planta de Vapor.

Mencionaremos pautas referentes al mantenimiento de recipientes en plantas de tratamientos y sistema de agua salada.

En el Capítulo de Costos, referiremos en forma descriptiva el detalle a una de las unidades de craqueo térmico por considerarla la más representativa a los fines de la presente exposición.

En la figura 1, se presenta en forma esquemática la relación de procesos que recibe el crudo en la refinería.

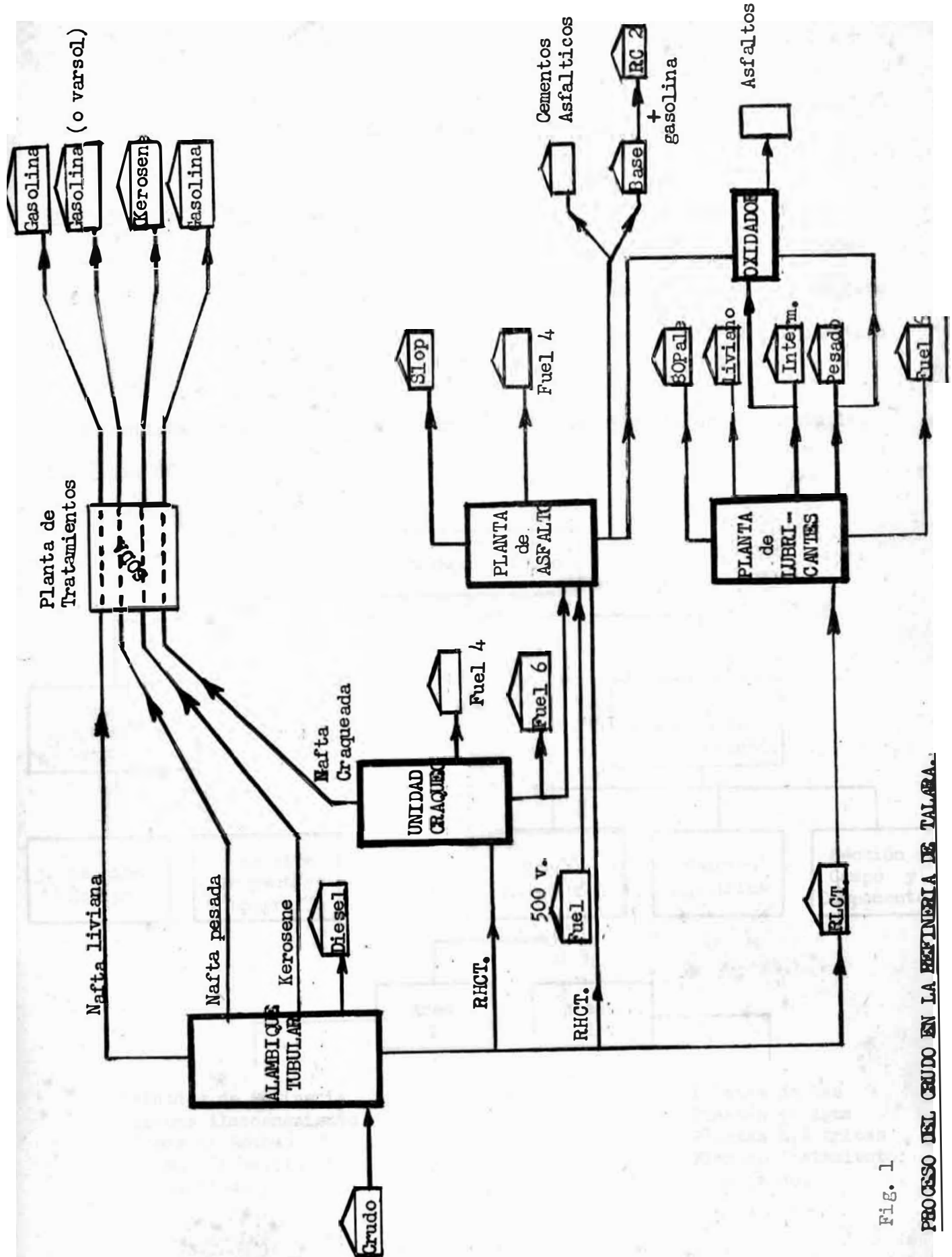


Fig. 1

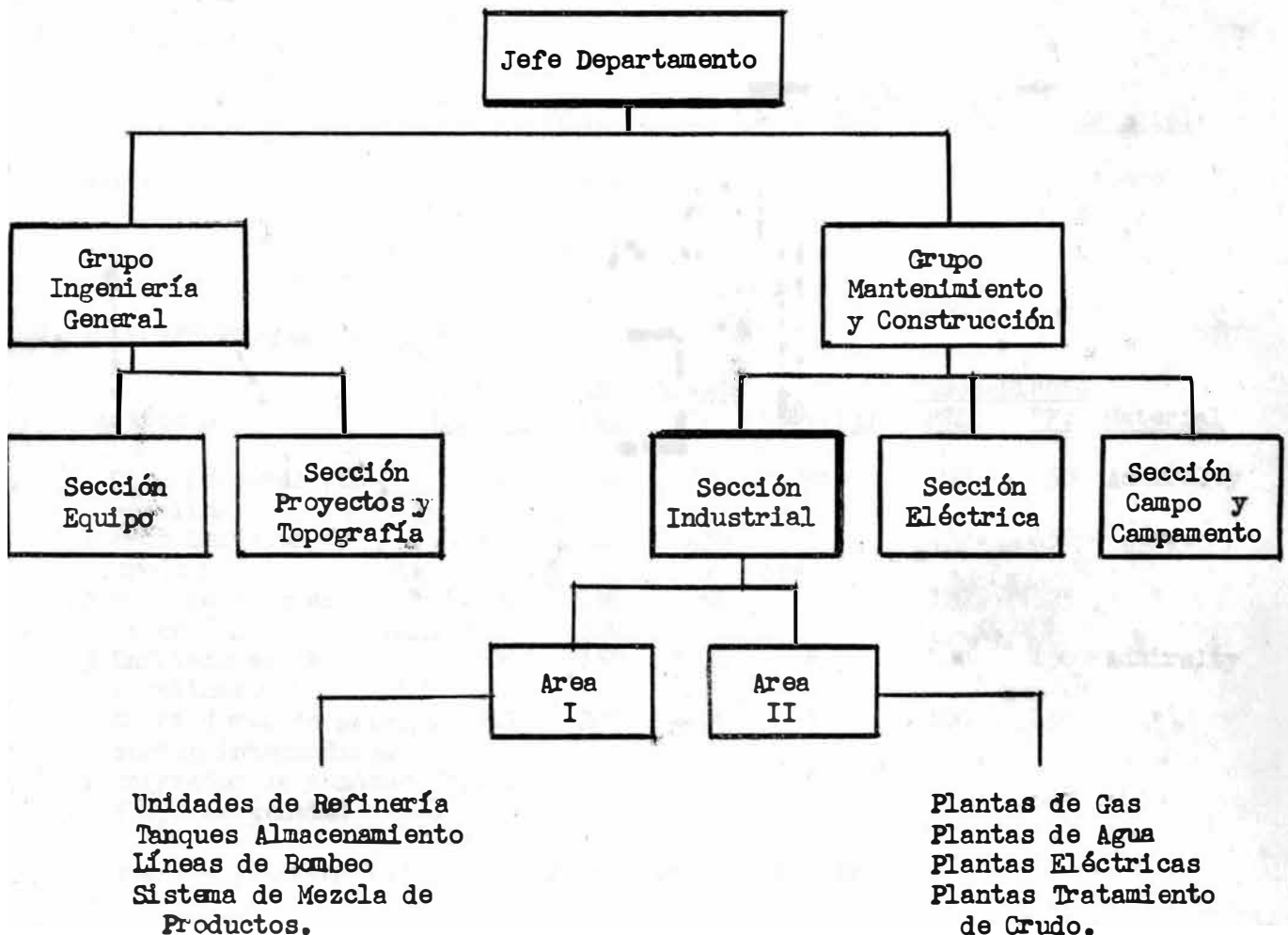
PROCESO DEL CRUDO EN LA REFINERIA DE TALARÁ.

PROGRAMACION

Organización de la Sección Industrial

El mantenimiento de la refinería de Talara es hecho por la Sección Industrial del Departamento de Servicios Técnicos. Esta sección cuenta con un jefe de sección y dos supervisores de área, el Area I es la que realiza el servicio de mantenimiento de la refinería.

A continuación se presenta el cuadro de organización del Departamento de Servicios Técnicos.



Equipo Principal que recibe mantenimiento

A continuación se presenta una relación simplificada del equipo principal que recibe mantenimiento en las unidades de la refinería:

Unidad: Alambique Tubular

A. Torres

<u>Artículo</u>	<u>Servicio</u>	<u>Dimensiones</u>	<u>No. Platos</u>	<u>Diseño</u>		<u>Material</u>
				<u>PSI</u>	<u>°F.</u>	
Torre 101	Fraccionador	Topo 12 1/2" x 43'	15	50	650	Acero
		Centro 16 1/2" x 52 1/2"	19	50	650	"
		Fondo 5 1/2" x 11 1/2"	4	50	650	"
4 Torres Laterales	Despojadores	4'0" x 14'0"	Variable	75	650	Acero

B. Recipientes Cerrados

<u>Artículo</u>	<u>Servicio</u>	<u>Dimensiones</u>	<u>Diseño</u>		<u>Material</u>
			<u>PSI</u>	<u>°F.</u>	
D-101	Separador de destilado.	7 1/2" x 20'0"	50	650	Acero
D-2	Separador de gas.	3' x 5'		650	"

C. Intercambiadores de Calor

<u>Artículo</u>	<u>Area (Pies²)</u>	<u>Casco-Diseño</u>		<u>Material</u>	<u>Tubos-Diseño</u>		<u>Material</u>
		<u>PSI</u>	<u>°F.</u>		<u>PSI</u>	<u>°F.</u>	
4 Condensadores de gasolina.	10,000	50	300	Acero	100	150	Admiralty
1 Precalentador de crudo.	980	140	450	"	400	150	Acero
17 Precalentadores de crudo.	1,200	180	750	"	360	525	"
3 Enfriadores de gasolinas.	600	150	200	"	100	150	Admiralty
9 Enfriadores de productos intermedios.	915	200	500	"	100	150	"
1 Enfriador de fondos (caja serpentín)	6,600	300		"			

Todos los intercambiadores son fabricados por Kellogg.

D. Bombas

14 Bombas Centrífugas con capacidades de operación desde 150 a 3,000 lbs./H. movidas eléctricamente.

1 Bomba a turbina de vapor.

Todas las bombas son fabricadas por Worthington.

E. Horno

<u>Zona</u>	<u>No. Tubos</u>	<u>Diámetro</u>		<u>Espesor (Pulg.)</u>	<u>Largo Efectivo (pies)</u>	<u>Diseño</u>		<u>Material</u>
		<u>Ext. Pulg.</u>	<u>Pulg.</u>			<u>PSI</u>	<u>°F.</u>	
Radiante	64	6		3/8	35	800	800	Acero
Defensa	12	6		3/8	35	800	800	"
Convección	84	6		3/8	35	800	800	"
Supercalentador	24	3		0.120	35			"

Unidad: Unidades de Craqueo

A. Torres (Cada Unidad)

<u>Artículo</u>	<u>Servicio</u>	<u>Dimensiones</u>	<u>No. Platos</u>	<u>Operación</u>		<u>Material</u>
				<u>PSI</u>	<u>°F.</u>	
2 Torres	Fraccionador	6'0" x 26'6"	9	60	600	Acero
1 Despojador	Despojador	2'0" x 9'	4	60	400	"
1 Corrector	Despojador	2'6" x 20'0"	4	60	650	"

B. Recipientes Cerrados

<u>Artículo</u>	<u>Servicio</u>	<u>Dimensiones</u>	<u>Operación</u>		<u>Material</u>
			<u>PSI</u>	<u>°F.</u>	
Soaker	Craqueo	6'0" x 40'	250	900	Acero
Separador	Brea	8'0" x 30'	60	600	"
Acumulador	Carga	8'0" x 30'	60	600	"
Separador	Gas	4'0" x 8'	50	150	"

C. Intercambiadores de Calor (Cada Unidad)

<u>Artículo</u>	<u>Area (pies²)</u>	<u>Casco- (Operación)</u>		<u>Material</u>	<u>PSI</u>	<u>°F.</u>	<u>Material</u>
		<u>PSI</u>	<u>°F.</u>				
3 Condensadores de gasolina	1,101	60	380	Acero	100	340	Acero
3 Enfriadores (caja-serpentín)	1,500			Acero			
1 Enfriador (caja-serpentín)	3,200						

D. Bombas

3 Bombas Duplex a vapor con presiones desde 100 hasta 700 PSI en operación.

Todas las bombas son "National Transit".

E. Horno

	No. Tubos	<u>Diámetro Ext. (Pulg.)</u>	<u>Espesor (Pulg.)</u>	<u>Largo Efectivo (pies)</u>	<u>Operación</u>		<u>Material</u>
					<u>PSI</u>	<u>°F.</u>	
Convección	105	4	1	18' 7"	680		Acero
Radiante	114	4	1	18' 7"	680	912	"

Unidad: Planta de Asfaltos (Al Vacío)

A. Torres

<u>Artículo</u>	<u>Servicio</u>	<u>Dimensiones</u>	<u>No. Platos</u>	<u>Operación Vacío</u>	<u>°F.</u>	<u>Material</u>
Torre	Fraccionador	10' x Ø x 30'	4	29	800	Acero

B. Recipientes Cerrados

<u>Artículo</u>	<u>Servicio</u>	<u>Dimensiones</u>	<u>Operación</u>		<u>Material</u>
			<u>PSI</u>	<u>°F.</u>	
Acumulador	Gas Oil	1' 8" Ø x 7' 0"	0	150	Acero
Separador	Agua	6' Ø x 16' 0"	15	130	"

C. Intercambiadores de Calor

<u>Artículo</u>	<u>Area (ft²)</u>	<u>Material (tubos)</u>	
1 Condensador de Gasolina	1,630	Admiralty	Casco y Tubos
1 Enfriador de Reflujo	675	"	" "
1 Enfriador Productos	770	Acero	Caja
1 Enfriador Fondos	1,240	"	

D. Bombas

4 Bombas a vapor, Duplex "National Transit".
 2 Bombas a vapor, Simplex "National Transit".

E. Horno

<u>Zona</u>	<u>No. Tubos</u>	<u>Ø Exterior</u>	<u>Espesor</u>	<u>Long. Efectiva</u>	<u>Material</u>
Convección	39	4"	0.44"	11'-9"	Acero
Radiante	29	3"	0.34"	19'-0"	"

Unidad: Planta de Lubricantes (Al Vacío)

A. Torres

<u>Artículo</u>	<u>Servicio</u>	<u>Dimensiones</u>	<u>No. Platos</u>	<u>Operación</u>		<u>Material</u>
				<u>Vacío</u>	<u>°F.</u>	
Torre 1	Fraaccionador	8'Ø x 32'	13	29"	800	Acero
Torre 2	"	8' x 14'	5	29"	450	"

B. Recipientes

1 Cilindro de 5'Ø x 5' de 0-29" Vacío y 200°F. (Acero).

C. Intercambiadores de Calor

<u>Artículo</u>	<u>Area (ft²)</u>	<u>Material de los tubos</u>	
Condensador	1,150	Admiralty	Casco y Tubos
2 Enfriadores	950(c/u)	Acero	" "

D. Bombas

2 Bombas a vapor "Duplex" (National Transit).
6 Bombas a vapor "Simplex" (National Transit).

E. Horno

	<u>No. Tubos</u>	<u>Ø Exterior</u>	<u>Espesor</u>	<u>Long. Efectiva</u>	<u>Material</u>
Convección	60	2'-0"	0.268"	9'-3"	Acero
Radiante	23	2'-0"	0.268"	19'-0"	"

Las dos unidades al vacío (Asfaltos y Lubricantes) tienen un equipo de vacío formado por un condensador barométrico y un sistema de eyectores de dos etapas y el vacío que se obtiene en operación es de 29 pulgadas.

Unidad: Planta de Vapor

	<u>Area Transf. (pies²) c/u.</u>	<u>Capacidad (Lbs/hora)</u>	<u>Presión</u>	<u>No.de Tubos</u>	<u>Ø Tubos</u>	<u>Material</u>
2 Calderos "Kidwell"	3,577	18,000	135	351	3 1/4"	Acero
3 Calderos "Foster Wheeler"	3,675	30,000	135	929	2"	

Instrumentación General de las Unidades:

- 20 Controles de flujo con registro.
- 10 Controles de nivel con indicador.
- 20 Controles de nivel.
- 24 Controles de temperatura con registro.
- 34 Registradores de flujo.
- 15 Trasmisores, registradores de presión.
- 3 Reguladores de presión.
- 5 Trasmisores de nivel.
- 7 Indicadores eléctricos de temperatura con 140 contactos en total.

Objetivo de la Programación

El objetivo de la programación del mantenimiento en la Refinería, es determinar el intervalo en el cual deben llevarse a cabo los diferentes tipos de trabajos recomendados en las Unidades para que éstas trabajen en su óptimo comportamiento.

La programación la hace la Sección Equipo del Departamento de Servicios Técnicos, indicando la época en que debe hacerse la inspección; señalando los períodos entre inspecciones.

Esta determinación es hecha después de un exhaustivo estudio de los elementos de juicio que se consideran para ello.

Estos elementos de juicio son cuatro principales:

- 1° - Inspecciones.
- 2° - Experiencia en el Comportamiento del Equipo.
- 3° - Disponibilidad de medios.
- 4° - Recomendaciones del fabricante.

El personal operativo decide en última instancia la fecha en que se harán los trabajos de acuerdo con sus necesidades y guiándose por el programa de la Sección Equipo. Esta decisión se comunica y coordina con la Sección Indus-

trial del Departamento de Servicios Técnicos, quien es la encargada del trabajo.

Inspecciones

Una de las funciones primordiales del personal técnico de las refinerías de petróleo, es mantener sus plantas en operación durante el mayor número de días al año. En realidad, éste es un problema general en todas las industrias, pero, siendo la relación entre capital invertido y mano de obra particularmente alta en las refinerías de petróleo; tiene una importancia especial aprovechar al máximo el equipo que es tan costoso. Por esta razón, es indispensable mantener en estas plantas una rutina sistemática de inspección con un equipo de técnicos preparados especialmente para ello.

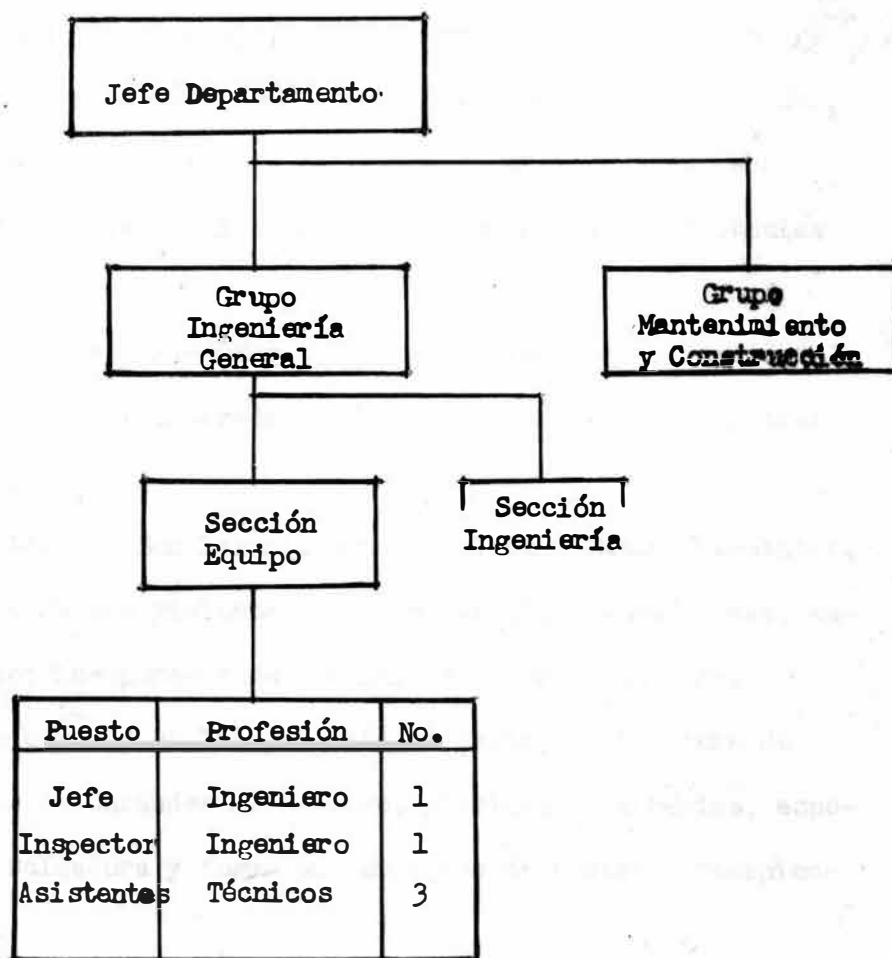
En la industria petrolera, las exigencias demandan un nivel muy elevado de seguridad para proteger la vida del personal y el elevado costo del equipo, esto exige inspecciones prolijas y regulares. En el proceso de destilación se usan temperaturas y presiones muy altas y cualquier falla de alguna parte del equipo puede producir un incendio de serias proporciones.

La función del inspector de equipos es que, por todos los medios a su alcance, se coloque en condiciones de informar si la planta que se está considerando está en condiciones satisfactorias para iniciar ó continuar su marcha en las condiciones normales de trabajo ó de lo contrario debe retirarse del servicio para hacer las reparaciones que él recomienda.

Para que el inspector pueda cumplir su función con eficiencia, es esencial que tenga una idea clara y general de las operaciones en la refinería, depósito ó planta que tenga que inspeccionar. Generalmente; las refinerías disponen de cantidades de carga mayores que las necesarias para el proceso normal, de modo que el límite de producción lo fija la capacidad de las distintas plantas; lógicamente, los equipos por regla general trabajan a su máximo rendimiento y

una vez que la planta se pone en marcha, no para sino por razones de limpieza o reparación; el tiempo perdido reduce la producción.

Los productos de una refinería se venden encuadrados dentro de especificaciones establecidas. El objetivo del Departamento de Refinación es alcanzar estas especificaciones, tan económicamente como sea posible.



LA SECCION "EQUIPO" EN EL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS TECNICOS.

Inspección y Límites de Retiro:

A. Generalidades

Cualquier pieza en la refinería está sujeta a un eventual retiro por corrosión, erosión, falla ú obsoleto. Las causas de retiro se pueden presentar dentro de tres tipos:

- Anticipadamente.
- Sin Anticipación.
- Fallas en Servicio.

- a) Retiros Anticipados.- Son el tipo más común y permiten que el retiro sea planeado de manera usual. En este caso, los retiros son infrecuentes porque el grado de corrosión ó erosión puede ser graficado y la vida del equipo extendida tomando las providencias adecuadas.
- b) Retiros sin Anticipación.- Son causados por fallas en el material, corrosión ó erosión inesperadas encontradas durante la operación normal del equipo.
- c) Fallas en Servicio.- Son las más espectaculares y menos deseables, y son debidas a fallas violentas en el material, fatiga, fuego, explosión, cambios inesperados de condiciones operativas, etc.
- Las fallas más comunes en la Refinería de Talara son: rotura de tubos en hornos de Unidades de Craqueo, pérdidas en tuberías, especialmente por soldadura y fugas por empaques de bombas o recipientes a presión.
- Las roturas en recipientes a presión han sido prácticamente eliminadas por el desarrollo de adecuados códigos de diseño.

B. Determinación de Condiciones Seguras de Trabajo

La determinación de condiciones seguras de trabajo y límites de retiro, constituyen una base importante en el ordenamiento de retiro de

equipos. En muchos casos, como recipientes a presión, tubos de hornos, cascos de intercambiadores, ésto va acompañado de cálculos similares a los realizados en el diseño original del recipiente usando la tensión de trabajo permitida (establecida en códigos) para la temperatura de servicio. Así podremos determinar las máximas presiones seguras de servicio.

Las fórmulas de diseño son las usuales establecidas en el Código ASME.

C. Prevención de Retiro.-

Desde que el retiro necesariamente reduce ganancias o requiere Capital adicional, deben realizarse los esfuerzos necesarios para evitarlo, teniendo en cuenta el factor económico.

La prevención de corrosión ó erosión, es deseable desde el principio, contribuye a ello una selección de materiales adecuados para la construcción.

Esta selección es hecha en base a recursos que proporciona la técnica ó la experiencia de otras refinerías en unidades similares; aunque, tratándose de aleaciones, requiere un estudio especial para cada caso.

Los recubrimientos protectores proporcionan un medio seguro de detener la corrosión ó erosión y pueden ser de varios tipos, desde el forrado de recipientes con chapas de aleación, el revestimiento con gunita que proporciona suficiente resistencia a la corrosión en tanques y recipientes, hasta los revestimientos especiales aplicados en algunos equipos como bombas y válvulas, depositando mediante soldadura, el metal, y el Clad Steel despositado mediante fundición ó metalizado.

Pinturas especiales de tipo Epóxico sobre capas de Cromato de Zinc, están dando resultados muy convenientes especialmente para protección de sistemas de agua salada, filtros, etc.

D. Medios de Inspección.-

Mencionaremos algunos medios básicos usados en la inspección de equipo:

Prueba de Martillo.-

Es usada por el inspector para determinar sectores debilitados en paredes delgadas que se hallen libres de depósitos de coke y sin revestimiento protector.

Para la inspección de recipientes a presión de paredes gruesas, el recipiente es martillado a intervalos y notado: el sonido del golpe, el rebote del martillo y la huella que deja la bolita del martillo sobre la superficie del recipiente.

Como las paredes vibran bajo los golpes, se pueden detectar diferencias de espesor por el cambio de sonido sobre áreas debilitadas.

Perforado.-

Era el método más exacto y practicable para determinar espesores.

Los agujeros de medición en los distintos recipientes son identificables fácilmente.

Ultrasonido.-

La determinación de espesores con este instrumento, es práctica, rápida, altamente eficaz y puede realizarse aún cuando el equipo esté en marcha, excepto en equipos donde la superficie esté a más de 110°C (230°F) ó, sea necesaria protección contra explosión.

En este caso, el equipo puede blindarse contra explosión mediante una bolsa de polietileno con inyección de un gas inerte (CO₂).

En Talara usamos el denominado Audigage FMSS-5 (Branson Instruments).

Radiografía ó Gammagrafía.-

Estos métodos también pueden ser usados para determinar espesores de tuberías ó recipientes en servicio, para determinar obstrucciones en tuberías, etc.

En Talara se usa el equipo F-54 Andrex (Holger Andreasen Inc.).

Penetrómetro.-

Este instrumento permite una determinación rápida de espesores en tuberías y recipientes de pared curva.

El principio del instrumento es sencillo, consiste en una fuente de radiación; sal radioactiva de radium, colocada en el extremo de un arco, en el otro extremo un contador Geiger Mueller.

El detector emite entonces una corriente pulsante proporcional a la intensidad de la radiación pasando a través de la pared metálica, que es integrada en la unidad de control; calibrada adecuadamente, nos indica directamente los espesores de pared (exactitud práctica 5-6%). Temperatura de aplicación hasta 1000°F, mide entre 0-1" de espesor en acero.

El usado en Talara es el Penetrón IV (United Engineers).

Mencionaremos a grandes rasgos el funcionamiento magnaflux y del corrosómetro.

Magnaflux.-

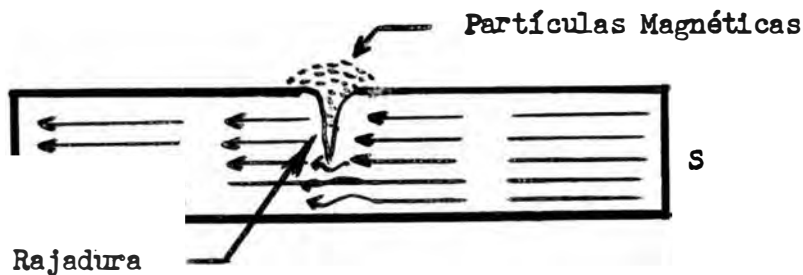
Este método de inspección magnética no es destructivo y sirve para localizar las discontinuidades en materiales ferromagnéticos, consiste en tres operaciones básicas:

1. Establecer un campo magnético adecuado en el objeto a probarse.
2. Aplicación de partículas magnéticas sobre la superficie del objeto.

3. Examinar la acumulación de partículas magnéticas en la superficie y establecer las condiciones de la misma.

Se hace pasar una corriente eléctrica para formar un campo electromagnético en el objeto hasta saturarlo. Cualquier rajadura u otra discontinuidad lineal que esté orientada a cortar el flujo magnético, constituye una barrera debido a la reluctancia de la ranura.

Algunas partículas harán puente sobre la ranura y otras tenderán a pasar por los costados incrementando el número de las mismas alrededor del defecto. Si la fractura es superficial, las partículas harán un arco sobre la misma. Ver Figura .



El límite de detección de fallas es de hasta $\frac{1}{4}$ " debajo de la pieza que se está controlando. En Talara se usa el Magnaflux Tipo KRH-3D (Magnaflux Corporation Chicago).

Corrosómetro.-

El método para medir la corrosión con el corrosómetro, consiste en instalar probetas especiales en el lugar ó ambiente corrosivo y seguir eléctricamente el ataque de la corrosión a través de un instrumento de medición especial.

Hay varios tipos de corrosómetros y cualquier número de probetas se pueden usar con uno mismo ya que la conexión de la probeta con el instrumento se hace únicamente en el momento de la medición. Hay una gran variedad de probetas para poderlas instalar bajo todas condicio-

nes de presión y temperatura, cubriendo generalmente las necesidades que puedan presentarse en una refinería.

El modelo usado en Talara es el CK (Crest Instrument Co.).

Principio de Operación:

La operación del corrosómetro se basa en el factor de conductibilidad eléctrica en la mayoría de los elementos metálicos y la muy escasa ó ninguna conducción eléctrica de los elementos no metálicos comparativamente. Como el proceso de corrosión convierte elementos metálicos en no metálicos, la resistencia eléctrica aumenta en éstos. El circuito del corrosómetro utiliza esta variación de resistencia para indicar el grado de penetración de un metal expuesto a la corrosión en la medida que ésta progresa en su superficie.

Varias ventajas se obtienen con este sistema de medir la corrosión:

- a. El avance de la corrosión puede seguirse mientras el espécimen está en el medio corrosivo.
- b. No es necesario retirar el espécimen en ningún caso.
- c. Puede practicarse cualquier número de mediciones y con la frecuencia deseada.
- d. La medición es precisa ya que el instrumento es sensible a unidades micrométricas de espesor.

Las unidades usadas para medir la corrosión son: micropulgadas.

Con todos los medios de experiencia y equipo usados en la inspección, se hace necesario fijar dos circunstancias especiales que son: la frecuencia de las inspecciones y la inspección de equipo en marcha.

E. Frecuencia de las Inspecciones

Son varios los factores que gobiernan la frecuencia de las inspecciones de un equipo, los principales son presiones, temperaturas, ac-

ción corrosiva de los medios, materiales usados en la construcción y espesores extras previstos por corrosión.

Cuando un equipo ha estado en servicio y ha sido inspeccionado a intervalos regulares, los registros, llevados ordenadamente; dirán qué partes del equipo necesitan inspección más frecuente y a cuáles se les puede prolongar los intervalos entre inspecciones.

Todo el equipo de la refinería debe ser inspeccionado de acuerdo a un programa pre-determinado cuyos plazos no excederán aquellos prescritos en la Sección I del "API Code for Unfired Pressure Vessels". La determinación de los intervalos de inspección de los equipos depende del grado de corrosión y de lo severo de las operaciones.

E. Inspección de Equipo en Operación

Este método de inspección facilita la detección, medición de corrosión, erosión e inconvenientes de orden mecánico mediante medios no destructivos, mientras el equipo está en servicio.

La inspección de equipo en marcha significará mayores economías para las refinerías reduciendo gastos de operación y mantenimiento. En esta forma es posible eliminar paradas programadas por razones puramente mecánicas. Las paradas necesarias son solamente para limpieza ú otra razón de proceso.

Estas economías, no se hacen a costa de seguridad. La técnica de este sistema y el equipo usado, permite inspecciones más precisas. Esto reduce en gran forma la posibilidad de fallas accidentales en recipientes y tuberías que son riesgosas para el personal y producción de la refinería.

Las ventajas típicas de este sistema son:

a. Reducción de gastos de operación:

- El conocimiento exacto de la condición del equipo, evita fallas y pérdidas de producción.
 - La inspección de un equipo en marcha y su reparación si es posible; puede prolongar la operación de la unidad.
 - El conocimiento de condiciones corrosivas creadas por inconvenientes de operación puede permitir la corrección oportuna en la unidad ó equipo y la preparación del material necesario para reemplazar las partes a retirar.
 - Puede reducirse la frecuencia y duración de las paradas.
- b. Utilización efectiva de la mano de obra:
- El trabajo de inspección puede distribuirse equitativamente durante el período operativo de modo que no se necesite personal adicional durante la parada.
 - El conocimiento de las condiciones del equipo en servicio permitirá el reemplazo de elementos que deben fabricarse por adelantado para instalar durante la parada. Por lo tanto, se reduce al mínimo el "pico" de los requerimientos de mano de obra durante la parada.
- c. Reducción del inventario de refinería:
- El conocimiento exacto de las condiciones del equipo, permitirá mantener en stock sólo las partes necesarias según el saldo de vida útil de la unidad. Esto hará posible reducir el número de repuestos adquiridos para paradas imprevistas ó sea, se reducen reemplazos innecesarios. La determinación del rango de corrosión significará la utilización plena de la vida del equipo.

Experiencia en el Comportamiento del Equipo

Otros de los elementos de juicio que se usa para programar, es la experien-

cia acumulada desde el punto de vista operativo en cuanto a las variaciones de presión y temperatura anormales observadas en las unidades causadas por acumulaciones de carbón u obstrucciones varias que nos dan una información exacta de la operación y que son índice de fallas no detectadas por los métodos de inspección mecánica, por ejemplo, dificultades para mantener temperaturas, fugas por intercambiadores ó condensadores, acumulación de sal, etc.

Disponibilidad de Medios

Esto queda circunscrito dentro del equipo necesario disponible en la época programada para los trabajos de mantenimiento, así como la disponibilidad de materiales; podemos mencionar por ejemplo, disponibilidad de grúas, tubos especiales para hornos ó condensadores en cracking, etc.

Recomendaciones del Fabricante

La recomendación del fabricante tiene importancia solamente desde el punto de vista comparativo y como referencia a los datos de construcción que vienen con el equipo, ya que el equipo fabricado es hecho para un rango de condiciones de regular magnitud y diferentes servicios.

Como vemos, la inspección mecánica es la clave para hacer una buena programación, lógicamente cada vez, se mejoran los métodos de inspección y varían los conceptos para programar mejorándolos constantemente hacia el objetivo mencionado anteriormente: mejorar la producción, subir la producción dentro de las posibilidades y conveniencias óptimas del comportamiento previsto de las unidades.

Por el presente la conclusión de la Sección Equipo para los trabajos del año 1966 ó sea mantenimiento y revisiones periódicas generales de las unidades de Refinería es la siguiente:

<u>Unidad</u>	<u>Fecha Última Inspección</u>	<u>Intervalo entre Inspecciones</u>	<u>Próxima Insp. Fecha Tentativa</u>
1. Alambique Tubular No.2	Marzo 1964	5 años	Marzo 1969
2. Unidad de Craqueo No.1	Junio 1965	1 año	Junio 1966
3. " " " No.2	Ago. 1965	1 año	Agosto 1966
4. " " " No.3	Junio 1965	1 año	Junio 1966
5. " " " No.4	Abril 1965	1 año	Abril 1966
6. Planta de Vacío de Asfalto	Enero 1966	1 año	Enero 1967
7. " " " " Lubrificantes	Julio 1965	1 año	Julio 1966
8. " " Filtros	Nov. 1965	1 año	Nov. 1966
9. " Depropanizadora	Dic. 1965	2 años	Dic. 1967
10. " Dulcificadora de Gas	Nov. 1965	1 año	Nov. 1966
11. Oxidador	1965	1 año	Mayo 1966
12. Planta de Tratamiento con Soda	Abril 1961	5 años	Abril 1966
13. Agitador No. 2	Set. 1964	2 años	Set. 1966
14. " No. 3	Oct. 1965	2 años	Oct. 1967
15. " No. 4	Julio 1964	2 años	Julio 1966
16. " No. 6	Nov. 1965	1 año	Nov. 1966
17. " No. 8	Nov. 1965	1 año	Nov. 1966
18. " No. 9	Dic. 1964	2 años	Dic. 1966
19. " No.12	Marzo 1965	1 año	Marzo 1966
20. Caldero Kidwell B-701	Junio 1965	1 año	Junio 1966
21. " " B-702	Dic. 1965	1 año	Dic. 1966
22. " Foster Wheeler B-703	Oct. 1965	8 meses	Abril 1966
23. " " " B-704	Set. 1965	8 meses	Marzo 1966
24. " " " B-705	Ago. 1965	8 meses	Feb. 1966
25. Deaerador	Nov. 1965	1 año	Nov. 1966
26. Precalentamiento Agua de Calderos	Junio 1965	1 año	Junio 1966
27. Ablandadores de Agua	1964	1 año	Oct. 1966
Tanques de Agua 534 al 537	Junio 1965	1 año	Junio 1966
28. Tanques Propano Horizontales	Set. 1960	4 años	Set. 1966
29. " " Verticales	Mayo 1963	4 años	Mayo 1967
30. Compresor de Aire C-701	Marzo 1965	1 año	Marzo 1966
31. " " " C-702-A	Abril 1964	1 año	Abril 1966
32. " " " C-702-B	Marzo 1964	1 año	Marzo 1966
33. Sistema de Evacuación Condensable	Junio 1964	1 año	Junio 1966
34. Sistema Contra Incendio	Empezó 1965		Continúa en Insp. 1966
35. Línea Este de 20" Agua Salada	Ago. 1964	1 año	Ago. 1966
36. " Oeste de 20" Agua Salada	Set. 1965	1 año	Set. 1966
37. Tanques (Se planea inspeccionar 10 tanques aproximadamente).			

Cabe notar aquí que los intervalos presentados de revisión y mantenimiento, se denominan "inspecciones" donde se incluye trabajos de reparación, proyectos nuevos y la inspección propiamente dicha de las partes del equipo a las cuales no se les puede inspeccionar mientras la unidad está en operación.

En el caso del Alambique Tubular su intervalo entre inspecciones está determinado básicamente por la necesidad de limpieza del horno, promedio de vida ó rate esperado de corrosión en tubos del horno, limpieza en otra parte del equipo, como la de los grupos de intercambiadores que no pueden ser sobrepasados, líneas de vapores del tope de la torre, corrosión en los huecos de hombre de la torre, drum de gasolina, etc.

Estos intervalos entre inspecciones, han ido aumentado conforma la experiencia y estudio del comportamiento del equipo lo han permitido.

En el caso de las unidades de craqueo, requieren una parada cada 90 días aproximadamente por razones de limpieza en el horno en adición a la general programada (de un año). Actualmente, se hacen los estudios tendientes a reducir el tiempo de parada de la unidad en la inspección general programada, siguiendo un plan para hacer la mayor parte de los trabajos posibles durante limpieza ó paradas de emergencia, así como en hacer limpieza de la unidad cada 60 días en vez de 90. La limpieza de tubos de los hornos en las Plantas al Vacío (Asfaltos y Lubricantes) y la limpieza de tubos en los calderos son los puntos predominantes en la programación de la inspección general de estas unidades.

Exceptuando las líneas de agua salada de 20" cuyo intervalo de limpieza ó inspección lo determina la reducción de diámetro interno por acumulación de conchas, el resto del equipo, torres de planta depropanizadora y de gas; tanques de plantas de tratamiento y equipo adicional en la planta de vapor, el intervalo está determinado por el esperado rate de corrosión y, ó acumulación de escoria que haga difícil la operación eficiente del equipo.

En última instancia mencionaremos que el mantenimiento preventivo del equipo menor como, bombas, servicios de agua de enfriamiento, motores eléctricos, sistemas de vapor, calentadores, vasos de nivel, trampas de vapor, limpieza de desagües, cambio de tubos en enfriadores, etc. está de acuerdo a un plan deter-

minado y que sigue los delineamientos generales de este tipo de mantenimiento que se hace en cualquier planta industrial.

PLANEAMIENTO

Objetivo

El objeto del planeo es determinar la forma como se va a hacer un trabajo, las circunstancias en que se hará, a la vez que organiza la coordinación necesaria para realizarlo en la forma más eficiente y dentro de las normas establecidas.

Ordenes de Trabajo

Todo trabajo que se hace para la refinería es pedido descrito y amparado por una orden de trabajo emitida por el personal de operaciones de la refinería. En esta orden está estipulado lo siguiente:

- Descripción del Trabajo.
- Fecha en que es requerido.
- Prioridad.
- Información adicional.
- Cargo.

Además tiene un espacio para indicar, cuando es necesario; el estimado de costo del trabajo a hacer, en el que se incluye:

- Labor.
- Material.
- Equipo.

Para indicar la urgencia y según la importancia o costo de los trabajos, se ha establecido un sistema de prioridades para las órdenes de trabajo. A continuación se muestra la categoría del puesto de la persona autorizada a firmar las diferentes prioridades:

Orden de Prioridad:	"B"	"AA"	"AAA"
Firma Autorizada	Jefe Sección,	Jefe Depto.	Superintendente Gerente

Cada trabajo tiene un costo total y cada firma está autorizada para aprobar trabajos hasta por un límite determinado de costo.

En la práctica; estas prioridades son usadas especialmente para determinar urgencia del trabajo y en el caso de las órdenes con prioridad "A" debe indicarse si hay ó no autorización de sobretiempo para realizarlo.

Con este sistema de prioridades, toda orden aprobada es conocida y estudiada por personas que pueden dar la apreciación y evaluación general más adecuada a la orden de trabajo, en relación a la importancia y envergadura de éstos.

Entre las órdenes de prioridad "B", podemos citar:

- Cambiar válvulas de 2" en línea de vapor al calentador.
- Descubrir línea para eliminar fuga (grampa).
- Cambiar empaques a la bomba P-40.
- Ajustar el TRC-2 control de temperatura de tope.
- Cambiar bombas de luz de alumbrado, etc.

En general, son órdenes que pueden programarse para el día siguiente al que es solicitado el trabajo ó, que pueden hacerse el mismo día sin gran variación ó influencia en el programa de distribución del personal que pueda afectar la terminación de un trabajo más importante.

En la orden de trabajo debe indicarse la fecha en que se desea se efectúe, ó las circunstancias en que se debe realizar.

En el renglón de descripción del trabajo debe detallarse en forma concisa lo siguiente:

- Unidad (Planta de Asfaltos, Alambique Tubular, etc.).
- Equipo (Bomba a vapor ó eléctrica, servicio, número, línea, dimensión servicio, etc.).

Descripción del Trabajo (En forma concisa) indicando las fallas ó pro-

blema presentado.

- Información adicional (Por ejemplo: unidad fuera de servicio, consultar con el operador de la unidad, etc.).

En la descripción del trabajo hay que indicar la falla que se manifiesta sin pretender precisar las causas exactas de la falla, simplemente describir la falla, por ejemplo:

- Ruido extraño en asiento de la bomba.
- Fuga de aceite en línea subterránea.
- La bomba no arranca ó no bombea.
- La alarma no funciona.

En la parte de información adicional, cuando es usada, puede indicarse para información del personal que hará el trabajo, los datos adicionales que puedan tener relación con la falla ó indiquen alguna facilidad para encontrarla, por ejemplo:

- Se notó vibración previa a la parada de la bomba.
- La línea tiene 2 grampas en el área de la fuga.
- Se observó chispa en el arrancador.
- La válvula de gas, cerró automáticamente.
- La Unidad estará en reparación hasta el día 4 del pte. mes.

Toda orden de trabajo lleva un espacio para indicar el cargo ó sea la numeración establecida para el tipo de trabajo que se hace; este código es usado para efectos contables de generalización de costos por unidades.

Entre las órdenes con prioridad "A", podríamos citar:

- Reparación de un motor eléctrico de bomba de carga.
- Reparación de un condensador roto.
- Reparación de una línea contra incendio.
- Reparación de una línea principal de carga.

- Reparación de fuga en un agitador, etc.

En general, trabajos para eliminar fallas que afecten seriamente la producción ó la seguridad de la operación.

La mayor parte de estas órdenes son con sobretiempo autorizado, cabe notar también que cualquier orden con prioridad "B", puede cambiarse ó convertirse por su necesidad en una orden con prioridad "A".

Las órdenes para reparaciones ó inspecciones de limpieza ó generales programadas a las unidades son con prioridad "A".

En la página 29 se presenta el formato de una orden de trabajo.

Flujo de la Orden

En un 90% de los trabajos, el operador de cada planta es el que origina las órdenes de trabajo, pues es él el primero en conocer la falla ya que está constantemente en contacto directo con el equipo, y prepara una orden previa en un formato especial; una copia de esta orden, queda en la unidad para control de las operadores. Ver página 31 .

El supervisor de guardia en procesos, revisa la orden preparada por el operador, chequea en el campo las que requieren atención especial, hace las correcciones necesarias y la hace pasar a máquina en el formato especial de la "orden de trabajo", luego esta orden que indica el nombre del supervisor que la pide pasa al Jefe de la Sección Procesos para su aprobación en primera instancia y, luego; al Jefe del Departamento, según la prioridad de la misma.

Las órdenes de trabajo se preparan en original y tres copias; una copia queda en la Sección Procesos para control, el original y dos copias van a la Sección Industrial para el planeo del trabajo. El original queda para control en la Sección Industrial, una copia se entrega al capataz y la otra la recibe el operario que realizará el trabajo.

Las órdenes de trabajo para inspecciones programadas, llevan siempre prioridad "A".

Las recomendaciones que hace el inspector luego de estudiar los elementos solicitados para su inspección, ya sea con la unidad en servicio ó con la unidad parada, van dirigidas a la División de Operaciones con copia a la Sección Industrial.

Aprobada esta recomendación por la División de Operaciones se envía la correspondiente orden de trabajo para amparar la ejecución del mismo.

En cualquier caso, cuando es necesario un trabajo en el talleró en cualquier otro departamento, la Sección Industrial cursa una orden de trabajo ó suborden con el mismo número de código de la orden principal.

Las órdenes con prioridad "AA" llevan automáticamente la autorización de sobretiempo y lógicamente desplazan a cualquier orden que tenga prioridad "A".

Planeo

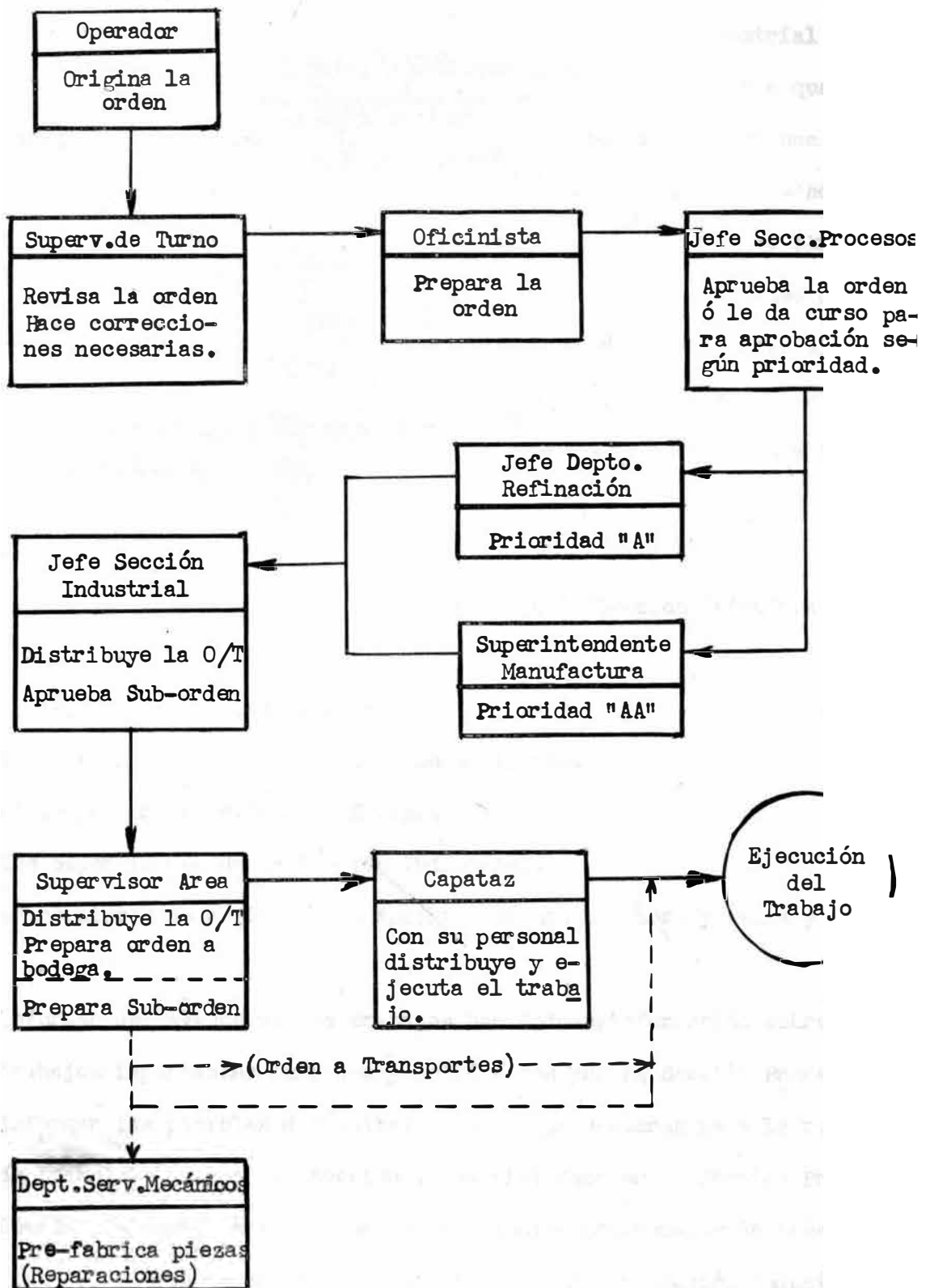
La base para el planeo de las inspecciones ó reparaciones a las unidades es el programa emitido por la Sección Equipo del Departamento de Servicios Técnicos. Todas las demás reparaciones menores se realizan de acuerdo a las normas de mantenimiento preventivo.

La mayor parte de los trabajos que puedan hacerse mientras la unidad está en operación es el objetivo para evitar paradas largas de la producción.

Listas de Trabajos

En cada unidad de refinación, se dispone de un control especial de órdenes que sólo pueden ser hechas cuando la unidad está fuera de servicio, estas órdenes se van acumulando hasta que se procede a hacer la llamada lista de trabajos para inspección general de la unidad.

Hay ciertos trabajos determinados que se deben hacer cada vez que una unidad está fuera de servicio, estos trabajos automáticamente son considerados



FLUJO DE LA ORDEN DE TRABAJO PARA SU EJECUCION

para realizarse en el momento de la inspección y la Sección Industrial tiene una relación de éstos para cada unidad de refinación, de tal manera que, llegado el momento de la inspección, sólo se agregan a estos trabajos una lista adicional en base a las anotaciones de los libros que llevan los operadores de aquellos trabajos que sólo pueden hacerse con la unidad fuera de servicio.

Todos los días, la Sección Industrial, prepara una hoja de planeo donde se indica la distribución de personal para los trabajos a realizarse el día siguiente, asimismo, indica la prioridad y días de labor estimada y acumulada para su control. En la página 33 se presenta el formato de esta hoja de planeo.

Reuniones de Planeo

Una vez a la semana se realiza una reunión en la Sección Industrial a la que asisten:

- El Jefe de la Sección Industrial.
- El Coordinador de Mantenimiento de Refinería.
- El Inspector de la Sección Equipo.
- Los Supervisores de la Sección Industrial.

Estas reuniones semanales duran aproximadamente una hora y media y tienen por objeto:

- a) Informar del avance de los trabajos haciéndose; información sobre nuevos trabajos importantes surgidos y solicitados por la Sección Procesos.
Informar las posibles dificultades que se presentarán para la realización de trabajos tanto en la Sección Industrial como en la Sección Procesos.
- b) Decidir la fecha de la ejecución de trabajos programados de acuerdo con las necesidades de procesos y posibilidades de la Sección Industrial.
- c) Señalar los puntos a los cuales debe acelerarse el trámite para su ejecución, por ejemplo, necesidad de algún material para que llegue en la

fecha deseada, urgencia de un repuesto, recomendaciones de Sección Equipo, etc.

- d) Coordinar lo necesario con los otros departamentos para asegurar la eficiencia y puntualidad de sus servicios.

El Coordinador de Mantenimiento de Refinería, prepara una minuta de los items tratados en la reunión para información y archivo del personal de procesos.

Reuniones Diarias

Estas reuniones son informales pero muy provechosas para la efectividad del servicio que da la Sección Industrial; se realizan todos los días a las 7:00 a.m., hora de entrada al trabajo y participan en ella:

- El Jefe de la Sección Industrial.
- El Jefe de la Sección Procesos.
- El Coordinador de Mantenimiento de Refinería.
- Eventualmente el Jefe de la División de Operaciones.

Estas reuniones diarias duran aproximadamente media hora y tienen por objeto planear con la anticipación debida cualquier trabajo de emergencia ó más importante que se haya presentado durante la noche y/o madrugada y que no está considerado en la hoja de planeo diario de la Sección Industrial.

Sirven también estas reuniones para dar la flexibilidad y continuidad provechosa para el correcto y eficiente desarrollo del trabajo en refinería.

Emergencias

Estas situaciones originan trabajos que deben hacerse en forma inmediata y pueden originarse en cualquier hora, para atender en primera instancia estos trabajos, siempre hay un Supervisor de Turno en la Sección Industrial que puede ser llamado para solucionar el problema presentado y que no puede posponerse, en la mayor parte de los casos las solicitudes sólo son verbales con cargo a

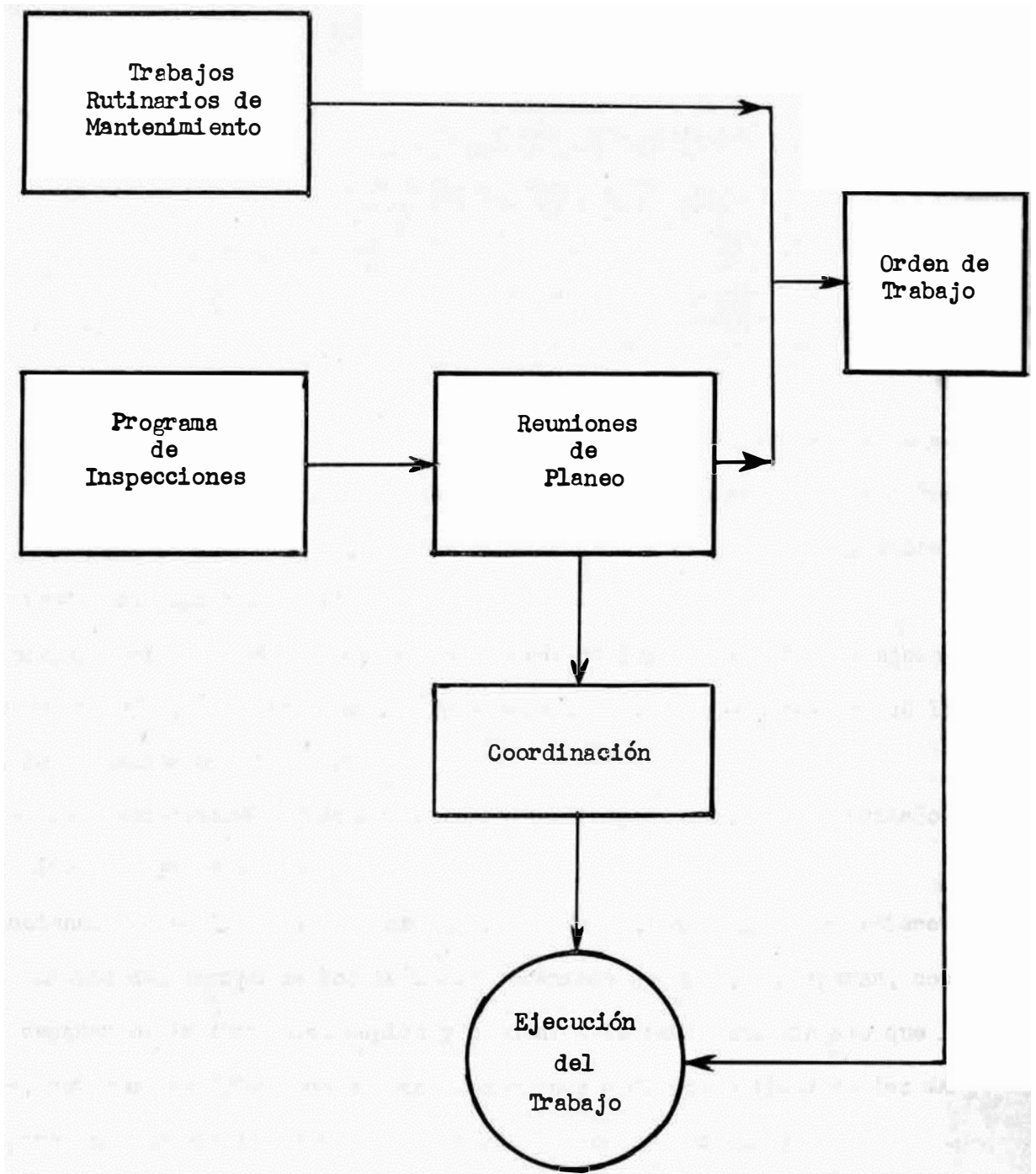
ser amparadas posteriormente con la orden de trabajo indicada.

Coordinación

Un buen número de trabajos en refinería requieren la conjunción de fuerzas organizadas de varios departamentos, esta ayuda proporcionada sólo es útil cuando es prestada en forma eficientemente coordinada y esta coordinación requiere un estudio apropiado y con conocimiento de causa de todas las fases del trabajo. Nombraremos los siguientes punto a considerar:

- Disponibilidad de personal y equipo.
- Contacto con el Departamento de Servicios Técnicos.
- Relaciones con el Departamento de Servicios Mecánicos.
- Contacto con el Departamento de Transportes.
- Disponibilidad de materiales.
- Permisos de trabajo.

Disponibilidad de Personal y Equipo.- Lo ideal al realizar un trabajo, por ejemplo una inspección general, es disponer de personal y equipo en forma suficiente y mejor aún si en exceso, hay circunstancias excepcionales en que se puede disponer de la mejor calidad y mayor número del personal para hacer un trabajo; sin embargo en muchas ocasiones; ésto no es posible y en la fecha programada para inspeccionar una unidad, se puede estar realizando otro trabajo que no puede pararse y que absorbe tal cantidad de personal que no se puede hacer la nueva inspección según la época programada, en otros casos pueden producirse ausencias por vacaciones ó por días feriados junto a sábados y domingos en la cual sería muy costoso llevar a cabo la inspección; ó la disponibilidad de personal es tal que prolongará los días de parada de la unidad y si es posible; se posterga la inspección. Cabe considerar aquí la conveniencia de establecer turnos de trabajo. En cuanto a disponibilidad de equipo es un problema de menor importancia en la refinería debido a la acertada provisión,



PLANEAMIENTO

mantenimiento y repuestos que se prepara.

En este punto de disponibilidad, hay que considerar el posible personal que puede ser tomado temporalmente de otros departamentos para reemplazar ó acelerar los trabajos que lo requieran.

Contacto con el Departamento de Servicios Técnicos.- Esto es en lo que se refiere a otras secciones del Departamento de Servicios Técnicos y pueden sintetizarse básicamente en:

- Ejecución de nuevos proyectos.
- Preparación de estimados de costos.
- Inspecciones, recomendaciones del inspector.

La ejecución de proyectos nuevos deben realizarse de tal manera que no afecten a la producción en forma considerable y debe aprovecharse para ser terminados en la próxima parada de la unidad con toda la prefabricación posible y convenientemente aproximada al área.

La preparación de un estimado de costo puede decidir ó retrasar la ejecución de un trabajo y debe tenerse presente para la elección ó variación de los métodos de ejecución del trabajo.

Sobre las inspecciones y recomendaciones del inspector, ya se ha tratado en el Capítulo de Programación.

Relaciones con el Departamento de Servicios Mecánicos.- Esto se refiere al conocimiento del equipo de los talleres mecánicos que puedan preparar, construir ó reparar en la forma más rápida y económica la parte del trabajo que lo necesita, así como se debe conocer las condiciones o disponibilidad de las máquinas para cambiar prioridades a las subordenes que lo requieran.

La Sección Industrial dispone de un pequeño taller con algunas máquinas herramientas, las cuales son usadas para trabajos en refinería, queda al criterio del Supervisor de área disponer hasta que punto un trabajo es conveniente

hacerlo allí ó, en los talleres del Departamento de Servicios Mecánicos.

Contacto con el Departamento de Transportes.- Esto se canaliza especialmente en el servicio que se necesita de hysters y la grúa mecánica Lorain.

La solicitud para el servicio de winches así como de cualquier equipo motorizado del Departamento de Transportes, se hace mediante una orden especial.

Disponibilidad de Materiales.- Sobre este punto se presenta una exposición en el Capítulo de "Materiales".

Permisos de Trabajo.- Para realizar todo trabajo en la refinaria es necesario obtener un permiso de la Sección Procesos; con estos permisos se asegura que el trabajo será hecho dentro de todas las condiciones de seguridad.

Una copia de la hoja de planeo diaria de la Sección Industrial, va a la Sección Procesos en la tarde del día anterior al planeado; de esta forma la Sección Procesos, conoce los trabajos que se harán al día siguiente y prepara con tiempo los permisos que serán necesarios; estos permisos deben estar listos a las 7:00 a.m. con el fin de no retrasar el trabajo.

Hay dos tipos de permisos de trabajo; los permisos en frío y los permisos en caliente.

Los permisos en caliente se preparan en original y copia, el original queda para control de procesos y la copia, en cartón resistente de color rosado, se entrega a la persona que hará el trabajo. Estos permisos se preparan para autorizar trabajos de corte ó soldadura, trabajos con perforadoras de concreto ó limpiadoras con chorro de arena así como para usar instrumentos eléctricos de medición ó inspección en los cuales puedan producirse chispas que originen un incendio si hubiere presencia de gas.

En todos los permisos en caliente es obligatorio hacer una prueba de concentración de gas con la máquina Jhonson Williams Modelo G "JW Sniffer", para autorizar el permiso; esta concentración debe ser cero como máximo. El per-

miso es revisado por el operador de la unidad y el Supervisor de Procesos, así como por el personal que efectuará el trabajo, quienes pueden indicar cualquier precaución adicional que juzguen necesario para la ejecución segura del trabajo.

Los permisos en frío son autorizados por el operador de la unidad y se usan para realizar cualquier otro trabajo; en caso de duda se debe consultar con el Supervisor de Procesos para autorizar el permiso; estos permisos en frío son similares a los en caliente pero el cartón entregado al personal que hará el trabajo, es de color blanco.

En las páginas 40 y 41 se presentan estos permisos en los que están estipulados al reverso, explicaciones sobre su uso.

Es de principal importancia en la Sección Procesos preparar, convenientemente el equipo que se entregará a la Sección Industrial, ya sea vaporizando adecuadamente recipientes ó líneas donde se harán trabajos en caliente ó preparando el equipo para que esté en condiciones de ser atendido sin causar demoras en la ejecución del trabajo.

Sistemas de Planeamiento

Los sistemas usados para planear trabajos en refinería son prácticamente estandarizados por la experiencia y dan buenos resultados. Sin embargo, se han hecho algunos ensayos para mejorarlos usando el sistema del paso ó ruta crítica.

Los trabajos son planeados generalmente, considerando fechas estimadas de terminación y ploteando su avance, es decir sistema de barras simple en donde la experiencia permite una conclusión acertada de los trabajos. Sin embargo, el autor, considera de mucha importancia y utilidad el uso del sistema de planeo por la ruta crítica y del cual, a continuación se expone un ejemplo simple que muestra las posibilidades de aplicar el sistema en una unidad de craqueo.

Ejemplo de Planeo por la Ruta Crítica

El sistema de planeo por la ruta crítica es relativamente una nueva herramienta en la realización de proyectos, la cual permite una apreciable economía, sobre todo en proyectos de gran envergadura.

Campos de Aplicación

Las aplicaciones potenciales de la programación por ruta crítica parecen ser muchas y variadas. Considerando las características generales de cualquier proyecto se nota una serie de trabajos, actividades y esfuerzos dirigidos paralelamente hacia un propósito común, esas características son comunes a una gran variedad de actividades humanas. Las técnicas del planeo por ruta crítica han sido preparadas precisamente para estos tipos de actividades. Algunos de los campos donde puede ser aplicada son los siguientes:

1. Mantenimiento (Revisiones, inspecciones periódicas).
2. Construcción y modernización.
3. Procedimientos para puesta en servicio y bajada de unidades de procesamiento.
4. Instalaciones eléctricas.
5. Planeo y desarrollo de investigaciones.
6. Itinerario de inspecciones de unidades.
7. Introducción de productos nuevos.
8. Instalación de equipo electrónico para procesar datos.
9. Planeo de grandes cambios de organización.

Ventajas

La principal ventaja sobre otros sistemas de programación está en el establecimiento de la ruta crítica y la interpretación y secuencia de los elementos de un trabajo.

Las ventajas principales de este método son:

1. Da una base ordenada para planear un proyecto.
2. Provee una visión clara del desarrollo de un proyecto, la cual puede entenderse fácilmente.

3. Es un vehículo para evaluar alternadamente estrategias y objetivos.
4. Evita la omisión de trabajos que obviamente pertenecen al proyecto y controlan su secuencia.
5. Inter-relaciona trabajos señalando su importancia.
6. Es una ayuda para ajustar y pulir el diseño y ejecución de un proyecto.
7. Da una base detallada para estimar costos.
8. Es flexible para ser modificado en caso de emergencias.
9. Señala áreas donde al mejorar métodos se conseguirán importantes y convenientes cambios.

El primer paso es estudiar minuciosamente la totalidad del proyecto y luego dividirlo en varios trabajos pequeños y elementales, los cuales deben ser hechos en una secuencia ordenada para la realización del proyecto, por ejemplo: un proyecto debe estimarse y aprobarse antes que comience el trabajo de diseño detallado. Las especificaciones y diseño detallado deben prepararse antes, para poder ordenar el equipo y material, los materiales y el equipo, deben llegar primero para ser instalados después. Asimismo, es muy probable que pueda realizarse un buen número de trabajos preparatorios, mientras se espera la entrega del material. Una vez que estos elementos ó trabajos son decididos se acomodan en una forma de diagrama de flechas donde se muestra su relación y secuencia.

Fases del Planeo por la Ruta Crítica

Preparación del Diagrama de Flechas.

Preparación de la Matriz de Tiempos (ó triangular).

Determinación de la Ruta Crítica.

Preparación de la Carta Itinerario.

Construcción del Diagrama de Flechas.-

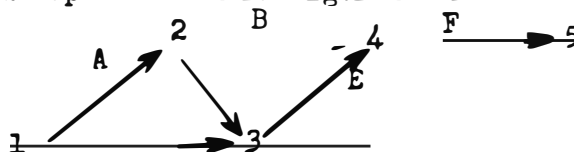
Es necesario una correcta disposición del diagrama de flechas para la aplicación del método. Todo trabajo se representa por una flecha cuya punta y cola serán numeradas por las siguientes reglas:

Primera Regla:- Cada trabajo se representa por una flecha numerada (ij) donde $i < j$.

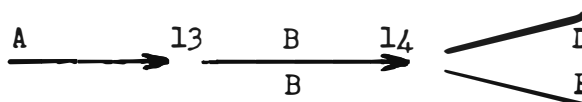
Así, un trabajo típico será de la forma:

$$\begin{matrix} i & \text{trabajo A} \\ 51 \end{matrix} \quad \text{donde: } i < j \quad (51 < 74)$$

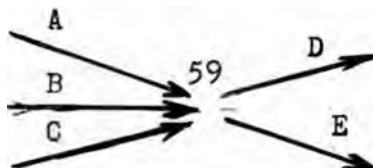
Segunda Regla:- En el proyecto total, los número usados deben comenzar en 1 y continuar sucesivamente hasta que todos los nudos sean numerados, así un proyecto simple puede aparecer en la siguiente forma:



Relaciones entre los trabajos en el diagrama.- La punta ó cola de una flecha se denomina nudo y la numeración de un trabajo, implica que los dos nudos relacionados con el trabajo, sean numerados. Si se considera cualquier trabajo y los nudos relacionados con él, se vé que debe haber por lo menos un trabajo que lo precede y un trabajo que lo sigue con las excepciones que a continuación se exponen; por ejemplo, en el diagrama parcial que sigue se cumplen estos requerimientos.



Si se considera un nudo general, y los trabajos que llegan ó salen de él, por ejemplo:



Se presenta la relación entre los trabajos como sigue:

<u>Trabajo</u>	<u>Es seguido por:</u>	<u>Es precedido por:</u>
A	D y E	(No presentado)
B	D y E	(No presentado)
C	D y E	(No presentado)
D	(No presentado)	A, B y C
E	(No presentado)	A, B y C

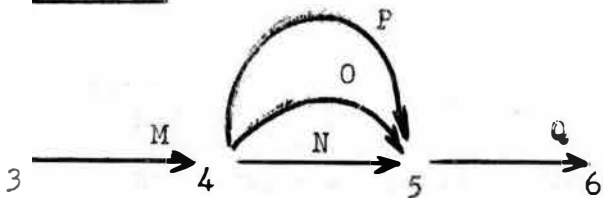
Este diagrama, indica además las siguientes relaciones: que D, no puede comenzar sino hasta que A, B y C estén terminados y luego de esto no hay nada que impida que proceda a hacerse D.

Trabajos "nudos" y problemas especiales.- Estos trabajos se preparan en el diagrama siempre de acuerdo a cuatro reglas básicas:

- 1ra. - Cada trabajo debe tener un sólo juego de números (i,j) asignados, donde i < j.
- 2da. - Todos los trabajos que entran a un nudo, tienen los mismos trabajos "seguidores".
- 3ra. - Todos los trabajos que salen de un nudo tienen los mismos "predecesores".
- 4ta. - Todo nudo describe la relación completa entre todos los trabajos que entran a él ó que salen de él.

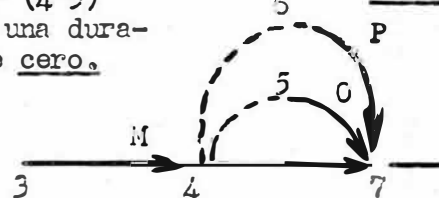
Trabajos Concurrentes.- Siempre que dos ó más fechas tengan nudos comunes, deben insertarse flechas punteadas en todas, excepto en una de las flechas. Estas flechas punteadas se usan para indicar la consecuencia lógica de un plan y deben numerarse en sus nudos, lo mismo que las otras flechas. (Regla 1ra.)

Incorrecto



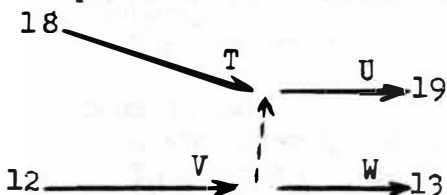
(4-6) y (4-5)
Tienen una duración de cero.

Correcto



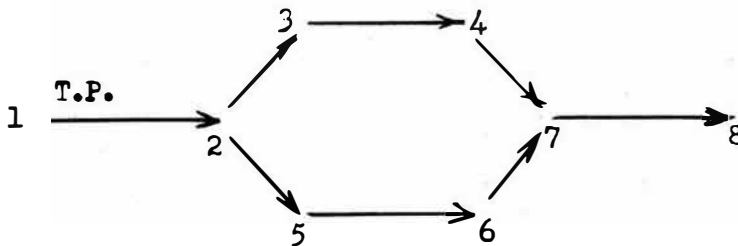
8

Dependencia e interdependencia de ramas.- Las flechas punteadas ó "mudas" se usan también para representar restricción ó dependencia entre 2 trabajos. Estas flechas muchas no indican algún trabajo sino que se introducen en el diagrama para indicar la dependencia en el itinerario entre actividades particulares que no tienen relación directa.



Esto indica que U, depende de T y V ó sea debe hacerse después que T y V están terminados. Asimismo, el trabajo W, depende sólo de V.

Tiempo preparatorio.- Ya que el diagrama se va a ajustar según un itinerario en el Calendario, (días u horas) es conveniente dibujar una flecha que comience en la iniciación indeterminada del calendario y termine en el punto de inicio del proyecto. Esta flecha se denomina flecha "preparatoria". (T.P.).



Ejemplo:-

Supondremos que se necesita cambiar tubos en una unidad de craqueo, asimismo se repararán bombas y se limpiarán separador y quemadores. Los tiempos que se presentan para cada trabajo se escogen en forma indeterminada por convenir al entendimiento de la exposición.

Lista previa de trabajos simples:

<u>Descripción</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Tiempo (Horas)</u>
Horno:		
Enfriar el horno	A	4
Inspeccionar los tubos	B	2
Desmantelar equipo de enfriamiento	C	2
Sacar y colocar tubos	D	8
Probar el horno	E	1
Prender fuegos	F	1
Separador:		
Inspeccionar separador	G	2
Limpiar separador	H	8
Revisión de limpieza	I	2
Probar separador	J	3
Bombas:		
Reparar bombas	N	14
Quemadores:		
Desconectar quemadores	P	2
Inspeccionar quemadores	Q	10
Limpiar quemadores	R	8
Colocar quemadores	S	8

Procederemos ahora a numerar los nudos y preparar el diagrama de flechas según las normas enunciadas anteriormente.

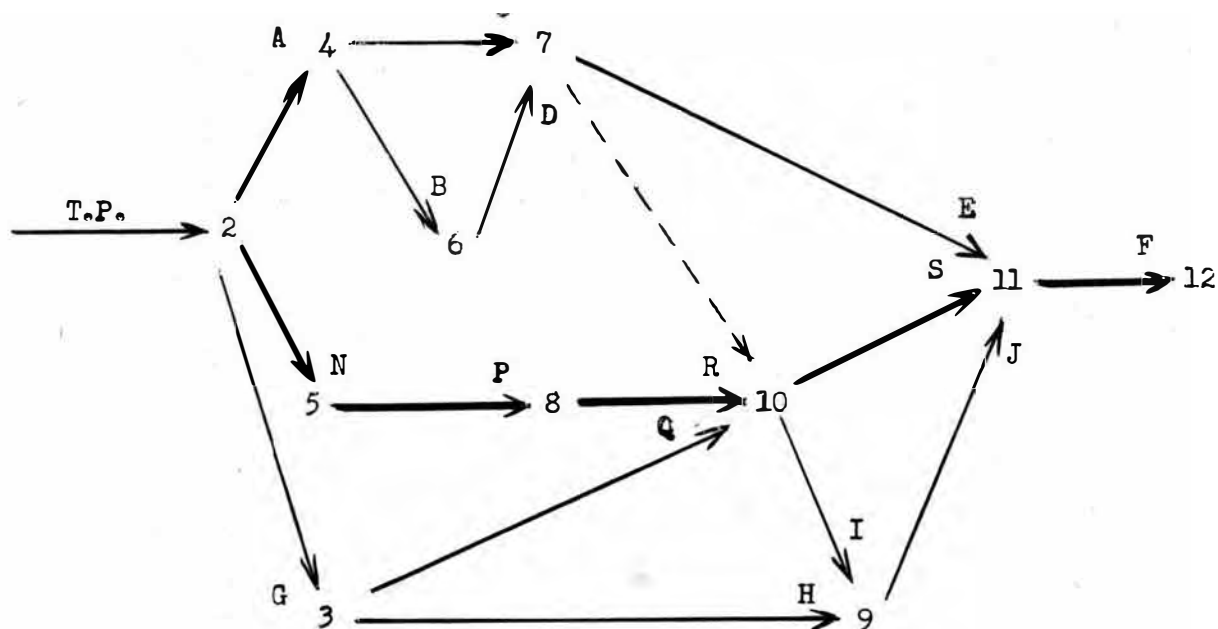


DIAGRAMA DE FLECHAS

Preparación de la Matriz Triangular.-

La matriz es una tabla cuadrículada, en donde se presentan datos en filas (horizontales) y columnas (verticales) que se interceptan. En este sistema los nudos de origen (i) están en la columna vertical izquierda y los nudos terminales en la primera fila superior, las líneas gruesas indican la diagonal principal de la matriz.

En la página 49 se presenta la matriz del ejemplo en el cual ya se ha planteado el tiempo de duración de cada trabajo según las coordenadas de sus nudos inicial y terminal. Debe notarse que en esta matriz todos los valores caen sobre la diagonal principal. En el sistema por ruta crítica, la matriz debe ser siempre triangular, si algún número aparece bajo la diagonal, la lógica se ha determinado incorrectamente, ó sea que se ha cometido algún error al numerar

la secuencia.

Antes de continuar con los cálculos requeridos a partir de esta matriz triangular, definiremos algunos términos y símbolos que se usarán:

Definición de Términos:

- i : La cola de la flecha (nudo original) se designa (i).
- j La punta de la flecha (nudo terminal) se designa (j).
- T_{ij} Es el tiempo estimado en la duración de un trabajo.
- T_i Es el momento (día, hora, semana) "lo más temprano" ó "lo antes que puede comenzar un trabajo".
- T_j Es lo más tarde que puede terminar un trabajo.
- L.S. Es lo más tarde que puede comenzar un trabajo y es igual a $T_j - T_{ij}$.
- E.C. Es lo más temprano que puede terminar un trabajo y es igual a $T_i + T_{ij}$.
- Tiempo Libre Es la cantidad de tiempo que un trabajo puede trasladarse sin interferir a cualquier otro trabajo que le sigue.
- Tiempo Flotante Es la cantidad de tiempo que la iniciación de un trabajo puede postergarse sin afectar a la ruta principal ó ruta crítica.
- Ruta Crítica Está establecida por una cadena continua de trabajos críticos desde el comienzo hasta la terminación del proyecto. En cada trabajo crítico el tiempo flotante ó libre es cero. Esta ruta establece la mínima duración del proyecto.

Cálculo de T_i y T_j .- (Lo antes que comienza y lo más tarde que termina un trabajo).

Para este cálculo es necesario referirnos a la matriz triangular, sin embargo deben agregarse 1 columna y una fila para indicar el T_i y T_j . (Ver página 49).

Razonamiento para Calcular T_i :- Se comienza de arriba hacia abajo por los nudos iniciales de columna vertical.

- Para el nudo 1 Lo antes que puede comenzar 1 es la hora 0 (0 es el T_i de 1).

- Para el nudo 2 : Lo antes que puede comenzar 2 (y por ende todos los trabajos que comienzan en 2) es en cuanto termina (1 - 2) ó sea 0 más la duración de (1 - 2) = 0 + 0 = 0; (hora 0 es el T_i de 2).

T_i	i \ j	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0	1	0											
0	2		2	4	14								
2	3							10	8				
4	4					2	2						
14	5							2					
6	6						8						
14	7							0			1		
16	8								2	8			
18	9										2		
24	10										8		
32	11											1	
33													
$T_j \rightarrow$	0	0	0	6	6	14	8	16	16	30	24	32	33

MATRIZ DEL DIAGRAMA

- Para el nudo 3 : Lo antes que puede comenzar 3 (y por ende todos los trabajos que comienzan en 3) es en cuanto termina (2 - 3) ó sea la hora en que comienza 2 más el tiempo que tarda (2 - 3):

$$0 + 2 = 2 \text{ (hora 2 es el } T_i \text{ de 3).}$$

- Para el nudo 7 : Lo antes que puede comenzar 7 (y por ende todos los trabajos que comienzan en 7) es cuando terminan (4 - 7) y (6 - 7).

a. Si fuera después de (4 - 7) sería:

la hora en que comienza 4 más el tiempo que tarda (4 - 7):

$$4 + 2 = 6 \text{ (hora 6 es } T_i \text{ de (4 - 7)).}$$

b. Si fuera después de (6 - 7) sería:

la hora en que comienza 6 más el tiempo que tarda (6 - 7):

$$6 + 8 = 14 \text{ (hora 14 es Ti de (6 - 7))}.$$

14 es mayor que 6, luego lo antes que puede comenzar 7 es la hora 14. (Hora 14 es Ti de 7).

Si hubiera otro nudo terminal del # 7, se procedería en igual forma y, lógicamente la suma mayor de horas será el Ti del nudo original # 7.

Así se sigue sucesivamente y el método puede generalizarse en una forma que presentaremos posteriormente.

Al llegar al nudo # 11, el Ti es 32 y como el trabajo (11 - 12) dura una hora; $32 + 1 = 33$; 33 es el máximo tiempo en que debe completarse el trabajo y es a la vez el teórico Ti del nudo # 12.

Razonamiento para Calcular Tj:- Se comienza de derecha a izquierda y los Tj se anotan en una fila inferior en el cuadro.

Para el nudo # 12 Tj es la hora 33.

- Para el nudo # 11 Es lo más tarde que pueden terminar los trabajos que comienzan en 11 menos el tiempo necesario para hacerlos en este caso hay un solo trabajo: (11 - 12).

$$Tj \text{ de } \#11 = (Tj \text{ de } \#12) - 1 = 33 - 1 = 32; \text{ (hora 32 es Tj de } \#11).$$

- Para el nudo # 10 : Es lo más tarde que pueden terminar los trabajos que comienzan en 10 menos el tiempo necesario para hacerlos, en este caso, hay un solo trabajo: (10 - 11).

$$Tj \text{ de } \#10 = (Tj \text{ de } \#11) - 8 = 32 - 8 = 24; \text{ (hora 24 es Tj de } \#10).$$

- Para el nudo # 8 : Es lo más tarde que pueden terminar los trabajos que comienzan en 8, menos el tiempo necesario para hacerlos, en este caso hay dos trabajos:

a. (8 - 10)

$$Tj \text{ de } (8 - 10) = (Tj \text{ de } \#10) - (8) = 24 - 8 = 16$$

(La hora 16 es Tj de (8 - 10)).

b. (8 - 9)

$$Tj \text{ de } (8 - 9) = (Tj \text{ de } \# 9) - (2) = 30 - 2 = 28$$

(La hora 28 es Tj de (8 - 9)).

16 es menor que 28; luego Tj de # 8 es 16.

En esta forma se continúa sucesivamente; los dos razonamientos anteriores, pueden generalizarse en la forma siguiente:

Reglas para Calcular T_i :

1. Comenzar por la fila 1, columna 2, entrar con el valor 0 para T_i de 1.
2. Cada T_i de los nudos i , es igual a: $\alpha + T_i\alpha$. Para cada nudo se entra por la columna respectiva.
 α = número de horas (tiempo) que aparecen en la columna.
 $T_i\alpha$ = es el T_i del nudo en la fila correspondiente a .
Cuando hay dos ó más valores de en la columna, se escoge como T_i del nudo, la mayor de las sumas de $\alpha + T_i\alpha$.
3. Para encontrar α , se entra por las columnas correspondientes a los nudos y de izquierda a derecha.
4. Se repite la operación hasta tener en la columna T_i n valores, siendo n el número de nudos.
5. El valor del número final de T_i indica el momento ú hora más temprana en que puede terminarse el proyecto, se designa W .

Ejemplo:

Para el nudo # 8.-

Entrando por la columna del # 8; $\alpha_1 = 10$, $\alpha_2 = 2$ y $T_i\alpha_1 = 2$
 $T_i\alpha_2 = 14$

$$T_{i1} \text{ del nudo 8} = \alpha_1 + T_i\alpha_1 = 10 + 2 = 12$$

$$T_{i2} \text{ del nudo 8} = \alpha_2 + T_i\alpha_2 = 2 + 14 = 16$$

La mayor suma es 16, luego 16 es T_i del nudo # 8.

Reglas para Calcular T_j :

1. Se comienza por la columna n (12 en este caso) y fila $n-1$ (11 en este caso) su valor de T_j es **33** (lo antes que terminará el proyecto).
2. Cada T_j de los nudos es igual a: $T_j\phi - \phi$. Se entra por las filas, en el número correspondiente al nudo cuyo T_j de busca, ϕ es el número de horas (tiempo) que aparece en las filas.
 $T_j\phi$ es el T_j del nudo en la columna correspondiente a ϕ .

Cuando hay 2 ó más \varnothing en la fila; se escoge como T_j del nudo, la menor diferencia de $T_j\varnothing - \varnothing$.

3. Se repite la operación hasta que $T_j = 0$ en el nudo 1 teniendo completa la fila de los T_j .

Ejemplo:

T_j para el nudo # 8.-

Entrando por la fila 8 $\varnothing_1 = 2, \varnothing_2 = 8.$

$$T_j\varnothing_1 = 30, T_j\varnothing_2 = 24.$$

$$T_{j1}8 = T_j\varnothing_1 - \varnothing_1 = 30 - 2 = 28$$

$$T_{j2}8 = T_j\varnothing_2 - \varnothing_2 = 24 - 8 = 16$$

La menor diferencia es 16, luego 16 es T_j para el nudo # 8.

Determinación de la Ruta Crítica.-

Con T_i y T_j calculados, es fácil determinar la ruta crítica para el proyecto. Es intuitivamente claro, que algunos trabajos del proyecto no pueden postergarse ó adelantarse sin afectar a la fecha de terminación del proyecto, estos trabajos se denominan "críticos", todos los demás se denominan "flotantes".

Es básicamente importante que estos trabajos que son como los "bench marks" no se retrasen y el control se hace en forma especial para evitarlo, con estos puntos saltantes se puede tener una idea clara del progreso del trabajo, asimismo se pueden tomar las decisiones necesarias en caso de retrasos inesperados que se ocasionan.

Los puntos de tiempo de "lo más temprano que puede comenzar" y "lo más tarde que puede terminar" calculados anteriormente, nos dan los "bench marks" requeridos.

Es evidente que un trabajo es crítico, si usa completamente todo el tiempo disponible para hacerlo. Luego; si el punto de "lo más temprano que puede comenzar" (T_i) para cualquier nudo es igual al punto de "lo más tarde que pue-

de terminar"; no hay tiempo flotante disponible para ese trabajo, ó sea que el trabajo que tiene ese nudo de origen, debe comenzar inmediatamente después que termina el trabajo anterior que tiene ese mismo nudo terminal, ó sea que coinciden el nudo terminal del trabajo anterior con el nudo original del trabajo en mención que sigue. Esto puede determinarse tabulando T_i y T_j en la forma siguiente:

Nudo	1	2	3	<u>4</u>	5	6	7	8	9	10	11	12
T_i	0	0	2	4	14	6	14	16	18	24	32	33
T_j	0	0	6	6	14	8	16	16	30	24	32	33
	★	★			★			★		★	★	★

donde (★) indica la ruta crítica del proyecto.

Luego, podemos tener ya la siguiente tabla con los datos obtenidos de la matriz triangular.

Paso Crítico	Secuencia		Descripción	Duración	Lo antes que comienza	Lo más tarde que termina
	i	j				
★	1	2	-	0	0	0
	2	3	-	2	0	6
★	2	4	-	4	0	6
	2	5	-	14	0	14
	3	8	-	10	2	16
	3	9	-	8	2	30
	4	6	-	2	4	8
	4	7	-	2	4	16
★	5	8	-	2	14	16
	6	7	-	8	6	16
	7	8	-	0	14	16
	7	11	-	1	14	32
	8	9	-	2	16	30
	8	10	-	8	16	24
★		11	-	3	18	32
	10	11	-	8	24	32
★	11	12	-	1	32	33

Cálculos de:

L.S. : Lo más tarde que puede comenzar un trabajo.

E.C. Lo antes que puede terminarse.

Tiempo Libre

Tiempo Flotante.

Con la información de la tabla anterior ya podemos preparar la carta itinerario en el sistema de barras, antes de ésto caben algunas preguntas:

1. ¿ Cuáles son los puntos "lo más tarde" que puede comenzar un trabajo sin tardar la terminación del proyecto ?.
2. ¿Cuál será "lo antes" que puede terminar un trabajo ?.
3. ¿ Qué trabajos pueden adelantarse ó postergarse y en qué grado, para no afectar la terminación del proyecto ?.

Estas preguntas se pueden contestar desarrollando la tabla de la página

• Para ésto, es necesario calcular (L.S.) y (E.C.) así como el tiempo libre y el tiempo flotante.

- Lo más tarde que puede comenzar un trabajo es igual a lo más tarde que puede terminar (T_j) menos la duración del tiempo (Y_{ij}) y se puede expresar:

$$L.S. = T_j - Y_{ij}$$

- Lo antes que puede terminar es igual a lo antes que puede comenzar (T_i) más la duración del trabajo (Y_{ij}), y puede expresarse así:

$$E.C. = T_i + Y_{ij}$$

- El tiempo flotante (T.F.) es igual a:

$$T.F. = T_j - (T_i + Y_{ij}) = T_j - E.C.$$

- El tiempo libre (T.L.)

$$T.L. = \varphi - (T_i + Y_{ij}); \quad T.L. = \varphi - E.C. =$$

φ = T_i del primer trabajo que tenga su nudo original igual al nudo terminal del trabajo cuyo T.L. se calcula.

En la tabla de la página 55 se presentan los datos completos del problema.

TABLA DE TIEMPOS

j	Descripción del Trabajo	Ruta Crítica	Símbolo	Dura- ción	Comienzo		Terminación		Tiempo	
					antes (TI)	lo más tarde (LS)	lo antes (EC)	lo más tarde (Tj)	Flo- tante	Libre
1	2	T.P.	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	G	2	0	4	2	6	4	0	0
2	4	A	4	0	2	4	6	2	0	0
2	5	N	14	0	0	14	14	0	0	0
3	8	Q	10	2	6	12	16	4	4	4
3	9	H	8	2	22	10	30	20	8	8
4	6	B	2	4	6	6	8	2	0	0
4	4	C	2	4	14	6	16	10	8	8
4	8	P	2	14	14	16	16	0	0	0
6	7	D	8	6	8	14	16	2	0	0
7	8	E	0	14	16	14	16	2	2	2
7	11	I	1	14	31	15	32	17	17	17
8	9	R	2	16	28	18	30	12	0	0
8	10	S	8	16	16	24	24	0	0	0
9	11	J	3	18	29	21	32	11	0	0
10	11	S	8	24	24	32	32	0	0	0
11	12	F	1	32	32	33	33	0	0	0

Para calcular el tiempo libre de 4 - 7, según se ha explicado:

TL = LS - EC (y es el TI del 1er. Trabajo de i - 7, en este caso: (7-8)

TI de (7-8) = 14; P = 14

EC de (4-7) es 6; TL = 14 - 6 = 8 horas

Preparación de la Carta Itinerario.-

Las unidades de tiempo usadas en este caso son horas. El paso básico es plotear en primer lugar los trabajos en la ruta crítica.

Revisando este itinerario es obvio que para reducir el tiempo total de duración del proyecto debe reducirse alguno de los trabajos en la ruta crítica. Al hacerse ésto hay que tener cuidado, de que ninguno de los trabajos se hagan críticos.

La cartilla itinerario de la página 57 es sólo preliminar, después pueden revisarse otros itinerarios posibles. Cada trabajo se ha ploteado comenzando en su punto de "lo antes que puede comenzar" y terminando en su punto de "lo antes que puede terminar". Esto está indicado por una línea continua. El tiempo flotante disponible para cada trabajo está indicado por una línea punteada. El tiempo libre está indicado por doble línea punteada.

Para facilidad de ver la inter-relación de los trabajos todos aquellos que comienzan en un mismo nudo se escriben bajo el trabajo cuyo nudo terminal es igual.

Ajustando el itinerario a la disponibilidad de personal, el estimado de personal para cada trabajo se escribe bajo la línea que representa el trabajo respectivo, terminado todos los estimados, se suman por cada hora en el itinerario y este total se compara con el personal disponible. Si el total de la suma en cualquier hora excede al personal disponible, entonces, uno ó más elementos deben moverse dentro de sus tiempos flotantes ó libres para nivelar los requerimientos con lo disponible. Si ésto no es posible, entonces se hará necesario considerar el contrato de alguna parte del trabajo, contratando más personal, alterando el delineamiento del proyecto ó extendiendo la duración total del proyecto.

La revisión del itinerario del proyecto con la información que nos dá el sistema de planeo por la ruta crítica ayudan a determinar puntos importantes que de otra manera podrían no haberse considerado. Por ejemplo, en algunos casos puede determinarse la postergación de la iniciación del proyecto ó de un trabajo en particular para evitar que se haga en días domingos ó feriados, ó a menudo indica posibles embotellamientos en tal forma que traten de prevenirse antes que comience el proyecto y no cuando ya se está haciendo con los consiguientes problemas y aumento de costos.

Las fuerzas que intervienen en el proyecto conocerán entonces cuáles son los trabajos críticos y qué trabajos deben ajustarse para hacer frente en forma conveniente a trabajos de emergencia imprevistos. Asimismo facilita la decisión para solicitar sobretiempo en los trabajos críticos ó los que podrían hacerse críticos ya que se tendrá un cuadro claro de cómo va el progreso del trabajo en cualquier momento.

MATERIALES

Todo el material usado para el mantenimiento y construcción en la refinera, es comprado y proporcionado a la Sección Industrial por medio del Departamento de Materiales, el cual coordina sistemáticamente los procesos de compra con el fin de que el material llegue en el momento necesario, en las mejores condiciones y en la forma más económica.

En forma general en cada compra que se prepara, debe considerarse lo siguiente:

- Stock requerido.
- Tiempo en que llegará el artículo.
- Facilidades de almacenaje.
- Información puntual del estado de la compra.
- Condiciones más económicas de compra.
- Información y coordinación adecuada con el departamento que hace el pedido.

Material de Uso Regular

Este material se almacena en el taller de la Sección Industrial el cual está próximo a las unidades de refinera, y lo saca la Sección Industrial de la bodega del Departamento de Materiales de acuerdo a stocks determinados, este material es por ejemplo: robinetería, mangueras, bridas ciegas, empaquetaduras, pernos, soldadura, etc.

El material se saca de la bodega del Departamento de Materiales mediante una "orden a la bodega" como la que a continuación se presenta y explica por sí misma.

DPTO. REFINACION → DPTO. SERVICIOS TECNIC.

DPTO. REFINACION ←

- ↳ Solicita, con orden de trabajo, el estimado de costo para un proyecto.
- ↳ Envia dibujo de procesos.

- Hace el estimado de costo.
- Lo envia al dpto. Refinacion

- Aprueba el estimado.
- Solicita al dept. de S.T. preparacion final del proy

Dpto. SERV. TECNICOS.

DPTO. REFINACION

DPTO. SERV. TECNICOS

- ↳ Prepara planos generales.
- Dibujos mecanicos y de construccion
- Dibujos de prefabricaciones.
- Los envia a dept Refinacion para aprobacion.
-
- Prepara lista de materiales. (REQUISICION).

- Aprueba los planos.
- Cursa la orden de trabajo para la ejecucion del trabajo.

- SECC. INDUSTRIAL ←
- Programa los trabajos. (Planeamiento).
- Dispone las prefabricaciones.
- Pide material a la bodega proyect

- Aprueba material

EJECUCION DEL PROYECTO

DPTO. MATERIALES

- ↳ Separa lo que hay en stock.
- Lo envia a la bodega de proyectos
- ↳ Pide material faltante.

MATERIAL PARA PROYECTOS NUEVOS.

Contactos entre Sección Industrial y Departamento de Materiales

Con el fin de tener informes al día y poder enmendar circunstancias no previstas hay un enlace entre la Sección Industrial y un representante del Departamento de Materiales. Constantemente se procesan informes y consultas para dar la mayor efectividad a la provisión del material.

Pedidos

El Departamento de Materiales hace sus requisiciones de compra de acuerdo a pedidos (o requisiciones) que formula la Sección Industrial y según el formato presentado en la página 65.

Se consideran dos tipos de requisiciones en el Departamento de Materiales:

- a. Para stock.
- b. Directos.

Los directos son para proyectos especiales ó para ser consumidos específicamente por un departamento operativo y que no se justifica tenerlos en stock.

Muchas son las fórmulas usadas para hacer los pedidos para stock, dependiendo especialmente del tiempo en que tarda en llegar el artículo. Por ejemplo, para pedirlo a New York, se considera un tiempo necesario de siete meses y se emplea la llamada fórmula L 7: (Lead Time, L, 7 meses).

$$\text{Cantidad a pedir} = (\text{Promedio de Consumo Mensual} \times 7) - (\text{Stock} + \text{Pedido Pendiente})$$

Así, si el promedio de consumo es de ocho unidades, el stock es de nueve unidades y hay un pedido por diez unidades:

$$\text{Cantidad a pedir} = (8 \times 7) - (9 + 10) = 37$$

Se debe pedir 37 más.

El Jefe del Departamento de Materiales, puede aprobar pedidos hasta por un límite de costo total, en caso de que el costo sea mayor la compra debe ser aprobada por el llamado "Comité de Compras" el cual está formado por un Super-

intendente que es el representante de Gerencia y un representante de cada uno de los Departamentos de: Servicios Mecánicos, Servicios Técnicos, Perforación, Refinación, Producción é Ingeniería de Petróleo.

Los pedidos pueden ser formulados en tres direcciones:

A New York.

A Lima.

- Locales.

Los pedidos locales son los que hace directamente el Departamento de Materiales sin oficinas o representantes intermediarios, estos pedidos pueden ser hechos en el país o en el extranjero.

En la página 67 se presenta el formato típico del pedido a New York, el Cuadro de la página 69 explica el flujo que sigue una requisición ó pedido del Departamento de Materiales.

Reporte de Existencias

El Departamento de Materiales, prepara una información mensual de todos los artículos que mantiene en stock, indicando su disponibilidad al último día de cada mes, son varias las copias de este reporte y por grupos van distribuídos a los departamentos interesados. Este reporte se denomina "Reporte de Existencias" y da la siguiente información para cada artículo en stock:

- Cantidad a pedir.
- Ubicación.
- Código.
- Condición.
- Descripción.
- N° de pedido.
- N° de ítem.
- Fecha preparado el pedido.

Suponiendo
va a N.York

SECC. INDUSTRIAL.

Prepara la
requisición.

DPTO. MATERIALES

Aprueba el pedido
y decide si lo
compra en:
- N.York.
- Lima.
- Pedido(directo)
LOCAL.

**OFICINA DE COM-
PRAS-NEW YORK**

-Recibe el pedido
-Coloca orden de
compra.
-Envía copia de
orden o factura
a dept. Materia-
les, Talara.
-Envía material.
-Informa a Talara
sobre el envío.
(fecha llegada)

DPTO. MATERIALES

-Recibe el material.
(bodega).

Contacto dept.
solicitante.
Entra en reporte
de existencias.

**SECC.
INDUSTRIAL**

Coloca la or-
den a la bodeg

DPTO. MATERIALES

-Entrega el mate-
rial.
-Procesa la orden
a la bodega en
la IBM. 6400.

**SECC.
INDUSTRIAL**

-Recibe el mate-
rial.
-Lo almacena en
bodega del taller
- O lo lleva al
sitio del traba-
jo.
-Ejecuta el traba-
jo

stock. Así, un reorder point de 4 x 4 quiere decir que cuando la existencia llega a 4, hay que pedir 4 más.

DNR: "Do Not Reorder" - Son artículos que ya no se pedirán más y una vez que salgan de la bodega, ya no figurarán más en el reporte de existencias, por ejemplo: repuestos para máquinas que ya no se usarán más.

ON REQ: "On Request" - Son artículos que se piden según requisición que haga el solicitante o sea pedido generalmente especial para cubrir requisiciones determinadas.

INSR: "Insurance" - Estos artículos deben mantenerse siempre en existencia y en una cantidad fija determinada por la Sección Industrial.

La Computadora IBM 6400 al procesar las órdenes despachadas por la bodega hace un resumen de todas las órdenes y artículos que están bajo el "Reorder Point" ó "Insurance" indicando a la vez la cantidad exacta a pedir para cumplir con las cantidades establecidas, este resumen es diario al final del día y al siguiente la persona interesada de proveer este material sabe cuanto debe pedir; de esta manera se asegura la provisión eficiente, adecuada y puntual, lo que permitirá no se retrase algún trabajo.

Las cantidades a pedir figuran en la columna de "cantidad a pedir" cuando son números solos indican la cantidad a pedir (por insurance o reorder point). Cuando son número y guión indican la cantidad en exceso de que se dispone.

NOT REQ: Esta información "not require" indica que por ahora no se necesita pedir más.

BIMIN: "Below Minimum" indica que la existencia está bajo el mínimo. Este mínimo es determinado por el Departamento de Materiales solamente.

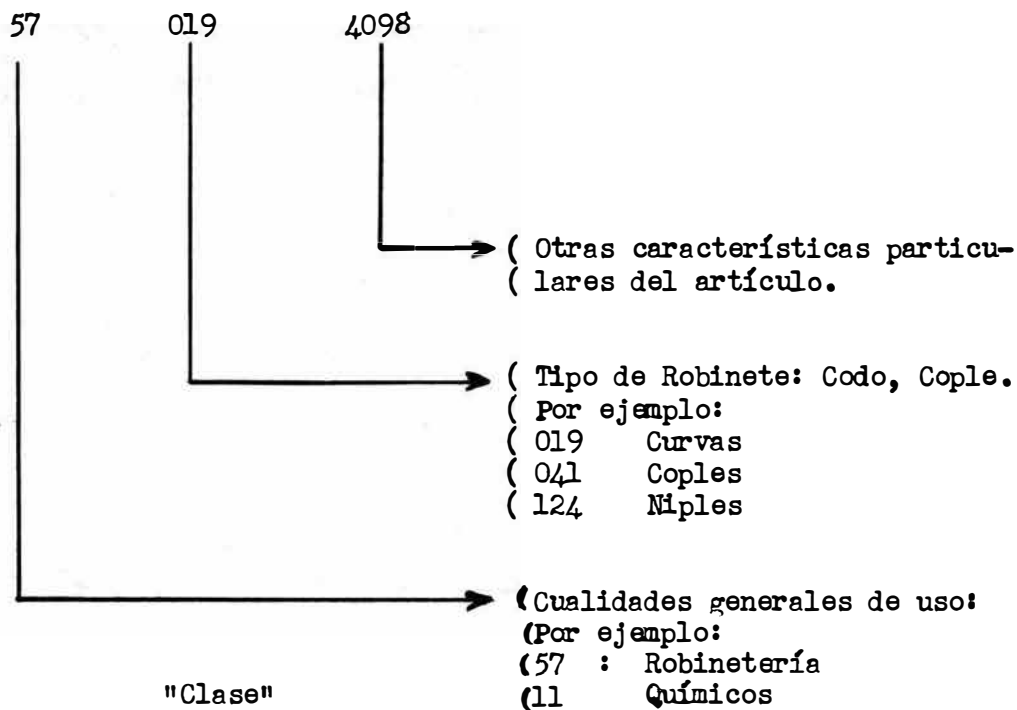
Supervisor de Area	Capataz	Oficinista
-Entrega copia de Orden de Trabajo.	-Estudia el problema. -Prepara relación del material.	-Determina códigos. -Prepara la Orden de Bodega.

Depto. de Materiales	Supervisor de Area	Capataz
Entrega el material.	Aprueba la orden.	

Capataz - Ejecución del Trabajo

FLUJO DE LA ORDEN A LA BODEGA

Código.- En estas columnas se describe numéricamente el artículo, por ejemplo:



Este sistema de descripción numerada se usa por conveniencia a las máquinas Computadoras.

Condición.- Indica el estado físico del material:

Condición 1 - Material nuevo.

Condición 2 - Material usado en buenas condiciones.

Condición 3 - Material usado que necesita reparación.

Condición 4 - Chatarra.

Condición 6 - Material usado, ya reparado.

Ultimo Pedido Entregado.- Indica en meses el tiempo que tardó en llegar el último pedido.

Factores de Consumo.- Son 6 columnas, cada una tiene el promedio de consumo de 3 meses en total hay 6 promedios consumo de los 18 meses anteriores. La suma de estos 6 promedios multiplicada por 3 nos da el consumo promedio a la fecha.

Todos los demás puntos del reporte de existencias se explican por sí mismo.

En el 2do. renglón de la columna "descripción" aparecen los datos referentes a los pedidos pendientes en la secuencia del cuadro que se presenta a continuación:

En la página 74 se presenta una hoja completa del formato del reporte de existencias.

COSTOS

En esta exposición, nos referiremos en forma concreta, al costo que origina el mantenimiento de una unidad de craqueo térmico en una de sus inspecciones de 90 días de servicio; se escoge esta unidad por ser el tipo más representativo para los efectos de mantenimiento. En principio; estos costos se agrupan en dos partes:

- Costos Directos.

Costos Indirectos.

Los costos directos son los que intervienen física y tangiblemente en los trabajos de mantenimiento; éstos, se resumen en tres clases:

- a. Labor
- b. Material
- c. Equipo

Los costos indirectos están formados por:

- a. Servicios de Personal
- b. Beneficios
- c. Servicios de Taller
- d. Recargos de Material
- e. Pérdidas por no Producir.

Labor.- En este punto, se considera la remuneración que se paga al personal que efectúa el trabajo, para lo cual se computa el total de horas-hombre y calidad del personal empleado; en este ítem se considera también el trabajo de supervisión expresado como un % de la labor cargado a esta cuenta.

A continuación se presenta la relación de los trabajos que se hacen en la limpieza é inspección que consideramos, así como también, se indica el número de personal, especialidad y tiempo que se necesita, de esta relación se deduce el número de horas-hombre necesario para el trabajo total.

HORAS-HOMBRE PARA LOS TRABAJOS DE INSPECCION CORTA
EN LAS UNIDADES DE CRAQUEO

- 76 -

Trabajo No.	Descripción	1er. Día				2do. Día				3er. Día			
		C	G	M	L	C	G	M	L	C	G	M	L
Horno													
1	Sacar quemadores de gas, colocar bridas cie- gas; colocar ventiladores; limpiar y colocar quemadores.		4/4									4/4	
2	Sacar tapones de las filas de tubos de zona radiante y limpiar cabezas y tapones, armar y desarmar andamio para inspección. Cambiar dos tubos quemados. Tapar y probar a 825 PSI	6	2		2	6	2		2	6	2		2
3	Limpiar tubos con carbón.		4/12			4/12						4	
4	Calentar tapones para sacarlos. (Un cortador el primer día).												
5	Sacar y armar válvulas, termocoples del hor- no.		2										
6	Reempacar brida de 2" en línea de vapor a los quemadores de aceite.							2/2					
7	Reempacar válvula de quench de 2". Cambiar tramo con fuga.							2/2					
Soakers													
8	Desarmar, limpiar, cambiar válvulas y armar la línea del horno a los soakers.		3		2		4		2				2
9	Desarmar, limpiar y armar la línea de los soakers al separador.		2	2		2	2			2	2		
10	En el soaker #1, limpiar con la máquina, ar- mar balso y picar carbón.		2							6			4
11	Reparar válvulas de drenaje de 3/4" en la plataforma.		1										
<u>Separador</u>													
12	Sacar olla de brea y sus conexiones; armarla después de la limpieza del separador, desar- mar, limpiar y armar la línea de brea del se- parador al condensa.		4				4					4	
13	Picar carbón del fondo del separador.					2							

Además:

TRANSPORTE: 1 camión, 1 pluma, 1 payloader : 3 días

CORTADORES Y SOLDADORES (Depto. Servicios Mecánicos)

2 Cortadores el primer día

1 Cortador y 1 soldador: 1er, 2do. y 3er. día.

HORAS-HOMBRE:

SERVICIOS TECNICOS : 1,800 H-hrs.

SERVICIOS MECANICOS 80 H-hrs.

(incluyendo transporte) Total 1,880 H-hora.

Nota.- El horario normal de trabajo del personal de la Sección Industrial es:

De lunes a viernes : 7am. a llam. y, de 1pm. a 5pm.

Día sábado : 7am. a llam.

En la relación Hombres-hora:

C = Caldereros; G = Gasfiteros; M = Mecánicos; L = Laboreros

Números enteros Significan el número de personal y 8 horas de trabajo.

Número quebrado : Numerador: H-hombres; Denominador: horas de trabajo.

En resumen; son 1,880 hombres-hora empleados en el trabajo de inspección de la unidad de craqueo.

El costo promedio de la labor, hace un total de: \$ 1,300.00.

Costos total de la labor: \$ 1,300.00

Material.- A continuación se presenta la lista del material usado en los trabajos de inspección y limpieza de la unidad de craqueo; y, su costo en dólares; asimismo, se indica el # del trabajo correspondiente donde será usado.

Material Principal

<u># del Trabajo</u>	<u>Descripción del Material</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Valor Total en Dólares</u>
1	Tubos 3" acero al 9%	EA	2	298.68
27	Tubo acero 4"	pié	380	442.20
7	Tubo acero 2"	"	20	11.80
11-26	Tubo galvanizado $\frac{3}{4}$ "	"	30	13.50
36	Válvula brida 2", 150#	EA	1	53.36
31	Válvula rosca 2", 150#	"	1	13.64
11-26	Válvula globo, bronce $\frac{3}{4}$ ", 150#	"	2	10.14
30	Válvula brida 4", 150#	"	1	157.74
27	Codos 4", soldados	"	42	281.82
31	Codos 2", roscados	"	4	3.56
31	Codos 2", soldados	"	4	3.42
11-26	Codos galvanizados $\frac{3}{4}$ " roscados	"	10	1.00
11-26	Coples $\frac{3}{4}$ " galvanizado	"	10	0.30
11-26	Tees $\frac{3}{4}$ " galvanizado roscado	"	6	0.90
20	Pernos 7/8" x 6"	"	50	42.00
30	Pernos 5/8" x 3 $\frac{1}{2}$ "	"	100	26.00
27	Empaque metálico 2", 300#	"	6	1.86

27	Empaque metálico 3", 300#	EA	6	2.28
22	Empaque metálico 4", 300#	"	12	7.44
14	Empaque metálico 6", 300#	"	6	4.26
19	Empaque durable 6"	"	6	0.96
19	Empaque durable 4"	"	12	1.44
7	Empaque durable 2"	"	12	0.60
23	Empaque acumulador	"	2	10.70
20	Empaque torres (metálico)	"	4	51.24
20	Empaque torres (durable)	"	4	20.44
12	Empaque separador	"	2	12.06
8	Empaque soaker	"	2	4.96
	Pasta grafito (Esso Thread Grease)	Lb.	150	45.00
		Total		1,523.50

Costo total del material: \$ 1,525.00.

Equipo.- La relación del equipo principal usado en la inspección es la siguiente:

- a. 2 Ventiladores tipo eyector.
- b. 1 Máquina de expandir tubos, Ingersoll Rand 55-R.
- c. 2 Máquinas limpia-tubos, Aire Tool de 3-1/16" á 2³/₄"Ø.
- d. 2 Trompos, Aire Tool de 2¹/₄" á 3¹/₄"Ø.
- e. 2 Expandas, Aire Tool de 2¹/₄" á 3¹/₄"Ø.
- f. 2 Escobillas, Aire Tool, size CC-375.
- g. Ajustadoras neumáticas (Impact wrenches).
- h. Un compresor portátil de aire, 100 PSI.
- i. 1 Máquina de soldar.
- j. 1 Equipo de corte.
- k. 1 Camión de rejás.
- l. 1 Carro pluma.
- m. 1 Pay-loader.

De este equipo todas las máquinas desde a hasta i son del taller del Departamento de Servicios Técnicos, en la Sección Industrial y su costo está incluido entre los costos indirectos.

En el resto del equipo, proporcionado por el Departamento de Servicios Mecánicos, el costo es como sigue:

<u>Equipo</u>	<u>Costo por Hora</u>	<u>Horas en Trabajo</u>	<u>Total</u>
Camión de rejas	1.42	24	34.08
Carro pluma	4.87	24	116.88
Pay loader	3.15	24	<u>75.60</u>
			226.56

Costo total del equipo: \$ 225.00

Resumiendo; los costos directos serán:

- a. Labor \$ 1,300 +
 - b. Material 1,525
 - c. Equipo 225
- \$ 3,050

Costos Directos, Total: \$ 3,050

Costos Indirectos.-

- a. Servicios al Personal.- Son los costos originados por el servicio de casa para el personal, luz, agua y servicio de mantenimiento.
- b. Beneficios al Personal.- Formados por vacaciones, dominical, servicio de atención médica, medicinas, pagos por guardias, permisos.
- c. Servicios de Taller.- Comprende el uso del equipo del taller: máquinas de impacto, taladros, máquinas de expandir, máquinas de soldar, equipo de corte, aire para máquinas, vapor, etc.

Estos tres primeros beneficios se manifiestan como un porcentaje de la labor, el 136% de la labor:

- a. Servicios al Personal
- b. Beneficios
- c. Servicios de Taller
- d. Recargos de Material.- Este rubro incluye el costo por almacenaje,

despacho y manipuleo del material y se ha calculado que es:

7.7% del costo del material.

- e. Pérdidas por no Procesar Crudo Reducido de HCT.- El incentivo de procesar RHCT es de \$0.28 por barril.

Asumiendo se procesen 4,000 Bls. por día, en tres días se dejaría de procesar 12,000 Bls. y la pérdida por no procesar sería:

$$12,000 \times 0.28 = \$ 3,360$$

(No se considera tiempo perdido para bajar y poner en marcha la unidad)

Resumiendo:

a. Servicios al Personal	}			
b. Beneficios			136% de \$ 1,300	= \$ 1,768 +
c. Servicios de Taller				
d. Recargos de Material		7.7% de 1,525	=	117
e. Pérdidas por no Procesar				<u>3,360</u>
Costos Indirectos, Total :				= \$ 5,245

Costo Total : Directo más Indirecto:

$$\begin{array}{r} 3,050 + \\ \underline{5,245} \\ \$ 8,295 \end{array}$$

Costo Total de la Inspección de la Unidad de Craqueo: \$ 8,295

Lo que en Soles Peruanos serían:

(Cambio asumido á 26.80 Soles por Dólar)

$$8,295 \times 26.80 = \underline{\underline{S/. 222,306}}$$

SIMPLIFICACION

En este capítulo se presenta, las principales acciones tomadas para reducir el costo del mantenimiento de la refinería en lo que a simplificación de trabajos ó sistemas se refiere, ya que toda simplificación conveniente debe ir hacia una disminución de costo lo cual es uno de los objetivos de la técnica.

Teniendo en mente que debe ser considerado cualquier medio que permita reducir el costo del mantenimiento, se expone lo más importante de lo que al presente se ha avanzado ó se pondrá en práctica para tener mayor eficiencia en esta labor; asimismo, la simplificación y mejoras al respecto son la constante preocupación é interes de todo el personal involucrado en el asunto y cada vez aparecen ideas nuevas que, tomando forma; tienden al objetivo común que es el mantenimiento necesario, completo y al menor costo.

A. Ya se ha indicado anteriormente en el Capítulo de Programación, que en las inspecciones programadas que se hacen a las unidades, se encuentran condiciones particulares que permiten prolongar la operación de la unidad durante un tiempo mayor que el programado ó las condiciones son tales que se presenta la conveniencia de reducir el intervalo entre inspecciones para evitar después paradas costosas é imprevistas. Tomaremos nuevamente como ejemplo, la inspección corta en una unidad de craqueo.

Precisaremos el ejemplo tomado en el Capítulo de Costos.

Ultimamente la tendencia para programar las inspecciones para limpieza en las unidades de craqueo es hacer 6 inspecciones anuales, una cada 60 días con una duración de 2 días cada una, en las cuales se realizan todos los trabajos necesarios rutinarios además de los cuales, se hace el mantenimiento a algunas de las partes del equipo que por su naturaleza necesitan

atenderse por lo menos una vez al año, de tal manera que; a la vuelta de un año se haya inspeccionado toda la unidad, en esta forma se elimina la inspección general de 8 á 10 días que se hacía anualmente y se menciona en el Capítulo de Programación, en adición a esta inspección general, se hacían 3 inspecciones cortas de limpieza al año, las cuales significaban 3 días por cada una en que se paraba la unidad.

Esta nueva programación, significa:

- Reducción de número de trabajos.
Reducción del personal necesario para inspecciones generales.
- Reducción del tiempo de parada (aumento del factor de servicio de la unidad).
- Reducción proporcional de costos.

En la programación anterior, de limpieza cada 90 días; los factores de servicio de las unidades, llevaban a la conclusión de que se hacían más paradas de las programadas; de 6 ó más al año, y ambas eran de 3 días de duración, se realizaban rutinariamente trabajos que en realidad no eran necesariamente indispensables. Es por esta razón en que se puede hacer una comparación entre una limpieza de cada 90 días con la actual, ó sea cada 60 días.

Comenzaremos con la nueva lista de trabajos indicando al final el número y calidad del personal requerido y las consecuencias teóricas en los diferentes costos. El nuevo sistema de programación (cada 60 días) de limpieza se ha comenzado a poner en práctica en el presente año.

Lista de Trabajos - Inspección de 60 días de servicio

Horno

1. Sacar quemadores de gas, colocar bridas ciegas y ventiladores, limpiar y colocar quemadores.

2. Sacar tapones de las 4 filas de tubos del fondo y limpiar tubos, cabezas y tapones. Armas y desarmar andamio para inspección. Cambiar dos tubos quemados. Tapar y probar a 825 PSI.
3. Limpiar tubo con carbón.
4. Calentar tapones para sacarlos.
5. Sacar y armar válvulas, termocuples del horno.

Soakers

8. Desarmar, limpiar, cambiar válvulas y armar la línea del horno a los soakers.
9. Desarmar, limpiar y armar la línea de los soakers al separador.
11. Reparar válvulas de drenaje de 3/4" en la plataforma.

Separador

12. Sacar olla de brea y sus conexiones, armarla después de la limpieza del separador, desarmar, limpiar y armar la línea brea del separador al condensa.
13. Picar carbón del fondo del separador.
14. Sacar flote y serpentín de vapor del separador, revisar flotes de las torres y acumulador (ya no se sacan si no es necesario).
15. Armar andamio dentro del separador para limpiarlo, sacarlo después de la limpieza.
16. Limpiar interior del separador.

Torres

20. Reempacar las tapas con fuga.

Acumulador

22. Limpiar línea de recicló.
23. Reempacar bridas que presentan fugas.

Bombas

24. Reempaquetar bombas frías y calientes (eliminado reempaque de válvulas de las cámaras de vapor).

Condensos

- 28. En el condensa de brea, cambiar las camas 3ra., 4ta. y 5ta. y cambiar los soportes del serpentín.
- 33. Probar los condensos de brea, gas oil y gasolina.

Diversos

- 34. Colocar bridas ciegas en todas las líneas que lo necesiten; según lista.
- 35. Transportar válvulas y material a la factoría y hacer limpieza donde sea necesario.
- 38. Sacar válvula de seguridad del horno y separador, sacar válvula y carretel superior del separador, colocarlos.

Se han eliminado los trabajos Nos.: 6, 7, 10, 17, 18, 19, 21, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 36, 37 y 39, de los cuales algunos se harán con la unidad en marcha y los otros en las próximas inspecciones. Asimismo, toda la labor se terminará en dos días.

Resumen:

Son 1,480 horas-hombre la labor neta, de las cuales 270 horas son en sobre-tiempo, en total (sobretiempo doble) serán:

$$1,480 + 270 = 1,750 \text{ Horas-Hombre, labor a pagar.}$$

Promedio de costo de la labor: \$ 1,200.

Considerando sin variación el costo del equipo y material; los costos directos serán:

Labor	\$ 1,200 +	
Material	1,525	
Equipo	<u>225</u>	
Total :	2,950	Costos Directos: \$ 2,950

Costos Indirectos:

a) Servicios al Personal	}	1.36 x 1,200 = \$ 1,632
b) Beneficios		
c) Servicios de Taller		

d) Recargos de Material $0.077 \times 1525 = 117$
 e) Pérdida por no Procesar RHCT 2,240
 (2 días) x (4,000 Els.) x \$ 0.28 = 2,240 Total: \$ 3,989

Costos Indirectos: \$ 4,000

Costo Total = $2,950 + 4,000 = \$ 6,950$

Ahorro teórico : 8,295 - (Inspección 90 días)

6,950 (Inspección 60 días)

1,345

Ahorro teórico: \$ 1,345

El ahorro teórico es aproximadamente igual a la pérdida evitada al procesar la unidad desde un día antes que en el caso anterior de inspección cada 90 días:

$4,000 \times 3 \times 0.28 = 3,360 -$ (3 días producir)

$4,000 \times 3 \times 0.28 = \underline{2,240}$ (2 días producir)

Diferencia: \$ 1,120 S/. 38,080 Soles

B. Otro de los puntos a considerar en la simplificación del mantenimiento, es el planeo de los trabajos usando el sistema de la ruta crítica, lo cual permitirá mejor uso del personal, eliminando sobretiempos innecesarios y acelerando los trabajos críticos para reducir en lo posible el tiempo de parada de la unidad ó el mejor comportamiento de ésta.

Asimismo, podrían combinarse las operaciones de parada y puesta en servicio de la unidad con los trabajos del inspector de Equipo y los que realiza la Sección Industrial.

Todo trabajo ó construcción de cierta envergadura, debería ir acompañado de su respectivo diagrama de flechas y carta itinerario para tener una visión completa del proyecto y poder llegar a correctas conclusiones que permitan tomar las decisiones más convenientes con el consiguiente control de costos ya que toda actividad del proyecto preparado en forma normal, va

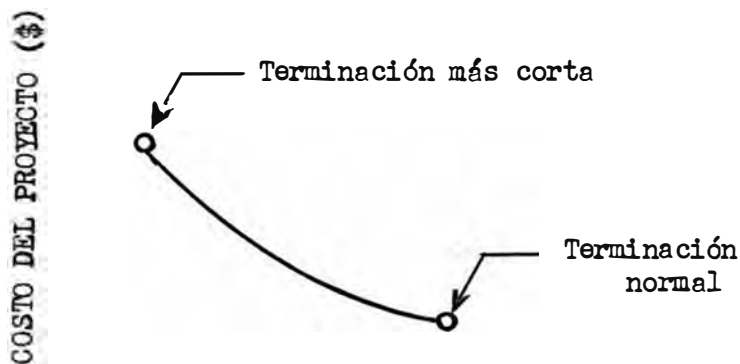
acompañado de un costo específico y el costo directo total del proyecto es la suma de los costos de cada actividad. Consecuentemente, esto nos da el costo directo mínimo ya que todos los trabajos se llevan a cabo en forma normal. Sin embargo; es posible que sea necesario terminar el proyecto en un plazo determinado ó lo antes posible y usando todos los medios de que se disponga, esto; normalmente originará un aumento en los costos correspondientes. A fin de reducir el tiempo de ejecución del proyecto algunas ó muchas actividades del paso crítico deberán ser reestructuradas. Asimismo, nuevas actividades se volverán críticas. Si solamente se consideran los tiempos correspondientes a cada trabajo, se pueden encontrar varios itinerarios que satisfagan el requerimiento de tiempo deseado para la ejecución del proyecto. Si además, se evalúan los costos se notará que el costo total del proyecto depende del itinerario escogido.

La computación de los programas para esta fase del planeo; van dirigidos a representar las fluctuaciones de los costos según los cambios del tiempo total de ejecución del proyecto, y la solución consiste; en determinar el itinerario de menor costo para los límites de tiempo señalados.

A fin de suplir los datos requeridos para estas soluciones; es necesario considerar mayor información concerniente a cada trabajo; tal como:

- a) ¿Cuál es el tiempo mínimo en que puede ejecutarse cada trabajo ?
- b) ¿Cuál es el costo del trabajo ejecutado en tiempo normal ?
- c) ¿Cuánto cuesta reducir el tiempo permitido para ejecutar el trabajo ?

Con estos datos se pueden preparar diversos itinerarios y de ellos se obtiene el mejor itinerario (el de mínimo costo) para un tiempo total del proyecto ya especificado. Cuando estos itinerarios se plotan vs. sus costos, se obtiene una curva de costo del proyecto:

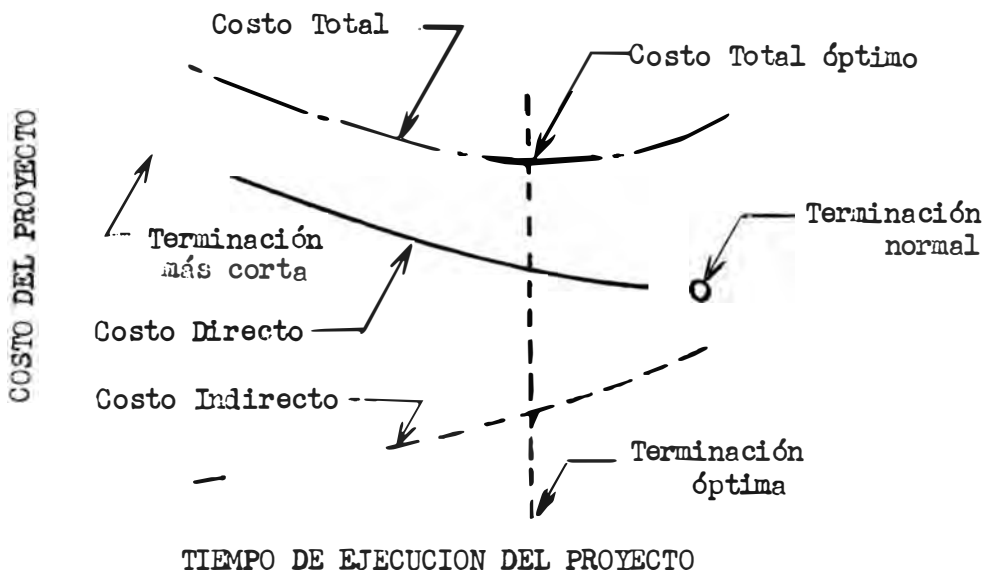


TIEMPO DE EJECUCION DEL PROYECTO

Esta curva de costo del proyecto, puede usarse para contestar las siguientes preguntas:

- a) Dado un presupuesto determinado, ¿ cuándo es lo antes que puede terminar el proyecto ?.
- b) Dado un tiempo determinado para terminar el proyecto, ¿ cuál es el costo mínimo del proyecto ?.
- c) Dada la curva de costos directos é indirectos, ¿ cuál sería el tiempo más conveniente de terminación del proyecto ?.

Para contestar la pregunta (c), debe construirse una curva de costos totales: directos é indirectos, esta curva de costo total, generalmente tiene un mínimo el cual debe seleccionarse como el tiempo más conveniente de terminación del proyecto ya que representa el costo óptimo total del mismo.



C. Desde otro punto de vista, podemos considerar que un trabajo puede simplificarse ya sea:

- a) Aumentando personal ó equipo para hacer más rápido un trabajo ó para hacerlo más eficiente.
- b) Disminuyendo personal ó equipo y aprovechando mejor el personal y equipo disponible para reducir el costo.

En los programas en que deba considerarse una disminución del personal la tendencia es la de mantener ó preparar "trabajadores múltiples" ó sea que sean capaces de realizar eficientemente diversidad de trabajos, algunas de las ventajas son:

- Dé al personal un conocimiento completo del problema total que ha originado el trabajo.
- Permite una secuencia ordenada en la ejecución.
- Continuidad en el trabajo.
- Reduce las horas-hombre para realizarlo.
- Disminuye el tiempo perdido en buscar al personal especializado.
- Necesita menos supervisión.
- Es posible, cuando sea necesario, reducir al máximo el tiempo en los trabajos que por su naturaleza precisen y permitan la participación del mayor número de personal.

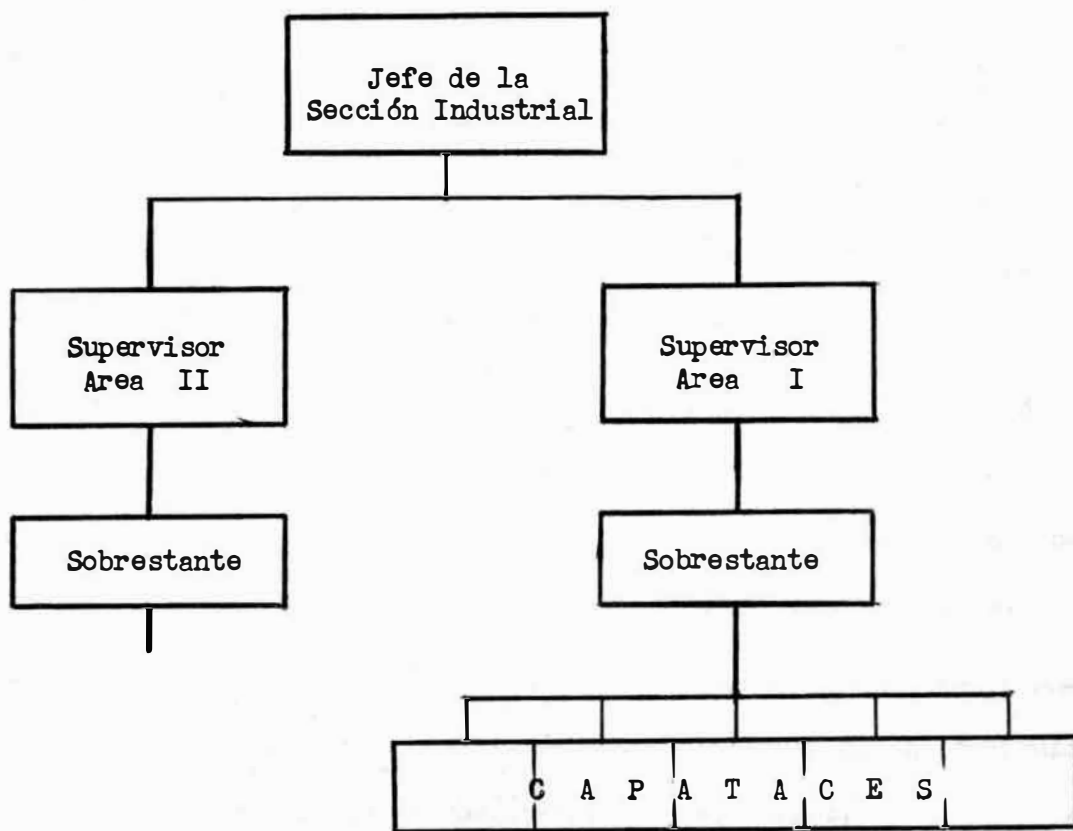
Esta característica del trabajador múltiple, unida a la introducción de personal de mando intermedio, en un nivel entre Capataz y Supervisor de Area (Sobrestante) permitirán, a juicio del autor; que el Supervisor de Area pueda:

- Estudiar mejor el desempeño y potencialidad de su personal.
- Recomendar entrenamiento.
- Estudiar las posibilidades de las distintas fases de los proyectos.
- Planear mejor los trabajos mayores y los simples.

- Establecer adecuados puntos de control en el avance de los mismos.
- Intensificar supervisión a trabajos especiales.

Todo esto, convergerá a la ejecución de un mejor trabajo y un desempeño más eficiente del personal.

La distribución teórica sería:



CONCLUSIONES

El mantenimiento en la Refinería de Talara se basa en la programación preparada por la Sección Equipo y realizada por la Sección Industrial, ambas pertenecientes al Departamento de Servicios Técnicos.

El mantenimiento está dispuesto en forma tal de reducir al mínimo el tiempo de parada de las unidades.

Las reuniones de planeo semanales y diarias aseguran la coordinación necesaria para la ejecución de los trabajos.

El sistema establecido por el Departamento de Materiales permite un ajustado control de los mismos y los hace llegar en la cantidad y oportunidad requeridos.

La Sección Industrial debe dirigirse hacia la formación del personal ó trabajador múltiple desarrollando los programas necesarios para este fin. El primer paso sería capacitar su personal para reparación de bombas, actualmente hecha por personal del Departamento de Servicios Mecánicos.

Puede y debe incrementarse el planeo de trabajos por el sistema de la ruta crítica con la asesoría temporal de un planeador central. Al comienzo será muy laborioso pero luego se compensarán los esfuerzos.

Las responsabilidades de los Supervisores de Area son complejas y algunas deben delegarse a personal de mando intermedio: Sobrestantes.

Con el sistema de turno en los sobrestantes será mejor supervisada la ejecución de proyectos que por su naturaleza demanden gran cantidad de trabajo en sobretiempo.

Todos los trabajos son realizados dentro de la máxima y moderna protección de seguridad industrial a la vez que proveen las condiciones que permiten el mejor rendimiento del personal.

El mantenimiento de la Refinería de Talara, es la consecuencia de un eficiente ordenamiento de trabajo y coordinación de todos los medios y sistemas de la técnica los que a su vez están en constante reorganización y cambios tendientes a obtener la eficiencia máxima.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- "Curso para Inspectores de Equipo" - (Esso) Refinería de Campana, Argentina (1960).
- 2.- "Project Management" - J. Moder y C. Phillips, Atlanta (1964).
- 3.- "C.P.M. without Computer" - J. Moder, Eng. News Record (March 1963).
- 4.- "Operational Planning" - G.R. Heiskell, Central Planner, IPCo. Talara (Reporte) (1961).
- 5.- "Mechanical Engineering" - W.G. Gast, Betchel Co. (Feb. 1962).