

57  
REJ



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

Planeación y Construcción de la  
Planta de Almacenamiento y Distribución  
de Destilados en Irapuato, Gto.

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N :

**Faustino Montes, Leovigildo  
Jiménez Chávez, Juan Antonio  
Juárez Guerrero, Carlos Martín  
Pozos Jiménez, Pedro**



## FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

JULIO DE 1995



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**A la Universidad Nacional  
Autonoma de México**

**A la Facultad de Ingeniería**

**A los profesores de la Facultad**

**Al Ing. Oscar E. Martínez Jurado**

**Con sincero agradecimiento**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-073/95

Señores  
**LEOVIGILDO FAUSTINO MONTES**  
**JUAN A. JIMENEZ CHAVEZ**  
**CARLOS M. JUAREZ GUERRERO**  
**PEDRO POZOS JIMENEZ**  
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. OSCAR E. MARTINEZ JURADO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

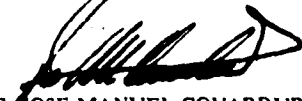
**"PLANEACION Y CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y  
DISTRIBUCION DE DESTILADOS EN IRAPUATO, GTO."**

- INTRODUCCION**
- I. ANTECEDENTES**
  - II. PROYECTO GENERAL DE LA OBRA**
  - III. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION**
  - IV. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LINEAS DE CONDUCCION**
  - V. LIMPIEZA DE LINEAS Y PRUEBAS HIDROSTATICAS**
  - VI. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**
  - VII. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES**

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 7 de julio de 1995.  
EL DIRECTOR

  
ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP\*nl

**PLANEACION Y CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y  
DISTRIBUCION DE DESTILADOS EN IRAPUATO, GTO.**

**INDICE**

	INTRODUCCION . . . . .	1
I.-	ANTECEDENTES . . . . .	3
II.-	PROYECTO GENERAL DE LA OBRA . . . . .	9
III.-	PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION . . . . .	17
IV.-	PROCESO CONSTRUCTIVO DE LINEAS DE CONDUCCION . . . . .	38
V.-	LIMPIEZA DE LINEAS Y PRUEBAS HIDROSTATICAS . . . . .	62
VI.-	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO . . . . .	66
	COMENTARIOS Y CONCLUSIONES . . . . .	75
	BIBLIOGRAFIA	

## **INTRODUCCION**

En el desarrollo de nuestra actividad cotidiana, son diversas las oportunidades que se nos presentan de trabajar en coordinación con otras ramas profesionales, por esta razón nos pareció interesante abordar un tema como el presente, por la participación multidisciplinaria de personal especializado, que tomó parte en la planeación y ejecución de una obra como ésta.

Se trata de una obra poco común por el enfoque modernista con que fué concebida, enmarcada en una política nacional de cambio exigida por las organizaciones civiles, cada vez con mayor fuerza e insistencia, para que las instalaciones industriales no sean un riesgo para los centros de población, así como tampoco sean causa de la degradación del medio ambiente, sin olvidar el aspecto primordial que es el económico, todo esto gracias a la planeación de la empresa, la cual en paralelo a la planeación global del gobierno cooperarán al bienestar social y económico de la sociedad.

La Planta de Almacenamiento y Distribución de Destilados de Irapuato, se encuentra dentro del amplio programa de modernización del sector energético, el cual tiene como objetivo principal, incrementar la eficiencia y eficacia de dicho sector; por lo que para mejorar la distribución de sus productos en la zona, PEMEX construye este tipo de instalaciones.

El propósito principal de este trabajo consiste en describir los procesos constructivos que se llevaron a cabo durante esta obra, así como su importancia dentro de la planeación estratégica del sector.

Para efecto de hacer mas practica la descripción, se dividió la obra en dos partes, que son: procesos constructivos de la planta de almacenamiento y procesos constructivos de las líneas de conducción que abastecen los productos petrolíferos desde la Refinería de Salamanca. Asimismo, el trabajo trata de dar una imagen general de la obra, su concepción, los estudios preliminares realizados y necesidades que le dieron origen.

Para describir el proyecto lo hicimos en VI capítulos donde se enuncia lo mas relevante del tema. En el capítulo I, se hace un análisis de acuerdo a la nueva reestructuración de PEMEX dada en julio de 1992 y se le da un trato teórico de planeación, donde se destacan los principios de la planeación estratégica.

En el capítulo II se analizan las necesidades que debe cubrir el nuevo proyecto, se da la localización del predio y se describe cada una de las secciones de la Planta.

En el capítulo III se describe el proceso constructivo de la Planta, en donde se toma como base principal las terracerías, tanques de almacenamiento, pavimentos, acceso ferrocarrilero y zona de edificios. De cada una de estas partes se trata lo más relevante.

En el capítulo IV se tratan los procesos constructivos de las líneas de conducción, cada una destinada a un diferente producto. Los trabajos se dividieron en dos partes:

- a) línea regular
- b) obras especiales

Se da una explicación de los equipos empleados en la soldadura y para el movimiento de tuberías y de la maquinaria pesada empleada

En el capítulo V, se trata lo correspondiente a la limpieza de las líneas y las pruebas hidrostáticas a las que se sometieron las tuberías antes de entrar en servicio para el que fueron destinadas cada una.

En el capítulo VI, se habla de como se le da mantenimiento a estos tipos de tuberías y tanques de almacenamiento. Haciendo hincapié en lo importante que es y como influye en la vida útil de las instalaciones.

Finalmente, en el capítulo VI, se presentan una serie de comentarios y conclusiones derivados de los trabajos ejecutados y del funcionamiento de las instalaciones.

**ANTECEDENTES**

En la actualidad nuestro país se encuentra en una etapa de desarrollo, tanto económico como industrial, pero también están sucediendo muchos cambios políticos, razón por la que, todas las empresas importantes han enfocado sus programas y políticas comerciales a largo plazo, para lograr mejores beneficios.

Empresas como PEMEX trabajan en mejorar sus programas de desarrollo y proyectan sus actividades a largo plazo, es decir, utilizan la PLANEACION en sus programas a futuro.

Ahora bien, debemos de entender por PLANEACION al proceso previo de llevar a cabo una acción, en donde se analiza que se hará y como se hará para conseguir un objetivo.

Como sabemos, para una mejor comprensión de la naturaleza de la planeación, es importante señalar las siguientes características:

**I.- La planeación es algo que hacemos antes de efectuar una acción, convirtiéndose así en una toma de decisión anticipada.**

**II.- La planeación es necesaria cuando el hecho futuro que deseamos involucra un conjunto de decisiones interrelacionadas (sistema de decisiones), en donde se distinguen los siguientes aspectos:**

**A).- Son demasiado grandes para manejarse todas las decisiones al mismo tiempo, entonces se pueden subdividir en etapas o fases que se desarrollan en secuencia.**

**B).- El conjunto de decisiones no puede subdividirse en subconjuntos independientes, por consiguiente, un problema no se divide en problemas de subplaneación independientes.**

**III.- La planeación es un proceso que se dirige a la producción de uno o más estados futuros, y que no es probable que ocurran a menos que se haga algo en ese sentido.**

Tomando en consideración que la PLANEACION ESTRATEGICA maneja efectos duraderos y difícilmente reversibles; esto debido a que tiene perspectiva amplia y también se refiere a la formulación de objetivos y selección de los medios para lograrlo, empresas como PEMEX han enfocado sus programas tomando como punto de partida este enfoque de PLANEACION. De acuerdo a la estructuración de planeación, esta consta de las siguientes partes:



- 1.- FINES: Especificación de Metas y Objetivos.
- 2.- MEDIOS: Elección de políticas, programas, procedimientos y prácticas
- 3.- RECURSOS: Tipos, cantidades, origen y aplicación de recursos, buscando optimizar su asignación.
- 4.- REALIZACION: Diseño de procedimientos para la toma de decisiones y la forma de organizarlos
- 5.- CONTROL: Rendimientos para prever o detectar errores y corregirlos.

Así pues, con la PLANEACION como herramienta y considerando los puntos anteriores, el Estado Mexicano elaboró el programa de Modernización del Sector Energético 1990-1994, siendo el principal OBJETIVO el incrementar la eficiencia y la eficacia de dicho sector, para hacerlo cada día más productivo.

Petróleos Mexicanos (PEMEX) es una empresa descentralizada clave del Sector, creada para ejercer la conducción central y la dirección estratégica de todas las actividades relacionadas a la industria petrolera estatal, debiendo asumir el mismo OBJETIVO, sin descuidar su ritmo de explotación y desarrollo, así como lo relativo al mejoramiento del ambiente.

Dicho objetivo implica el cumplimiento de diversas Metas, como las que a continuación se enumeran:

- 1).- Adecuar su estructura de organización.
- 2).- Abatir costos.
- 3).- Agilizar y simplificar procedimientos.
- 4).- Equilibrar y ampliar líneas de producción.
- 5).- Suprimir dispendios.
- 6).- Satisfacer la demanda de los usuarios en términos competitivos de calidad y precio.
- 7).- Mantener los niveles de producción para garantizar las exportaciones y el abasto interno.
- 8).- Reestructurar los sistemas de comercialización.
- 9).- Introducir tecnologías de punta.
- 10).- Elaborar nuevos productos de calidad ecológica internacional.
- 11).- Completar cadenas industriales.
- 12).- Impulsar la petroquímica.

Para cumplir estas metas en un organismo con la complejidad de PEMEX, fue necesario modificar su estructura operativa tradicional. A partir de julio de 1992, la organización de Subdirecciones cambió a Divisiones especializadas por línea de negocios, con OBJETIVOS bien definidos de carácter técnico, industrial y comercial. Como resultado de esta modificación, se tienen las siguientes Divisiones:

**I).- Pemex Exploración y Producción:** Dedicada a exploración y explotación del petróleo y el gas natural, su transporte, almacenamiento en terminales y comercialización.

**II).- Pemex Refinación:** Enfocada a los procesos industriales de la refinación, elaboración de productos petrolíferos y derivados del petróleo susceptibles de servir como materias primas industriales básicas, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de los productos y derivados mencionados.

**III).- Pemex Gas y Petroquímica Básica:** Procesamiento del gas natural, líquidos del gas natural y el gas artificial; almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de estos hidrocarburos, así como de derivados que sean susceptibles a servir como materias primas industriales básicas.

**IV).- Pemex Petroquímica:** Procesos industriales petroquímicos cuyos productos no forman parte de la industria petroquímica básica, así como su almacenamiento, distribución y comercialización.

Con estos cambios PEMEX asume el reto de hacer frente a los crecientes requerimientos del mercado nacional así como a la compleja competencia de los mercados externos.

Dentro del vasto Programa de Modernización del Sector Energético, los OBJETIVOS de la División Pemex Refinación son:

- 1) Mejorar la calidad del Diesel y la Gasolina
- 2) Fortalecer y modernizar toda su cadena de Terminales
- 3) Descentralizar de las áreas urbanas sus plantas de almacenamiento y distribución
- 4) Promover la participación del Sector Privado en la construcción de terminales y plantas de almacenamiento, y de tratamiento de aguas residuales

Para lograr estos objetivos, la META para el año de 1994, fué concluir la construcción y poner en operación las siguientes plantas:

## PRINCIPALES PLANTAS QUE ENTRARON EN OPERACION EN 1994

LOCALIZACION	PLANTA	FECHA INICIO
Salamanca, Gto.	MTBE	Mayo
	HDS de destilados intermedios	Noviembre
Cadereyta, N.L.	Torres despuntadoras de crudo	Mayo
	Plantas de Azufre	Julio
	Isomerisadora de Pentanos	Agosto
	MTBE	Diciembre
	Reductora de viscosidad	Diciembre
Minatitlán, Ver.	Mezcladora de Asfalto	Diciembre
	Isomerizadora de pentanos	Agosto
Cangrejera, Ver.	Isomerizadora de pentanos	Agosto
Salina Cruz, Oax.	Conversión de reformadora a regeneración continua	Octubre
	MTBE	Diciembre
	TAME	Diciembre
Tula, Hgo.	Desintegración Catalítica	Abril
	Conversión de reformadoras a regeneración continua	Octubre
	HDS de destilados intermedios	Noviembre
Puebla, Pue.	Terminal de Distribución	Marzo
Irapuato, Gto.	Terminal de Distribución	Marzo
Mazatlán, Sin.	Terminal de Distribución	Marzo

Con este programa de trabajo, Pemex-Refinación está en posibilidades de cumplir con el compromiso contraído.

Para un mejor aprovechamiento de sus recursos en el logro de sus objetivos, Pemex Refinación ha regionalizado la venta de productos petrolíferos del país en ocho sectores. (Fig. No. 1).

La Región Occidental del País ha sido siempre una de las más dinámicas con un crecimiento sostenido en las últimas décadas, para mantener este estatus, demanda cada vez una mayor cantidad de energéticos que garanticen la continuidad de su desarrollo. Actualmente los destilados necesarios le son suministrados de la Refinería "Ing. Antonio M. Amor", ubicada en Salamanca, Gto.

Como puede apreciarse en el siguiente cuadro, el valor de las ventas regionales de productos petrolíferos en la zona occidental son aún mayores que las del Valle de México.

# Pemex Refinación: regionalización de las ventas de productos petrolíferos

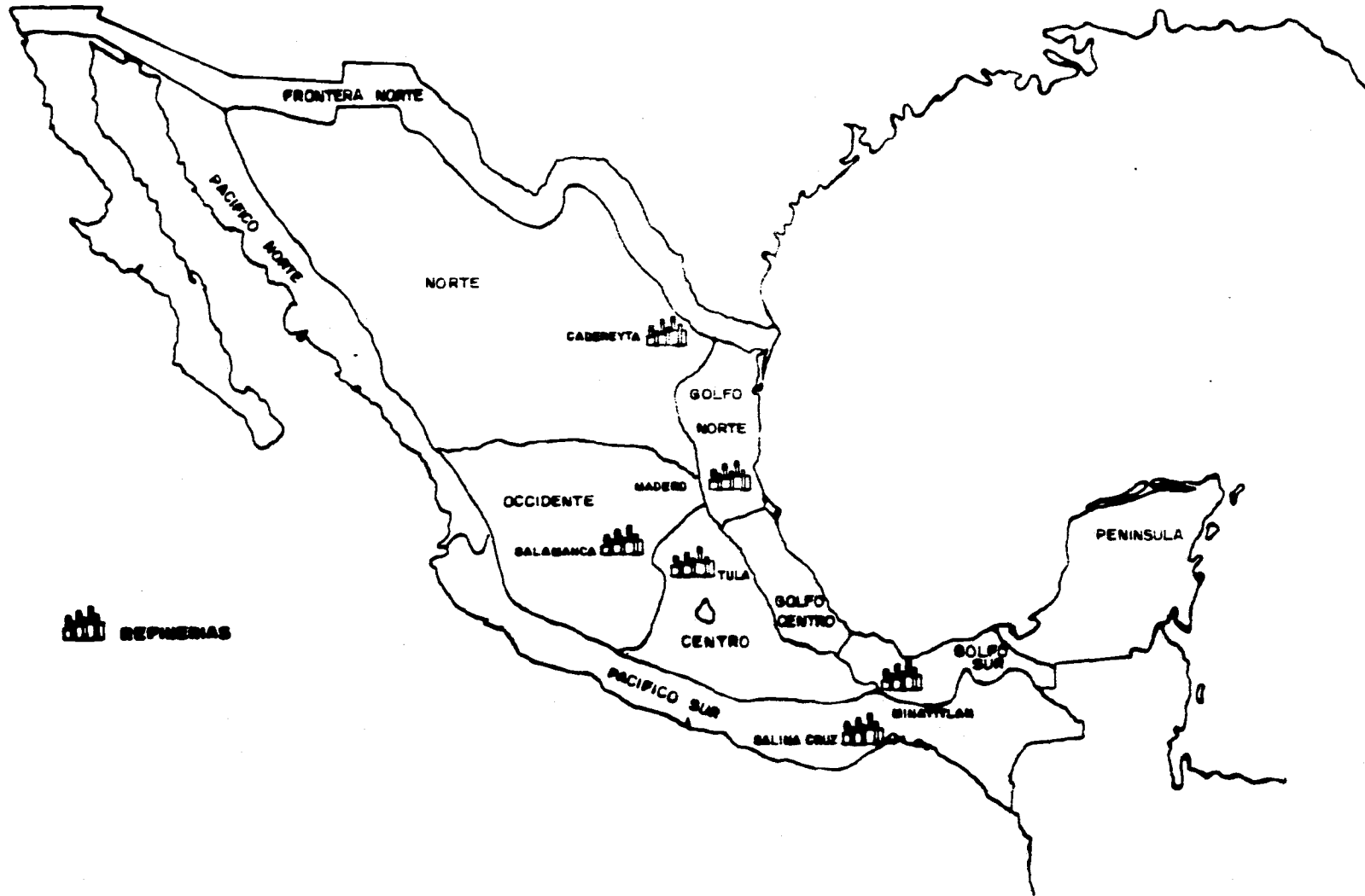


FIGURA No 1

**U N A M**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
 PLANEACION Y CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE  
 ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE DESTILADOS  
 EN IRAPUATO, GTO.

**TESIS PROFESIONAL**  
 FAUSTINO MONTES LEONARDO  
 JIMENEZ CHAVEZ JUAN A  
 JUAREZ GUERRERO CARLOS B  
 POZOS JIMENEZ PEDRO

## DISTRIBUCION REGIONAL DE VENTAS DE DESTILADOS

ZONA	1991	1992	1993
<b>Valle de México</b>	<b>4,364</b>	<b>5,170</b>	<b>4,701</b>
Centro	3,113	3,996	3,647
<b>Occidente</b>	<b>4,340</b>	<b>5,240</b>	<b>4,966</b>
Norte	3,564	4,228	3,674
Frontera Norte	1,835	2,019	2,148
Pacífico	4,201	5,227	4,819
Golfo	2,894	3,593	3,266
Península de Yucatán	897	1,122	1,037

Irapuato es una de las principales ciudades de la región occidental, con un área de influencia importante por su localización geográfica estratégica, por lo que de antaño se estableció en ella una agencia de distribución de destilados.

Dicha agencia fue rebasada en su capacidad y absorbida por el crecimiento urbano, por lo que a partir de enero de 1984 dejó de operar parcialmente, en virtud de las condiciones de inseguridad en las que se encontraba, al representar un peligro permanente para la población debido al área donde se ubica. En la actualidad funciona principalmente como bodega de distribución de lubricantes.

A partir de esa fecha el reparto de productos destilados para el área de influencia de Irapuato se llevó a cabo directamente desde el Centro Embarcador de Salamanca, siendo estas instalaciones riesgosas para estas operaciones por el reducido espacio de maniobras con que cuenta.

Para la Ciudad de Salamanca, la operación de estas instalaciones, trae consigo otros retos, relativos al tránsito intenso de vehículos pesados que hacen más conflictiva la circulación en la ciudad, pero no sólo se presentan dificultades operativas, sino que también los costos son mayores, ya que los centros de consumo están lejos de la refinería y lo reducido de las instalaciones la hacen ineficiente en el llenado de las unidades, por lo que en las cercanías era común ver estacionados los autotanques en algunos casos hasta por una semana, esperando turno para ser despachados.

De acuerdo a los pronósticos de consumo, barriles/día, hasta el año 2000, de los principales productos en la zona de influencia de Irapuato, hay una demanda creciente.

## PRONOSTICO DE CONSUMO POR PRODUCTO, ZONA OCCIDENTE

Producto	1990	1993	1995	1997	2000
Nova	5,250	5,520	5,685	5,856	6,150
Magna Sin	2,610	2,772	2,868	2,960	3,107
Turbosina	3,870	4,064	4,185	4,311	4,527
Diesel	5,970	6,305	6,457	6,650	6,983
Diáfano	300	316	324	334	351
Combustóleo	24,610	25,348	25,729	26,114	26,898

Para poder satisfacer estos requerimientos, así como los de modernización y eficientización, fue necesaria la construcción de un centro de almacenamiento y distribución, en donde se concentraron los servicios dispersos proporcionados por la dependencia.

Para el caso se analizaron diversas alternativas de localización, considerando inclusive la posibilidad de ampliar y equipar las instalaciones existentes en Irapuato y Salamanca. Estas primeras dos alternativas se desecharon debido a que las instalaciones quedarían en la mancha urbana, con el alto riesgo que representa el manejo de los combustibles en el interior de poblaciones.

Las alternativas más atractivas y viables resultaron las localizadas fuera de las ciudades; finalmente la opción más deseable se ubicó en la Ciudad Industrial a 3.5 km de Irapuato, a un costado del FFCC México-Cd. Juárez y a 1.0 km de la carretera libre Salamanca-Irapuato y la Autopista Querétaro-Guadalajara.

En la construcción de esta nueva planta se tomaron en cuenta las más modernas medidas de seguridad, con el fin de reducir al mínimo los riesgos de operación, por lo que se cuenta con:

- a) Estacionamientos amplios y apropiados a las dimensiones de los autotanques más usuales hoy en día.
- b) Vías de circulación amplias y bien encausadas para eliminar cruzamientos interiores.
- c) Disposición adecuada de los drenajes con contaminantes, para proteger el medio ambiente.
- d) Red contraincendio para sofocar de inmediato cualquier inicio de fuego que amenace las instalaciones y el personal.
- e) Control computarizado de todas las operaciones que se realicen en la planta.
- f) Capacidad de la planta para almacenar un volumen suficiente para abastecer la región hasta por diez días.

**PROYECTO GENERAL DE LA OBRA****II.1. LOCALIZACION**

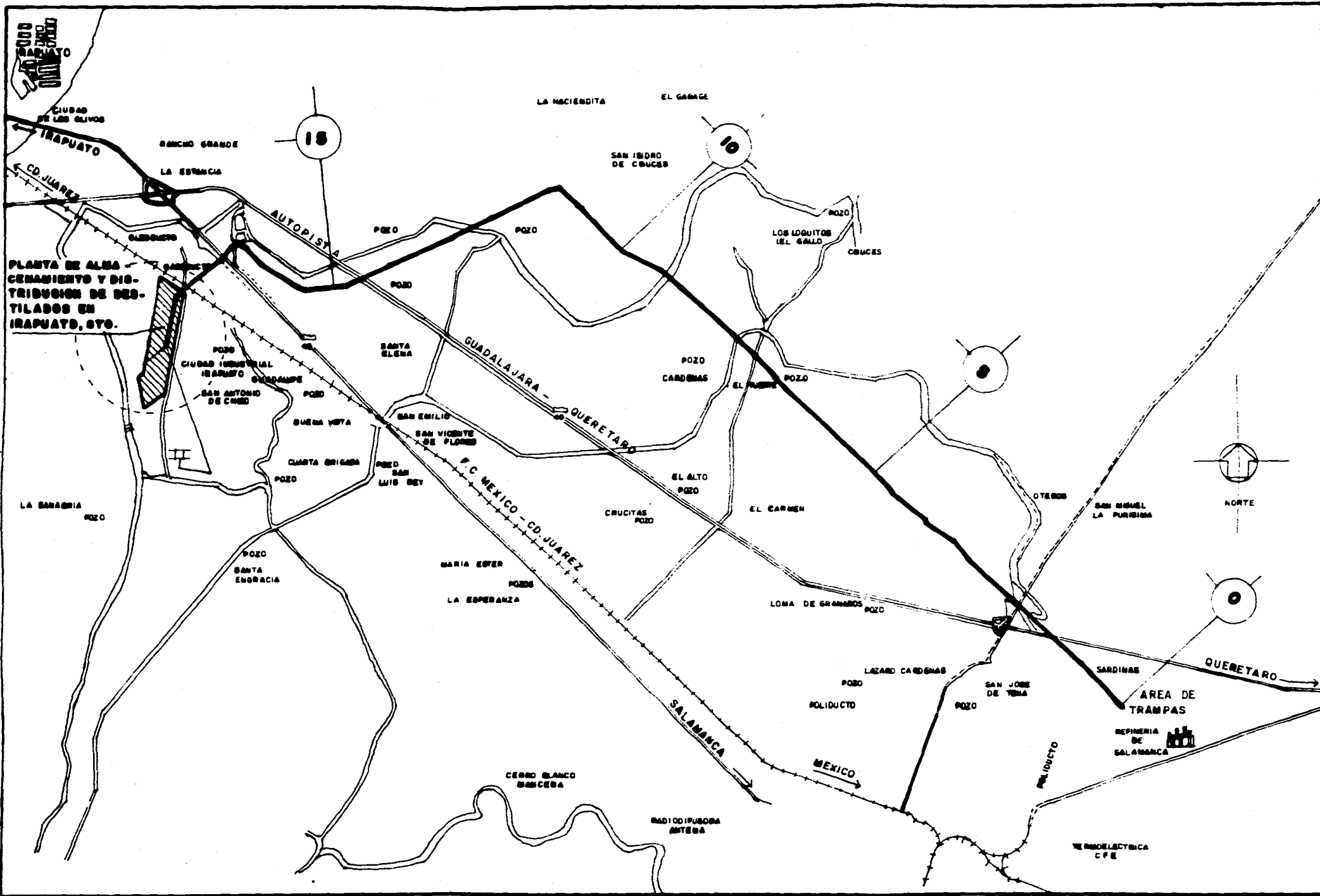
El alto riesgo de las instalaciones petroleras en áreas pobladas, ha dado motivo que una política institucional de PEMEX sea la descentralización de sus terminales de distribución.

Atendiendo lo anterior, la nueva Planta de Almacenamiento y Distribución de Destilados de Irapuato, así como los ductos que la alimentan se localizaron fuera del área urbana, alejados de todo desarrollo poblacional.

Como se muestra en la fig. No 2 , las ventajas de la ubicación de la obra son múltiples; se encuentra aproximadamente a 3.5 km del área urbana de la Ciudad de Irapuato, el centro poblacional más próximo y de mayor desarrollo. Además, se encuentra en el centro de la región consumidora.

En lo relativo a las vías de comunicación, la Planta esta localizada a 1.0 km de la carretera libre Salamanca-Irapuato, la cual a su vez se comunica con la carretera de cuota Querétaro-Guadalajara tan sólo a 0.80 km Su posición con respecto a la Ruta del Ferrocarril México-Cd. Juárez es inmejorable ya que se encuentra en colindancia con el derecho de vía de este medio de transporte tan importante.

El centro de producción de destilados, refinería de Salamanca, se ubica a 18.9 km y las líneas que abastecen a la Planta de Almacenamiento cruzan terrenos de cultivo exclusivamente, desde la salida de la refinería hasta la llegada, ya que la Planta está en el extremo de la Cd. Industrial, formando parte de ella.



TESIS PROFESIONAL	LEONILDO
FAUSTINO MONTES	JUAN A
JIMENEZ CHAVEZ	JUAREZ GUERRERO
JUAREZ GUERRERO	CARLOS M
POZOS	JIMENEZ PEDRO

**U N A M**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PLANEACION Y CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE DESTILADOS EN IRAPUATO, STO.**

**FIGURA No. 2**

**LOCALIZACION**



## **II.2. DESCRIPCION GENERAL**

La obra podemos dividirla en dos partes bien definidas, que podemos llamar como Exterior e Interior; primero nos referiremos a la Obra Exterior, la cual la constituyen 5 líneas de conducción por las que se envían los diferentes productos: Gasolina Nova, Magna Sin, Combustóleo, Diesel y Diáfano.

Cada línea tiene una longitud de 18.9 km y va desde la trampa de envío de diablos de la refinería, hasta la trampa de recibo de diablos en el interior de la planta; a la mitad de la línea, km 9+200, se encuentran las válvulas de seccionamiento. A lo largo del trayecto de cada línea fué necesario la construcción de obras especiales para el cruzamiento de canales, drenes, autopista y carretera libre, así como la vía del ferrocarril.

La Obra Interior se encuentra en un área aproximada de 70 ha, ver fig. 3 y se describirá por secciones o áreas de acuerdo a la función que desempeña cada una.

- 1.- Area de Recibo y Medición.
- 2.- Area de Almacenamiento.
- 3.- Area de Llenaderas
- 4.- Area Administrativa y Estacionamientos
- 5.- Almacén y Talleres de Mantenimiento
- 6.- Acceso y Entronque Carretero.
- 7.- Acceso Ferrocarrilero.
- 8.- Red Contraincendio.
- 9.- Barda Perimetral
- 10.- Drenaje Pluvial
- 11.- Vías de Circulación Interna.

### **II.2.1. Area de recibo y medición**

Cuenta con todos los elementos primarios que registran y cuantifican el flujo de los productos que se reciben por cada uno de los ductos, también se miden la presión, densidad y temperatura, tiene un sistema de operación automático y convencional. Esta área se encuentra cubierta con una estructura a base de perfiles de acero y lámina y tiene piso de concreto pulido, las bases de válvulas y equipos son de concreto reforzado.

### **II.2.2. Area de almacenamiento**

La forman 15 tanques verticales de acero, tipo atmosférico, de techo fijo a excepción de los que almacenan gasolina, que son de techo flotante. La capacidad de almacenamiento total es de 445,000 Bls, con dos tanques para cada producto y uno de contaminados de acuerdo a la siguiente relación:

<b>No. DE TANQUE</b>	<b>CAPACIDAD (BARRILES)</b>	<b>SERVICIO</b>
TV-01	55,000	NOVA
TV-02	30,000	NOVA
TV-03	20,000	MAGNA-SIN
TV-04	20,000	MAGNA-SIN
TV-05	55,000	DIESEL
TV-06	30,000	DIESEL
TV-07	5,000	DIAFANO
TV-08	5,000	DIAFANO
TV-09	80,000	COMBUSTOLEO
TV-10	80,000	COMBUSTOLEO
TV-11	30,000	TURBOSINA
TV-12	30,000	TURBOSINA
TV-13	5,000	CONTAMINADOS
TV-14	10,000	AGUA CONTRA INCENDIOS
TV-15	3,000	FLOTACION

**IDENTIFICACION DE INSTALACIONES**

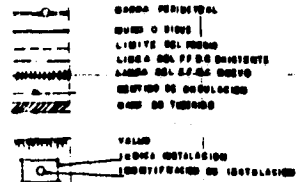
1. CARTA DE TITULACION A/T
2. PLANOS DE CANTON, GENERAL
3. PLANOS DE SERVICIOS
4. PLANOS
5. PLANOS Y SISTEMAS
6. PLANOS DIVERSOS
7. ESTACIONAMIENTO DISEÑADO PARA 6 VEHICULOS
8. ESTACIONAMIENTO PARA VISITAS DE VEHICULOS
9. ESTACIONAMIENTO SUPLENTE A/T EN CASOS DE FALTA DE LUGAR
10. ESTACIONAMIENTO SUPLENTE A/T EN CASOS DE FALTA DE LUGAR
11. ESTACIONAMIENTO DE AUTOBUS
12. ESTACIONAMIENTO ELECTRICAS
13. ESTACIONAMIENTO DE AUTOBUS
14. TUBOS DE ALIVIO
15. CANTON DE ALIVIO
16. PLAN DE ALMACENAMIENTO DE CONTADORES Y COMODIDADES
17. PLAN DE ALMACENAMIENTO A/T
18. ALMACENAMIENTO A/T
19. ALMACEN
20. ALMACEN
21. ALMACEN
22. ALMACEN
23. ALMACEN
24. ALMACEN
25. ALMACEN
26. ALMACEN
27. ALMACEN
28. ALMACEN
29. ALMACEN
30. ALMACEN
31. ALMACEN
32. ALMACEN
33. ALMACEN
34. ALMACEN
35. ALMACEN
36. ALMACEN
37. ALMACEN
38. ALMACEN
39. ALMACEN
40. ALMACEN
41. ALMACEN
42. ALMACEN
43. ALMACEN
44. ALMACEN
45. ALMACEN
46. ALMACEN
47. ALMACEN
48. ALMACEN
49. ALMACEN
50. ALMACEN
51. ALMACEN
52. ALMACEN
53. ALMACEN
54. ALMACEN
55. ALMACEN
56. ALMACEN
57. ALMACEN
58. ALMACEN
59. ALMACEN
60. ALMACEN
61. ALMACEN
62. ALMACEN
63. ALMACEN
64. ALMACEN
65. ALMACEN
66. ALMACEN
67. ALMACEN
68. ALMACEN
69. ALMACEN
70. ALMACEN
71. ALMACEN
72. ALMACEN
73. ALMACEN
74. ALMACEN
75. ALMACEN
76. ALMACEN
77. ALMACEN
78. ALMACEN
79. ALMACEN
80. ALMACEN
81. ALMACEN
82. ALMACEN
83. ALMACEN
84. ALMACEN
85. ALMACEN
86. ALMACEN
87. ALMACEN
88. ALMACEN
89. ALMACEN
90. ALMACEN
91. ALMACEN
92. ALMACEN
93. ALMACEN
94. ALMACEN
95. ALMACEN
96. ALMACEN
97. ALMACEN
98. ALMACEN
99. ALMACEN
100. ALMACEN

80. TUBOS DE DIFUSION
81. CARTA DE VIBRACION A/T
82. TUBOS DE PLASTICO
83. RED DE DISTRIBUCION
84. RED DE DISTRIBUCION
85. RED DE DISTRIBUCION
86. RED DE DISTRIBUCION
87. RED DE DISTRIBUCION
88. RED DE DISTRIBUCION
89. RED DE DISTRIBUCION
90. RED DE DISTRIBUCION
91. RED DE DISTRIBUCION
92. RED DE DISTRIBUCION
93. RED DE DISTRIBUCION
94. RED DE DISTRIBUCION
95. RED DE DISTRIBUCION
96. RED DE DISTRIBUCION
97. RED DE DISTRIBUCION
98. RED DE DISTRIBUCION
99. RED DE DISTRIBUCION
100. RED DE DISTRIBUCION

**TANQUES DE ALMACENAMIENTO**

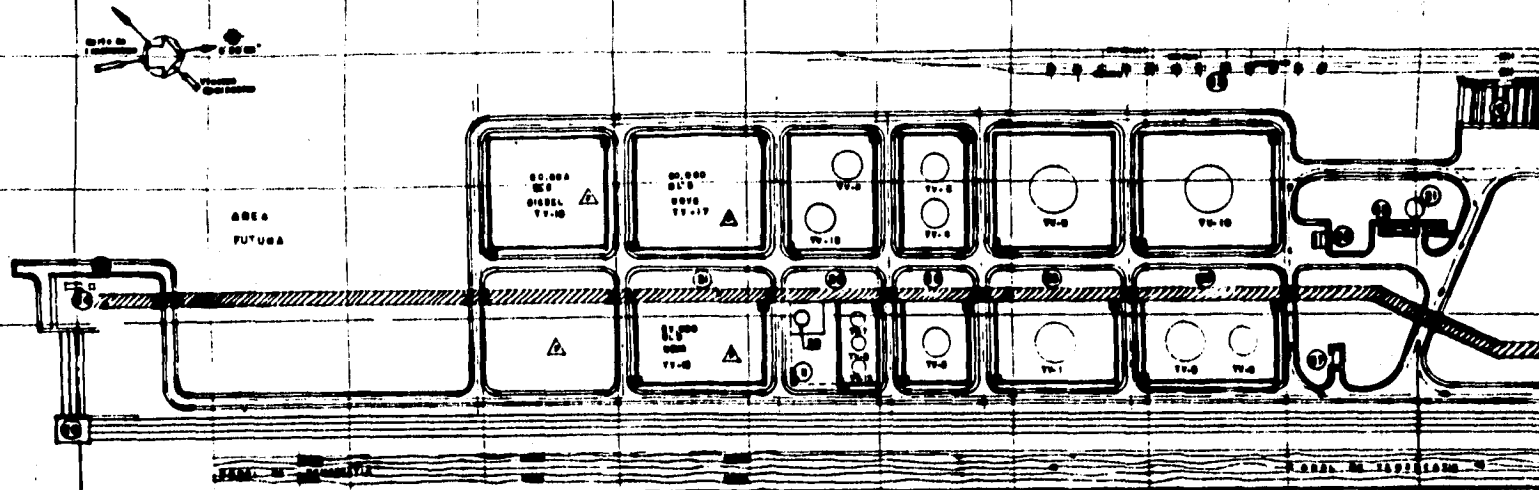
NUM	CAPACIDAD	SERVICIO	CAPETA
TV-1	50 000 GLS	DOMA	PLASTICO
TV-2	50 000 GLS	DOMA	PLASTICO
TV-3	50 000 GLS	DOMA	PLASTICO
TV-4	50 000 GLS	DOMA	PLASTICO
TV-5	50 000 GLS	DOMA	PLASTICO
TV-6	50 000 GLS	DOMA	PLASTICO
TV-7	5 000 GLS	DIAPHO	PIBA
TV-8	5 000 GLS	DIAPHO	PIBA
TV-9	5 000 GLS	DIAPHO	PIBA
TV-10	50 000 GLS	COMODIDADES	PIBA
TV-11	50 000 GLS	COMODIDADES	PIBA
TV-12	50 000 GLS	COMODIDADES	PIBA
TV-13	5 000 GLS	COMODIDADES	PIBA

**CIBOLOGIA**



**TANQUES DE ALMACENAMIENTO (FUTURO)**

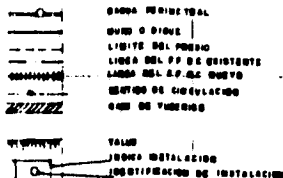
NUMERO CAPACIDAD SERVICIO



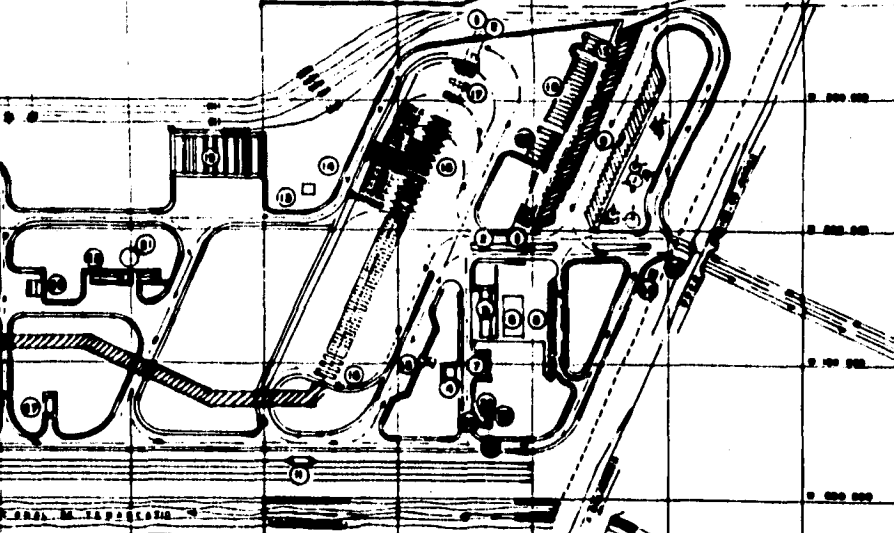
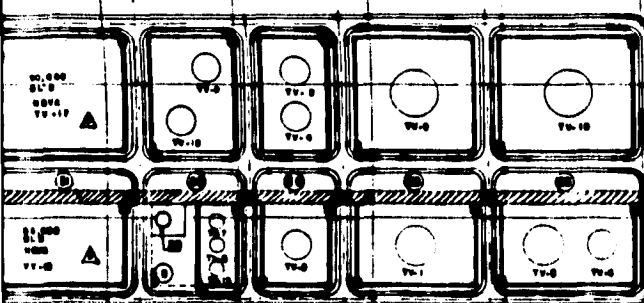
**TABLA DE ALMACENAMIENTO**

NUM	CAPACIDAD	SERVICIO	COMPILA
TV-1	50 000 DLS	COMO	PLANTAS
TV-2	50 000 DLS	COMO	PLANTAS
TV-3	50 000 DLS	COMO COM	PLANTAS
TV-4	50 000 DLS	COMO COM	PLANTAS
TV-5	50 000 DLS	COMO COM	PLANTAS
TV-6	50 000 DLS	COMO COM	PLANTAS
TV-7	50 000 DLS	COMO COM	PLANTAS
TV-8	50 000 DLS	COMO COM	PLANTAS
TV-9	50 000 DLS	COMO COM	PLANTAS
TV-10	50 000 DLS	COMO COM	PLANTAS
TV-11	50 000 DLS	COMO COM	PLANTAS
TV-12	50 000 DLS	COMO COM	PLANTAS
TV-13	50 000 DLS	COMO COM	PLANTAS

**SIMBOLOGIA**



**TABLA DE ALMACENAMIENTO (PUNOS)**  
 NUMERO CAPACIDAD SERVICIO



**VENIO RESPONSABLE**  
 RAULINO GONZALEZ LOYOLA  
 JIMENEZ CHAVEZ JARA A  
 JIMENEZ GARCERAN CARLOS B  
 JIMENEZ GARCERAN CARLOS B  
 JIMENEZ PERAZA

**U N A M**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
 PLANEACION Y DISEÑO DE LA PLANTA DE  
 ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE INSTALACION  
 DE INSTALACION, S.A.

FIGURA No. 3

### **II 2.3. Area de llenaderas**

Las islas de llenado de los autotanques se encuentran en un cobertizo; el proyecto se realizó tomando en cuenta los requerimientos básicos siguientes:

- Una bomba por llenadera
- Una posición de llenado por isla
- 30 % de islas adicionales para ampliaciones futuras
- El llenado de los autotanques será por el fondo
- Una regadera de seguridad por isla

La operación es totalmente automatizada y computarizada, y se lleva a cabo desde el control general, consta de las siguientes posiciones de llenado:

- 4 llenaderas para Gasolina Nova
- 3 llenaderas para Gasolina Magna Sin
- 3 llenaderas para Turbosina
- 4 llenaderas para Diesel
- 1 llenadera para Diáfano
- 3 llenaderas para Combustóleo

Las islas de llenado de Combustóleo para autotanques se ubican separadas, en una nave contigua a las islas de llenado de destilados.

Para el llenado de carros tanque de ferrocarril se cuenta con 12 posiciones, ya que por este medio se manejará el 80% del volumen total de combustóleo de la planta.

### **II.2.4. Area administrativa y estacionamientos**

Consta de un edificio en una planta, estructurado con marcos y losa de concreto reforzado, allí se encuentra la Jefatura de la planta, Ventas, Tesorería, Centro de Control y Operación de la Planta y Centro de Cómputo.

Los estacionamientos son dos: uno interior descubierto para 15 autotanques de 30,000 litros, anexo al Taller de Mantenimiento, otro exterior para 60 A/T de 45,000 litros, así mismo se cuenta con un estacionamiento para vehículos de empleados y visitas.

### **II.2.5. Almacén y taller de mantenimiento**

Se construyó un almacén de 2,000 m<sup>2</sup>, aproximadamente, cerrado y cubierto para almacenar productos envasados, el área de mantenimiento se ubica en un edificio de módulos que proporcionan a la planta y a las unidades de reparto de PEMEX los servicios necesarios que les permitan funcionar en condiciones óptimas de operación y seguridad. Se proporciona

mantenimiento industrial, automotriz, mecánico y eléctrico con un módulo de soldadura por separado. En esta área también se encuentran las oficinas para el personal.

#### **II.2.6. Acceso y entronque carretero**

Se trata de un camino de 7.00 m de ancho y una longitud de 1.00 km pavimentado con concreto hidráulico, con banquetas. Para construir esta vialidad fue necesario solicitar la autorización de Ferrocarriles Nacionales de México, para pasar por abajo de las vías, aprovechando una alcantarilla existente y que fue necesario reforzar y adecuar.

#### **II.2.7. Acceso ferrocarrilero**

El 80% del combustible que se manejará en la planta es a través de carros tanque de ferrocarril, por lo que fue necesario la construcción de un ladero, espuela y peine, suficiente para el estacionamiento y carga de carros-tanque. Su construcción es del tipo clásico, es decir, terracerías, balasto y durmientes de concreto. Esta área tiene doce posiciones de llenado.

#### **II 2.8. Red contraincendio**

Para combatir cualquier incendio, el sistema utiliza agua y productos químicos para espuma mecánica que permite asegurar el control y evitar la propagación del fuego. De acuerdo a lo anterior el sistema consta de:

- Un tanque de almacenamiento de agua de 10,000 barriles
- Red de agua
- Hidrantes y monitores
- Tablero de alarmas, localizado en el centro de control general
- Paquete de presión balanceada
- Cobertizo de contraincendio
- Bodega para material y artículos contraincendio
- Local para capacitación de bomberos voluntarios
- Area para prueba de mangueras con compresor
- Servicios para personal
- Páros remotos y alarmas sectoriales, controladas desde el centro de control general

En el caso de los tanques de almacenamiento se suprimen los proporcionadores de espuma a pie de dique, por el sistema de inyección superficial y cámara de espuma.

### **II.2.9. Barda perimetral**

Como parte del sistema de seguridad de la planta se construyó una barda perimetral al predio a base de castillos de concreto y tabique de barro rojo recocido con junta aparente, de 3.0 m de altura, con cadena de remate.

### **II.2.10. Drenaje pluvial**

De acuerdo a las condiciones topográficas se cuenta con un drenaje pluvial por gravedad con captación y conducción en trincheras cubiertas con rejillas electroforjadas y tapas de concreto. Por el acceso a la planta, por su condición original de alcantarilla, se drena una buena porción de terreno agrícola. Por ser esta zona el área mas baja de la planta fue necesario desalojar los escurrimientos mediante bombeo, por lo que se construyó un cárcamo, el cual esta equipado con tres bombas, dos de operación y una de reserva; la descarga de este equipo va al colector general y despues al río Temascatio. El drenaje aceitoso se conduce a una fosa separadora, con tanque de recuperación de productos.

### **II.2.11. Vias de circulación internas**

Los pavimentos de éstas vías estan contruidos con una base de material seleccionado y concreto hidráulico. Las vías son amplias y tienen guarniciones y banquetas; el trazo y sentidos de circulación estan debidamente proyectados para dar las máximas facilidades a los vehiculos que por ellas transitarán, eliminando interferencias que puedan provocar una colisión en el interior de la planta.

### II.3. PRESUPUESTO

El monto total erogado por PEMEX por la realización de esta obra ascendió a N\$184'774,000.00, a precios de 1992, antes de IVA, distribuidos de la siguiente forma:

A) Por contrato	N\$92'349,000.00
B) Por administración directa	92'425,000.00

Los contratos se realizaron por licitación pública en la modalidad de precios unitarios y plazo determinado. En base a un programa general de obra por sectores, PEMEX dividió y llevó a cabo el concurso para construir las diferentes áreas de trabajo de acuerdo a la especialidad predominante, es decir, obra civil, electromécanica, instrumentación y automatización, quedando la asignación e importes totales de obra ejecutada como sigue:

1.- Area de recibo y medición	N\$10'433,000.00
2.- Area de almacenamiento	28'900,000.00
3.- Area de llenaderas	18'600,000.00
4.- Acceso y entronque carretero	2'516,000.00
5.- Acceso ferrocarrilero	7'100,000.00
6.- Líneas de conducción	24'800,000.00

Para la calificación de los concursantes se tomó en cuenta no solo su propuesta económica sino también la experiencia y solvencia de la empresa ganadora, de esta manera en las partidas más importantes de la oferta presentada, PEMEX basado en su mayor cobertura de información realizó una comparación de los precios unitarios presentados con los costos reales de los recursos que componen el costo directo del precio unitario, mano de obra, materiales y maquinaria; una vez realizado este análisis se aceptó la propuesta más realista y no la más económica.

Lo anterior tiene un fundamento lógico en el hecho de que un análisis de costo es una representación económica de un proceso constructivo, por lo tanto si no se tiene un precio unitario real implica desconocimiento del trabajo.

El importe de obra por administración directa ejercido por PEMEX se compone de las siguientes áreas:

1.- Construcción de oficinas, talleres y barda	N\$ 12'175,000.00
2.- Suministro de tubería y equipos	78'450,000.00
3.- Indemnizaciones	1'800,000.00



**Como puede apreciarse, la partida mas importante fué la compra de tubería y equipos, para esta actividad basta un simple mercadeo para elegir la oferta mas favorable, por lo cual no fué necesario someterlo a concurso.**

ACTIVIDAD	1992										1993						
	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION																	
TERRACERIA																	
TANQUES																	
EDIFICACION																	
DIGES Y FOSO SEPARADORA																	
TUBERIAS Y EQUIPO																	
INSTRUMENTACION																	
URBANIZACION																	
ESTACIONAMIENTOS																	
BORSA PERIMETRAL																	
LINEAS DE CONDUCCION																	
APERTURA DE CERRADO DE VIA																	
TRENES Y SOLDADURA Y PROTECCION MECANICA																	
EREGCCION																	
CAJADO DE TUBERIA																	
RELLENO																	
PUEDA Y PUESTA EN SERVICIO																	
		(NOTA	LAS	CANTIDADES	ESTAN	CONSIDERADAS	EN	DOLARES)									
EREGCCION	31,410	6,970	6,970	6,970	6,970	6,920	6,920	5,920	6,920	6,970	6,970	6,970	21,020	5,970	7,920	7,970	7,970
EREGCCION ACUMULADA	31,410	37,380	44,350	51,320	57,290	64,140	70,060	75,980	81,900	87,870	93,840	100,810	106,780	112,750	118,720	124,690	130,660

PROGRAMA GENERAL DE OBRAS

FAC  
PLANIFICACION Y  
EJECUCION

1992										1993										1994									
ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL		
(NOTA LAS CANTIDADES ESTAN CONSIDERADAS EN MILD\$)																													
21,640	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070	2,070
21,640	27,220	29,290	31,360	33,430	35,500	37,570	39,640	41,710	43,780	45,850	47,920	50,000	52,070	54,140	56,210	58,280	60,350	62,420	64,490	66,560	68,630	70,700	72,770	74,840	76,910	78,980	81,050	83,120	85,190

GENERAL DE OBRA

U N A M

FACULTAD DE INGENIERIA

PLANEAMIENTO Y CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE  
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COSTILLONES  
DE TAPAYATO, ETC.

TECNICO PROFESIONAL

FAUSTINO MONTES LEONARDO  
JOSUE CHAVES JUAN A  
JOSUE GUERRERO CARLOS B  
RODOLFO JIMENEZ PEDRO

### **III**

## **PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION**

La planta de almacenamiento y distribución de destilados de Irapuato ocupa un área aproximada de 70 ha, ubicada dentro de la ciudad Industrial. Su distribución general, así como las partes que la integran se muestran en la Fig. No. 3

Para poder describir los procesos constructivos de la Planta dividiremos la obra total en los elementos o procesos siguientes:

- 1.- Terracerías
- 2.- Tanques de almacenamiento
- 3.- Pavimentos
- 4.- Acceso ferrocarrilero
- 5.- Edificios

### **III.1. TERRACERIAS**

Los terrenos en los que se construyó la planta estaban dedicados al cultivo, por lo que existía una capa vegetal considerable, que fué necesario retirar para construir este tipo de instalaciones.

Los trabajos que se realizaron en esta etapa fueron los siguientes:

- 1.- Trazo y nivelación
- 2.- Desmonte
- 3.- Cortes
- 4.- Acarreos

#### **III.1.1. Trazo y nivelación**

Este trabajo consistió en el levantamiento topográfico del área en donde se llevarían a cabo los trabajos, durante el levantamiento se fueron dejando mojonearas para el establecimiento de ejes y niveles.

### **III.1.2. Desmante**

Esta actividad consistió en retirar la capa vegetal y se llevó a cabo con 2 tractores Caterpillar D-7. El producto de este desmante se acumuló en montículos para que posteriormente fuera cargado con un cargador frontal Caterpillar 936 a camiones de volteo.

### **III.1.3. Cortes**

Los cortes de material se realizaron en un espesor promedio de 1.0 m hasta encontrar terreno firme, ya que como se menciona anteriormente, el terreno en donde se construyó la planta estaba dedicado al cultivo. Los cortes de material se ejecutaron por medio de tractores Caterpillar D7, acamellonando el material para posteriormente cargarlo a camiones.

### **III.1.4. Acarreos**

Dadas las características del material producto del corte, este se utilizó como relleno en otras zonas de cultivo preestablecidas, por lo que el material se acarreo en camiones de volteo.

## **III.2. TANQUES DE ALMACENAMIENTO**

Para describir el proceso constructivo de los tanques de almacenamiento, nos referiremos específicamente a uno de cúpula flotante de 55,000 barriles de capacidad, de acuerdo a las siguientes fases:

- 1.- Cimentación
- 2.- Fondo
- 3.- Envolverte
- 4.- Techo o cúpula
- 5.- Dique de contención
- 6.- Protección anticorrosiva
- 7.- Pruebas y puesta en servicio

### III.2.1. Cimentación

De acuerdo al proyecto y diseño realizados para la Planta, la opción más apropiada resultó ser una cimentación de tipo superficial, consistente de un muro anular con zapata de concreto reforzado de 30.06 m de diámetro interior, por 2.60 m de altura y 0.40 m de espesor, ver Fig. No. 4.

El muro anular de concreto cumple los siguientes propósitos funcionales:

- 1.- Repartir la carga concentrada de la pared cilíndrica
- 2.- Proteger el terraplén durante el período de construcción y después de ella
- 3.- Aislar el fondo del tanque de la humedad del subsuelo

Como primera actividad se procede a trazar el tanque, apoyados en las referencias topográficas establecidas para el caso, en seguida procedemos con las siguientes fases constructivas para la cimentación del tanque:

1a. Fase.- Se remueven los estratos objetables, eliminando todo el material vegetal.

2a. Fase.- Se procede a nivelar y compactar (asentar) el fondo de la excavación, con el empleo de un compactador de rodillo liso.

3a. Fase.- Utilizando material de banco con peso volumétrico seco máximo entre 1,760 y 1,920 kg/m<sup>3</sup>, se rellena en capas de 20 cm compactando al 95% de la prueba proctor estándar toda la excavación, hasta el nivel existente de terracerías.

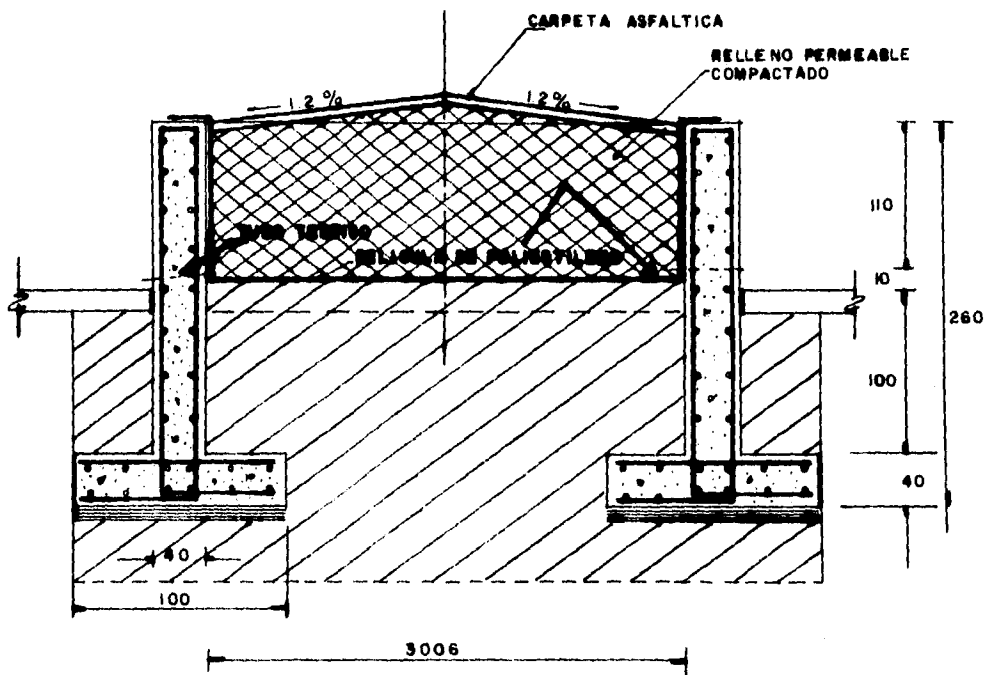
4a. Fase.- En el suelo mejorado se excava exclusivamente lo indispensable para alojar el muro anular y su zapata.

5a. Fase.- Se efectúa la construcción de la zapata y el muro de concreto reforzado hasta el nivel del proyecto, dejando ahogados los testigos para detección de fugas por el fondo del tanque.

6a. Fase.- Con la ayuda de un compactador de placa se hacen los rellenos sobre la zapata, exterior e interior del muro anular, hasta el nivel de proyecto de las terracerías.

7a. Fase.- En el interior del anillo se prosigue con el relleno hasta 1.10 m debajo de la corona.

8a. Fase.- Se instala una película de polietileno para sellar todo el fondo y la cara interior del muro anular, ver Fig. No. 4. Lo anterior se hace con el objeto de que si ocurren fugas en el fondo del tanque, el producto no contamine el subsuelo, sino que fluyan hacia los testigos colocados en el muro, de esta forma una fuga se delata por el goteo que aparece.



ARREGLO DE CIMENTACION PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO

FIGURA 4

9a. Fase.-Se continúa con la formación del terraplén interior hasta 10 cm abajo de la corona.

10a. Fase.- Los últimos 10 cm superiores del terraplén se forman con arena limpia gruesa, grava o piedra molida de tamaño entre 1.0 y 2.5 cm, este estrato se deberá estabilizar con algún producto asfáltico que permita dar a la superficie de apoyo el acabado apropiado.

El producto empleado para estabilizar debe ser resistente a la corrosión e incendio durante las operaciones de soldadura. A la superficie de apoyo se le proporciona una ligera pendiente del centro hacia el exterior, para lograr los siguientes dos objetivos:

- a) Compensar los asentamientos diferenciales.
- b) Facilitar el lavado y desalojo de sedimentos del tanque.

### **III.2.2. Fondo**

El proceso de fabricación de un tanque requiere de una mano de obra y acabado de primera clase, ya que son muchos los detalles que se deben cuidar.

Para el fondo del tanque que nos ocupa se utilizó placa de 1/4" de espesor, de forma sensiblemente rectangular con ancho mínimo de 1.83 m, las placas de la orilla del fondo se instalan casi completa, por lo tanto los ajustes de cierre se hacen con las placas interiores próximas al borde Fig. No.5.

Al cortar la placa sobrante en la orilla exterior, el fondo debe sobresalir por lo menos 1" de la soldadura que la une con la envolvente.

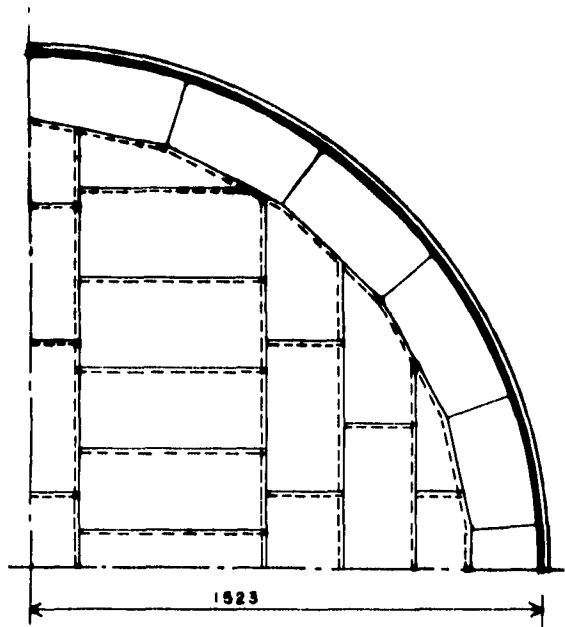
La formación de las placas del fondo se hace traslapando una placa con otra con un ancho mínimo de 38 mm, la unión se realiza por la cara superior con soldadura de filete completo y continuo en toda la junta. El orden en que se ejecutan las soldaduras debe ser de manera que no se produzcan deformaciones por contracción, para mantener plana la superficie del fondo.

Las placas para ajuste se cortan y habilitan en número y dimensiones de acuerdo al proyecto, de manera que se trata de aprovechar la totalidad de las placas, evitando los desperdicios, ver Fig. No.5.

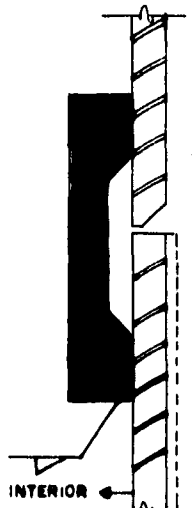
### **III.2.3. Envolvente**

Este elemento del tanque se fabrica y monta de tal forma que los anillos queden perfectamente verticales y bien alineados, para ello se emplean piezas metálicas (grapas) en arreglos como el





ARREGLO DE PLACAS EN EL FONDO DEL TANQUE



GRAPA METALICA PARA ALINEADO DE PLACAS DE LA ENVOLVENTE

FIGURA 5

que se muestra en la Fig. No.5 , estas piezas son provisionales y se retiran una vez que se ha aplicado el primer cordón de soldadura.

Las placas que constituyen la envolvente se conforman de acuerdo a la curvatura del tanque, este trabajo se hace con una máquina de dimensiones igual o mayor al ancho de la placa.

En la fabricación de la envolvente encontramos dos tipos de juntas: horizontales y verticales, ambas son soldadura a tope con fusión y penetración completas. La preparación para la soldadura de estas juntas pueden ser con ranura recta, con doble bisel ó bisel sencillo.

Las soldaduras en los tanques, y en general, deben de realizarse con las partes a unir bien secas, sin lluvia y sin viento, a menos que el área de trabajo esté aislada y protegida. Después de depositar un cordón, éste se limpiará de escoria y materias extrañas antes de continuar con el cordón siguiente.

La fijación de la envolvente con el fondo se hace con soldadura de filete continuo, a ambos lados de la placa de la envolvente, el tamaño del filete no debe ser menor a 1/4". (placa más delgada de la junta)

El alineamiento de las placas de la envolvente se hace con grapas fijadas al fondo del tanque; de acuerdo al espesor de las placas utilizadas (5/8", 1/2", y 1/4") el desalineamiento entre anillos sucesivos no debe exceder de 1.6 mm o 1/16".

Las soldaduras a tope de la envolvente, con penetración y fusión completas, deben ser inspeccionadas con el método radiográfico para determinar su calidad.

En la pared del tanque necesariamente van localizados una serie de aberturas o registros para entrada-hombre y/o limpieza, entrada y salida del producto; en estos puntos se debe reforzar la pared de acuerdo al diseño, ya sea con una placa de refuerzo, con la brida de fijación o cuello conectado del accesorio.

La abertura para registro a nivel del fondo, por la restricción que representa la cercanía de este, requiere una atención especial para reforzar el fondo conjuntamente con la envolvente.

#### **III.2.4. Cúpula a techo flotante**

En los tanques para gasolinas construidos en la planta de almacenamiento y distribución de Irapuato, se utilizaron techos flotantes del tipo pontón; un techo de este tipo consta de un diafragma central, pontones en la periferia en contacto con la envolvente, tubos soporte del techo, escalera y drenaje pluvial.

La función de este tipo de techo es evitar la formación de una cámara de aire-vapor bajo la cubierta. Fig. No. 6.

que se muestra en la Fig. No.5 , estas piezas son provisionales y se retiran una vez que se ha aplicado el primer cordón de soldadura.

Las placas que constituyen la envolvente se conforman de acuerdo a la curvatura del tanque, este trabajo se hace con una máquina de dimensiones igual o mayor al ancho de la placa.

En la fabricación de la envolvente encontramos dos tipos de juntas: horizontales y verticales, ambas son soldadura a tope con fusión y penetración completas. La preparación para la soldadura de estas juntas pueden ser con ranura recta, con doble bisel ó bisel sencillo.

Las soldaduras en los tanques, y en general, deben de realizarse con las partes a unir bien secas, sin lluvia y sin viento, a menos que el área de trabajo esté aislada y protegida. Después de depositar un cordón, éste se limpiará de escoria y materias extrañas antes de continuar con el cordón siguiente.

La fijación de la envolvente con el fondo se hace con soldadura de filete continuo, a ambos lados de la placa de la envolvente, el tamaño del filete no debe ser menor a 1/4". (placa más delgada de la junta)

El alineamiento de las placas de la envolvente se hace con grapas fijadas al fondo del tanque; de acuerdo al espesor de las placas utilizadas (5/8", 1/2", y 1/4") el desalineamiento entre anillos sucesivos no debe exceder de 1.6 mm o 1/16".

Las soldaduras a tope de la envolvente, con penetración y fusión completas, deben ser inspeccionadas con el método radiográfico para determinar su calidad.

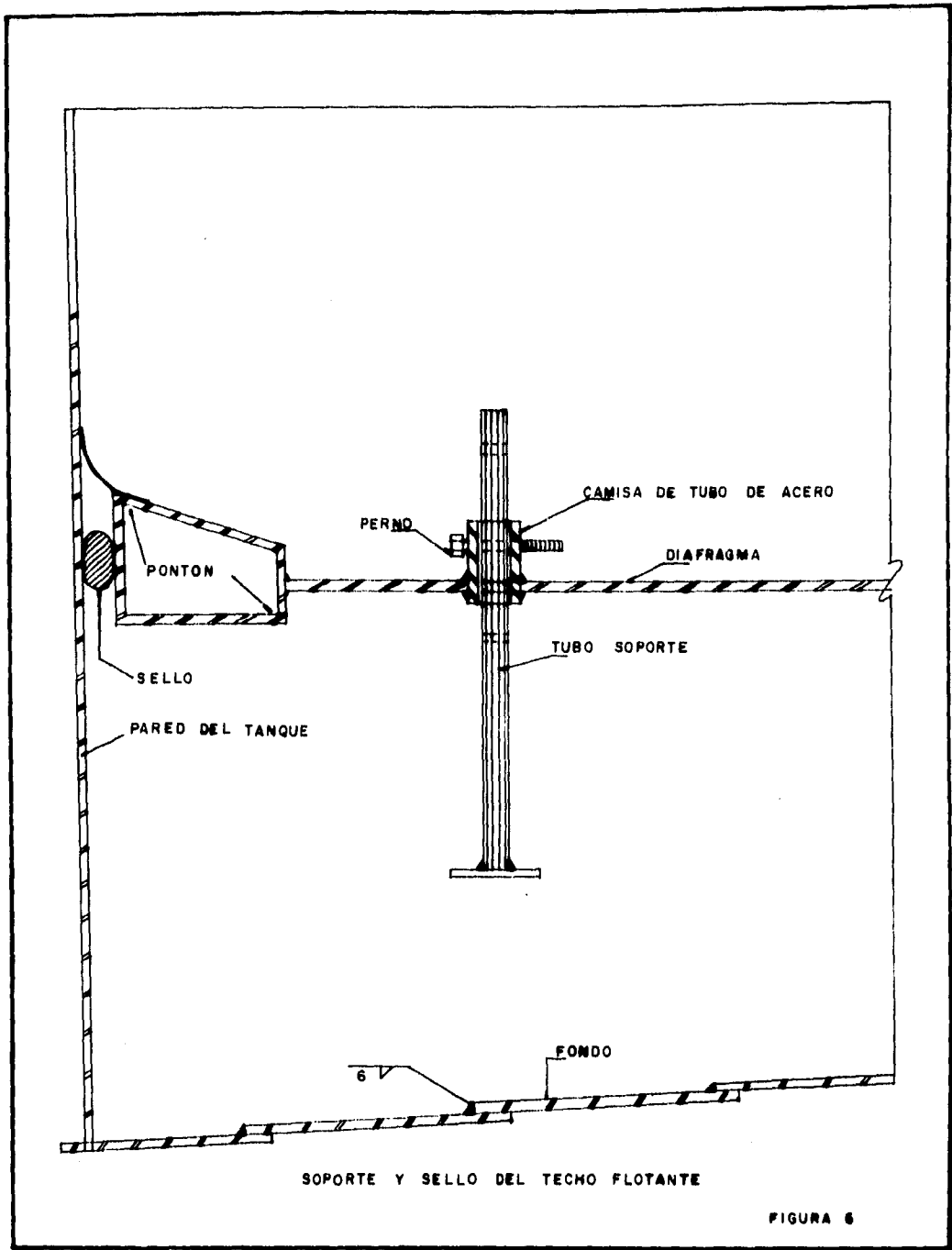
En la pared del tanque necesariamente van localizados una serie de aberturas o registros para entrada-hombre y/o limpieza, entrada y salida del producto; en estos puntos se debe reforzar la pared de acuerdo al diseño, ya sea con una placa de refuerzo, con la brida de fijación o cuello conectado del accesorio.

La abertura para registro a nivel del fondo, por la restricción que representa la cercanía de este, requiere una atención especial para reforzar el fondo conjuntamente con la envolvente.

#### **III.2.4. Cúpula a techo flotante**

En los tanques para gasolinas construidos en la planta de almacenamiento y distribución de Irapuato, se utilizaron techos flotantes del tipo pontón; un techo de este tipo consta de un diafragma central, pontones en la periferia en contacto con la envolvente, tubos soporte del techo, escalera y drenaje pluvial.

La función de este tipo de techo es evitar la formación de una cámara de aire-vapor bajo la cubierta. Fig. No. 6.



Las placas con que se contruyó el techo son de 3/16" de espesor, la unión se efectuó con soldadura continua de filete completo en la cara superior, en la cara inferior donde se van a presentar flexiones se emplean cordones de 2" de longitud a cada 10" de distancia entre centros.

Cada pontón instalado esta provisto de un registro de entrada-hombre con tapa hermética, para evitar la entrada de agua, en el caso de que la tubería articulada de 3" de diámetro, para el drenaje pluvial, sufra algún taponamiento.

Para tener acceso al techo se contruye una escalera, que se ajusta automáticamente a cualquier posición de la trayectoria del techo, con pasamanos a ambos lados.

El techo en su movimiento descendente tiene un limite (2.0 m) que se da con tubos soporte, de longitud ajustable desde el exterior de acuerdo a los niveles de operación y limpieza. En los puntos donde apoyan estos tubos, tanto en el fondo como en el techo, deben reforzarse con placa adicional.

Otro elemento importante del techo es el sello que se instala entre la pared del tanque y la periferia del techo, debe ser de un material resistente y flexible que se ajuste a la superficie de la envolvente.

Por último, es importante hacer la observación de que el montaje del techo se realiza cuando en la envolvente se tienen montados tres anillos.

### **III.2.5. Dique de contención**

Es una estructura de concreto reforzado, dentro del cual está el tanque de almacenamiento, cuya función es contener el producto almacenado en el tanque, en caso de que este sufra un colapso.

El dique construido para un tanque de 55,000 barriles de capacidad mide 90.00 m x 15.00 m x 1.80 m y 25 cm de espesor de muros. La construcción de esta estructura se efectúa después de que el tanque ha sido montado.

Un dique de este tipo consta de las siguientes partes:

- a) Muro de concreto reforzado, con cimiento de zapata corrida.
- b) Fondo o piso de losa de concreto.
- c) Escaleras de acceso.

El proceso que se sigue para la construcción de la zapata y el muro es el siguiente:

Las placas con que se contruyó el techo son de 3/16" de espesor, la unión se efectuó con soldadura continua de filete completo en la cara superior, en la cara inferior donde se van a presentar flexiones se emplean cordones de 2" de longitud a cada 10" de distancia entre centros.

Cada pontón instalado esta provisto de un registro de entrada-hombre con tapa hermética, para evitar la entrada de agua, en el caso de que la tubería articulada de 3" de diámetro, para el drenaje pluvial, sufra algún taponamiento.

Para tener acceso al techo se contruye una escalera, que se ajusta automáticamente a cualquier posición de la trayectoria del techo, con pasamanos a ambos lados.

El techo en su movimiento descendente tiene un limite (2.0 m) que se da con tubos soporte, de longitud ajustable desde el exterior de acuerdo a los niveles de operación y limpieza. En los puntos donde apoyan estos tubos, tanto en el fondo como en el techo, deben reforzarse con placa adicional.

Otro elemento importante del techo es el sello que se instala entre la pared del tanque y la periferia del techo, debe ser de un material resistente y flexible que se ajuste a la superficie de la envolvente.

Por último, es importante hacer la observación de que el montaje del techo se realiza cuando en la envolvente se tienen montados tres anillos.

### **III.2.5. Dique de contención**

Es una estructura de concreto reforzado, dentro del cual está el tanque de almacenamiento, cuya función es contener el producto almacenado en el tanque, en caso de que este sufra un colapso.

El dique construido para un tanque de 55,000 barriles de capacidad mide 90.00 m x 15.00 m x 1.80 m y 25 cm de espesor de muros. La construcción de esta estructura se efectúa después de que el tanque ha sido montado.

Un dique de este tipo consta de las siguientes partes:

- a) Muro de concreto reforzado, con cimiento de zapata corrida.
- b) Fondo o piso de losa de concreto.
- c) Escaleras de acceso.

El proceso que se sigue para la construcción de la zapata y el muro es el siguiente:

- 1) Se excava la cepa que alojará la zapata de cimentación hasta 1.25 m de profundidad, a partir del nivel del terreno despalinado. La cepa tendrá al ancho de la zapata, 1.35 m, más 20 cm como se muestra en la Fig. No.7
- 2) Con material de banco se rellena hasta una altura de 80 cm, en capas de 20 cm compactadas al 90% de la prueba proctor.
- 3) Se coloca una plantilla de concreto de 5.0 cm de espesor y a continuación se construyen la zapata y el muro, con juntas de expansión a cada 15.00 m
- 4) Se hace la segunda parte del relleno, hasta el nivel de desplante de la losa de piso del dique.

Los materiales especificados para esta estructura son: concreto  $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ , acero de refuerzo de  $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$  y recubrimientos de 5 cm en zapatas y 3 cm en muros.

El fondo o piso del dique consta de losa de concreto reforzado por temperatura con malla electrosoldada. Las dimensiones de cada una de las losas es de 3.0x3.0m y 10 cm de espesor. La construcción de las losas se hizo sobre una base de material de banco de 20 cm de espesor, compactada al 90% de la prueba proctor estandar.

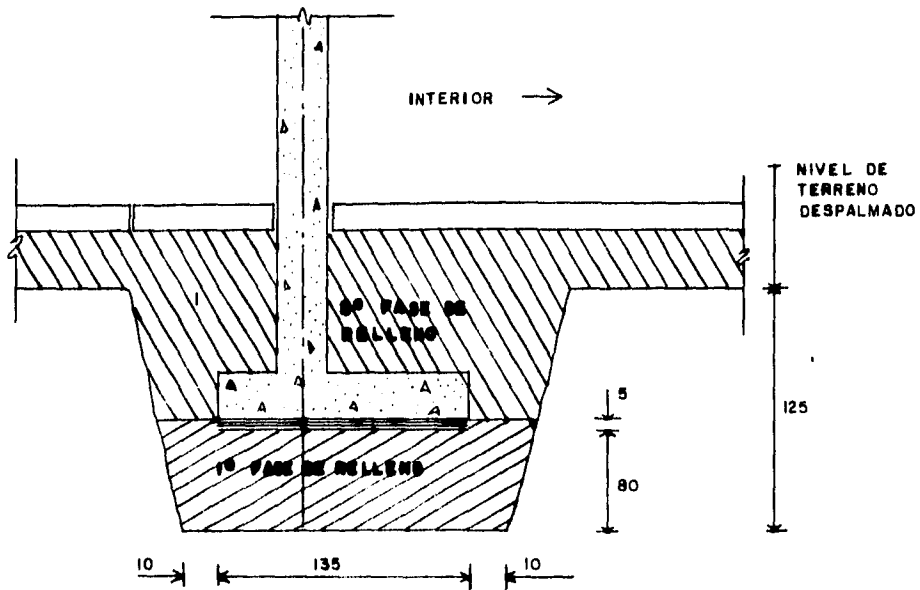
Para evitar filtraciones al subsuelo, se realiza un sellado de las juntas con Aerofest de Fester o un producto similar.

Las escaleras para acceso al dique son de concreto reforzado, de 1.10 m de ancho, son dos y están ubicadas en esquinas diametralmente opuestas.

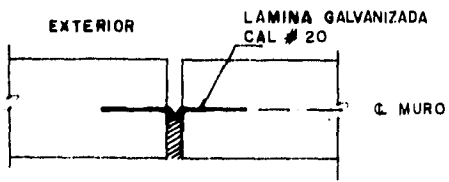
### **III 2.6. Protección anticorrosiva**

Con el fin de que el tanque tenga una vida útil apropiada, y no sea afectado tempranamente por la corrosión, se le aplica un recubrimiento para protegerlo, de acuerdo al siguiente proceso:

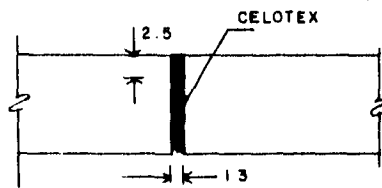
- 1) En el interior del tanque se hace un esmerilado, para eliminar los restos de soldadura más pronunciados que puedan afectar el sello de la cubierta, dejando una superficie lo más suave y tersa posible.
- 2) Para eliminar todo material extraño de la superficie de las placas, se aplica una limpieza a base de chorro de arena, hasta dar una calidad de metal casi blanco.
- 3) El paso siguiente es la aplicación por aspersión de una mano de primario inorgánico de zinc, especificación RP-4.
- 4) La protección continúa aplicando una mano de primario vinil epóxico modificado, especificación Pemex RP-7, de 20 milésimas de película seca, que sirve como enlace entre el primario RP-4 y el acabado.



DETALLE DE CIMENTACION DEL DIQUE



DETALLE DE JUNTA DE EXPANSION EN MUROS



SELLADO DE JUNTAS EN EL PISO DEL DIQUE

FIGURA 7



- 5) Finalmente, se aplican dos manos de acabado vinílico de altos sólidos de color blanco, especificación RA-22, de 9.5 a 10 milésimas de película seca.

Por último, a cada tanque se le pinta una banda de un color de acuerdo al producto que almacenen, asimismo se pone el nombre del producto, con letras visibles a distancia.

### **III.2.7. Prueba hidrostática y puesta en servicio**

Para probar la hermeticidad del tanque y la flotación del techo, se realiza la prueba hidrostática consistente en llenar con agua el tanque, observando el comportamiento del techo durante el ascenso del nivel del agua, y en el descenso cuando se lleve a cabo el vaciado. Para probar el drenado del techo, éste se inunda con agua, para simular la inundación por lluvia.

En la pared del tanque se observa si no existen fugas, se aprovecha el llenado del tanque para probar el funcionamiento de válvulas y accesorios; las tuberías que entran y salen del tanque tienen un proceso de prueba distinto y separado.

Si el tanque no tiene fallas, el programa continúa con el llenado con producto entrando así en servicio.

### **III.3. PAVIMENTOS**

Para la construcción de los pavimentos, se optó por que fueran de concreto hidráulico por las ventajas que presenta, como son:

- 1) Durabilidad
- 2) Bajo costo de mantenimiento
- 3) Disponibilidad de materiales para su elaboración
- 4) Mano de obra poco especializada
- 5) Reducido número de equipo para ejecutarlo
- 6) Resistente a la exposición de productos petrolíferos
- 7) Resiste lavado, frotado y cepillado diario

Una desventaja que presenta la construcción de pavimentos de concreto hidráulico es que requiere una inversión inicial mayor que cuando se construyen con otro material, pero en este caso por el tránsito intenso de autotankes a que estará sometido, se justifica su construcción.

La construcción de estos pavimentos se llevó a cabo en las siguientes áreas:

Area de estacionamientos

Area de llenaderas y descargaderas

Area para llenaderas futuras

Camino de acceso a la planta (desde carretera federal)

Validades internas de la planta (hacia llenaderas y zona de tanques)

Para poder describir el proceso constructivo de los pavimentos de concreto hidráulico, lo haremos atendiendo su estructura: Fig. No. 8 a.

- 1.- Base
- 2.- Impermeabilización
- 3.- Losa de concreto

### **III.3.1. Base**

Esta capa es la que va a recibir el pavimento, por lo que el material que se empleó fué material de banco clasificado y controlado, donde se compactó al 95% próctor estándar, y se formó una capa de 20 cm.

El procedimiento seguido fué el comunmente utilizado, es decir, se acarreo el material en camiones de volteo hasta el lugar donde se colocará para luego extenderlo con una motoconformadora, hasta alcanzar los niveles del proyecto; para luego compactarlo con un rodillo vibratorio CA-25, previa incorporación de agua, hasta alcanzar el grado de compactación especificado.

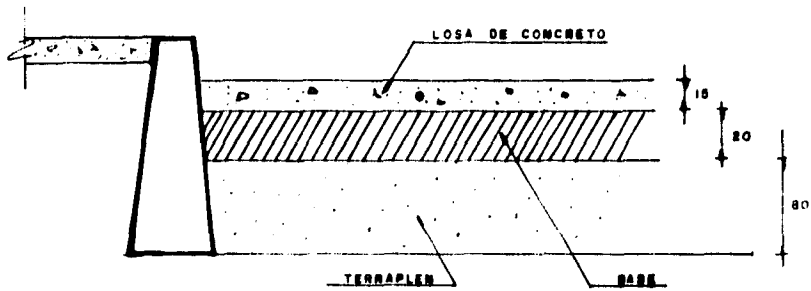
### **III.3.2. Impermeabilización**

La base terminada se impregnó con asfalto FM-1 y se protegió del tránsito de trabajadores. Esto se hace para que la capa de base no absorba agua del concreto fresco al colocarlo, además de permitir el deslizamiento de la losa de concreto por efecto de expansión y contracción.

### **III.3.3. Losas de concreto**

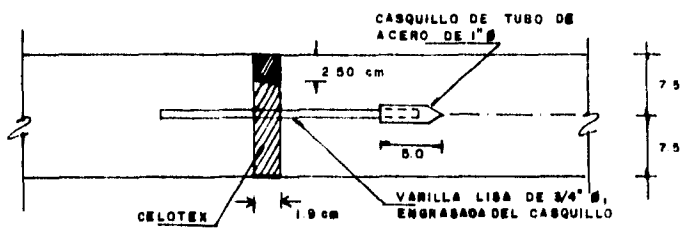
Las características del concreto, exigidas, según especificaciones de PEMEX son las siguientes:

- a) Resistencia a la compresión mínima de  $f'c=250\text{kg/cm}^2$
- b) Resistencia a la flexión mínima de  $45\text{ kg/cm}^2$



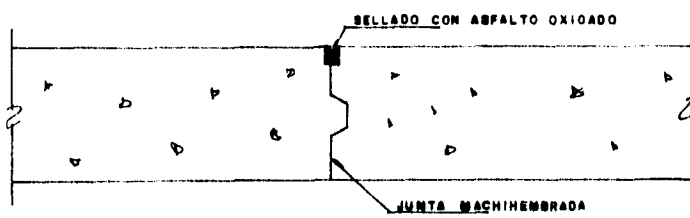
**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO (TIPO)**

(a)



**JUNTA DE EXPANSION**

(b)



**JUNTA DE CONSTRUCCION**

(c)

**FIGURA 8**

- c) Revenimiento máximo de 7 cm.
- d) Una mezcla de concreto de alta densidad y alto contenido de grava para reducir los cambios volumétricos.

Debido a que el concreto admite pocas deformaciones, se adicionó acero de refuerzo con varilla del No. 3, armado a cada 25 cm en ambos sentidos. El armado se colocó a la mitad del espesor de la losa.

Para contener el concreto fresco, se utilizaron cimbras de acero y estacas de acero necesarias para la fijación de esta. Las cimbras abarcaron todo el espesor de la losa de concreto.

La precisión con la que se colocaron las cimbras, por supuesto, marco un efecto para la continuidad de la superficie del concreto. Esto se logró, por que se cuidó que las cimbras se colocaran perfectamente alineadas y niveladas. Para hacer esto se clavaron estacas largas de 0.5 m a cada metro. Esto, considerando que las cimbras reciben durante la construcción cierto maltrato, por lo que fue necesario fijarlas como se menciona.

El espesor del concreto hidráulico es de 15 cm y fue suministrado de una planta de premezclados de Irapuato en camiones revolvedores. La colocación del concreto en las losas de 5x5 m, se hizo directamente con los camiones revolvedores. El personal se encargó de extender el concreto a lo largo y ancho de la losa con ayuda de palas.

La compactación se hizo mediante el uso de vibradores de alta frecuencia 10,000 V.P.M. , operados individualmente; teniendo gran cuidado para no vibrar demasiado el concreto y evitar segregar sus agregados pétreos.

Antes de dar el acabado superficial o final se procedió a comprobar si la superficie estaba dentro de la tolerancia en niveles. Esto se hizo colocando una regla metálica de 6 m en el sentido longitudinal de la losa. Se comprobó que las depresiones no fueran mayores de 0.5 cm, ya que es la tolerancia máxima permitida.

La textura final se logró después de darle un acabado superficial con plana de madera y llana de acero para darle un pulido, y después se le dió el escobillado final. Este se logró pasando sobre la superficie terminada una escoba de raíz dejando marcados pequeños surcos de 1 a 3 mm de profundidad.

Una vez que desapareció la película húmeda brillante sobre el pavimento fresco, la superficie se cubrió con una membrana de curado líquida comercial, (curacreto), esta se aplicó con un aspersor mecánico como el que se usa para aplicar insecticidas. La membrana evitó la pérdida de humedad del concreto, evitándole pérdida de resistencia al desgaste y agrietamientos superficiales. La membrana permaneció adherida a la superficie por algunos días, pero al final se degradó con la exposición a la luz solar.

c) Revenimiento máximo de 7 cm.

d) Una mezcla de concreto de alta densidad y alto contenido de grava para reducir los cambios volumétricos.

Debido a que el concreto admite pocas deformaciones, se adicionó acero de refuerzo con varilla del No. 3, armado a cada 25 cm en ambos sentidos. El armado se colocó a la mitad del espesor de la losa.

Para contener el concreto fresco, se utilizaron cimbras de acero y estacas de acero necesarias para la fijación de esta. Las cimbras abarcaron todo el espesor de la losa de concreto.

La precisión con la que se colocaron las cimbras, por supuesto, marco un efecto para la continuidad de la superficie del concreto. Esto se logró, por que se cuidó que las cimbras se colocaran perfectamente alineadas y niveladas. Para hacer esto se clavaron estacas largas de 0.5 m a cada metro. Esto, considerando que las cimbras reciben durante la construcción cierto maltrato, por lo que fue necesario fijarlas como se menciono.

El espesor del concreto hidráulico es de 15 cm y fue suministrado de una planta de premezclados de Irapuato en camiones revolvedores. La colocación del concreto en las losas de 5x5 m, se hizo directamente con los camiones revolvedores. El personal se encargó de extender el concreto a lo largo y ancho de la losa con ayuda de palas.

La compactación se hizo mediante el uso de vibradores de alta frecuencia 10,000 V.P.M. , operados individualmente; teniendo gran cuidado para no vibrar demasiado el concreto y evitar segregar sus agregados pétreos.

Antes de dar el acabado superficial o final se procedió a comprobar si la superficie estaba dentro de la tolerancia en niveles. Esto se hizo colocando una regla metálica de 6 m en el sentido longitudinal de la losa. Se comprobó que las depresiones no fueran mayores de 0.5 cm, ya que es la tolerancia máxima permitida.

La textura final se logró después de darle un acabado superficial con plana de madera y llana de acero para darle un pulido, y después se le dió el escobillado final. Este se logró pasando sobre la superficie terminada una escoba de raíz dejando marcados pequeños surcos de 1 a 3 mm de profundidad.

Una vez que desapareció la película húmeda brillante sobre el pavimento fresco, la superficie se cubrió con una membrana de curado líquida comercial, (curacreto), esta se aplicó con un aspersor mecánico como el que se usa para aplicar insecticidas. La membrana evitó la pérdida de humedad del concreto, evitándole pérdida de resistencia al desgaste y agrietamientos superficiales. La membrana permaneció adherida a la superficie por algunos días, pero al final se degradó con la exposición a la luz solar.

Las juntas son esenciales en los pavimentos de concreto hidráulico a fin de reducir los esfuerzos de tensión, compresión y flexión en las losas.

Las juntas de expansión tienen como función principal proporcionar el espacio para que tenga lugar la expansión del concreto y por consiguiente evitar que se originen esfuerzos de compresión que pudieran causar daño en el mismo. Esta junta funciona también como junta de contracción. Fig. No. 8 b.

El dispositivo mecánico para transmisión de cargas que se utilizó, fué el de machimbre, el cual se logra haciendo formas especiales de cimbra. Fig. No. 8 c.

El dispositivo al cortante y flexión más común es el pasajuntas, la mayoría de los dispositivos para transmisión de carga emplean este principio en su diseño. El pasajuntas de varilla de acero convencional redondo es el tipo más empleado de dispositivos para transmisión de cargas. Fig. No. 8 b.

### **III.4. ACCESO FERROCARRILERO**

El acceso ferrocarrilero está compuesto por un ladero "espuela" y "peine", suficiente para el estacionamiento de carros-tanques. El proyecto se realizó en función de las necesidades correspondientes al movimiento de combustóleo que se realizarían dentro de la planta, dado que el 80% de este combustible se transportará a través de carros tanques de ferrocarril y el 20 % restante se hará a través de auto tanques. En el proyecto se consideraron doce llenaderas (como se describió en el capítulo II). Ver plano general de la obra, Fig. No. 3.

Para la construcción se tuvo que considerar que el suelo era de poca capacidad de carga, por tratarse de terrenos para cultivo. Para abatir este problema se recurrió al mejoramiento de terraplen. Se abrió una caja de 6.60 m de ancho por 50 cm de profundidad, el volumen excavado se sustituyó por material mejorado. El mejoramiento se hizo mezclando un suelo de más densidad con una parte proporcional del suelo extraído. Se compactó con un rodillo pata de cabra en capas de 20 cm de espesor, hasta llegar a unos 10 cm arriba del terreno natural excavado. La compactación de suelo se hizo al 90 % próctor.

#### **III.4.1. Sub-base o sub-balasto**

Esta es una capa intermedia de la superestructura, la capa tiene la función de reducir la presión máxima de la vía, hasta la presión mínima permisible por la subrasante o terracería del suelo.

La sub-base o sub-balasto, esta compuesta por un material arenoso o escorias de fundición, tiene la función de detener el lodo que pudiera ascender y sellar al balasto, aunque también sirve para afinar la terracería.

La sub base se construyó un poco antes del tendido de la vías, para evitar el deterioro por el tránsito del equipo de construcción. El espesor empleado fué de 20 cm, Ver Fig. No. 9.

### **III.4.2. Balasto**

La capa de balasto tiene una gran importancia, ya que como parte principal de la superestructura de la vía férrea, tiene que cumplir con los siguientes objetivos:

- 1.- Confinar los durmientes, oponiéndose a sus desplazamientos longitudinales y transversales, originados por el frenaje o la tracción del equipo y, en vías soldadas, por los considerables esfuerzos que se desarrollan con los cambios de temperatura.
- 2.- Transmitir las presiones a la subestructura
- 3.- Drenar las vías.
- 4.- Servir de elemento nivelador para la conservación de la rasante.

Por lo dicho antes, nos damos cuenta que las funciones del balasto y las del subbalasto, son lo bastante diferentes como para sustituir, ni parcialmente, una capa por la otra.

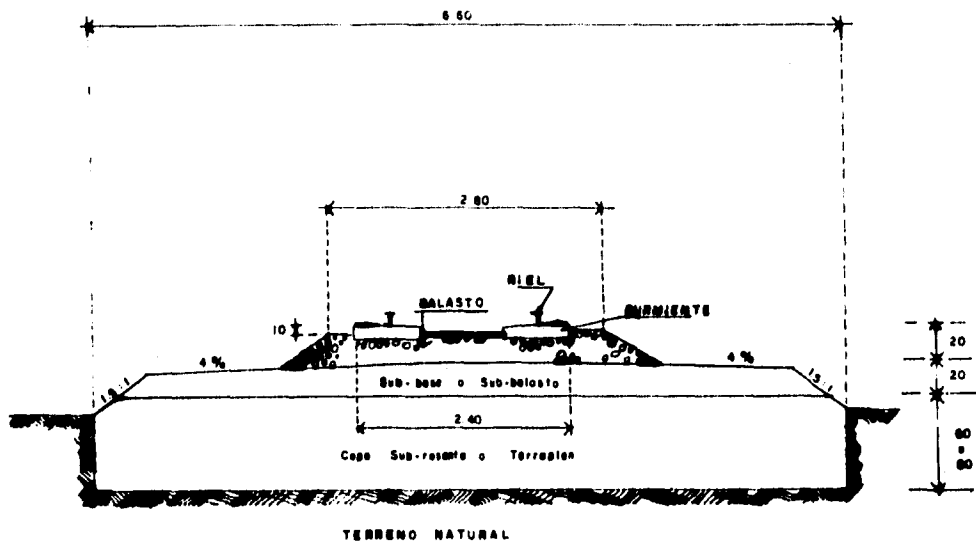
Las dimensiones del material empleado para formar la capa de balasto, aunque pueda variar desde 2 hasta 7 cm, se empleó en nuestro caso de 2 a 5 cm. Esta limitación se debe a las dificultades que presenta el material grande, para la precisión con que deben ser niveladas las vías.

La capa del balasto se construyó de 20 cm, Ver. Fig. No. 9.

### **III.4.3. Tendido de vía**

Para comenzar a hablar del tipo de vía empleada en el proyecto es importante mencionar los tipos de vías que se emplean en ferrocarriles. Aunque como algunos autores en la materia comentan que depende en forma determinante del capital con que se cuenta, porque mientras en países de alto desarrollo industrial utilizan vías con rieles pesados desde 100 hasta 156 lb/yd, en otros países como el nuestro se utilizan vías con rieles de 80 a 115 lbs/yd, debido al poco desarrollo y escaso capital.

Los tipos de vía pueden variar por el uso de rieles de diferentes pesos ( lb/yd o kg/m ), o por emplear durmientes de madera, concreto o acero, también por el tipo de fijación de los rieles (clavos o aditamentos especiales de vía elástica).



**CORTE DE LA ESTRUCTURA DE VIA PARA FERROCARRIL**

**FIGURA 9**



La vía clavada necesariamente utiliza durmientes de madera y tramos de riel de 12 m. Los durmientes de madera son de pino, estos tienen poca dureza y necesitan ser sustituidos muy rápidamente (de 10 a 18 años).

La vía elástica puede utilizar durmientes de madera o de concreto, la fijación se hace por medio de aditamentos especiales, ver Fig. 10; los tramos de riel de 40 a 60 m se sueldan en campo.

En la construcción del acceso ferrocarrilero se empleó la vía elástica con durmientes de concreto de 2 blocks por durmiente, ligados con una barra ligera de fierro, conocidos como durmientes R.S. Ver Fig. 10.

Los blocks R.S. son de 22x30x22cm con apoyos para los rieles inclinados (1.20 m) usados en América. Los blocks son zapatas que transmiten presiones casi uniformes al balasto, en tanto que la barra no recibe reacciones importantes a causa de su pequeña sección, pero admite cierta flexibilidad elástica sin afectarse la medida del escantillón, es decir los rieles se conservan paralelos y a la misma distancia inicial.

Este tipo de durmiente, también conocida como traviesa R.S., tienen un período de uso por lo menos de 35 años. Otra ventaja que tienen, salvo alguna excepción (como en un descarrilamiento, etc.), es que se cambian todos al mismo tiempo, y resulta ideal que la renovación de durmiente, accesorios y rieles guarden entre sí múltiplos de vida, o igual vida útil.

El tipo de riel usado para la construcción del acceso, es de 90 lbs/yd, y los durmientes están colocados con una equidistancia de 60 cm. El riel fue suministrado por Ferrocarriles Nacionales de México y los durmientes los suministro I.T.I.S.A.

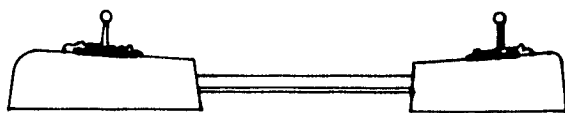
Para distribuir los durmientes de las vías nuevas como ésta, se procedió a distribuirlos de adelante hacia atrás para después colocarlos a cada 60 cm.

Los rieles son soldados en campo, para las operaciones de manejo nos auxiliamos de cables, poleas, rodillos y anclajes para fijarlos en su sitio.

### **III.5. EDIFICACIONES**

Los procesos constructivos de las obras de edificación que se construyeron son los siguientes:

- 1.- Llenaderas
- 2.- Edificios Administrativos
- 3.- Almacén



**TIPO DE TRAVIESA O DURMIENTE RE PARA VIA  
ELASTICA**

**FIGURA 10**

### **III.5.1. Llenaderas**

El área de llenaderas se compone de dos partes, las cuales son muy marcadas por su naturaleza.

a.- Obra civil

b.- Obra electromecánica computarizada

En lo correspondiente a obra civil el área de llenaderas cuenta con una cubierta contra el sol y la lluvia. Está constuida a base de marcos metálicos formados por perfiles del tipo llamado perfil estructural comercial, habiendo usado el acero A-36, bajo las normas ASTM, la soldadura fué hecha con electrodos E-70-18.

Sobre las armaduras principales, las cuales son del tipo llamado alma abierta se colocaron largueros a cada 70 cm tipo MONTEN de 12 x 3½", lámina #14

La cubierta se realizó a base de lámina estructural PINTRO R-90, calibre 22. La fijación de la lámina, con los largueros, fué a base de ganchos metálicos con cuerda en el extremo para permitir la colocación de una rondana y tuerca hexagonal.

El área que estamos tratando tiene como dimensiones, las siguientes: 8 m de ancho x 40 m de largo, cada tramo. Son finalmente 3 tramos de estas dimensiones.

El proyecto estructural planeó esta zona a base de columnas centrales, las cuales sirven de apoyo a cantilivers de 6.00 metros cada uno. Los cantilivers van a la izquierda y derecha de cada columna, ver Fig. No.11. En el otro sentido las columnas están unidas por una trabe también de alma abierta.

Las columnas fueron hechas a base de 4 ángulos de 4" x 1/4" formando un cajón de 40x60 cm. Este cajón fue complementado con placas de 1/4". Las columnas tienen una placa en el pedestal y otra en el cabezal de 5/8". El habilitado de las columnas se hizo en taller y a la obra se llevaron en camión de plataforma.

El apoyo de las columnas son zapatas de concreto, reforzado con varillas AR-42, que cumplieron con las especificaciones. La zapata es de 4.00 x 4.00 y tiene un espesor de 30 a 25 cm. Esta armada con varillas No.4 en dos lechos. El lecho inferior quedó con # 4 a cada 10 x 10. El dado es de concreto, con varillas del No. 8 con estribos del No.4, colocados a cada 10 cm

La secuencia seguida en el proceso constructivo, tanto en el área de llenaderas como en el área de recibo y medición, fué el siguiente:

- a.- Limpieza del terreno
- b.- Trazo de la posición de la cimentación
- c.- Definición e implantación de niveles tanto de desplante de cimentación como de pisos terminados
- d.- Excavación de terreno para alojar la cimentación.
- e.- Construcción de la plantilla de concreto
- f.- Construcción de la zapata de concreto
- g.- Colocación de las placas para apoyo de columnas
- h.- Colocación de columnas metálicas
- i.- Construcción y colocación de armaduras
- j.- Colocación de largueros y láminas
- k.- Colocación de canalones y bajadas de agua
- l.- Construcción de instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas

**Enseguida se explica cada una de las etapas que componen el proceso constructivo de las áreas de recibo, medición y llenaderas.**

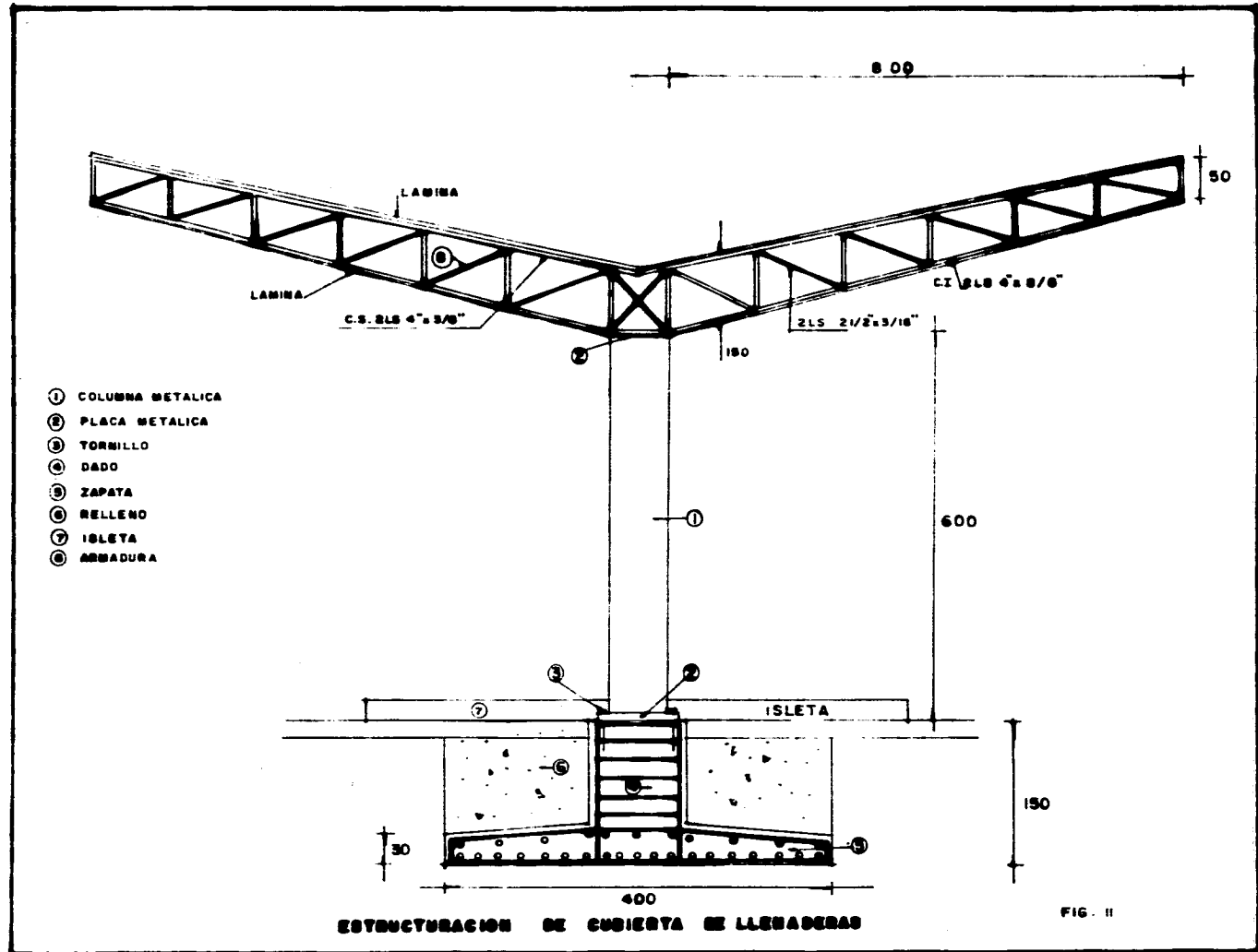
**A.- Para la limpieza del terreno se usó una motoconformadora, lo cual resultó muy positivo ya que las áreas que ocupan las zonas de recibo y medición y llenaderas, son bastantes amplias. También se usó obra de mano.**

**B.- Para el trazo de la cimentación se dirigió al topógrafo para que de acuerdo a las coordenadas del proyecto localizara y fijara la posición exacta de las áreas tratadas.**

**C.- Para la fijación de los niveles de desplante y pisos terminados se siguió dirigiendo al topógrafo, para lograr la congruencia del proyecto.**

**D.- En la excavación del terreno para lograr el espacio que ocupara la cimentación, se usó una máquina POCKLINE. El afine se realizó a mano.**

**E.- La plantilla de concreto se construyó de 10 cm de espesor usando para el caso un concreto de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ . En este caso de plantillas no se hace uso de vibrador, sólo se extiende la mezcla y se regla.**



- ① COLUMNA METALICA
- ② PLACA METALICA
- ③ TORNILLO
- ④ DADO
- ⑤ ZAPATA
- ⑥ RELLENO
- ⑦ ISLETA
- ⑧ ARMADURA

F.- La construcción de la zapata de concreto se llevó a cabo primeramente habilitando y colocando las varillas indicadas en los planos y que son básicamente varillas # 4 @ 10 cm en ambos sentidos y en dos capas. Este armado se completa con el del dado, el cual requirió de varillas de 1" de diámetro con estribos de # 4 @ 10 cm.

Después del armado se procedió al cimbrado de la zapata y el dado se hizo con madera de 2a. usando duela, barrote, y polines. El colado de concreto se hizo usando uno de  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>, el cual fue suministrado por una planta de premezclados.

G.- Antes del colado del dado se procedió a la colocación de placas de apoyo a las columnas. Para esto se le dieron indicaciones al topógrafo para que rectificara centros y niveles.

El sistema de placas de apoyo consiste en una doble placa, las cuales se unen mediante anclas con cuerdas. Las anclas aceptan tuercas, las cuales se usan para nivelar y controlar la posición final de la placa. (ver figura No. 11)

H.- La colocación de columnas. Estas columnas se hicieron en taller siguiendo todas las indicaciones marcadas en los planos. Se transportaron hasta el lugar donde se requerían y se colocaron sujetándolas con tuercas enroscadas en las anclas tipo tornillo que ya se tenían preparadas con anterioridad.

La colocación estuvo auxiliada por un topógrafo, el cual mediante teodolito y nivel indicó la posición exacta de las mismas, se logró la nivelación exacta mediante cuerdas de ajuste. Ver figura No. 11. El hueco resultante entre las placas fue rellenado con cemento Groult.

I.- Construcción y colocación de las armaduras metálicas, las armaduras de alma abierta también fueron habilitadas en taller. La residencia de obra supervisó la construcción de las mismas teniendo cuidado de la geometría, medidas, cortes, traslapes, y soldaduras que intervinieron.

Las armaduras puestas en obra fueron izadas hasta su posición definitiva mediante grúa. Puestas en su lugar de esa forma, se procedió a soldar la unión entre columnas y armaduras. Su posición final fué marcada por el topógrafo.

J.- Se colocaron los largueros que dan soporte a las láminas. Estos largueros son Montenes de 12 " x 3 1/2", lámina #14. Se colocaron Struts y contravientos marcados en los planos. La lámina que forma la cubierta se fué colocando y sujetando de tal manera que los traslapes no quedaran en contrapendiente y provocaran goteras en el momento de las lluvias.

K.- Se colocaron los canalones y bajadas de agua pluviales marcados en los planos correspondientes.

L.- También se procedió a la etapa de instalaciones en las que se procedió a la construcción de albañales, alimentación de agua, conducción de aire a presión, y de instalación eléctrica especial ya que no se debe producir ninguna chispa.

### **III.5.2. Edificios Administrativos**

El área administrativa se encuentra anexa al control o entrada general de la planta, ocupa un área aproximada de 12x40 m.

El edificio construido es de una sola planta y tiene todo lo necesario para funcionar como oficinas administrativas, es decir, cuenta con privados para gerentes, privados para directores, salas de juntas, área de contabilidad, área secretarial y servicios generales.

La cubierta de esta área se hizo con losa de concreto tipo reticular. La losa reticular es un sistema que se forma con nervaduras de concreto armado, perpendiculares entre sí y con blocks de poliestireno entre las nervaduras.

Las losas quedaron apoyadas en columnas de concreto armado con sección de 50x50 cm y con una altura de 4.00 m.

La cimentación se hizo con zapatas aisladas de concreto armado. Estas tienen una ampliación de sección al cual se le da el nombre de dado. Se armó este con 16 varillas # 6, distribuidas en toda su periferia. Los estribos de los dados fueron del # 4@ 10 cm.

Las zapatas quedaron desplantadas a una profundidad de 1.50 m respecto al nivel natural del terreno.

Los firmes de concreto fueron armados con varillas # 3 @ 30x30 cm. Antes de colar los firmes se colocó la red de tubos que constituyen la red sanitaria.

Todos los muros que configuran las oficinas administrativas fueron realizados con tabique vidreado, el cual evita el mantenimiento continuo. Este tabique es extruido permitiendo con esto que se integren castillos en los huecos.

Esta área de la planta es la que lleva más conceptos de acabados como son:

- 1.- Pisos de cerámica.
- 2.- Aplanados de yeso
- 3.- Recubrimiento de pasta
- 4.- Lambrines de cerámica
- 5.- Muros divisorios de tablaroca
- 6.- Cancelería de aluminio
- 7.- Vidrios polarizados

La zona de estacionamiento cubierto se realizó a base de una cubierta de lámina zintro. Esta va apoyada en largueros tipo Monten, los cuales se apoyan en armaduras metálicas de las conocidas de alma abierta. El claro que se salvó fué de 8.00 metros. La superficie cubierta es de 240 m<sup>2</sup>

Las columnas fueron metálicas formadas a base de 4 ángulos en cajón de 6"x3/8". Las placas superior e inferior fueron de 50x50x5/8" con 4 anclas de 3/4" de diámetro con 60 cm de largo. La cimentación fué a base de zapatas aisladas de concreto armado.

La secuencia de la construcción del área administrativa y de estacionamiento cubierto fué como sigue:

- a) Limpia de terreno
- b) Trazo y nivelación de elementos que van a componer la cimentación
- c) Excavación para alojar la cimentación
- d) Colocación de una plantilla de concreto simple
- e) Armado, cimbrado y colado de zapatas de concreto
- f) Armado, cimbrado y colado de columnas de concreto armado
- g) Colocación de columnas metálicas
- h) Colocación de armaduras
- i) Colocación de largueros, lámina pintro, canalones y bajadas de agua
- j) Cimbrado, armado, colocación de casetones de poliestireno y colado de la losa reticular sobre las columnas de concreto
- k) Colocación de relleno, entortado, impermeabilización y enladrillado sobre la losa de concreto
- l) Suministro y colocación de cancelería
- m) Suministro y construcción de acabados
- n) Limpieza general

Los puntos a,b,c,d,e,f,j,k,l,m,n, indican la secuencia de construcción del área administrativa. Los puntos a,b,c,d,e,f,g,h,i, marcan la secuencia del área de estacionamientos.



### III.5.3. Almacén

El tema a desarrollar en este párrafo es importante ya que se trata de un almacén de una estructura de dimensiones 30x64 m con 7.50 m de altura, que va a servir para almacenar gran cantidad de productos procesados, perfectamente empaquetados.

La estructura del almacén se realizó a base de columnas de concreto armado. Tienen una sección de 50 x 60 con un armado de 16 varillas # 8 y estribos del # 4 @ 25. Fig. 12a. Las columnas reciben la carga de las traveses portantes, las cuales son vigas prefabricadas y pretensadas. La sección de estas vigas son las llamadas TY y fueron suministradas y colocadas por VIBOSA. Fig. 13.

En la unión de la trabe TY portante con las columnas se hizo un capitel apropiado, el cual se muestra en la Fig. 14. Las traveses TY sirven de apoyo a láminas estructurales de asbesto. Las traveses TY tienen un largo de 15 metros. Las láminas estructurales tienen un largo de 5.00 m y están dispuestas de tal manera que forman un techo de dos aguas. En este caso, por la magnitud del almacén, se resolvió el problema con 2 parteaguas.

El agua de lluvia queda canalizada hacia las traveses TY que por su geometría funcionan como canales de desfogue y conducen el agua de lluvia hasta la boca de las bajadas pluviales. A las traveses TY se les hizo un relleno a base de mortero con pendiente del 2% y se comportan como canales propiamente dicho. Se aplicó la impermeabilización a base de Microseal Fibra en dos capas.

La cimentación se realizó a base de zapatas corridas, de concreto armado, en los muros y columnas de colindancia. Esta cimentación se hizo desde el nivel 27.50 hasta el nivel 30.20. Es decir, estas zapatas son muros de concreto de 2.70 m con un espesor de 25 cm que deben soportar con eficacia el empuje que les da el desnivel de 1.20 m que existe entre el piso exterior y el piso interior del almacén.

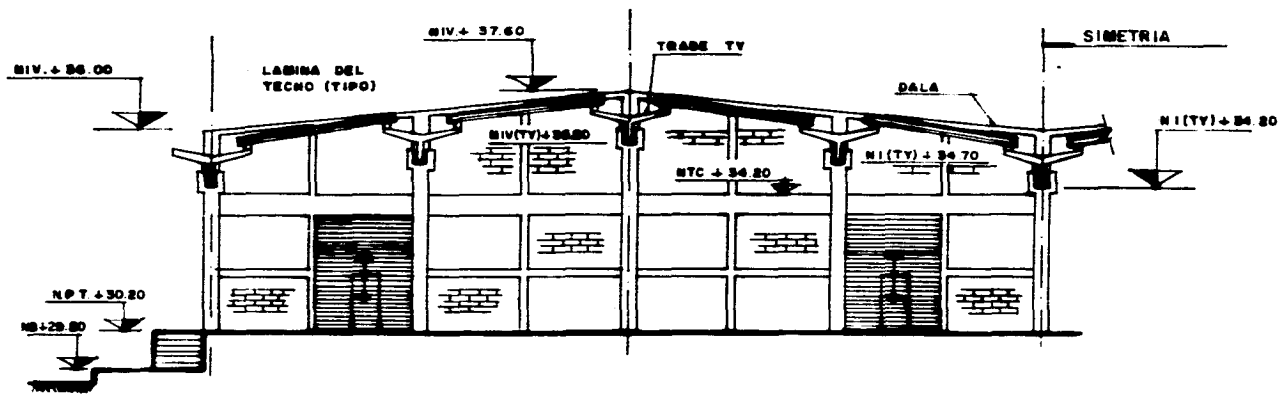
Las columnas centrales tienen como cimentación zapatas de 4.0 x 4.0 m. Están desplantadas a 2.70 m de profundidad respecto al nivel del piso terminado del almacén. Este desplante fue necesario en vista de que hasta este nivel se encontraba el estrato resistente.

Los muros son de tabique hueco prensado, se colocaron varillas del No. 3 @ 4 huecos, los cuales fueron retacados de cemento arena 1:6, además llevan castillos aparentes de 15x20 cm con 4 varillas # 4 y E#2 @20, separados @3.0 m como máximo.

A los muros también se les reforzó con cadenas de concreto armado. Estas cadenas van a la mitad y al final de la altura del muro, son de 15 x20 con 4#4, E#2 @20.

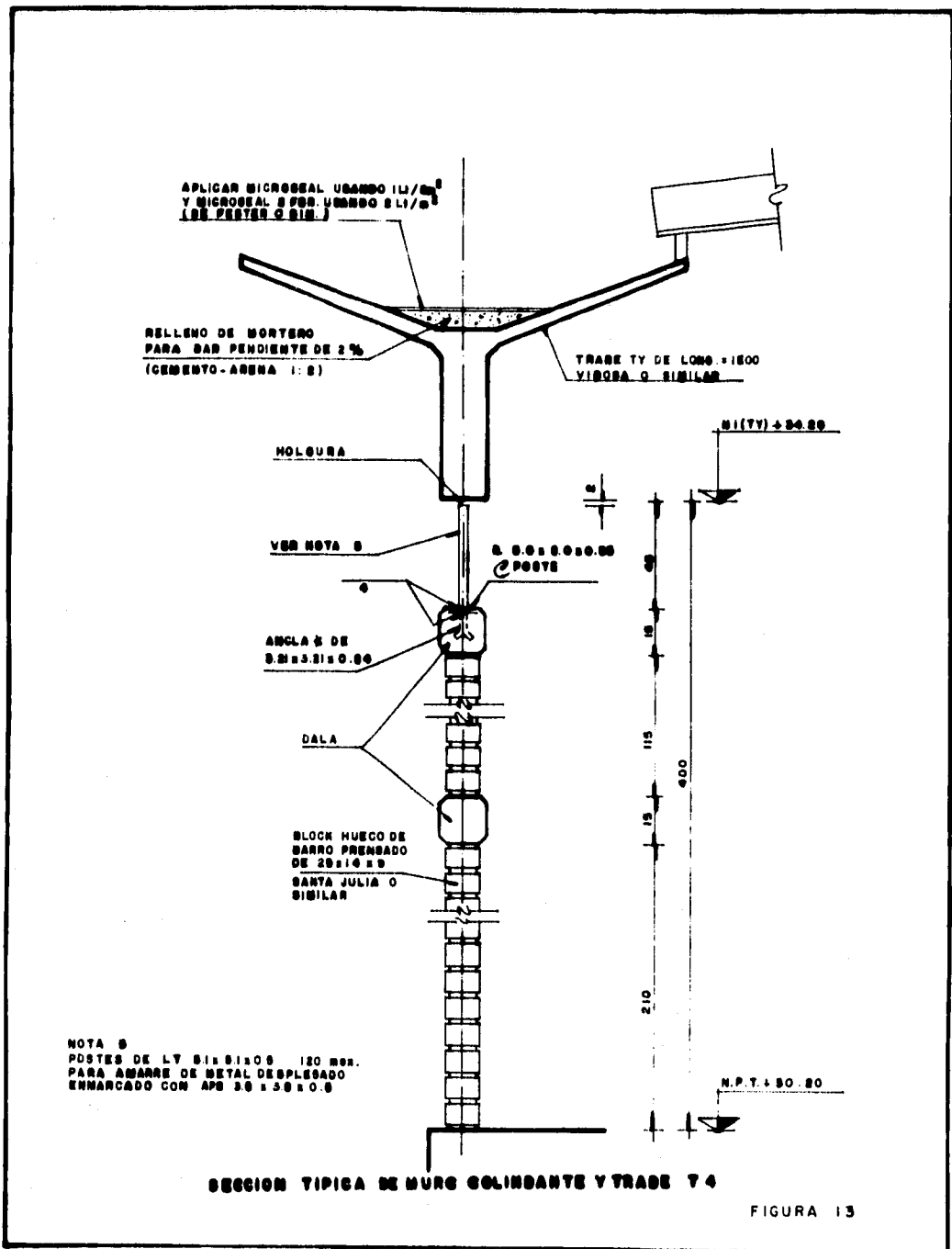
El almacén cuenta con un andén a nivel 30.20 m, para carga y descarga de carros de ferrocarril. Este andén está protegido de las lluvias y del sol por medio de un voladizo contruido de armadura metálica con lámina estructural. Ver Fig. No. 15.

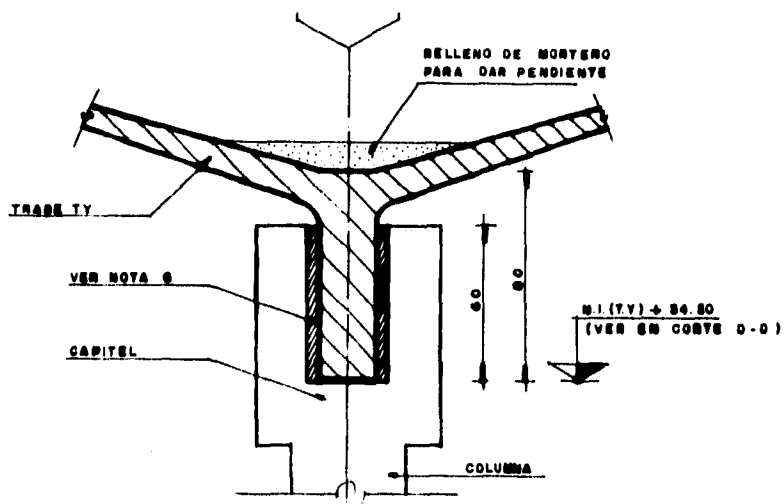
Los firmes o pisos de almacén fueron contruidos en placas de 4.0 x 4.0 m y de 12 cm de espesor y están armados con varillas #3@30 cm en dos capas. Cuentan con un sistema de anclaje entre placa y placa, para evitar que haya diferencias de nivel entre las mismas. Ver Fig. No. 16.



**ESTRUCTURACION TIPO DE ALMACEN**

**FIGURA 12**

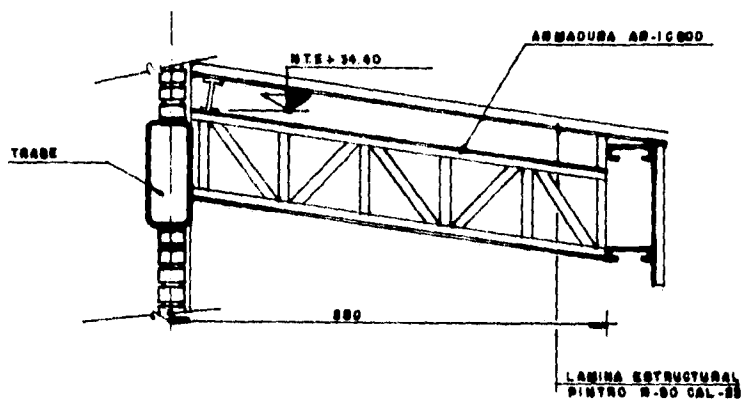




**DETALLE TÍPICO DE COLUMNA CON TRASE T4**

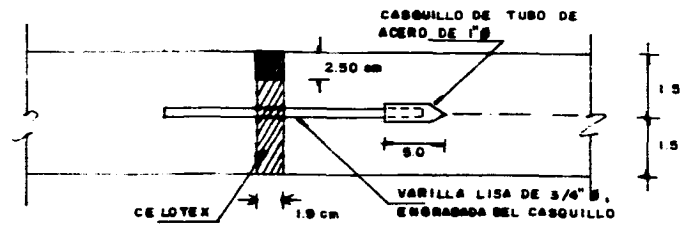
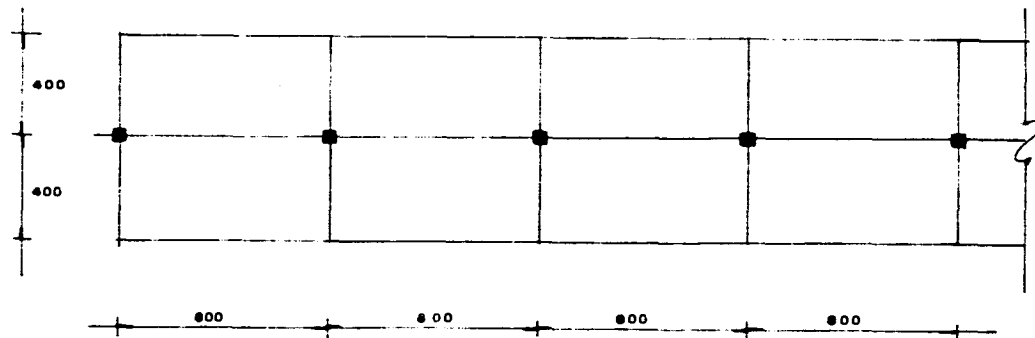
**NOTA 6**

DESPUES DE MONTADA Y NIVELADA LA TRASE T4  
 SE PONDRÁ RELLENO CON MORTERO (CEMENTO-ARENA 1:3)  
 SEGUN RECOMENDACION DE FABRICANTE.



CUBIERTA SOBRE ANDEN DEL ALMACEN

FIGURA 15



**JUNTA DE EXPANSION Y DISTRIBUCION DE PASAJUNTAS  
EN LOGAS DE PISO.**

FIGURA 16

## IV

### PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS LINEAS DE CONDUCCION

En la construcción de una línea de conducción, destinada al transporte de productos petrolíferos, por su naturaleza, tienen ingerencia en ella diversas especialidades, cuya participación hacen posible llevar a buen término una obra de este tipo. Además se debe cumplir con las estrictas especificaciones que exigen las autoridades y que recomiendan los fabricantes de equipos y materiales.

Para el transporte de los productos petrolíferos desde la refinería de Salamanca, hasta la planta de almacenamiento y distribución de destilados de Irapuato, se construyeron las siguientes obras:

- 4 líneas de 10" (254 mm) de diámetro
- 1 línea de 14" (356 mm) de diámetro
- 2 trampas para envío y recibo de diablos
- 5 válvulas de seccionamiento a la mitad de cada tramo

La disposición general de las líneas se muestra en las fig. Nos. 17 y 18

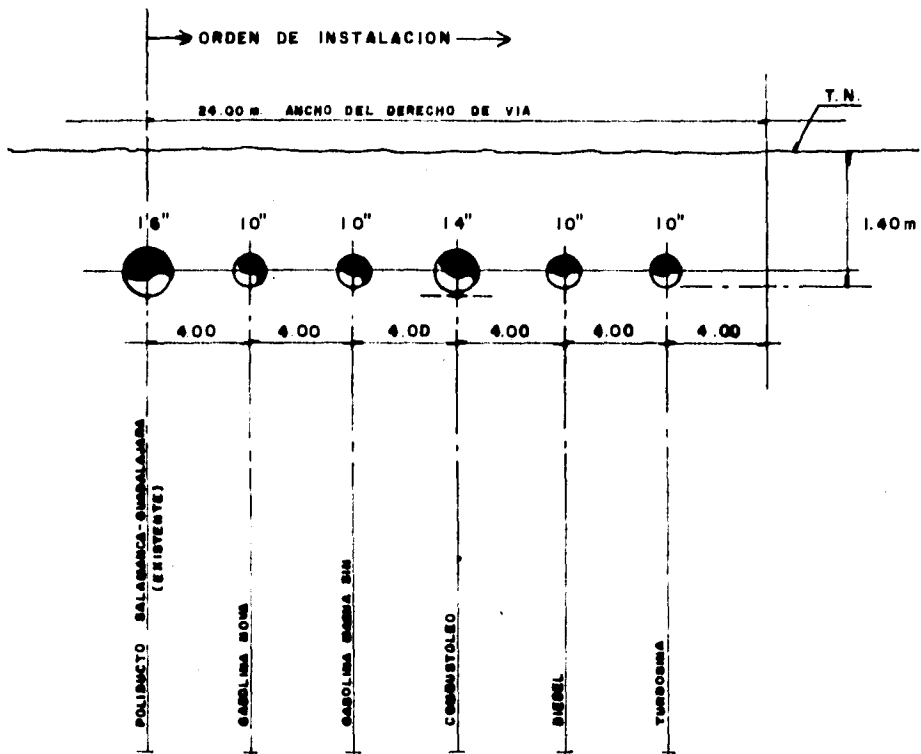
En el presente trabajo hacemos referencia a las especialidades técnicas participantes, sin embargo el enfoque principal será la secuencia lógica de ejecución de los trabajos necesarios para la construcción de las líneas, para lo cual dividimos los trabajos en dos partes:

- 1.- Línea regular
- 2.- Obras especiales

#### IV.1. LINEA REGULAR

Se denomina así a los tramos rectos de una línea de conducción libre de interferencias, sin curvas y piezas especiales, por lo cual es posible organizar los trabajos de forma tal que se tiene una producción en serie, con grandes avances, pues siendo los tramos rectos y de gran longitud dan oportunidad al uso de equipos mecánicos automatizados. Las actividades para la construcción de estas líneas son las siguientes:





DISPOSICION DE LOS DUCTOS EN EL DERECHO DE VIA Y PRODUCTOS  
 QUE TRANSPORTAN CADA UNO DE ELLOS.

FIGURA 17

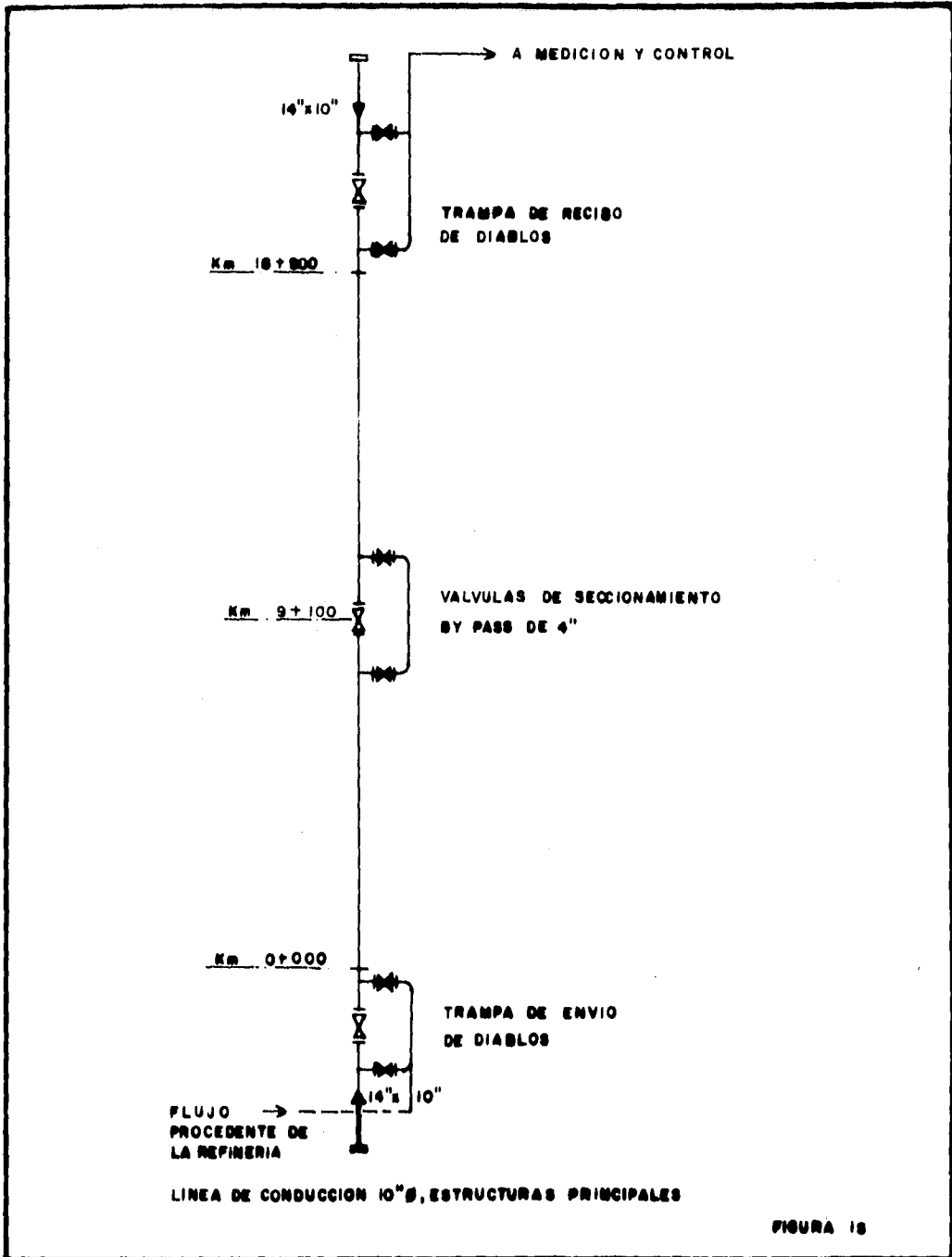


FIGURA 18

- 1.- Procuración de materiales y equipos
- 2.- Apertura de derecho de vía
- 3.- Acarreo y tendido de tuberías
- 4.- Soldadura
- 5.- Limpieza y protección mecánica
- 6.- Detectado eléctrico de fallas
- 7.- Excavación
- 8.- Bajado de tubería
- 9.- Relleno de zanjas

#### **IV.1.1. Procuración de materiales y equipo**

El arranque de una obra depende totalmente de la disponibilidad de equipos y materiales. De ahí la importancia de que los responsables de la ejecución de la obra, tengan experiencia y capacidad para el correcto manejo de los recursos desde el inicio de la misma con el fin de ajustarse lo mejor posible a los plazos y montos programados.

En el caso de la obra pública normalmente el suministro de los materiales y equipos de instalación permanentes se dividen en dos partes:

- a) Los suministrados por la dependencia
- b) Los suministrados por el contratista

De la oportunidad con que ambas partes entreguen en el campo los equipos y materiales, dependerá el avance y continuidad de los trabajos.

El trabajo del contratista inicia con la búsqueda en el mercado de los equipos que reúnan las especificaciones del proyecto y de los proveedores o fabricantes que puedan entregarlos dentro de plazos razonables. En ocasiones la falta de uno de estos requisitos dan motivo a recurrir a la importación, por ello la necesidad de dar trámite y seguimiento inmediato a esta parte de la obra.

En base al programa general de la obra se deberá también hacer un programa de entrega de los materiales, esto ayuda al manejo de los mismos. Si la entrega es más o menos oportuna no necesitamos espacios de almacenamiento grandes y de alto costo, dando flexibilidad a la disposición de los recursos económicos para el desarrollo equilibrado de toda obra.

En este proyecto los equipos y materiales que se controlaron para llevar a buen término la obra fueron los siguientes:

- a) Tubería de acero de 10" (254mm) diámetro
- b) Tubería de acero de 14" (356mm) diámetro.
- c) Esmalte y envolturas de fibra de vidrio para protección de la tubería de 10" de diámetro
- d) Cinta termocontráctil para protección de la tubería de 14" de diámetro.
- e) Soldadura
- f) Válvulas de diferentes tipos y dimensiones
- g) Piezas especiales (codos, tees, reducciones, juntas, bridas, tapas, manómetros, etc.)

#### **IV.1.2. Apertura del derecho de vía**

El objeto de esta fase de la obra fué separar el área de trabajo del área de cultivo, el cual siguió con sus actividades normales. Para lograr lo anterior se instalaron alcantarillas transversales al derecho de vía con el fin de que las parcelas divididas continuaran regándose a un lado y otro del derecho de vía, asimismo el tránsito de los equipos para tendido, soldadura y excavación a lo largo de las líneas pudo hacerse sin dificultades en su mayor parte.

El trabajo consistió en nivelar el terreno borrando el surcado del terreno, formando en los laterales de la franja, bordos para evitar que el agua de riego invadiera el derecho de vía y la hiciera intransitable para los vehículos con neumáticos.

El equipo y materiales empleados para esta actividad son los que se mencionan a continuación:

- 1) Motoconformadora CAT 120 G
- 2) Retroexcavadora 416
- 3) Tractocamión con plataforma
- 4) Camión Winche de 5 Ton
- 5) Tubo de acero de 12" (305 mm) de diam.(desecho)
- 6) Tubo de acero de 24" (610 mm) de diam.(desecho)

La función de cada equipo fue la siguiente:

**Motoconformadora:** nivelación y formación de los bordos de límites del derecho de vía y rehabilitado final.

**Retroexcavadora:** excavación, tapado, instalación y recuperación de los tubos que sirvieron de alcantarillas.

**Tractocamión con plataforma:** acarreo de tubería del almacén a los sitios más cercanos de su instalación, y viceversa al realizar su recuperación.

Camión Winche: para descarga de la plataforma, manejo e instalación de la tubería en su sitio, retiro y carga de la tubería a la plataforma.

#### **IV.1.3. Acarreo y tendido de tuberías**

Con el derecho de vía debidamente preparado se procede al tendido de la tubería de la primera línea, para ello requerimos del siguiente equipo y materiales:

- a) Grúa de 12 ton para cargar las plataformas en el patio donde está almacenada la tubería.
- b) Tractocamión con plataforma: acondicionados correctamente con postes laterales. Es posible mover hasta 52 tubos de 10" (254 mm) de diámetro en un sólo viaje.
- c) Tractor tiendetubos: baja la tubería de la plataforma y la alinea sobre los apoyos preparados para el caso, con el fin de evitar que el tubo haga contacto con el terreno natural, traslapando los tubos en aproximadamente 20 cm.
- d) Costales: rellenos con material del lugar para servir de apoyo a la tubería, manteniéndola limpia; se utilizaron dos piezas en cada extremo del tubo.

El empleo del tractor tiendetubos en el manejo y tendido de la tubería, da a esta actividad gran dinamismo y buen trato a la tubería, no provocando golpeo u ovalamiento de los bordes.

#### **IV.1.4. Soldadura**

La soldadura es un proceso mediante el cual es posible realizar la unión de piezas metálicas, mediante la acción del calor, con materiales de aporte o sin ellos, de forma que en los puntos de unión (juntas) se tenga una continuidad de las piezas.

Existen diversos procesos de soldadura dependiendo de la fuente de calor que se emplee:

- a) Soldadura por gas
- b) Soldadura por arco
- c) Soldadura con hidrógeno atómico
- d) Soldadura por resistencia

Para el presente trabajo nos ocuparemos solamente del proceso de soldadura por arco eléctrico. El principio del fenómeno es el siguiente:

En todos los gases existen iones libres en cantidades pequeñas, en un campo eléctrico intenso los iones positivos son atraídos por el polo negativo y repelidos por el positivo, transportando



TENDIDO DE TUBO EN EL DERECHO DE VIA



SOLDADURA EN LINEA REGULAR

las cargas eléctricas; si el número de iones es elevado, su paso de un electrodo a otro permiten el flujo de corriente y la iniciación del arco eléctrico.

Para lograr la concentración de iones adecuado, es necesario preparar el medio gaseoso y provocar su ionización, durante el proceso ocurren reacciones químicas, se generan radiaciones ultravioleta e infrarroja, se consiguen temperaturas muy elevadas y la ionización por choque. Este último fenómeno ocurre de la forma siguiente: por causas externas un átomo se divide en un electrón (-) y un ion (+), si el campo es muy intenso el electrón se acelera y choca con otro átomo, disgregándolo, por lo que el número de electrones y iones aumenta hasta ser suficientemente elevado para conducir la corriente, estableciéndose de esta manera el arco eléctrico.

En la práctica la energía necesaria se suministra mediante un circuito eléctrico, con una fuente regulada de corriente, de alta intensidad (amperaje) y baja tensión (voltaje), como se muestra en la figura No. 19a.

El circuito se inicia en la terminal o borne donde se sujeta el cable del electrodo a la máquina, punto A, y finaliza en la terminal en que se fija el cable de tierra al aparato, punto B.

La corriente va por el cable al portaelectrodo, pasa por éste y salta el arco, circula por el metal base hacia el cable de tierra volviendo a la máquina generadora, cerrándose el circuito y quedando establecida la continuidad necesaria para mantener encendido el arco.

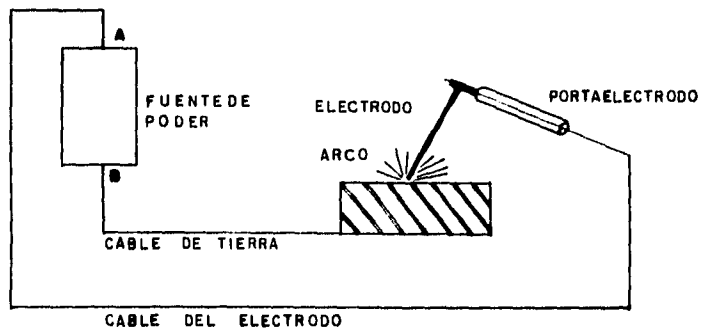
Existen diferentes tipos de arco, dependiendo de la forma como se suministra la energía al arco eléctrico, el que nos interesa para este trabajo es el que se forma entre la pieza a soldar y un electrodo de su misma naturaleza.

El recubrimiento del electrodo o fundente desempeña funciones muy importantes del tipo siguiente:

- a) Eléctrico: es fundamental en la iniciación y mantenimiento del arco.
- b) Físico: incide en el ritmo de depósito, punto de fusión, fluidez, aspecto del cordón y profundidad de penetración entre otras características.
- c) Metalúrgica: determina la composición de metal depositado así como las cualidades mecánicas y textura.

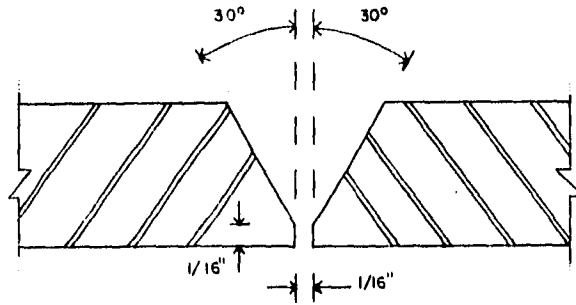
Los compuestos químicos más usuales para revestir los electrodos son la celulosa que sirve para protección gaseosa, el dióxido de titanio o de rutilo para la formación de escoria, que sirve para proteger el metal caliente del aire.

Durante el proceso de la soldadura el revestimiento se derrite y vaporiza, creando una atmósfera de gas que aísla el metal fundido del contacto con el aire evitando de esta manera



(a)

DIAGRAMA PARA PRODUCIR EL ARCO ELECTRICO



PREPARACION TIPICA PARA SOLDADURA EN TUBERIA

(b)



que el oxígeno y nitrógeno se combinen con el metal para formar óxidos y nitruros, que a su vez generen porosidad y se afecte la resistencia de la soldadura.

El sistema A.W.S. para la clasificación de electrodos permite al operario identificar y seleccionar apropiadamente un electrodo mediante un sistema numérico de clasificación, como se indica en seguida:

"E" significa electrodo y se refiere a la soldadura por arco.

"R" significa varilla y se refiere a la soldadura autógena.

Para los electrodos de acero dulce y los de acero de baja aleación.

CIFRAS	SIGNIFICADO	EJEMPLOS
2 o 3 primeros dígitos (2 si es de 4 y 3 si es de 5)	Resistencia mínima a la tensión en miles de lbs/pulg <sup>2</sup>	E 60xx = 60,000lbs/pulg <sup>2</sup> E 90xx = 90,000lbs/pulg <sup>2</sup> E 120xx = 120,000lbs/pulg <sup>2</sup>
Penúltimo dígito	Posiciones para soldar	E xx1x = toda posición E xx2x = horizontal/plana E xx3x = plana

En la construcción de una línea de conducción los aspectos importantes para un acabado de calidad y rapidez de avance del proceso dependen del control apropiado y la coordinación de las actividades que intervienen, del conocimiento y del aporte de ideas del personal a cargo.

Como paso preliminar conviene analizar la forma como se transitará con el equipo por el derecho de vía, las especificaciones a seguir en todas las fases del trabajo, materiales y pruebas, incluyendo la calificación de los soldadores.

La soldadura de la tubería en línea es una de las fases críticas que determinan la continuidad de las subsecuentes fases; el método desarrollado para dar un avance lo más rápidamente posible es el siguiente:

- 1.- Los equipos se alinean del lado derecho de la línea en el sentido de avance.
- 2.- Se organizan diversas cuadrillas de soldadores, para nuestro caso con 6 operadores.
- 3.- La cuadrilla de avanzado limpia y prepara los biselados de la tubería, y con un alineador interior alinea los tubos. Fig. No. 20a.
- 4.- La siguiente cuadrilla chequea el alineamiento y procede a depositar el cordón de fondeo.
- 5.- La siguiente cuadrilla hace cordones de relleno y visteo.

que el oxígeno y nitrógeno se combinen con el metal para formar óxidos y nitruros, que a su vez generen porosidad y se afecte la resistencia de la soldadura.

El sistema A.W.S. para la clasificación de electrodos permite al operario identificar y seleccionar apropiadamente un electrodo mediante un sistema numérico de clasificación, como se indica en seguida:

"E" significa electrodo y se refiere a la soldadura por arco.

"R" significa varilla y se refiere a la soldadura autógena.

Para los electrodos de acero dulce y los de acero de baja aleación.

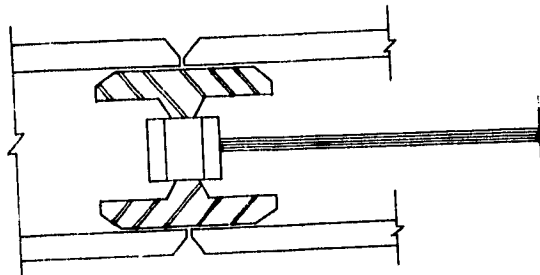
CIFRAS	SIGNIFICADO	EJEMPLOS
2 o 3 primeros dígitos (2 si es de 4 y 3 si es de 5)	Resistencia mínima a la tensión en miles de lbs/pulg <sup>2</sup>	E 60xx= 60,000lbs/pulg <sup>2</sup> E 90xx= 90,000lbs/pulg <sup>2</sup> E 120xx= 120,000lbs/pulg <sup>2</sup>
Penúltimo dígito	Posiciones para soldar	E xx1x=toda posición E xx2x=horizontal/plana E xx3x=plana

En la construcción de una línea de conducción los aspectos importantes para un acabado de calidad y rapidez de avance del proceso dependen del control apropiado y la coordinación de las actividades que intervienen, del conocimiento y del aporte de ideas del personal a cargo.

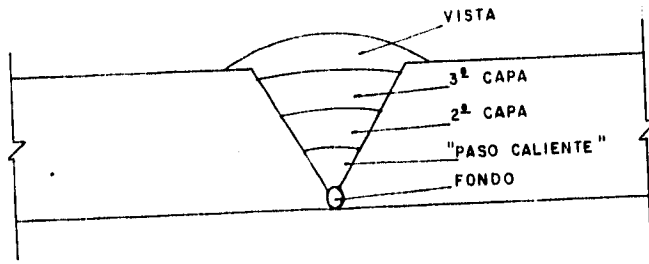
Como paso preliminar conviene analizar la forma como se transitará con el equipo por el derecho de vía, las especificaciones a seguir en todas las fases del trabajo, materiales y pruebas, incluyendo la calificación de los soldadores.

La soldadura de la tubería en línea es una de las fases críticas que determinan la continuidad de las subsecuentes fases; el método desarrollado para dar un avance lo más rápidamente posible es el siguiente:

- 1.- Los equipos se alinean del lado derecho de la línea en el sentido de avance.
- 2.- Se organizan diversas cuadrillas de soldadores, para nuestro caso con 6 operadores.
- 3.- La cuadrilla de avanzado limpia y prepara los biseles de la tubería, y con un alineador interior alinea los tubos Fig. No. 20a.
- 4.- La siguiente cuadrilla checa el alineamiento y procede a depositar el cordón de fondeo.
- 5.- La siguiente cuadrilla hace cordones de relleno y visteo.



ALINEADOR INTERIOR (a)



CORDONES DEPOSITADOS DE UNA SOLDADURA (b)

6.- Por último, una vez que las soldaduras han sido radiografiadas viene la cuadrilla para realizar las reparaciones.

El equipo necesario para estas operaciones es el tradicionalmente utilizado en estas obras y consta de:

- 1 Tractor tiendetubos
- 2 Alineador interior para tubo de 10" de diámetro
- 3 Camiones de 3 ton
- 6 Máquinas de soldar
- 4 Esmeriladoras
- 2 Equipos de corte completo y accesorios

Además, cada cuadrilla debe contar con la siguiente herramienta menor: cables para soldar, portaelectrodos, máscara o pantalla de protección, guantes, pechera, martillos, cepillos de alambre y anteojos de seguridad.

La preparación de las piezas a soldar se realiza de acuerdo a las características de los metales a soldar, espesores y posición de las piezas; para las tuberías se realiza una preparación típica como la que se muestra en la fig. No. 19b.

La alineación de las paredes del tubo se hace con alineador interior, el cual consta de cuatro zapatas que se abren y cierran para ponerse en contacto con las paredes de los dos tubos a soldar.

La superficie debe estar libre de grasas, óxidos y escamas, esta operación se realiza con martillo y cincel, cepillo de alambre, esmeril u otras herramientas; para el caso se dice que una buena limpieza significa medio camino al éxito.

Se recomienda que el movimiento del electrodo sea transversal a la "V" del bisel.

Una vez hechos los preparativos se procede a realizar la soldadura seleccionando los electrodos para los diversos pasos o capas de soldadura necesarios de acuerdo a la siguiente tabla:

ESP.	FONDEO	1a. CAPA	2a CAPA	REVESTIDO
0.154"	3/32"	1/8"	1/8"	1/8"
0.187	1/8	1/8	1/8	5/32
0.219	1/8	1/8	5/32	5/32
0.250	1/8	5/32	5/32	3/16
0.281	5/32	5/32	3/16	3/16
0.312	5/32	5/32	3/16	3/16
0.375	5/32	5/32	3/16	3/16

La práctica común es que para el fondeo y cubierta o vistéo se usa el E6010 y E7010 para los otros pasos, aunque es también usual la combinación E6010 para el fondeo y todos los siguientes pasos con el E7010.

La segunda capa denominada "Paso caliente" se ejecuta inmediatamente después del fondeo para aprovechar el calor residual y evitar grietas por contracción en el fondeo, al dejar que este se enfríe. Fig. 20b.

Entre cada capa de soldadura se practica una rigurosa limpieza, eliminando cualquier rastro de escoria visible antes de depositar el siguiente cordón, de esto depende la buena unión entre capa y capa de soldadura y la resistencia final de esta.

Por último, procedemos a la realización de las pruebas de inspección de la soldadura, estas son del tipo no destructivo como son: partículas magnéticas, líquidos penetrantes, ultrasonidos y radiografías.

La examinación radiográfica es el tipo de inspección no destructiva más usual por lo cual se emplean rayos X o una fuente de rayos Gamma y esta basado en la interpretación de imágenes negativas, las fallas detectadas son:

**Falta de penetración (FP):** es un depósito incompleto en el cordón de raíz o fondeo, no debe exceder de 1" de longitud acumulada o individual en una longitud de cordón de 12".

**Falta de fusión (FF):** discontinuidad entre la soldadura y el metal base, también no debe exceder de 1" individual o acumulada en 12" de cordón, la falta de fusión entre pasos de soldadura se acepta hasta 2".

**Quemada (Q):** una porción del cordón de raíz donde una penetración excesiva ha causado una contracción al solidificarse.

**Inclusión de escoria (IE):** sólido no metálico atrapado en el metal de la soldadura, alargadas o líneas de escoria (LE) o doble línea de escoria (DLE) son comunmente los defectos que se encuentran, en la zona de fusión no se aceptan longitudes que exceden 2" ó que sean de un ancho de 1/16".

**Porosidad (P):** es el gas atrapado en la solidificación de la soldadura, normalmente es esférico, individualmente no debe exceder de 1/8" ni ser mayor del 25% del espesor de pared del tubo, cuando la porosidad es agrupada no debe tener más de 1/2".

**Porosidad (PT):** es una porosidad lineal.

**Roturas (R):** fractura del metal de soldadura transversal o longitudinalmente.

Socavado: es un cordón fundido dentro del metal base, puede ser interno(SI) o externo (SE); la longitud individual o acumulada no será mayor de 2" en 12" de cordón.

#### **IV.1.5. Limpieza y protección mecánica**

La protección contra la corrosión de las tuberías de conducción es fundamental en la durabilidad y seguridad de este tipo de instalaciones, tanto así que la Dependencia debe desembolsar alrededor de 90 millones de dólares anuales para combatir este fenómeno, cuyos efectos en las líneas que transportan productos petrolíferos pueden provocar graves accidentes.

Actualmente se cuenta con diversas técnicas y materiales para proteger las tuberías enterradas; el tipo de revestimiento a utilizar se selecciona en función a la economía, a la disponibilidad y experiencia en la aplicación del producto y al tipo de servicio de la tubería.

Particularmente para esta obra se emplearon tres tipos de protección, que son los mas usuales por ahora en esta industria, ellos son:

- 1.- Recubrimiento con alquitrán de hulla
- 2.- Recubrimiento con epóxicos granulados
- 3.- Recubrimiento con cintas o vendas plásticas

Tomando en cuenta los parámetros mas importantes, haremos una descripción de los procedimientos de aplicación de estos productos.

##### **IV.1.5.1. Recubrimiento con alquitran de hulla**

El alquitrán de hulla es el producto comunmente utilizado para proteger tuberías que estarán sometidas a una temperatura de servicio de 5° a 40° C. Es el más económico y además en nuestro país existe una amplia experiencia en su uso. Su aplicación puede hacerse de tres formas distintas:

- 1.- En planta
- 2.- En campo con máquina viajera
- 3.- Manualmente

Cualquiera que sea el método de aplicación seleccionado, el proceso es básicamente el mismo, y consta de las siguientes fases:

- a) Limpieza de la superficie
- b) Imprimación de pintura primaria
- c) Esmaltado, reforzado con bandas de fibra de vidrio

**a) LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE:** para que una tubería se considere limpia, deberá estar libre de escamas de laminación, óxido suelto, pintura, grasa o cualquier otro material extraño; un buen trabajo en esta fase asegura una adhesión correcta del revestimiento a la superficie de la tubería.

La limpieza puede hacerse mecánicamente por medio de máquina limpiadora viajera o estacionaria, estas máquinas cuentan con un cabezal rotatorio equipado con rasquetas y cepillos de alambre. La velocidad de translación de las máquinas deben ajustarse de acuerdo a las condiciones de la superficie a limpiar, de tal manera que se obtengan superficies limpias y ligeramente ásperas para proporcionar el anclaje necesario al primario.

En el caso de que no sea práctico el uso del equipo, la limpieza puede realizarse manualmente, con rasquetas y cepillos en buenas condiciones.

Otros métodos de limpieza mecánica muy usuales en este tipo de trabajos es el chorro abrasivo a presión con arena o con granalla de acero, para lo cual debemos contar con el equipo mínimo consistente en: compresor de aire, depósito del abrasivo (olla) y accesorios (mangueras, boquillas, válvulas y manómetros).

Para complementar la limpieza mecánica en ocasiones es necesario realizar una limpieza con Proceso Químico, para esto normalmente se emplean solventes capaces de remover las sustancias extrañas dejando limpia la superficie del tubo, con este método se remueven sustancias tales como aceites y grasas.

**b) IMPRIMACION DE PINTURA PRIMARIA:** la función del primario aplicado en la superficie metálica limpia, es dar una buena adhesión entre el esmalte y la superficie a proteger, formando una película continua y uniforme que actúa como liga o enlace entre la superficie metálica y el esmalte.

La aplicación se realiza con la máquina limpiadora viajera combinada con un sistema de bombeo y aspersión, de manera que ambas actividades se efectúan simultáneamente. Las recomendaciones más usuales de las especificaciones que norman el empleo de estos productos son: agitar la pintura antes de aplicarla, mantener los envases cerrados, apoyar la tubería imprimada en polines limpios hasta que el primario esté seco.

En condiciones normales de humedad y temperatura el primario seca en alrededor de dos horas, debiéndose aplicar el esmalte en seguida, ya que si se seca excesivamente pierde "vida". Para la aplicación del primario la tubería debe estar seca y no podrán ejecutarse los trabajos si hay lluvia, niebla o polvo en el aire.

En el caso de los detalles que deja la máquina imprimadora viajera, es común que dos personas, uno a cada lado del tubo, vayan retocando manualmente los defectos; asimismo cuando la aplicación mecánica no sea práctica, el primario podrá aplicarse a mano, con brochas de buena calidad exclusivamente, si es necesario el uso de adelgazadores para el primario, se consultarán las especificaciones del producto para hacer la dosificación más adecuada.

c) **ESMALTADO:** Las normas especifican que las cubiertas en base al alquitán de hulla reúnen las siguientes características, que hacen atractivo y recomendable su uso:

- Tener adhesión suficiente a la superficie del metal, para resistir la penetración de la humedad.
- Ser suficientemente dúctil para evitar agrietamientos.
- Tener resistencia suficiente para soportar los daños debidos al manejo y a los esfuerzos en el terreno.
- Tener propiedades dieléctricas, ya que las tuberías enterradas o sumergidas requieren una protección catódica suplementaria.

La aplicación del esmalte y los refuerzos de fibra de vidrio y felpa en línea se ejecutan al mismo tiempo, para ello requerimos del siguiente equipo:

Un tractor tiendetubos  
 Una caldera, arrastrada por el tractor  
 Máquina esmaltadora viajera  
 Bicicleta o roles para levantar y deslizar el tubo

El esmalte se parte en trozos pequeños y se calienta en calderas adecuadas, se derrite y mantiene a una temperatura de aplicación de 200°C a 210°C, la caldera cuenta con un sistema para transferir el esmalte líquido a la esmaltadora.

El esmalte no debe permanecer con la temperatura de aplicación por más tiempo del recomendado, se debe agitar cuidadosamente cada 15 minutos con las aspas o paletas de la caldera, una vez que se ha iniciado la operación de aplicación no se puede recargar la caldera, se debe terminar la carga completa en caso contrario la caldera se vacía, se limpia y se desecha el sobrante.

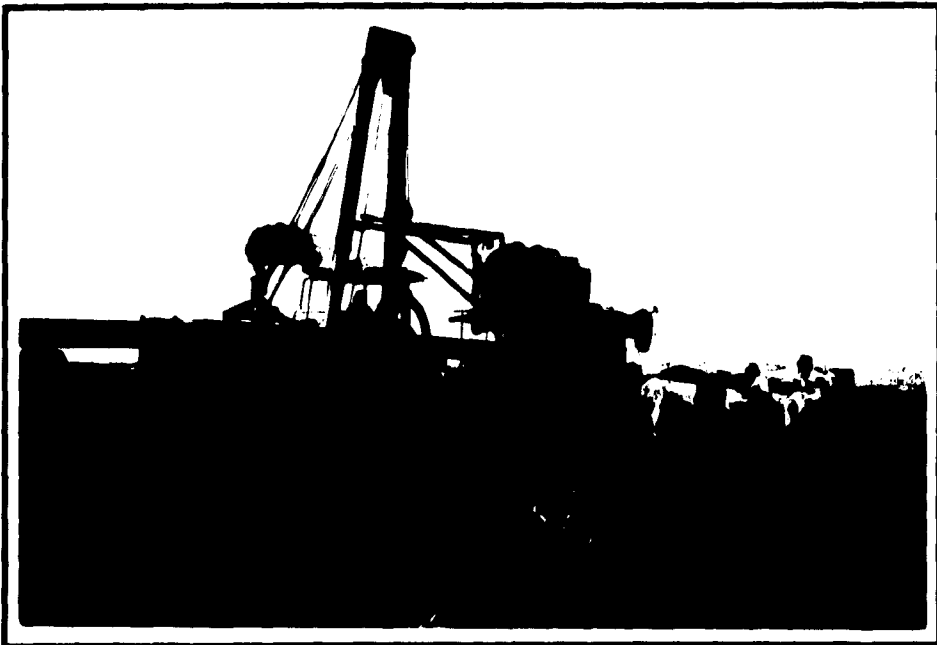
La esmaltadora está construida especialmente para aplicar el esmalte y las envolturas de refuerzo, dos capas de fibra de vidrio y una felpa, en forma de una espiral continua con traslapes de 1/2" , y formando un recubrimiento de espesor de 3/32". Las fibras de las envolturas deberán quedar ahogadas en la capa de esmalte caliente sin disgregarse su estructura, resistiendo una tirantez adecuada en su colocación. En esta etapa se debe cuidar que no haya formación de burbujas que debeliten la cubierta de esmalte.

Cuando se tenga formación de burbujas se deben revisar las conexiones del equipo de aplicación que no estén flojas, ver que la salida del chorro de esmalte no sea muy arriba de la superficie del tubo de tal forma que atrape aire, checar que no existe humedad en la superficie del tubo o que el primario esté húmedo.





**APLICACION DE PRIMARIO Y DETALLADO MANUAL**



**ESMALTADO CON MAQUINA VIAJERA**

Si las actividades se suspenden los equipos de aplicación deben drenarse, eliminando el esmalte todavía caliente, dejando la menor cantidad posible, para que no haya necesidad de sobrecalentar los equipos cuando se reanuden las operaciones.

El procedimiento de aplicación mecánica en línea es adecuado cuando los tramos de tubería son grandes, pero si los tramos son cortos lo más adecuado es la aplicación manual, ya que se tienen buenos resultados si se hace con personal experimentado.

#### **IV.1.5.2. Recubrimiento con materiales granulados**

Este tipo de materiales y tecnología son relativamente nuevas en el mercado, y es aplicado en planta. El procedimiento de limpieza es a base de chorro de arena y un baño ácido de la tubería limpia.

Haciendo uso de una fuente de calor que no ensucie la tubería, ésta se calienta hasta alcanzar una temperatura superior a los 210° C, a continuación se hace pasar a través de una cámara nublada. Las partículas plásticas golpean al tubo, se funden y se adhieren, formando una película bastante uniforme y resistente.

La tubería se cubre dejando a propósito 3" sin recubrimiento, esto es para facilitar el manejo en el proceso de soldadura de la línea. Si el resultado de la inspección radiográfica de la soldadura resulta favorable, se procede a limpiar con ráfagas de arena el tramo faltante y se protege con un producto similar y compatible, aplicado en frío y usando catalizadores para acelerar el fraguado.

El sistema de detectado de fallas es el mismo que se emplea para el recubrimiento con otros productos, sólo hay que ajustar la tensión de prueba según la siguiente tabla.

#### **TENSION MINIMA DE PRUEBA PARA VARIOS ESPESORES DE CUBIERTA**

<b>ESPEOR DE CUBIERTA TREINTA Y DOSAVOS</b>	<b>EN PULGADAS MILESIMAS</b>	<b>TENSION DE PRUEBA VOLTS.</b>
-	16	5,000
1	31	7,000
2	62	9,800
3	94	12,000
4	125	14,000
5	156	15,000
6	188	17,100
16	500	28,000
20	625	31,000
24	750	35,000

#### **IV.1.5.3. Recubrimiento con cintas o vendas termocontráctiles**

Este material de revestimiento consiste en una cinta extruida de dos capas; la capa exterior muy resistente a altas temperaturas y esfuerzos cortantes y la capa interior es un adhesivo termoplástico que aísla de la humedad a la tubería.

La cinta se suministra en diversos espesores de película, de 50 a 75 milésimas de pulgada, anchos de 3" a 12" y longitudes de 400 a 500 pies.

Generalmente este revestimiento está diseñado para trabajar a altas temperaturas, para líneas que van a conducir productos con temperatura de hasta 120°C. El procedimiento de aplicación consta de las siguientes cinco fases:

1) Limpieza de la tubería por medio de chorro de arena (sand blast) o granalla de acero, hasta obtener una calidad de metal casi blanco.

2) La tubería limpia se calienta uniformemente hasta alcanzar una temperatura de 215°C a 245°C, utilizando una fuente de calor no contaminante como el sistema de inducción eléctrica o un horno donde se emplee gas.

3) La cinta se aplica al tubo precalentado, en una espiral continua con un traslape inicial total de 1" y una tensión uniforme de 10 a 20 lb por pulgada de ancho de la cinta.

4) El tubo encintado puede enfriarse rociándole agua, para lo cual se debe previamente dejar enfriar a la temperatura ambiente por lo menos durante dos minutos.

5) El tubo debe tener una temperatura de 80°C o menor antes de que pueda ser manipulado para estibarse, de cualquier forma el manejo se hace con cuidado, con el fin de no maltratar el recubrimiento.

Para asegurar una correcta aplicación de las cintas se toman las mismas precauciones de las otras formas de recubrimiento, tales como: evitar humedad en la tubería, limpiarla perfectamente y en este caso aplicar la cinta a más tardar seis horas después de la limpieza, si quedan tubos limpios sin encintar al terminar la jornada, al día siguiente se deben rafaguear nuevamente con arena.

El control de la temperatura debe ser constantemente vigilado durante la aplicación del recubrimiento por medio de un pirómetro. El control de la tensión de aplicación es también importante, porque con ello se consigue que la cinta se mantenga siempre en contacto con la tubería evitando la formación de bolsas de aire.

#### **IV.1.6. Detección eléctrica de fallas**

Después de realizar las diferentes fases del recubrimiento, ésta se someterá a una inspección eléctrica, para detectar la existencia de poros u otro tipo de defectos, este examen es en sí una prueba de continuidad de la película protectora, no da información relacionada con la calidad de los materiales, ni la resistencia o la adhesividad.

El equipo dispone de dos electrodos, uno de ellos se conecta a tierra o a alguna parte descubierta de la superficie metálica, y el otro es el electrodo de inspección, el cual se hace pasar longitudinalmente por la tubería y al detectar alguna falla en el recubrimiento se cierra el circuito eléctrico y suena una señal que indica la existencia de la falla. A continuación se efectúa la reparación, limpiando el área de la falla y aplicando nuevamente los mismos productos que se usaron en el recubrimiento.

#### **IV.1.7. Excavación**

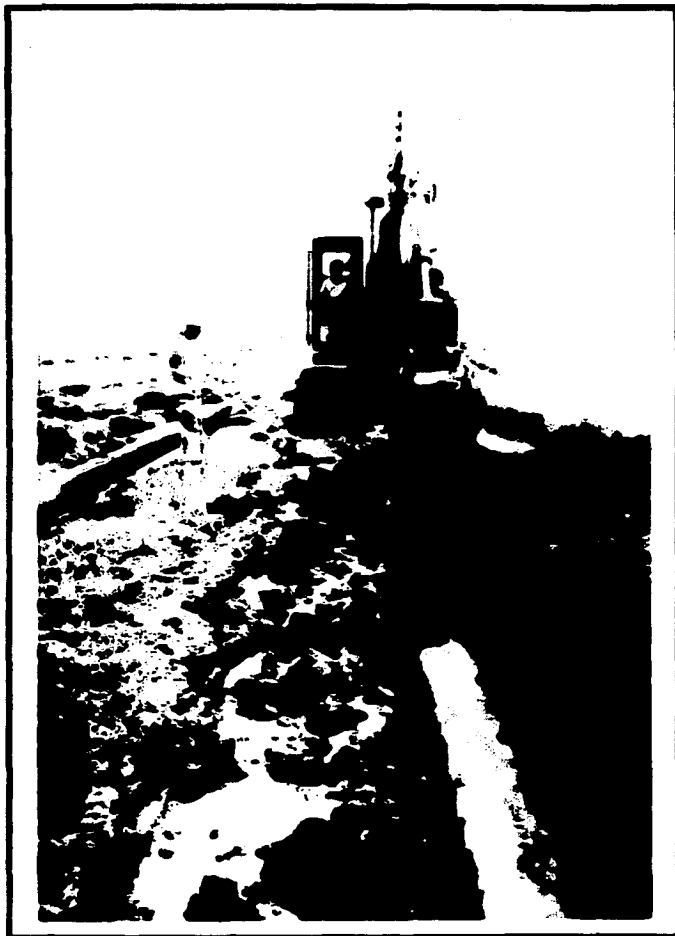
La excavación de la zanja para alojar la línea se inicia un día anterior al esmaltado, o sea inmediatamente después de la aplicación del primario. La razón de esta secuencia se hace para que al terminar de esmaltar y hacer el parcheo de las fallas resultantes, la zanja esté lista para recibir la tubería, ya que ésta no deberá estar expuesta a la intemperie por más de 72 horas, debido sobre todo a los efectos de agrietamiento que le provocan los cambios de temperatura.

Si la zanja no está lista en el plazo señalado por las especificaciones, entonces se procederá a la aplicación de una cubierta de cal a la línea esmaltada para protegerla de los rayos solares y evitar el reblandecimiento del recubrimiento, de aquí se desprende la importancia de llevar una coordinación adecuada entre el proceso de esmaltado y el avance de las excavaciones así como el bajado de la tubería al fondo de la cepa.

La zanja donde va alojada la tubería de acuerdo al ancho y profundidad especificada en el proyecto, fué para este caso de 0.60 X 1.40 m para tubería de 10" de diámetro y de 0.70 X 1.50 m para la de 14" de diámetro. Con estas dimensiones se asegura la protección correcta al evitar que el esmalte se dañe durante las maniobras de bajado y se proporciona el colchón mínimo que se pide para una instalación de esta clase localizada en terrenos de cultivo.

En el 95% de la longitud de la línea, la zanja se excavó en suelo arcilloso de alta compresibilidad, esto favoreció para que el fondo de la zanja se afinara con facilidad, proporcionando un apoyo uniforme de la tubería, de manera que no haya forzamientos y dobleces por concentración de esfuerzos a causa de irregularidades del fondo.

En solamente un kilómetro de longitud, se encontró que el suelo contenía un alto porcentaje de boleo, así que para este tramo se tendió en el fondo de la zanja una capa de 10 cm de material suave, sin rocas o componentes con aristas agudas y cortantes.



**EXCAVACION CON EQUIPO DE ORUGAS**



**EXCAVACION CON EQUIPO NEUMATICO**

### COLCHON MINIMO PARA TUBERIAS ENTERRADAS

LOCALIZACION	ESPESOR EN CM	
	Suelo normal	Roca firme
Area sin construcción	100	45
Area con construcciones	120	60
Drenes de caminos y FF.CC	150	60
Vias fluviales	180	60

Para la ejecución de esta fase de la obra los equipos más adecuados por las características y condiciones del terreno resultaron ser los modelos de excavadoras con cadenas como la CAT 215 y similares, consiguiéndose avances promedios de 200 metros por turno y por máquina. Sin embargo cuando el terreno se mantenía seco por varios días, se hizo uso de las cargadoras retroexcavadoras con buenos resultados por lo angosto y poca profundidad de la excavación.

#### IV.1.8. Bajado de la línea

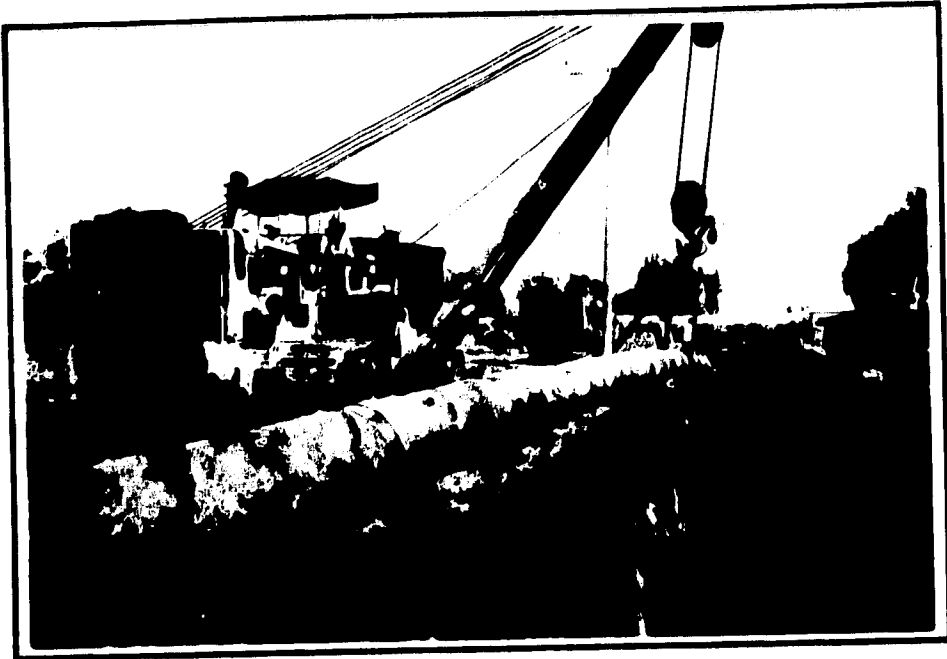
El bajado de la tubería a la zanja se efectúa en una maniobra bastante rápida, haciendo uso de un sólo tractor tiendetubos y una bicicleta o roll. El tractor se le ubica a la derecha del tubo y se instala el tubo en la bicicleta que a su vez se engancha a la pluma del tractor, este comienza a avanzar a una velocidad de aproximadamente 2.0 km/hr, depositando el tubo en el fondo de la zanja.

Si no se cuenta con una bicicleta las maniobras se realizan con dos tiendetubos y unas bandas para levantar la tubería; el tractor que va adelante levanta el tubo y el tractor que va atrás por medio de su pluma y una banda lo deposita en la zanja, se libera manualmente la banda y el tractor avanza hacia adelante para levantar el tramo siguiente, y así se alternan sucesivamente hasta concluir con la instalación de la línea regular, dejando la punta del último tubo en donde inicia la obra especial.

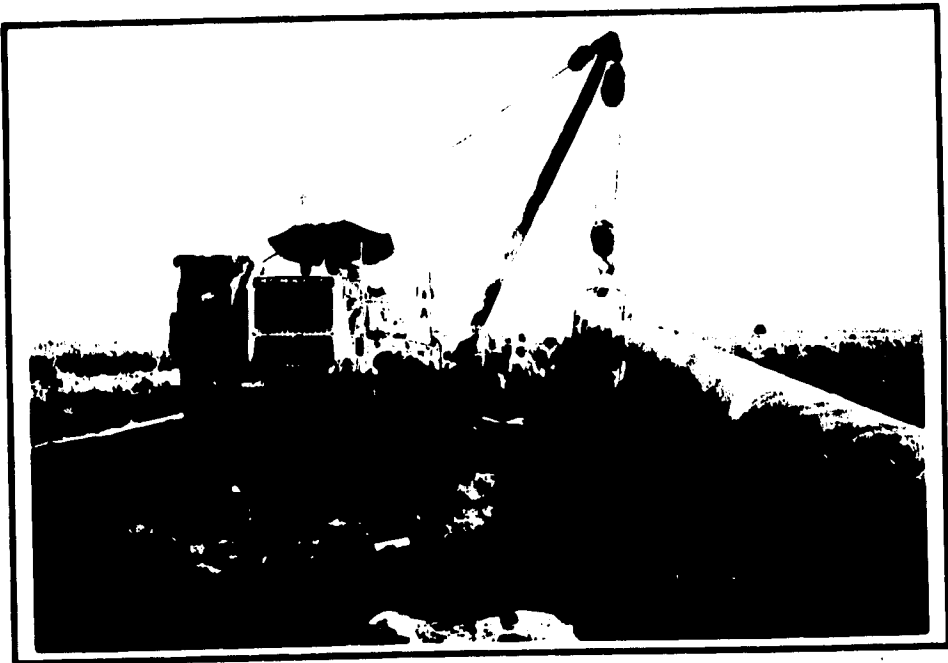
Las bandas son de lona reforzada y deben tener un ancho de por lo menos 10 a 15 centímetros, para que al levantar el tubo se tenga una superficie de contacto amplia, para no dañar el recubrimiento.

#### IV.1.9. Relleno de la zanja

Se aprovecha que el material excavado es de consistencia muy suave para ser utilizado en el relleno, este se realiza a volteo compactado por bandeado en la parte superior, el equipo utilizando para este trabajo consistió en un tractor CAT D4 convencional.



**BAJADO DE TUBERIA A LA CEPA, MEDIANTE BANDAS Y TRACTOR PLUMA**



**INSTALACION DE TUBERIA CON TRACTOR PLUMA Y BICICLETA DE BAJADO**

En el tramo de aproximadamente un kilómetro donde se encontró boleó fue necesario llevar a cabo un relleno acostillado, compactado manualmente, con material seleccionado, hasta 10 cm arriba del lomo del tubo, para darle protección al esmaltado, pues el resto de relleno se hizo a volteo con material producto de la misma excavación.

## **IV.2. OBRAS ESPECIALES**

Se denomina así a los tramos donde hay una interrupción en la secuencia de la construcción de la línea regular, causada por la presencia de alguna interferencia, tramo que se deja pendiente, para salvar la obstrucción.

En el caso de la obra que estamos tratando se desarrollaron obras especiales por muy diversos motivos, como son:

- 1) Cruzamiento de canales y ríos
- 2) Cruzamiento de carreteras
- 3) Cruce de vías de FFCC
- 4) Cruzamiento de líneas existentes
- 5) Trampas de diablos
- 6) Válvulas de seccionamiento

La construcción de una obra especial requiere de cuadrillas, equipos y sistemas de trabajo propios y distintos a los que se emplean en la línea regular, como se verá a continuación:

### **IV.2.1. Cruzamiento de canales y ríos**

La tubería se tiende bajo el cauce de forma similar a como se procede en la línea regular. Se arma una lingada evitando el uso de curvas verticales en la zona del cauce, se protege con el mismo sistema de protección anticorrosiva, sólo que aquí se hace manualmente, es importante la homogeneidad y continuidad del recubrimiento para efectuar la protección catódica.

Cada tubo que se instale en el ancho del cauce debe estar lastrado con concreto hidráulico para evitar la flotación, el lastre consiste en un revestimiento completo del tubo.

Para realizar estas obras es necesario solicitar los permisos correspondientes a la entidad rectora de esta instalación, con el fin de suspender temporalmente la operación de los canales, de esta manera se cortaron los bordos en todo el ancho que ocupa las líneas, hasta el nivel del fondo del cauce, y de este nivel hacia abajo se excavó una cepa individual para cada una de las cinco líneas.

De este tipo de obras, solamente en el cruce del Río Temascatio fue necesario trabajar con presencia de agua, el procedimiento a seguir fue el siguiente: Se excavó una caja amplia capaz de alojar las cinco líneas, separadas entre sí 3.00 m, la excavación se hizo desde el centro del



rio hacia las orillas. lo primero que se hizo fue formar una plataforma a cada lado del cauce para la operación de las excavadoras.

Conforme se avanzó se fué revisando la profundidad de la caja, para confirmar la profundidad y uniformidad del fondo al terminar la excavación se hizo un levantamiento completo y se procedió a bajar las lingadas preparadas, El cuidado que se tiene con la profundidad en estos cruces es para garantizar que la línea permanezca fuera del alcance de la erosión por escurrimientos en el cauce.

Para el manejo e instalación de las lingadas fué necesario sellar uno de los extremos mediante una punta de lápiz, y colocar un gancho para jalar, se instalaron tambores vacíos sellados para favorecer la flotación de la lingada. En el punto donde se inició la introducción del tubo al cauce, la operación se hizo con un tractor pluma, con el que se levantó el tramo, en el otro extremo con un camión Winche y un cable se fue jalando la línea hasta que llegó al otro lado del río.

En seguida se alineó la tubería en el sitio donde se instaló, posteriormente se retiraron los tambores y se bajaron los tubos a su posición, continuando con las actividades de empates con los tramos regulares, rellenos y reposición de los bordos, compactados conforme a las especificaciones.

#### **IV.2.2. Cruzamiento de carreteras**

Para estas vías de comunicación los cruces fueron de dos tipos: en el primero de los casos cuando el tránsito es ligero y escaso se construyó una desviación y se implemento un señalamiento adecuado, se prosiguió con la excavación de cada una de las zanjas, para luego bajar las lingadas de tubería preparadas realizando los empates con las puntas de la línea regular.

Al realizar los empates se debe tener cuidado de que los carretes utilizados no sean menor de 1.50 m de longitud. Si el reporte de la inspección radiográfica es satisfactorio, se realiza el parcheo de esmalte con la detección eléctrica especificada, si todo continúa bien, se sigue con el relleno hasta la reposición total del camino.

En las carreteras de alto tráfico como es el caso de la carretera de cuota Querétaro-Guadalajara, que debió cruzarse en dos ocasiones, y para la carretera libre Salamanca-Irapuato, la obra especial para el cruzamiento de estas vialidades se realizó con tubería de protección (camisa).

La secuencia de los trabajos que se llevaron a cabo es el siguiente: con una excavadora se realizaron dos cajas, una a cada lado de la vialidad, una de ellas debe de tener las dimensiones adecuadas para bajar el equipo y la tubería que sirvió de protección, en este caso es un tubo de 16" de diámetro.

El paso siguiente es la perforación bajo la carretera, esto se hace con un equipo de perforación de gusano, que conforme avanza va extrayendo el material, se procede en seguida a hincar la camisa, soldando tubo por tubo, según se va avanzando, hasta llegar a la caja del otro lado de la carretera, que se excavó precisamente para recibirlo y confirmar su salida. Como el gusano no extrae todo el material, se arman unos diablos de limpieza que se introducen en un extremo y son tirados del otro mediante un cable, cuantas veces sea necesario para dejar la camisa totalmente limpia.

A continuación se introduce la línea conductora en la camisa, el proceso puede hacerse tubo por tubo, o bien si el espacio lo permite puede introducirse una línea completa; para que la camisa y la conductora sean concéntricas se hace uso de aisladores o centradores, colocados a cada 3.00 m; finalmente en los extremos de las camisas el espacio entre tubería y tubo protector, debe sellarse perfectamente, para evitar la entrada de agua, asimismo a la camisa se le practicaron dos orificios de 4" de diámetro cada uno, en donde se insertan los tubos que le dan ventilación hacia el exterior. Fig. No.21.

Para realizar la operación completa de este tipo de obras se requiere el uso del siguiente equipo:

- 1.- Máquina soldadora
- 2.- Equipo de corte completo
- 3.- Excavadora
- 4.- Tractor pluma
- 5.- Equipo de perforación
- 6.- Equipo de hincado
- 7.- Camión Winche
- 8.- Tractor D4
- 9.- Caldera para esmalte
- 10.- Canastilla o alineador exterior de 10"
- 11.- Canastilla o alineador exterior de 16"

#### **IV.2.3. Cruzamiento de FFCC**

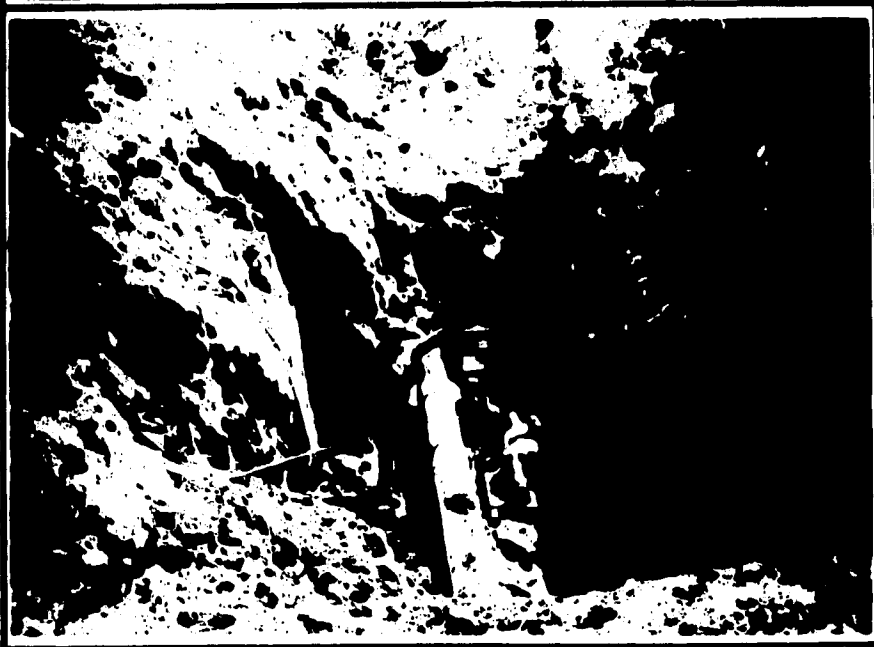
La mecánica de esta obra especial es la misma del cruce descrito para las carreteras de tránsito intenso pero en este caso se debe presentar a Ferrocarriles Nacionales de México un proyecto detallado del cruzamiento de las líneas, indicando que no se afecta la estructura de apoyo en las vías, y desde luego el proceso constructivo de la obra.

#### **IV.2.4. Cruzamiento de líneas existentes**

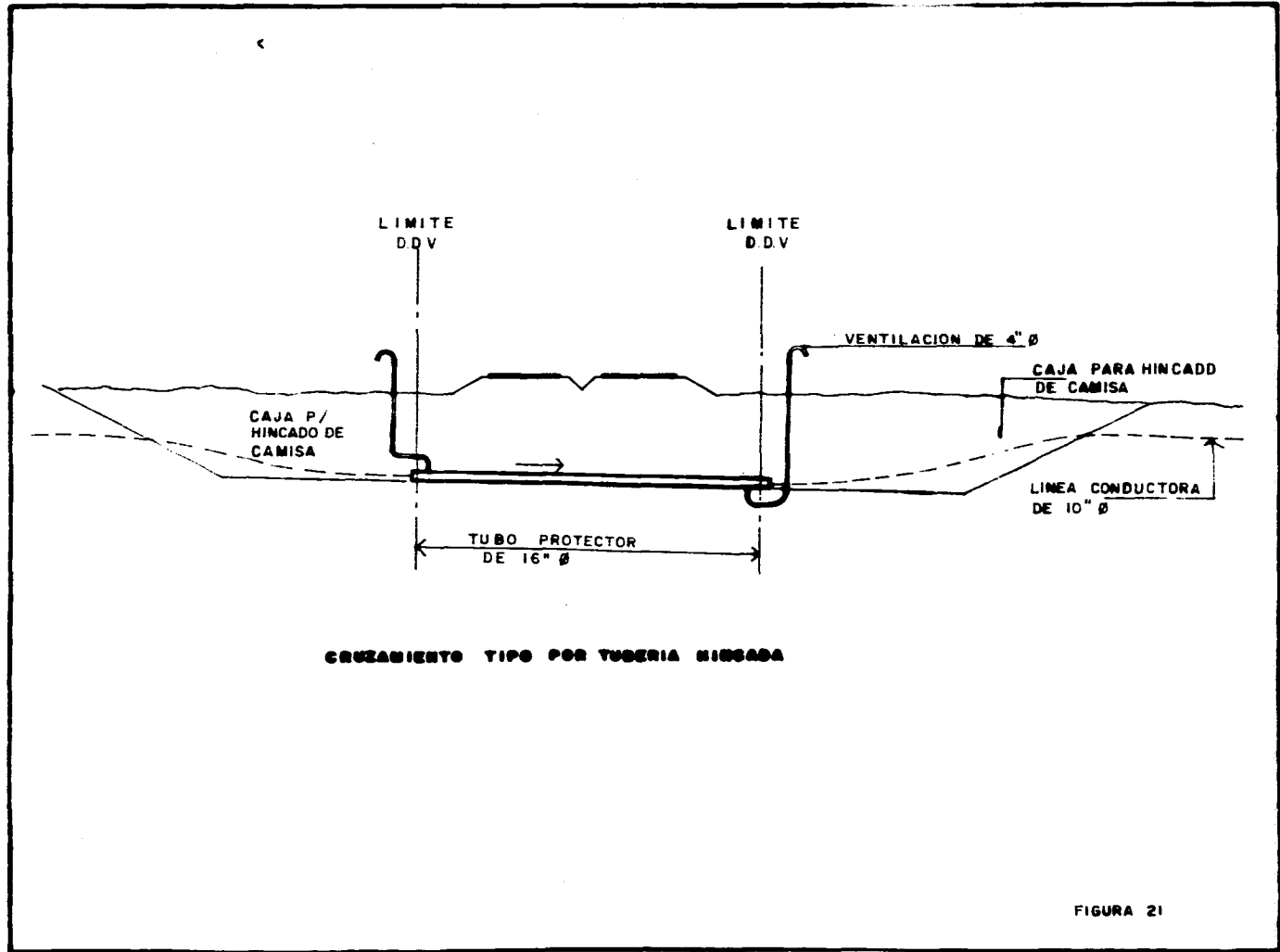
La primera actividad a realizar en este caso es llevar a cabo los sondeos necesarios para descubrir y ubicar perfectamente la línea existente, de inmediato se procede a excavar la zanja



**INSTALACION DE TUBERIA  
EN  
OBRA ESPECIAL**



**EMPATE DE OBRA ESPECIAL A LINEA REGULAR**



para la nueva línea conductora, tomando en cuenta que entre la parte inferior de un tubo y la parte superior del otro debe quedar un espacio de 1.00 m.

La nueva línea se arma sobre el terreno y se le aplica manualmente la protección anticorrosiva, para instalarla se requiere de dos equipos para pasar la lingada por abajo de la línea existente sin maltratar el esmaltado. La longitud de una obra de este tipo depende de la profundidad total de excavación, los cruces que se hicieron para las líneas Salamanca-Irapuato fueron de 60.00 m de longitud y con una excavación de 2.50 m.

#### **IV.2.5. Trampas de diablos**

Son estructuras típicas ubicadas al principio y al final de estas líneas, el objetivo primordial como su nombre lo indica es tener una preparación para lanzar o recibir un diablo de limpieza, o bien un diablo instrumentado que se usa para revisar periódicamente las condiciones de las líneas, estado de corrosión o fallas del recubrimiento.

El armado es como se indica en la figura No. 22, y como puede apreciarse es una estructura superficial por lo tanto se requiere del empleo de curvas para dar los niveles y volver la tubería al fondo de la zanja, las curvas son suaves, hechas doblando la tubería con una dobladora mecánica apropiada al diámetro del tubo.

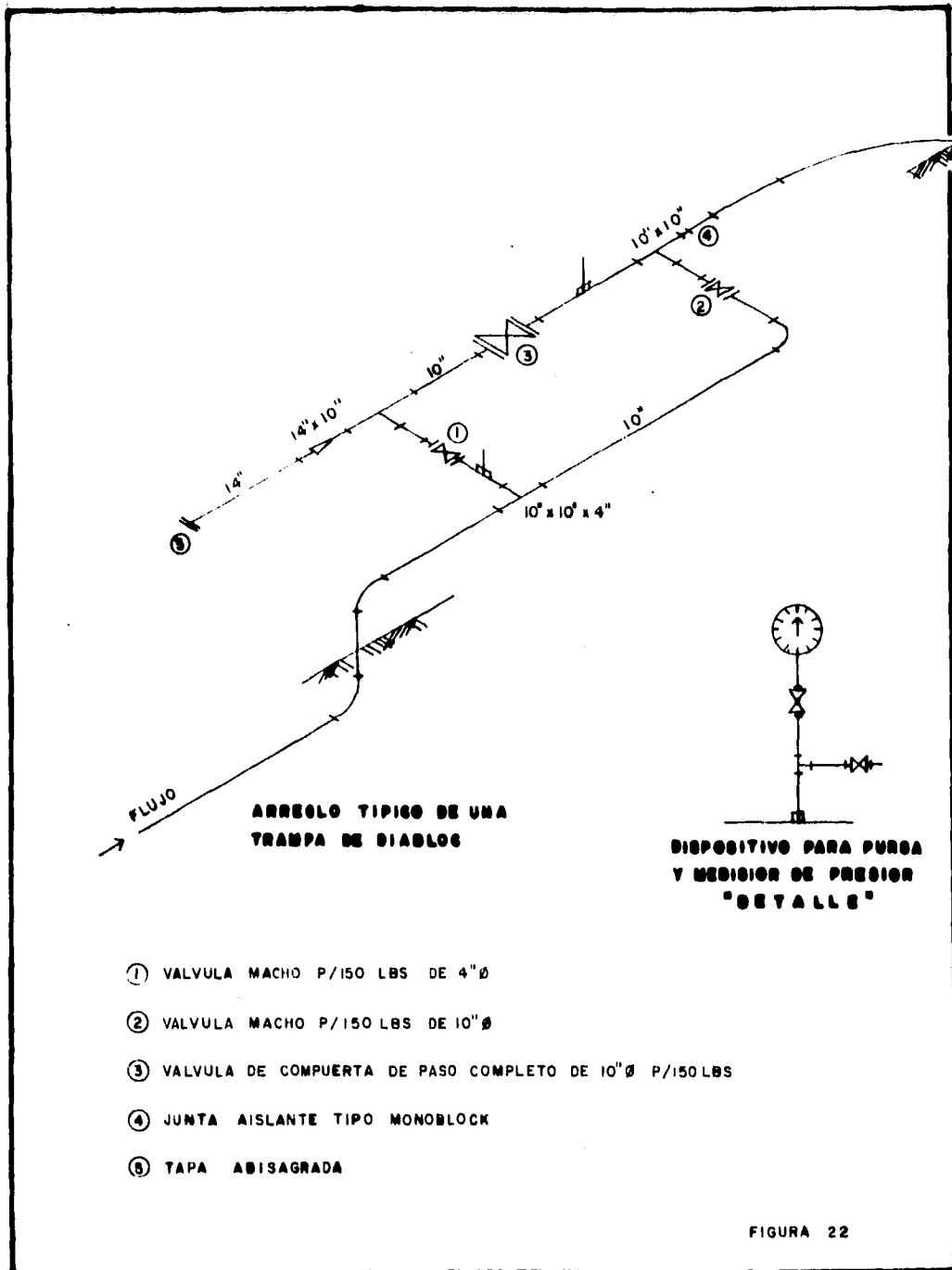
La tubería a la salida de la trampa de diablos debe estar bien anclada al terreno con muertos o dados de concreto, también las válvulas y accesorios van soportados y apoyados firmemente al terreno, para eliminar esfuerzos adicionales a los tubos de la línea. Al llevar a cabo la prueba hidrostática la trampa de diablos completa se probará conjuntamente y hasta los mismos límites a que sea probada la línea.

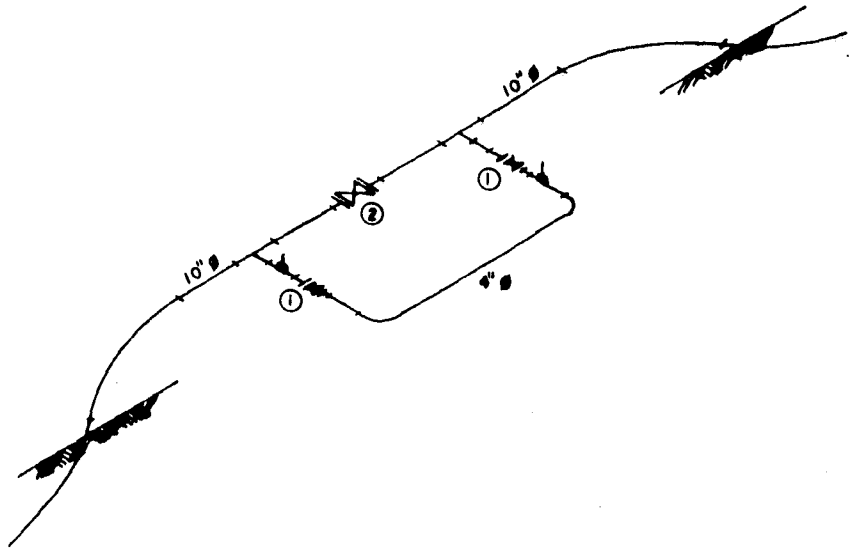
#### **IV.2.6. Válvulas de seccionamiento**

Estas válvulas se instalan para fines de control de las operaciones o bien para facilitar el mantenimiento de las líneas, y en caso de siniestro poder aislar determinados tramos. La ubicación de las válvulas es importante, deben localizarse en lugares accesibles y estar bien protegidas, para que no sean manipuladas o dañadas por personal no informado, para esto lo más adecuado es que los predios donde quedan estas instalaciones deban de ser totalmente bardeados.

Para que las válvulas no tengan que estar soportadas por las tuberías, se les construye una base propia sobre la que se asientan y aíslan con una placa de neopreno, los dispositivos para abrir y cerrar una válvula se aseguran y protegen para que sean accesibles solamente al personal autorizado.

La forma general del arreglo para una válvula de seccionamiento es como se muestra en la figura No. 23





**ARREGLO TIPICO DE VALVULAS DE SECCIONAMIENTO**

- ① VALVULA MACHO DE 4" Ø P/150 LBS.
- ② VALVULA DE CDMPUERTA DE PASO COM - PLETO DE 10" Ø.

**FIGURA 23**

## LIMPIEZA DE LINEAS Y PRUEBAS HIDROSTATICAS

Una vez concluidas las fases de soldadura, inspección radiográfica de la línea, así como la instalación y relleno, se procedió a hacer la limpieza de la tubería. Esta es una condición necesaria para poder realizar la prueba hidrostática; durante el proceso de construcción, a consecuencia de las fuertes precipitaciones, el agua lo mismo que la basura y tierra penetraron en la línea por lo que fue indispensable echarlos fuera de ella.

Para hacer la limpieza, la línea se dividió en dos tramos, uno de 9.10 km y otro de 9.80 km, siendo el punto de división el que corresponde a la válvula de seccionamiento; a partir de este punto se corrió interiormente al tubo un diablo de limpieza hacia la trampa de envío de diablos ubicado en la refinería de Salamanca, y otro hacia la trampa de recibo localizado en el Centro de Almacenamiento y Distribución de Irapuato.

El diablo de limpieza consiste de un centro tubular o ciego de acero de 4" de diámetro y 60 cm de longitud, que sostiene en cada extremo una copa de goma dura, entre dos discos de acero al 95% del diámetro interior del tubo, que se instalan para verificar las dimensiones interiores de la línea. Figura No. 24.

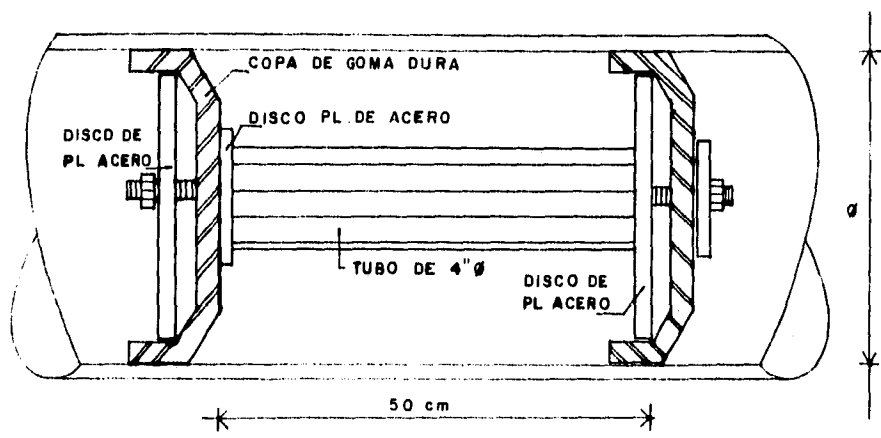
En el trabajo al que nos estamos refiriendo, se aprovecharon las instalaciones de la misma línea, para no construir obras provisionales; se desmontó la válvula de seccionamiento y por el espacio dejado se introdujo el diablo de limpieza, enseguida se colocó una tapa ciega con arreglo de tubo de 3/4" para inyectar aire e impulsar el diablo con un compresor de capacidad apropiada. En la trampa donde se recibe el diablo de limpieza se hace un arreglo con tubería de 4" para encausar a conveniencia, el agua y el aire que va desalojando el diablo en su avance.

Durante el recorrido del diablo de limpieza, su avance debe ser controlado para que en caso de que se atore, localizarlo inmediatamente y cortar la tubería para rescatarlo, checar y anotar las causas por las que se detuvo y volverlo a correr hasta que sea recibido en el extremo de la línea.

Cuando el diablo de limpieza ha hecho el recorrido de toda la línea, sin que sea frenado en ninguna parte, se procede a llenar la tubería con agua para efectuar la prueba hidrostática.

Para realizar la prueba hidrostática de una línea, se mantuvo la división en dos tramos, el primero va de la válvula de seccionamiento en el km 9+100 a la trampa de envío de diablos en el km 0+000; el segundo tramo comprende desde la válvula de seccionamiento hasta la trampa de recibo de diablos ubicado en el km 18+900.





DIABLO DE LIMPIEZA

FIGURA 24

De esta forma se aprovecha la válvula instalada para probarla y dividir la línea, así como su excelente ubicación respecto al canal de donde se toma el agua para llenar la línea.

En el llenado de la línea se pone especial atención para que no queden burbujas de aire en su interior, por esta razón primero se introduce un diablo de limpieza y luego se inyecta agua a la tubería, el diablo es impulsado por el agua y va desalojando el aire hasta su salida por la trampa, en este punto se recupera el diablo y se termina de llenar la línea, purgándola con los dispositivos existentes en la estructura de la trampa hasta que ya no sale aire.

El paso siguiente es la instalación de los manómetros y el manógrafo debidamente calibrados. Este con las plumillas y tinta suficiente para registrar la gráfica de la presión durante 24 horas. La bomba de llenado es a la vez una bomba de alta presión por lo que cuando se tienen todos los dispositivos listos se comienza a presionar, hasta alcanzar la presión de prueba de 372.5 lbs/pul<sup>2</sup> (26.2 kg/cm<sup>2</sup>).

La presión de prueba es solamente 1.3 veces la presión de operación de la línea y es certificado por un representante de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, el supervisor de obra y el responsable del área de Operación de Ductos de Pemex-Refinación, lo mismo que el representante de la Contratista que realizó las obras.

En el registro gráfico queda asentado que al arrancar la prueba, la presión se mantiene durante una hora, luego se abate hasta el 50% y se vuelve a levantar al 100% para mantenerla así durante 24 horas. Durante este tiempo también se realiza un registro de la temperatura ambiente correlacionada con la presión a cada hora.

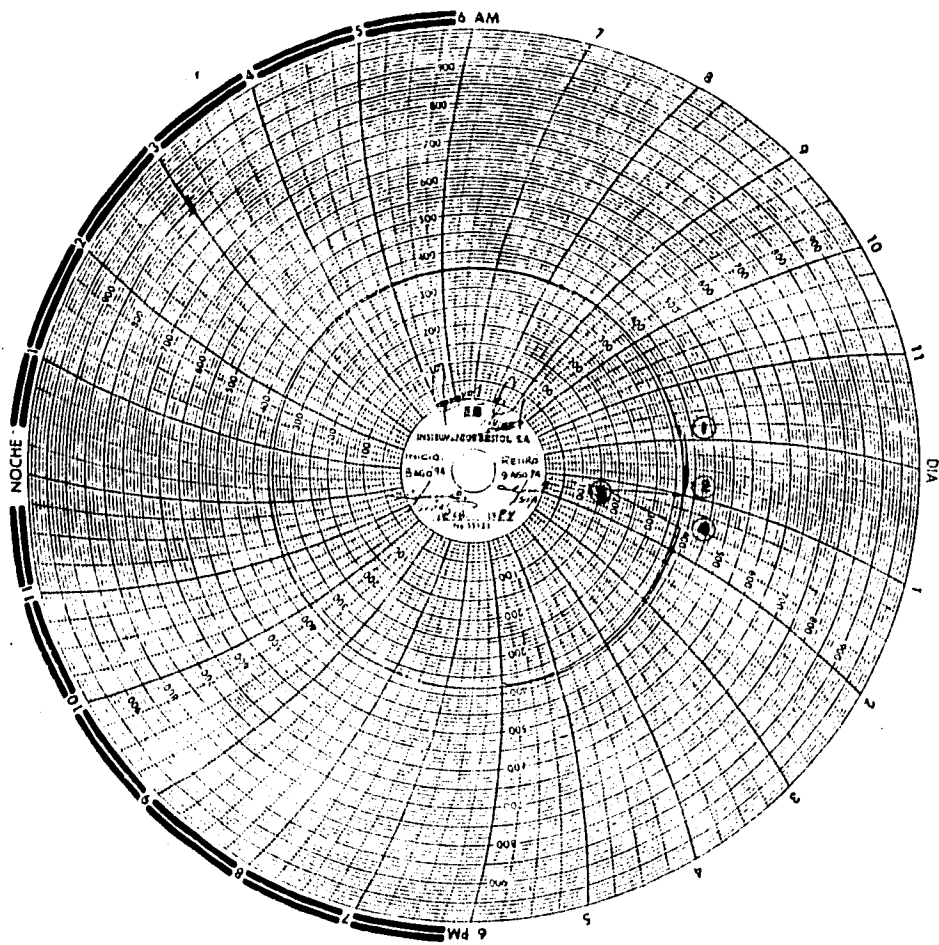
Los datos que deberán asentarse en un registro típico de una prueba hidrostática son los siguientes:

Origen y destino del ducto	Refinería de Salamanca al centro embarcador de Irapuato, Gto.
Longitud del tramo probado	9.1 km
Diámetro de la tubería	10"
Espesor de pared	0.203"
Especificación de la tubería	API-5L GR B
Presión de operación	20.04 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de prueba	26.20 kg/cm <sup>2</sup>
Norma y reglamento aplicados	No. 07.3.13

Una prueba hidrostática se acepta cuando el punto de partida de la gráfica coincide con el punto de llegada, o bien si la temperatura a la hora del cierre de la gráfica es mayor, la plumilla llega por arriba del punto de arranque entonces la prueba también es aceptada. En el caso de que la temperatura sea menor y la gráfica cierre por abajo del punto de partida, entonces se deja que la gráfica continúe corriendo hasta que nos indica que estamos en presencia de una

fuga que debe ser localizada y corregida, para enseguida volver a repetir toda la prueba, hasta que la gráfica cierre. Figura No. 25

Al ser aceptada la prueba se corre un diablo de limpieza con aire para desalojar el agua utilizada en tal prueba, se retiran todos los dispositivos y arreglos provisionales, dejando la línea lista para operar y transportar el producto para el cual está destinada.



REGISTRO GRAFICO DE PRUEBA HIDROSTATICA.

- ① INICIA EL REGISTRO 380 lb/pulg<sup>2</sup>
- ② INICIA DESCOMPRESION
- ③ PRESION A 50% DE LA PRUEBA, INICIA RECOMPRESION
- ④ INICIA LA PRUEBA, ESTE SERA EL PUNTO DONDE DEBE CERRAR LA GRAFICA

FIGURA 25

**PRUEBA HIDROSTATICA****DE: Línea de Diesel****DIAMETRO: (10)" NOM.****EN: Líneas de Integración entre la Refinería de Salamanca y el nuevo centro embarcador de Irapuato, Gto.****PRODUCTO: Diesel****PRESION DE PRUEBA : 26.00 kg/cm<sup>2</sup>**

	<b>HORA</b>	<b>TEMPERATURA °C</b>	<b>PRESION (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
0	13.00	31	26.3	<b>Inicio de prueba</b>
1	14.00	34	26.3	<b>08.08.94</b>
2	15.00	37	26.4	
3	16.00	31	27.0	
4	17.00	26	26.3	
5	18.00	25	26.3	
6	19.00	26	24.0	
7	20.00	26	22.0	
8	21.00	26	20.0	
9	22.00	26	20.0	
10	23.00	25	19.0	
11	24.00	25	18.5	
12	01.00	25	17.5	
13	02.00	25	17.5	
14	03.00	25	17.0	
15	04.00	25	16.5	
16	05.00	25	16.5	
17	06.00	25	16.5	
18	07.00	25	16.5	
19	08.00	25	20.0	
20	09.00	21	25.0	
21	10.00	24	25.2	
22	11.00	26	25.2	
23	12.00	28	25.2	<b>Fin de prueba</b>
24	13.00	30	25.5	<b>09.08.94</b>

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

La vida útil de toda planta industrial depende completamente de una operación cuidadosa y del mantenimiento que se proporcione a todas y cada una de las partes que la componen, por lo que para obtener los mejores resultados de la inversión realizada, es necesario establecer un programa de inspección y mantenimiento muy cuidadoso, para asimismo evitar accidentes que traen como consecuencia cuantiosas pérdidas materiales y valiosos recursos humanos.

La planta a la que en este caso hacemos referencia consta de dos áreas bien definidas que son:

- 1) Líneas de conducción
- 2) Planta de almacenamiento

**VI.1. MANTENIMIENTO EN LAS LINEAS DE CONDUCCION**

Para establecer un plan o programa de mantenimiento de las líneas de conducción es necesario hacer la distinción de las partes que la componen, con el fin de priorizar la revisión de los elementos más susceptibles a sufrir daños:

- 1.- Tubería
- 2.- Válvulas y piezas especiales

Las tuberías destinadas a líneas de conducción deben operar continuamente y ser seguras, por lo tanto lo que se persigue con la inspección y mantenimiento es prevenir y corregir cualquier deficiencia que provoque interrupciones o pérdidas del producto que transportan, aquí de hecho estamos haciendo mención de que hay dos tipos de mantenimiento:

- 1) Preventivo
- 2) Correctivo

### **VI.1.1.1. Mantenimiento preventivo de tuberías**

Las actividades del mantenimiento preventivo, como su nombre lo indica, están encaminadas a la previsión o anticipación de los eventos; en las tuberías las siguientes son las actividades preventivas más importantes, ver fig. No. 26.

1.- Vigilancia del derecho de vía, se hace un recorrido mensual poniendo especial atención a las actividades como construcción de caminos, desazolve de zanjas y cunetas, así como invasión al derecho de vía. Se revisa que el señalamiento este actualizado e indique claramente la ubicación del sistema de ductos.

2.- Revisión de cruces subfluviales, se deben hacer periódicamente pero sobre todo después de inundaciones o tormentas que den motivo a sospechar que el colchón de la tubería ha sido afectado.

3.- Protección catódica, se debe revisar semanalmente los rectificadores de corriente alterna, y cada seis meses medir el potencial tubo-suelo.

4.- Sondeos en puntos críticos, estos se harán cuando se detecte alguna deficiencia en el sistema de protección catódica, y nos ayudará a determinar el estado del recubrimiento.

5.- Caminos de acceso, deben estar transitables todos los caminos de acceso a lo largo de toda la línea.

6.- Pintura anticorrosiva, en los tramos aéreos se revisará que la pintura permanezca en buen estado, que no sufra abombamientos o desprendimientos.

7.- Limpieza de las instalaciones, en las trampas de diablos, válvulas de seccionamiento e instalaciones aéreas no debe haber hierba ni basura.

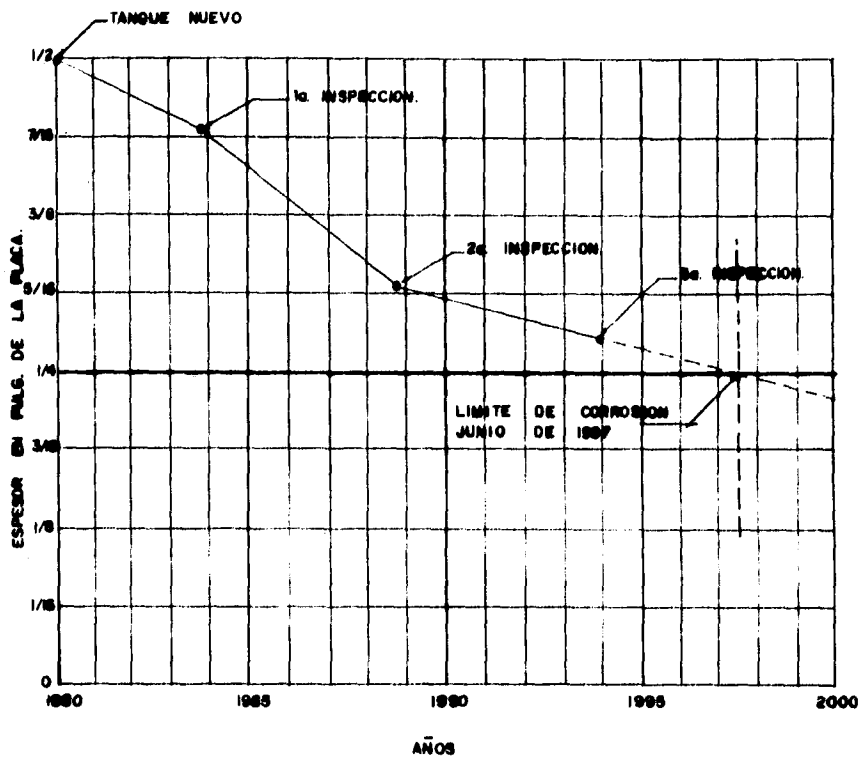
8.- Calibración de espesores de tubería, en los puntos accesibles esta actividad se hará en principio anualmente, para llevar un control de desgaste por corrosión.

9.- Evaluación de la corrosión por los líquidos que conduce la línea, si los fluidos no son corrosivos esta actividad se hará anualmente, y servirá para verificar que no hay cambio en el producto ni en las condiciones de operación.

### **VI.1.1.2. Mantenimiento preventivo de válvulas y piezas especiales**

Las válvulas y piezas especiales reciben un mantenimiento preventivo, que se describe en las siguientes actividades:

1.- Se revisa que las cercas que protegen las instalaciones, y las puertas de acceso estén en condiciones.



CURVA DE LA VELOCIDAD DE CORROSION DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO, ENVOLVENTE.



**PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**  
**PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE DESTILADOS EN IRAPUATO, GTO.**

**LINEAS DE CONDUCCION**

ACTIVIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Vigilancia de derecho de via	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rev. de cruces subpluviales					■	■	■	■	■	■	■	■
Protección Catódica												
a) Rectificador de corriente	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
b) Potencial tubo suelo						■						■
Pintura anticorrosiva	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Limpieza de instalaciones	■		■		■		■		■		■	
Calibración de espesores												
Evaluación de corrosión												
Revisión de cercas			■			■			■		■	
Esparragos de conexiones		■		■		■		■		■		■
Ingrasado de válvulas		■		■		■		■		■		■
Pintura en válvulas		■			■					■		
Hermeticidad de válvulas		■			■					■		
Trampas de diablos					■							■

2.- Los espárragos de las conexiones mecánicas se mantengan apretados adecuadamente.

3.- Realizar el engrasado y lubricación de las partes móviles de las válvulas.

4.- La pintura anticorrosiva de las válvulas se revisa que este en buen estado.

5.- Las válvulas se desmantelan periódicamente para probar su hermeticidad y buen funcionamiento.

6.- En las trampas de diablos donde se instalaron las juntas de aislamiento tipo monoblock, se realizarán las pruebas de continuidad para verificar el estado de las juntas.

Los resultados de este patrullaje y revisión periódicos deberán reportarse a las dependencias de Operación, Seguridad y Mantenimiento, para proceder a la siguiente fase.

#### **VI.1.2.1. Mantenimiento correctivo de tuberías**

Es el tipo de mantenimiento que se efectúa cuando el sistema de ductos ha sufrido un nivel de daño tal que es necesario proceder a efectuar "reparaciones" inmediatas, para no afectar la operación y seguridad de una línea.

Para realizar las operaciones de reparación se debe seguir un procedimiento específico y aprobado, con personal calificado y entrenado, el cual debe disponer de los equipos así como materiales apropiados. En el caso de los soldadores que participan en este tipo de trabajos, deben ser calificados cada tres meses y además conocer los riesgos en el uso de equipo de corte en tuberías que contengan o hayan contenido hidrocarburos.

Para realizar cualquier actividad de mantenimiento correctivo se debe respaldar con un programa de trabajo, estableciendo las fechas precisas en que se pondrá fuera de servicio la instalación; las actividades de este tipo de mantenimiento consisten en:

a.- Corrida de diablo instrumentado para comprobar las condiciones de la tubería en toda la longitud de la línea.

b.- Sustitución de tramos afectados severamente por la corrosión u otro hecho accidental.

c.- Instalación de una envolvente circunferencial soldada, esta pieza se coloca en los casos en que no es posible poner fuera de servicio el ducto.

d.- Retiro y aplicación del recubrimiento dañado, el cual es removido y vuelto a aplicar con el control de calidad con que se hizo la primera vez.

e.- Retirar y sustituir los rectificadores de corriente alterna cuando sea necesario.

#### **VI.1.2.2. Mantenimiento correctivo de válvulas y piezas especiales**

El mantenimiento correctivo en estas partes de la línea de conducción consiste en:

- a) Retirar y colocar empaques en donde se aprecien fugas o goteos.
- b) Sustituir espárragos deteriorados por la corrosión y que están fuera de especificación.
- c) Desmontar y sustituir válvulas de seccionamiento y accesorios con problemas de operación.

#### **VI.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO**

La primera acción a tomar en el mantenimiento de una planta de almacenamiento y distribución de destilados petrolíferos es agrupar y jerarquizar las instalaciones, así los trabajos pueden ser asignados a personal especializado. Atendiendo este mismo esquema analizaremos los procedimientos que se siguen en el mantenimiento de las siguientes partes:

- 1.- Tuberías.
- 2.- Válvulas y accesorios
- 3.- Equipos
- 4.- Tanques de almacenamiento
- 5.- Sistema contraincendio
- 6.- Pavimentos

##### **VI.2.1.1. Mantenimiento preventivo en tuberías**

Todas las tuberías de la planta son aéreas y están protegidas con pintura anticorrosiva, por lo tanto el mantenimiento preventivo que se les da consiste en inspeccionar visualmente y con la ayuda de martillo y rasqueta los puntos de óxido y abombamientos de la pintura.

Para la tubería en sí, se realiza una calibración de los espesores, para determinar el adelgazamiento causado por la corrosividad del producto manejado.

En el caso de encontrarse condiciones fuera de especificaciones se procede a realizar el mantenimiento correctivo que proceda, ya sea limpiar la tubería y aplicar nueva protección o bien sustituir los tramos de tubo dañado.

### **VI.2.1.2. Mantenimiento preventivo de válvulas y accesorios**

Las válvulas de seccionamiento instalados en la planta siguen un proceso de mantenimiento como el descrito para las de la línea de conducción, sin embargo, en el interior de la planta existen otro tipo de válvulas:

a) **Válvula de alivio**, es un dispositivo de relevo automático de presión que actúa cuando hay una sobrepresión, en la presión de ajuste de las líneas.

b) **Válvula de presión y vacío**, es también un dispositivo automático relevador de presión que permite la entrada o expulsión de aire, gases o vapores, evitando que se forme vacío o sobrepresión, es usual para protección de tanques de almacenamiento atmosféricos.

El mantenimiento que reciben estas válvulas consiste en desmontarlas para efectuar una calibración y prueba según la presión de trabajo. El período de esta actividad varía de 1 a 4 años, dependiendo de las propiedades corrosivas del líquido que controlan.

Otros accesorios importantes en el sistema de tuberías son filtros y medidores, estas piezas normalmente se instalan por pares, por lo que su mantenimiento se facilita. La frecuencia con la que se limpian los filtros y se calibran los medidores varía de acuerdo al volumen y calidad de los fluidos.

### **VI.2.1.3. Mantenimiento preventivo de equipos**

Para el funcionamiento de la planta se dispone de diversos equipos, estos se van probando conforme a su uso, y se les da el mantenimiento que el caso lo requiera, los siguientes son los equipos que con frecuencia deben prestárseles más atención:

- a) Transporte (pipas)
- b) Radiocomunicación
- c) Control automático
- d) Bombeo
- e) Cómputo

### **VI.2.1.4. Mantenimiento preventivo de tanques de almacenamiento**

Los tanques de almacenamiento construidos en esta planta son de dos tipos:

- a) De cúpula cónica fija
- b) De techo flotante de una plataforma con pontones y boyas

Se denomina tanque atmosférico de almacenamiento porque son cilindros verticales diseñados para una operación de presión interna igual o casi igual a la presión atmosférica. Estos tanques

se usan para almacenar productos no volátiles como son el combustóleo y la gasolina, y se contruyen de placa de acero al carbono soldada

Con el fin de determinar el estado físico de un tanque debe someterse a una rigurosa inspección, para así establecer el avance de la corrosión y las causas que la originaron, esto nos da oportunidad de conservar el nivel de almacenamiento bajo condiciones seguras de operación, aplicando un mantenimiento correctivo oportuno, ya sea de reparación o reemplazo del tanque.

El período de inspección de un tanque fluctúa entre 1 y 5 años, según la naturaleza corrosiva del producto almacenado, si deseamos conocer el estado físico del tanque, necesitamos realizar una inspección completa, o sea exterior e interiormente. La inspección interior se programa de manera que coincida con el vaciado del tanque para su limpieza.

Antes de proceder a inspeccionar el tanque, se debe elaborar un programa, tomando en cuenta otras actividades que se estén realizando en el área, a continuación se hace el vaciado y lavado, purga y desgasificación mediante vapor de servicio o por ventilación natural; el paso siguiente es aislarlo completamente de las líneas. Por último, se hace una prueba de toxicidad y gas, y si los resultados son favorables y se cuenta con las herramientas, materiales y personal apropiados, entonces se efectúa la inspección.

La inspección exterior se realiza de forma visual y con el auxilio de martilleo o picado de la partes en donde se observen oxidaciones o afectaciones de la pintura anticorrosiva.

El proceso de inspección se efectúa por separado en cada una de las partes que forman el tanque, como sigue:

- a) Escaleras
- b) Plataformas y pasillos
- c) Conexiones a tierra
- d) Pared del tanque
- e) Techo del tanque
- f) Equipo auxiliar
- g) Válvulas

De estas partes, la pared del tanque es la que requiere una inspección más cuidadosa, pues debido a su amplitud es también mayor la probabilidad de encontrar fallas en ella, los puntos donde se aprecien defectos en la pintura es donde normalmente ataca la corrosión, por lo que será precisamente en esos sitios donde se medirá el espesor de las placas, para conocer su condición.

Otros puntos que deben ser revisados en la pared de los tanques son las juntas soldadas, para localizar agrietamientos, ya que por ellas puede haber fugas, estas se delatan por la decoloración de la pintura bajo la fuga, si ese fuera el caso se limpia muy bien la junta y se inspecciona por el método de líquidos penetrantes o partículas magnéticas, para confirmar.

También el techo del tanque merece citarse como un caso especial de revisión, sobre todo en lo que hace a las depresiones donde se acumula el agua y donde principalmente se presentan las oxidaciones. Como partes importantes del techo y que merecen darles atención, son el desagüe pluvial y los sellos de los techos flotantes.

De los equipos auxiliares se revisará su funcionamiento, como es el caso de las alarmas, sistemas contraincendio conectados al tanque (formadores de espuma y líneas del líquido espumante) sistema de alumbrado y válvulas de venteo, lo mismo que el indicador de nivel del líquido.

Para realizar la inspección interior, necesariamente el tanque debe estar fuera de servicio y vacío, debe contar además con iluminación interior para poder trabajar, el orden en que deben revisarse las partes es como sigue:

- a) Cúpula o techo y estructura soporte
- b) Paredes
- c) Fondo

Los techos de los tanques se inspeccionan visualmente, buscando la corrosión que no se detectó con la revisión exterior, a continuación se revisa la estructura de apoyo y si se detecta alguna corrosión, entonces se hará una medición de los espesores, para compararlos con el original y determinar la pérdida de material.

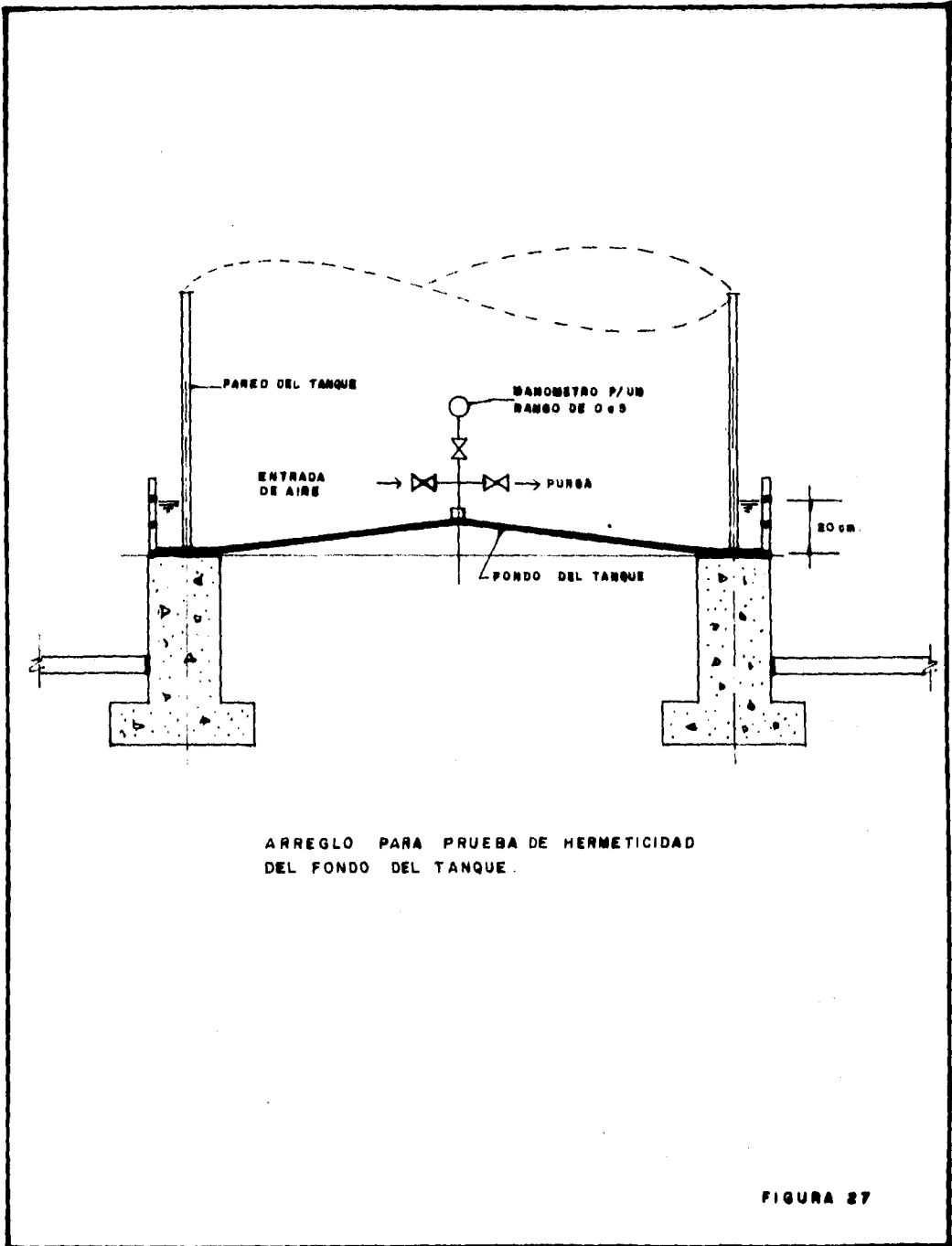
La tubería de desagüe del techo se prueba hidrostáticamente si se considera necesario, aunque por lo regular basta con verificar que no está obstruido.

La inspección de las paredes se hace completando la información en los puntos donde se localizó la falla en el lado externo, debiendo calibrar las placas con equipo de ultrasonido en caso de que la corrosión sea severa.

La inspección del fondo del tanque se hace revisando todas las placas, golpeándolas con un martillo para poner al descubierto las cavidades provocadas por la corrosión, si las cavidades son considerables entonces se procede a limpiar la superficie con chorro de arena, para una mejor evaluación del daño.

Con el fin de llevar un registro estadístico del avance de la corrosión, se debe calibrar todo el fondo del tanque, esto nos da oportunidad de conocer cuando un tanque alcanza un límite de corrosión admisible, y así programar una reparación mayor o reemplazo del tanque. Fig. No. 27.

Si al efectuar las mediciones de calibración en el fondo del tanque resultan muy irregulares, esto nos indica que existe corrosión en la superficie de apoyo, para confirmarlo se procede a cortar muestras de 30x30 cm para analizarlas.



En los trabajos de inspección y mantenimiento o al término de las reparaciones se llevarán a cabo las pruebas de detección de fugas en el fondo, paredes y techo del tanque.

Para la prueba del fondo se construye un dique provisional de 30 cm de altura en torno al tanque, el canal así formado se llena de agua hasta una altura de 20 cm, el agua almacenada nos sirve de sello, en seguida se hace una perforación en el centro del fondo y se instala un arreglo para inyectar aire a una presión de 3 pulgadas de agua, de esta forma las juntas cubiertas con jabonadura delatan la presencia de fugas, al aparecer burbujas. Fig. No. 28.

Para probar la hermeticidad de la pared, se procede como si el tanque fuese nuevo, se llena de agua y se revisa constantemente, para localizar las probables fugas.

Los techos de cúpula fija se prueban aplicando al tanque una presión de aire de 2 pulgadas de agua. En el caso de los tanques de techo flotante se deberá verificar la capacidad de flotación y la hermeticidad de los pontones y boyas; en el primer caso se aprovecha el llenado con agua para observar la flotación, en el segundo caso se efectúa una prueba neumática sometiendo los pontones y boyas a una presión de 5 lb/pulg<sup>2</sup>, las juntas se cubren con jabonadura para ver si hay formación de burbujas.

#### **VI.2.1.5. Sistema contraincendio**

El sistema consta de una red de tubería de acero de 10" de diámetro con hidrantes de 4" en toda la planta, cuatro posiciones para cada uno de los tanques de almacenamiento, un tanque elevado de 100 m<sup>3</sup> de capacidad y un pozo profundo, suficientes para sofocar cualquier incendio; además se cuenta con un cobertizo contraincendio donde se almacenan los accesorios y equipos.

El área de servicio de la red cubre toda la planta, por ello la tubería principal es de 10" de diámetro, la importancia de este sistema se debe a que de él depende la seguridad de toda la Planta de Almacenamiento.

El personal encargado del servicio de contraincendio mantiene prácticas y simulacros frecuentes, poniendo a prueba los equipos, de esta manera se detectan las fallas y se corrigen inmediatamente, como en caso de mangueras rotas o boquillas en mal estado y bombas con problemas de funcionamiento.

#### **VI.2.1.6. Pavimentos**

El mantenimiento de los pavimentos consta básicamente de la conservación de los sellos de las juntas, limpieza por derrames de los destilados que se manejan, y en el caso de losas falladas se efectúa la demolición y reposición de los mismos.



## VII

### COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Al concluir la elaboración de esta tesis tenemos la sensación de que faltó mucho material por explotar, esto se debió a que gran parte de la información fué inaccesible. El tema abordado presenta muchas facetas y es muy extenso, se requiere mayor tiempo para desarrollarlo con más detalle, para conjuntar los montos invertidos, el proyecto ejecutivo, la memoria constructiva, manuales de operación y memoria descriptiva, además de agregar experiencias propias de la obra para que finalmente se contara con un trabajo completo.

Respecto a la planta en sí, comentaremos al respecto que nuestro país, siendo un importante productor de petróleo y sus derivados, tiene la obligación de contar con la tecnología más avanzada y moderna al respecto, razón por la cual instalaciones como la planta de Almacenamiento y Distribución de Destilados de Irapuato, Gto. constituye un acierto de planeación y construcción que permite a PEMEX entrar a una etapa de modernidad y desarrollo en cuanto a la distribución de productos derivados del petróleo se refiere.

De acuerdo con lo indicado en Planeación, después de construida y puesta en operación la planta es necesario observar su funcionamiento para poder aplicar las estrategias necesarias para seguir obteniendo resultados positivos.

Enseguida comentamos que al ponerse en servicio la planta se observa lo siguiente:

Se crea una nueva fuente de empleos.

Existe el almacenamiento suficiente de destilados.

Existe poca probabilidad de fuga de algún destilado, porque la presión a la que están trabajando las líneas es verificada cuando sale de la refinería, así como cuando llega a la planta de almacenamiento y distribución.

No se producen las concentraciones de autotanques, estacionados por varios días, en espera de recibir turno de llenado.

No hay interferencia de autotanques en las maniobras de carga y descarga en la zona de llenaderas.

**Las avenidas de las áreas urbanas de Irapuato y Salamanca ya no son invadidas por los pesados autotranques, hoy en día tienen acceso inmediato a la autopista de cuota y a la carretera federal.**

**Existe riesgo de accidentes en el entronque con la carretera federal, pues la unión es perpendicular. Lo más viable sería construir pasos a desnivel.**

**La línea de 14" de diámetro para conducir el combustible, un tanque de 80,000 bls para almacenarlo y una espuela de FFCC con 12 posiciones para llenado de combustible no se han puesto en operación.**

**El almacén de productos enlatados, como son grasas y lubricantes no se ha puesto en operación teniendo esta inversión improductiva.**

**Por lo anterior, concluimos que a pesar de que la obra fue ejecutada con exigentes normas de calidad y la planeación fue bien realizada pues tomó en cuenta la cuantificación de la demanda, los pronósticos de la demanda futura, la calificación de la política exterior y el impacto ambiental, el proyecto no logra todavía su máxima optimización, debido creemos a cambios impulsivos de actividades gubernamentales que malogran las mejores planeaciones del mundo.**

## **BIBLIOGRAFIA**

**MEMORIA DE LABORES 1993.**

**PEMEX**

**Marzo 1994.**

**LEY ORGANICA DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS  
DESCENTRALIZADOS**

**Julio de 1992**

**UN CONCEPTO DE PLANEACION DE EMPRESAS**

**RUSSELL L. ACKOFF**

**Editorial Limusa. 1993**

**REQUISITOS MINIMOS DE SEGURIDAD PARA EL DISEÑO, CONS  
TRUCCION, OPERACION, MANTENIMIENTO E INSPECCION DE  
TUBERIAS DE TRANSPORTE**

**PEMEX, 1990**

**NORMAS PARA DISEÑO DE CIMENTACION DE TANQUES.**

**PEMEX, 1976**

**NORMAS PARA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO DE CONCRETO.**

**PEMEX, 1976**

**FERROCARRILES**

**TOGNO FRANCISCO M**

**Editorial Limusa, 1985**

**REVISTA CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA**

**TEMA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA GUADALAJARA-TEPIC.**

**Enero 1995**

**MEMORIAS, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS II**

**CURSOS DE EDUCACION CONTINUA, FAC. DE INGENIERIA**

**1992.**

**ELECTROSOLDADURA**

**A. RUIZ MIJAREZ**

**Editorial Alfa Omega, 1992**