

4-110
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DEL
OLEODUCTO NUEVO TEAPA - SALINA CRUZ

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A

CARLOS FABILA YAÑEZ

México, D. F.

1979



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-322

Al Pasante señor CARLOS FABILA YAÑEZ
P r e s e n t e .

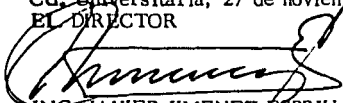
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Jorge H. de Alba Castañeda, para que lo desarrolle como tesis en su Exámen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DEL OLEODUCTO NUEVO TEAPA-SALINA CRUZ"

- I. Introducción
- II. Descripción del proyecto
- III. Selección y trazo de la ruta
- IV. Procedimiento de construcción
- V. Obras especiales
- VI. Rendimiento de maquinaria
- VII. Conclusiones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Exámen Profesional; así como en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 27 de noviembre de 1978. -
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

Cof. 3
JJE/OBLH/mdr. -

I N D I C E .

	Pag.
CAPITULO I .- INTRODUCCION -----	1
CAPITULO II .- DESCRIPCION DEL PROYECTO -----	3
II.1.- Generalidades -----	3
II.2.- Instalaciones de la Línea -----	6
II.3.- Material utilizado para la fabricación de la tubería -----	10
CAPITULO III .- SELECCION Y TRAZO DE LA RUTA -----	13
III.1.- En zona Urbana -----	13
III.2.- A campo traviesa -----	15
CAPITULO IV .- PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION-----	18
IV 1.- Generalidades -----	18
IV.2.- Definición del Derecho de Vía -----	19
IV.3.- Apertura de la Brecha -----	23
IV.4.- Caminos de acceso y conformación del Derecho de Vía -----	23
IV.5.- Excavación de la cepa o zanja -----	26
IV.6.- Movimiento y Almacenamiento de materiales---	27
IV.6.1.- Tubería -----	28
IV.6.2.- Pintura y esmalte -----	29
IV.6.3.- Material para envoltura de la tubería-----	31

IV.6.4.- Válvulas, conexiones y accesorios----	31
IV.7.- Soldado de la tubería -----	32
IV.7.1.- Definición-----	32
IV.7.2.- Equipo para soldar -----	32
IV.7.3.- Exámen y competencia de soldadores---	33
IV.7.4.- Método de pruebas y resultados-----	35
IV.7.5.- Alineamiento de los tubos-----	40
IV.7.6.- Sistema y calidad de la soldadura----	41
IV.7.7.- Inspección radiográfica de la soldadu ra -----	43
IV.7.8.- Limpieza interior del tubo -----	49
IV.7.9.- Prueba neumática -----	49
IV.7.10.- Doblado de la tubería-----	50
IV.8.- Limpieza y recubrimiento -----	52
IV.8.1.- Generalidades -----	52
IV.8.2.- Limpieza exterior del tubo-----	52
IV.8.3.- Pintura de Imprimación (primer)-----	53
IV.8.4.- Esmaltado de la tubería -----	54
IV.8.5.- Refuerzo y envoltura -----	55
IV.8.6.- Lastrado de la tubería-----	59
IV.9.- Bajado y Tapado de la tubería-----	63

	Pág.
IV.9.1.- Bajado de tubería-----	63
IV.9.2.- Tapado de la tubería -----	65
CAPITULO V .- OBRAS ESPECIALES -----	67
V.1.- Definición -----	67
V.2.- Cruzamiento con Carreteras y Vías de F.C-----	67
V.3.- Cruzamientos con corrientes de agua---	75
V.4.- Cruzamientos Aéreos -----	83
V.5.- Cruzamientos con Pantános-----	83
V.6.- Prueba de Presión Hidrostática -----	84
CAPITULO VI .- RENDIMIENTO DE MAQUINARIA -----	89
VI.1.- Generalidades -----	89
VI.2.- Factores que afectan al Rendimiento---	91
VI.3.- Maquinaria mínima empleada en cada fa se -----	119
VI.4.- Ejemplo de aplicación, -----	125
CAPITULO VII.- CONCLUSIONES -----	130

CAPITULO I

INTRUDUCCION.

El estudio de aquéllas Industrias que son indispensables para satisfacer las necesidades primordiales de una sociedad, es de suma importancia pues de ellas depende en gran parte el desarrollo económico de los países. A estas Industrias se les dá el nombre de Industrias Básicas, la Industria Petrolera es para nuestro país, México, una Industria Básica conocida por nosotros como Petróleos Mexicanos.

Ahora, cuando atravesamos por una crisis mundial de Energéticos, provocado por el agotamiento de los yacimientos, problemas políticos y el constante crecimiento económico e industrial, se presenta una constante y creciente demanda de Hidrocarburos lo cual obliga a buscar soluciones a corto y largo plazo.

Petróleos Mexicanos, en su constante desarrollo y preocupación por mantener una producción que favorezca nuestra situación económica, trabaja e investiga para dar soluciones al problema latente de la escases de energéticos.

Actualmente se han realizado estudios habiéndose localizado yacimientos en los Estados de Chiapas, Tabasco y Campeche, principalmente se encuentran en producción los yacimientos de;

Los Campos de Bermúdez, Sitio grande, Cactus y la Sonda de Campeche.

Considerando las grandes Reservas probadas y potenciales de Crudo existente en el País, Petróleos Mexicanos, canalizado por los Departamentos correspondientes, ha realizado estudios para estimar la demanda requerida de energéticos y productos -- petroquímicos, que durante los proximos diez años se procesarán en el Litoral del Pacífico donde se está construyendo importante centro refinador en Salina Cruz, Oax.

Como resultado de los estudios realizados para abastecer el mencionado Centro Refinador, se llegó a la conclusión y necesidad de construir un Oleoducto, que partirá de Nuevo Teapa, Ver. y llegará a la Refinería del Pacífico, en Salina Cruz, Oax.

Por consiguiente el "OLEODUCTO NUEVO TEAPA- SALINA CRUZ", representa una obra importante y una esperanza para aliviar la escases de Hidrocarburos.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL PROYECTO.

II.1.- GENERALIDADES.

Ya que el Oleoducto en proyecto sobre el cual trata esta obra parte de una de las zonas petroleras más importantes en el país como lo es la zona Distrito de Nanchital, resuelta convenientemente hacer una breve descripción de ella.

El Distrito Nanchital se encuentra localizado en la cuenca Salina del Istmo y tiene como límites convencionales:

Al Norte: La Plataforma Marina del Golfo de México.

Al Sur: Las estribaciones de la Sierra Madre del Sur.

Al Este: Los Distritos de Agua Dulce y el Plan.

Al Oeste: El Río Coatzacoalcos hasta su desembocadura en el Golfo de México.

El área que ocupa este Distrito se encuentra; una parte en tierra y la otra en la Plataforma Continental; la porción de tierra se localiza dentro de la provincia fisiográfica, reconocida como planoide costero del Golfo de México. En su mayor parte el terreno es de alto relieve, con topografía accidentada.

La parte localizada dentro del mar se encuentra situada-

en la Plataforma Continental comprendida entre el nivel medio - de las mareas y las 100 brazas de profundidad.

La Vegetación en el Distrito está formada por algunos -- montes de gramíneas y helechos en los pantános, mangles en las márgenes de arroyos y selvática en las partes altas.

Los principales accidentes hidrográficos del Distrito lo constituyen el río Coatzacoalcos y sus afluentes que drenan las áreas de sus campos, así mismo la Laguna de Pajaritos localizada frente a la ciudad de Coatzacoalcos.

Los principales afluentes del río Coatzacoalcos que drenan las áreas correspondientes al Distrito son: Los arroyos Teapa, Gopolapa y Ostapa y en la margen el río Calzadas que nace - en la Laguna de Tepache.

El clima es netamente tropical lluvioso con temperaturas máximas y mínimas de 42°C y 10°C respectivamente y con una temperatura media anual del orden de 28°C a la sombra.

El Oleoducto tendrá una longitud de 265+200.00 Km (aprox.), desde su punto de partida, que específicamente será la estación de rebombeo, localizada en Nuevo, Teapa, Ver. hasta la Refinería del Pá cífico.

Debido al desarrollo que tendrá el Oleoducto, éste pasará

muy cercano a lugares y ciudades importantes de los Estados de Veracruz y Oaxaca, siendo sensiblemente paralelo a la carretera Coatzacoalcos - Salinas Cruz, esto será conveniente pues se -- tendrá acceso a los frentes de trabajo, tanto de proyecto como de construcción.

Considero importante mencionar los puntos ó lugares por donde pasará el Oleoducto, del Estado de Veracruz se pueden -- mencionar; Coatzacoalcos, Minatitlán, Jáltipan, Acayúcan, Ojapa y Jesús Carranza..

Del Estado de Oaxaca se pueden mencionar; Palomares, Mo goñe, Matias Romero, Chivela, Ixtepec, Juchitán y Tehuantepec.

Es conveniente mencionar brevemente las características de las zonas por donde pasará el Oleoducto en cuanto a clima, -- vegetación y tipo de terreno se refiere.

Hablando de los lugares del Estado de Veracruz, se puede decir que el clima se tipifica como tropical lluvioso, con lluvias en verano en las llanuras y valles; excepto en el Sureste- que tiene lluvias todo el año. Por lo que se refiere a los suelos y vegetación, se presentan algunas variedades tales como; - suelos amarillos arcillosos, rocosos y pantanosos, lo mismo sucede con la vegetación, presentando variedades que van desde ma torrales, gramíneas, helechos y hasta vegetación selvática.

En el estado de Oaxaca nos encontramos con una variedad de clima, influido por la configuración orográfica que predomina en la región, por tal motivo el clima varía bruscamente de un lugar a otro, predominando el subtropical y el subhúmedo, así mismo su vegetación es muy variable, predominando los arbustos - algunas partes como en las montañas, se presentan grandes árboles y muy tupido así como tipo simidesértico, sobre todo en las regiones de Chivela, Nizanda e Ixtepec.

En cuanto al tipo de terreno es menos variable, encontramos con grandes tramos de suelo arenoso, rocoso fracturado y calizas en las montañas.

II.2.- INSTALACIONES DE LA LÍNEA.

De acuerdo al Diseño de la Tubería y para efectos de operación e inspección, las Instalaciones necesarias e indispensables del Oleoducto serán las siguientes:

Estaciones de Bombeo.

Lugar	Kilometraje
Nuevo Teapa, Ver.	0 + 000.00
Medias Aguas, Ver.	96 + 142.00
Donají, Oax.	146 + 444.00
Loma Larga, Oax.	200 + 016.00

Trampas de envío y recibo de "Diablos" y Válvulas de Seccionamiento.

Trampa de envío de "Diablos"	0 + 000.00
Válvula de Seccionamiento	39 + 380.00
Válvula de Seccionamiento	68 + 961.00
Trampa de recibo y envío de "Diablos"	69 + 425.00
Trampa de recibo de "Diablos"	119 + 477.00
Trampa de envío de "Diablos"	119 + 978.00
Trampa de recibo y envío de "Diablos"	173 + 300.00
Válvula de Seccionamiento	187 + 600.00
Válvula de Seccionamiento	207 + 200.00
Válvula de Seccionamiento	208 + 800.00
Trampa de recibo de "Diablo"	244 + 260.00

Cabezales de Río en:

Río Coatzacoalcos	Del Km. 9 + 200.00	A1 Km. 9 + 800.00
Río de Jaltepec	Del Km. 93 + 982.00	A1 Km. 94 + 452.00
Río Tehuantepec	Del Km. 237 + 930.00	A1 Km. 238 + 530.00

Todas las Instalaciones antes mencionadas han sido Diseñadas de acuerdo a lo indicado en las especificaciones del T.I.D. 600 # A.N.S.I.R.F. , Diseños que fueron realizados por técnicos especialistas de los diferentes departamentos de Petróleos Mexicanos.

Es importante mencionar los cruzamientos u "Obras Especiales" que será necesario cruzar debido al propio desarrollo del Oleoducto, las cuales se les dará un tratamiento especial para su ejecución.

Relación de Cruzamientos:

No.	Descripción	Kilometraje.
1	F.F.C.C. Unidos del Sureste	5 + 156.88
2	Carr. Nanchital - Las Choapas	5 + 697.34
3	Arroyo Tepeyac	5 + 783.20
4	Carr. Nanchital - Ixhuatlán del Sureste	8 + 482.98
5	Río Coatzacoalcos	9 + 500.00
6	Carr. Circuito del Golfo	16 + 616.09
7	Carr. al Nuevo Aeropuerto Minatitlán	26 + 346.25
8	F.F.C.C Transístmico	26 + 682.40
9	Antigua Carr. Minatitlán - Coatzacoalcos	26 + 790.45
10	Carr. Circuito del Golfo - Soteapan	38 + 624.35
11	Camino de Terr. Soteapan - Gravera	40 + 571.45
12	Río Chacalapa	40 + 952.65
13	F.F.C.C. Transístmico	50 + 949.58
14	Carr. Circuito del Golfo	53 + 502.15
15	Camino Rev. Carr.Cto. del Golfo-Existepec	57 + 420.50
16	F.F.C.C. Transístmico	59 + 208.80
17	F.F.C.C. Transístmico	62 + 894.31

No.	Descripción	Kilometraje.
18	F.F.C.C. Transístmico	87 + 593.02
19	F.F.C.C. Transístmico	91 + 278.16
20	Río Jaltepec	94 + 217.33
21	Carretera a Suchilapa	101 + 637.43
22	F.F.C.C. Transístmico	102 + 512.28
23	F.F.C.C. Transístmico	110 + 280.78
24	Río Tolosita	120 + 601.55
25	Espuela F.C. Transístmico-Pedrera paso de Baques	126 + 012.50
26	Río Sarabia	132 + 712.50
27	Carretera Transístmica	138 + 506.50
28	Carretera a Mogoñé	143 + 285.71
29	Río Malatengo	143 + 881.19
30	Arroyo Yerba Santa	149 + 833.00
31	Carretera Transístmica	157 + 041.27
32	Carretera Transístmica	161 + 038.05
33	Carretera a Lagunas	165 + 607.93
34	Carretera Transístmica	169 + 941.47
35	Carretera Transístmica	175 + 293.35
36	Canal Principal No. 33	198 + 711.30
37	F.F.C.C. Centroamericano	204 + 381.95
38	Carretera Juchitán - Ixtepec	207 + 432.40
39	Río los Perros	208 + 285.00
40	Carretera Juchitán - Ixtaltepec	208 + 674.75

No	Descripción	Kilometraje
41	Camino de Terracería a Base Aérea	215 + 586.05
42	Carretera Panamericana - Tuxtla Gutierrez	215 + 833.10
43	Río Tehuantepec	238 + 230.50

II.3.- MATERIAL UTILIZADO PARA LA FABRICACION DE LA TUBERIA.

El Ducto se tenderá con tubería de acero alta resistencia y bajo contenido de carbón, soldable, protegida con revestimiento anticorrosivo, protección catódica y enterrado.

Para que mejor se entienda lo que es un Ducto se puede definir de la siguiente manera:

Son aquellas tuberías que transportan productos primarios desde una Instalación de Recolección, como lo es una Batería de Separadores y Unidades de Compresión ó Bombeo, como en el caso de esta Obra, hasta las Instalaciones de Proceso ó Tanques de Almacenamiento. Así mismo, las líneas que conducen productos después de las Instalaciones de proceso hacia centros de consumo propio ó de abastecimientos ajenos.

Los Ductos ó Líneas de transporte se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a).- Gasoductos.
- b).- Líneas para Gases Licuados
- c).- Oleoductos.

d). Poliductos.

e). Líneas para Productos Petroquímicos.

El material más común empleado en la Industria Petrolera para la fabricación de tuberías conductoras de productos es el acero al bajo carbón.

Se entiende bajo esta denominación, al acero que tiene - en su composición de carbón no mayor de un 0.3%. Estos aceros - tienen también elementos en menor proporción como lo son; el -- Manganeso (0.35%-1.5 %), Azufre (no mayor de 0.06 %) y Silicio.

Los elementos más característicos y que le imprimen propiedades particulares al acero de que forma parte son: el carbo no y el Manganeso.

Básicamente las denominaciones de los aceros utilizados - en la fabricación de las tuberías de conducción son las siguientes:

API-STD-5L	Grado A, Grado B, sin costura ó soldada por - resistencia eléctrica.
ASTM-A-53	Grado A, Grado B, sin costura ó soldada por - resistencia eléctrica.
ASTM-A-106	Grado A, Grado B, sin costura.

De acuerdo al gasto de Crudo que se procesará en la Refinería del Pacífico, que será de 450 MBPD (cuatrocientos cincuenta

tamil barriles por día), y los costos de Operación de las diferentes Instalaciones ya mencionadas, se Diseñó una tubería con diámetro exterior de 30", teniéndose variación en los espesores de la misma, ocasionados, según las condiciones de trabajo bajo las cuales estará sujeta, así como de la clasificación del terreno que se cruzará, específicamente cuando de trate de cruzamientos con vías de comunicación y en zonas urbanas.

CAPITULO III

SELECCION Y TRAZO DE LA RUTA.

Esta parte del proyecto, por causas económicas, legales y de construcción se puede dividir en dos Zonas.: ZONA URBANA- y A CAMPO TRAVIESA.

Para una línea de conducción, la ruta ideal sería la que tuviese un menor desarrollo posible (una línea recta) entre - la fuente de suministro y el consumidor, lo cual resulta imposi- ble por las causas antes mencionadas. Por lo tanto, se procede al reconocimiento de la zona donde sea más factible el trazo.

III.I.- EN ZONA URBANA,

Para mejor base en el reconocimiento y elección de la ru- ta, se puede auxiliar en el plano de la Ciudad donde se encuen- tra la zona urbana más probable para el trazo preliminar y tam- bien del Plano General de distribución de productos, ya sean -- éstos gases ó líquidos.

En éste último plano se localiza el ducto que suministre el producto que transportará la tubería en proyecto, y ya con - estos datos auxiliares se está en posibilidades de escoger el - punto de partida ó sea el Kilómetro 0 + 000.00 que deberá reu-

nir ciertos requisitos de construcción economía y seguridad.

El lugar adecuado para el punto de partida deberá ser -- aquel que en forma simultánea resuelva las demandas existentes-- en esas inmediaciones y las que en lo futuro puedan surgir.

En la elección de la ruta influye en forma decisiva los-- "pasos obligados", y en zonas urbanas éstos son debidos a zonas Industriales en las inmediaciones de la ruta posible del trazo.

Los pasos obligados por causas de construcción son aque-- llos en los cuales existen alcantarillas, ductos telefónicos -- sistemas de drenaje ó agua potable, ocupando aceras ó camello-- nes y que obligarán a buscar sitios que estén libres de impe-- dimientos, originando así los pasos obligados.

Los cruzamientos con vías de Ferrocarril y arterias prin-- cipales de circulación, deben cuidarse hasta donde sea posible-- para no cruzarlos, porque en la etapa de construcción se origi-- nan las denominadas "Obras Especiales".

Analizando todos estos factores se tiene en gabinete la-- elección de la ruta pero aún no se puede hacer el trazo prelimi nar porque la cantidad de tuberías y ductos existentes en ace-- ras, zonas verdes, no estan a simple vista sino que deben hacerse se una serie de excavaciones (sondeos), para ver si es conve--

niente el trazo preliminar que nos indicará las condiciones Topográficas y de construcción existentes.

III.2.- A CAMPO TRAVIESA,

En este tipo de terreno, como en el de Zona Urbana, se puede auxiliar de cartas geográficas ó mapas para la elección de ruta que sea más adecuada para hacer el trazo de la Línea Preliminar (Localización).

Una vez realizada la elección de la Ruta sobre el Plano de la región se procede a el reconocimiento del terreno, pudiendo ser en forma directa ya sea a pie, en vehículo ó caballo, según las características y condiciones del terreno.

Otra forma de reconocimiento es mediante vuelos, valiéndose para esto de un helicóptero ó de una avioneta. La finalidad de este reconocimiento es la de afirmar la elección de Ruta escogida en Gavinete y sobre un Plano de la región, a la vez -- sobre dicho Plano se van marcando los pasos obligados, ya sean puertos, centros de gravedad de campos petroleros, estaciones de bombeo, plantas de absorción, etc.

Para que mejor se entienda lo que es un "paso obligado" para una Línea de Conducción a campo traviesa, a continuación se dará la siguiente explicación:

Una Línea de conducción a campo traviesa, puede transportar gas, petróleo crudo, amoniaco, etc. Entonces los pasos obligados de cada uno de ellos, ya sea un gasoducto, oleoducto, ó línea de productos, están íntimamente relacionados con las regiones de producción, campos de recolección y lugares de distribución.

Se evita hasta donde sea posible que una Línea de Conducción cruce una ciudad, a menos que ésta sea un paso obligado, -- motivado por ser una terminal de gas, existir una refinería ó una planta de absorción. Aún en estos casos de imperiosa necesidad de cruzar una zona urbana, se localizarán las zonas menos pobladas y de menor intensidad de tránsito de vehículos.

Cuando el desarrollo de una Línea de Conducción es bastante grande, como en este caso, se elige una ruta que sea "sensiblemente" paralela a una vía de comunicación, de preferencia una carretera, que una origen y destino del ducto por construir, para nuestro Proyecto tendremos la Carretera "Coatzacoalcos - Salina Cruz" como vía importante en todo el desarrollo del Oleoducto.

Esto obedece a que en la etapa de trazo definitivo, así como en la construcción se puede aprovechar la carretera para el necesario movimiento de personal, equipo a utilizar y transporte de materiales. Además, cuando la Línea esté en operación

se utilizará la carretera junto con los caminos de acceso para inspeccionar, vigilar y mantener al propio ducto e instalaciones especiales.

De vital importancia es también levantar un registro, durante el recorrido por donde pasará el Oleoducto, del tipo y -- composición del terreno por donde se abrirá el Derecho de Vía, dato que será determinante para la acertada elección del equipo y maquinaria por utilizar en la construcción.

CAPITULO IV

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.

IV.1.- GENERALIDADES.

Obedeciendo a un programa de obra y a un presupuesto de materiales, mano de obra y equipo, la ejecución del proyecto se llevará a cabo en dos Tramos.

TRAMO I del Km -0+000.00 al Km- 132 + 000.00.

TRAMO II del Km -132 + 000.00 al Km - 265 + 000.00.

Cada tramo será construido por diferente compañía donde ambas deberán cumplir con los especificaciones necesarias e indispensables que cada fase requiere, apegadas al programa de obra existente, de no ser posible seguir el programa de obra, éste se modificará siempre y cuando no se reduzca la calidad de la construcción ni se eleve grandemente el presupuesto.

Debido al desarrollo obligado de ejecución de la obra y con objeto de poder controlar la calidad técnica y obtener los costos previstos en los estudios de precios unitarios, la obra puede ser dividida y subdividirse tantas veces como sea necesario, pero sin perder de vista los objetos antes mencionados, así podemos efectuar las siguientes divisiones:

1a.- TUBERIA EN LINEA REGULAR.- Se define así aquella que no interrumpe la continuidad de sus fases de soldadura y de revestimiento.

2a.- OBRAS ESPECIALES.- Son aquellas donde se interrumpen las fases de soldadura y revestimiento tales como: Estaciones de Bombeo Trampas de "Diablos", Válvulas de Secciónamiento, cruce de corrientes de agua y cruce de obstáculos varios.

3a.- También se habla de otra Subdivisión cuando se mencionan los FRENTES DE TRABAJO Y LAS FASES DE OBRA.

En este proyecto se tendrán las siguientes fases:

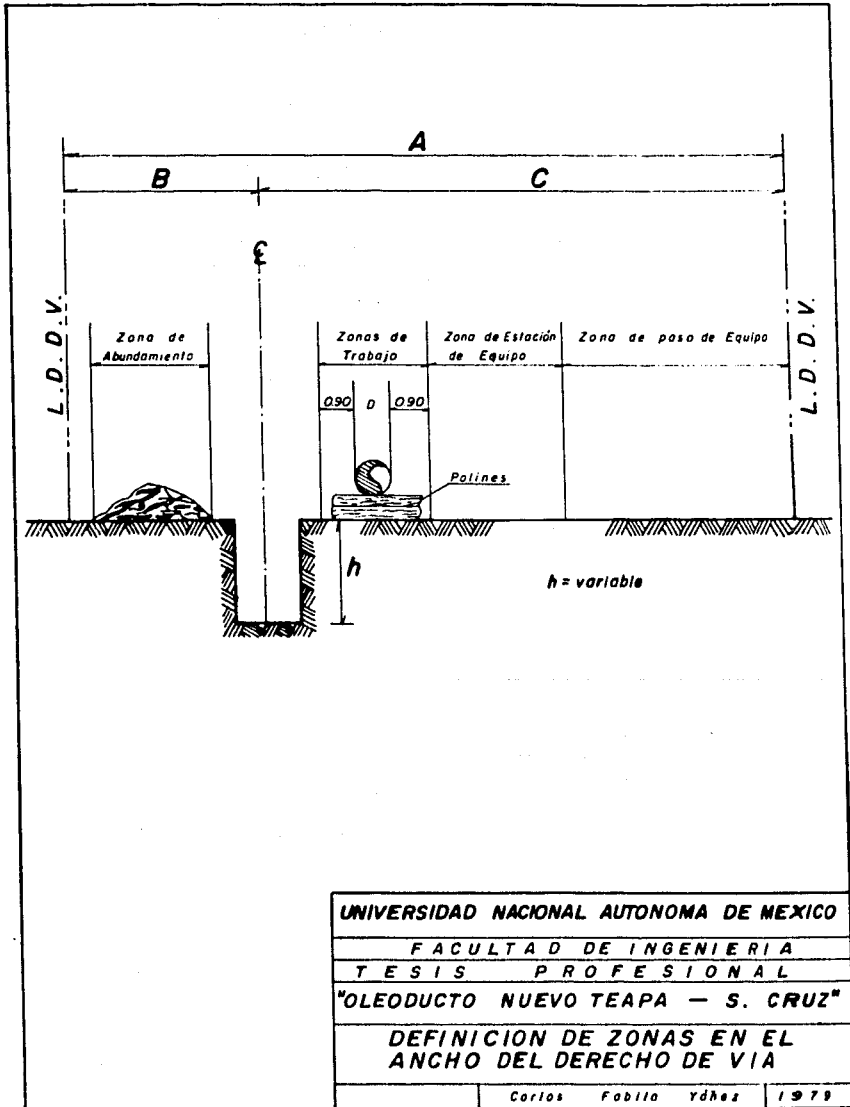
IV.2.- DEFINICION DEL DERECHO DE VIA.

Se considera como Derecho de Vía la franja de terreno de ancho mínimo necesaria para las operaciones de construcción. Deberá tener un ancho que contenga tres zonas de trabajo, a saber:

Zona donde trabajará el equipo, Zona de la Cepa ó Zanja
Zona donde se depositará el producto de la excavación de la Cepa (abundamiento).

El ancho del Derecho de Vía varía según el diámetro de la tubería, como el oleoducto tendrá un diámetro de 30" \varnothing el ancho del Derecho de Vía será de 15.00 mts

La apertura y conformación del Derecho de Vía consiste - en abrir una brecha del ancho necesario, para llevar a cabo la construcción de la Línea, cortando ó terraplenando según lo requieran las características topográficas del terreno.



ANCHO MINIMO DEL DERECHO DE VIA PARA EFECTOS DE CONSTRUCCION

<u>Díámetro Nominal</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>A= B + C</u>
De 4" a 8"	3 mts.	7 mts.	10.00 mts.
De 18" a 18"	3 mts.	9 mts.	12.00 mts.
De 20" a 36"	5 mts.	10 mts.	15.00 mts.

ANCHO Y PROFUNDIDAD MINIMA DE ZANJA.

<u>Ø</u>	<u>Ancho de Zanja</u>	<u>Mínimo Prof.</u>	<u>Ancho del Derecho de Vía</u>
	<u>(mts)</u>	<u>de Zanja</u>	<u>(mts.)</u>
		<u>(mts.)</u>	
3"	0.40	1.00	10.00
4	0.40	1.00	10.00
6	0.55	1.10	10.00
8	0.55	1.10	10.00
10"	0.55	1.15	12.00
12"	0.60	1.20	12.00
14"	0.75	1,30	12.00
16"	0.75	1.30	12.00
18"	0.75	1.40	12.00
20"	1.00	1.50	15.00
22"	1.00	1.50	15.00
24"	1.00	1.50	15.00
30"	1.20	1.70	15.00

IV.3.- APERTURA DE LA BRECHA.

El derecho de vía seberá quedar libre de árboles, arbustos y plantas de la faja de terreno donde será construida la tubería, de modo que ningún tronco por pequeño que sea, sobresalga de la superficie del terreno.

El desmonte se llevará a efecto usando herramienta de mano ó maquinaria apropiada según lo requiera el caso.

Los materiales que resulten del desmonte serán amontonados a un lado del derecho de vía, de manera que no estorben en el paso de personas ó vehículos, ni perjudiquen en ninguna forma a los propietarios ó usuarios del terreno que se atraviesa.

IV.4.- CAMINOS DE ACCESO Y CONFORMACION DEL DERECHO DE VIA.

Los caminos de acceso a los centros de distribución de materiales, a las obras especiales y a las desviaciones obligadas del derecho de vía deberán construirse según el proyecto, con equipo especial ó con el equipo que construye el derecho de vía, pero deberán ejecutarse con la anticipación prevista a los trabajos de línea, estos caminos son de caracter provisional -- hasta que termine la obra, salvo aquellos que lleguen a una obra especial, que serán necesarios para su mantenimiento y conservación.



APERTURA DEL TUNEL EN EL PUNTO DE ENTRADA DEL TUNEL



APERTURA DEL TUNEL EN EL PUNTO DE ENTRADA DEL TUNEL

La conformación del derecho de vía se hará en el ancho total del mismo de acuerdo al diámetro del tubo, y tendrá por objeto obtener una plantilla que permita operar en eficiencia el equipo de construcción y que garantice el tránsito de vehículos que sea necesario. En general el eje de la plantilla deberá seguir el perfil de terreno natural, eliminando únicamente las irregularidades y obstáculos que existan.

En el sentido transversal, la planilla será sensiblemente horizontal, pero podrá tener una pendiente moderada que no dificulte las operaciones de construcción.

La conformación deberá hacerse en tal forma que, el terreno movido y los desperdicios no estorben los riegos de los terrenos adyacentes, el desagüe de los mismos y el paso de las personas, animales y vehículos, ni afecta en forma alguna a los propietarios ó usuarios de los terrenos que se atraviesen.

Cuando la conformación ó nivelación cruza pequeños arroyos se construirán terraplenes con alcantarillas u otras estructuras para permitir el paso del equipo, sin obstruir la corriente.

Las irregularidades topográficas del terreno que puedan causar dobleces pronunciados en la tubería deberán ser allanados al hacer la conformación del derecho de vía, es decir, se -

buscaran pendientes máximas que estarán supeditadas al grado de curvatura permitida en el tubo, dependiendo ésta del diámetro del mismo.

IV.5. EXCAVACION DE LA CEPA O ZANJA.

Se denomina así a una zanja de la anchura y profundidad mínimas que se indican en las especificaciones particulares, en cuyo fondo se alojará la tubería de conducción, de manera que en toda su longitud quede con una capa de tierra no menor que la señalada en los planos de construcción y en las mismas especificaciones particulares. El eje de la zanja deberá quedar debidamente alineado según el trazo estacado.

La excavación de la zanja para enterrar la tubería puede ser hecha con máquina zanjadora, retroexcavadora, draga de arrastre, mediante voladuras con explosivos, con pico y pala ó mediante cualquier otro procedimiento, dependiendo del tipo de terreno por excavar.

La superficie del fondo de la zanja debe quedar conformada a un nivel tal, que la tubería al ser bajada se apoye en el terreno en todos sus puntos, así todo obstáculo que invada el interior de la zanja deberá ser totalmente extraído.

Se menciona que la excavación puede ejecutarse con cual-

quier tipo de herramienta, dependiendo de las condiciones presentadas por el terreno, que para efectos de construcción y pago se tiene la siguiente clasificación:

MATERIAL TIPO "A".- Tierra suelta ó compacta con partículas menores de 7.5 cm. que pueden excavarse con pico y pala, zanjadora ó equipo similar para mayores rendimientos.

MATERIAL TIPO "B".- Roca suelta ó caliche con piedras mayores de 20.0 cm. y menores de 0.5 m³ tales como: rocas muy alteradas, los conglomerados medianamente cementados, las areniscas blandas y los tepetates, que pueden ser excavados con eficiencia con pala mecánica de 1 m³ de capacidad sin el uso de explosivos.

MATERIAL TIPO "C".- Se considera este material el que solo puede ser excavado mediante explosivos, tales como: rocas basálticas, areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos, andesitas sanas y las piedras sueltas mayores de 75 cm.

IV.6.- MOVIMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES.

La tubería, materiales de envoltura, válvulas y otros materiales necesarios para la construcción del oleoducto, serán cargados y distribuidos desde los sitios de entrega establecidos, a los lugares, a lo largo de la línea, donde deberán ser usados.

IV.6.1. - TUBERIA. - -

La descarga de la tubería deberá hacerse empleando una grúa con los adiantos necesarios para este tipo de trabajo, haciendo la maniobra con el cuidado necesario para evitar golpes que puedan provocar abolladuras en el cuerpo y en los biselados de los tubos.

En los sitios de entrega establecidos, la tubería que se descargue de las góndolas de ferrocarril ó de los camiones, deberá colocarse directamente:

a).- En los lugares señalados para estibarla, formándose estibas ó pilas apoyando los extremos y el centro de la tubería sobre separadores de madera (polines), de tal forma que no esté en contacto con el suelo.

b).- En los camiones que la llevarán a los sitios de estibas ó que la distribuirán a lo largo del derecho de vía, ó bien:

c).- En el derecho de vía, a lo largo del mismo, de acuerdo con las condiciones que se señalan a continuación;

Al distribuir la tubería a lo largo del derecho de vía,-

deberá colocarse invariablemente sobre polines de madera con -- sección mínima de 15 cm. (6") por 15 cm. (6"), de manera que se evite el contacto de la tubería con el terreno y que cada tramo se apoye por lo menos en dos polines.

IV.6.2).- PINTURA Y ESMALTE.

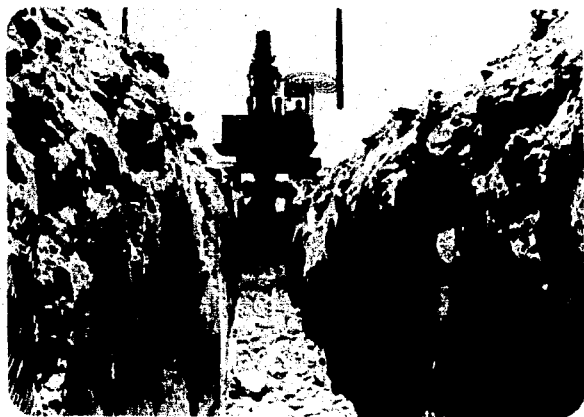
La pintura (primer) envasada en tambores de lámina de -- aproximadamente 200 lts. de capacidad, deberá manejarse y transportarse con todas las precauciones necesarias para no perjudicar los envases.

Deberá tenerse en cuenta que el solvente de la pintura + es muy inflamable y sus vapores pueden causar explosiones.

Los tambores de pintura primaria (primer) se mantendrán -- siempre cerrados, almacenándolos en posición horizontal para -- evitar pérdidas del solvente por evaporación, la entrada de agua de lluvia y la contaminación de la pintura con tierra ó basura.

El adelgazador se manejará en igual forma que la pintura de imprimación.

El esmalte viene en tambores de lámina de 300kgs aproximadamente y deberá manejarse evitando la rotura prematura de -- los recipientes y la contaminación con tierra ó basura del mismo.



EXCAVACION DE LA CIUDADELA.



MOVIMIENTO DE MATERIALES.

IV.6.3):- MATERIAL PARA ENVOLTURA DE LA TUBERIA.

Los rollos y cajas de cartón que contengan fibras de vidrio ó felpa asfáltica (vidrio-mat), no serán manejados con gancho ni serán diseminados a lo largo del derecho de vía.

La tela de fibra de vidrio (vidrio-flex) se entregará en rollos en cajas de cartón resistente y deberán manejarse en forma que no se perjudique su contenido, se almacenarán en lugares protegidos de la intemperie y especialmente de la humedad excesiva.

IV.6.4).- VALVULAS, CONEXIONES Y ACCESORIOS.

Las válvulas se manejarán tomando todas las precauciones necesarias para no golpear las caras de sus bridas ó biseles, manivelas, vástagos y dispositivos lubricadores.

Se evitará que penetre tierra ó basura al interior de las válvulas y en todo lugar donde se almacenen se depositarán sobre tarimas de madera. Las caras de las bridas se protegerán con una capa de grasa amarilla para evitar la corrosión.

Los demás accesorios, como: los anillos de acero para empaques, los espárragos, tuercas y otros, se guardarán en cajas de madera protegidos con aceite y se sacaran solamente al momento que vayan a ser utilizados.

IV.7.- SOLDADO DE LA TUBERIA.

IV.7.1.- DEFINICION.

Es la unión, mediante juntas soldadas, de todos los tramos de la tubería que constituyen el oleoducto.

Se puede decir que la fase del soldado de la tubería es el más importante, sin quitar importancia a las demás, pues de ella depende la seguridad y duración de la Línea.

El trabajo de la soldadura se hará por el procedimiento manual de arco metálico protegido, cuando se trate de obras especiales, tales como; pantános y cruzamientos.

Para la Línea regular se usará el procedimiento de arco metálico protegido con gas, en sistema semiautomático ó automático.

Los extremos de la tubería y accesorios que serán soldados deberán estar biselados en fábrica. Cuando en el campo se haga necesario un bisel, éste podrá hacerse con la máquina biseladora oxiacetilénica de mano para formar un bisel semejante a los de fábrica.

IV.7.2.- EQUIPO PARA SOLDAR.

Las máquinas de soldar serán del tipo de corriente directa, con capacidad de 300 amperes en el sistema manual y de 350 -

amperes en el semiautomático ó automático, la más usada será la semiautomática por los buenos resultados que esta ofrece según el tipo de soldadura que se empleará;

Todos sus accesorios, tales como; cables, portaelectrodos, etc. deberán de ser del tipo y tamaño adecuados para el trabajo, y estar en todo tiempo en condiciones de asegurar soldaduras de buena calidad, continuidad de operación y seguridad para el personal.

Las máquinas de soldar serán operadas dentro de los rangos de voltaje y amperaje recomendados para cada tipo y tamaño de electródo y clase de soldadura por efectuar.

Los cables para soldar serán de calibre "00" (dos ceros) para máquinas de 300 amperes, con procedimiento manual y de "0" (un cero) para el semiautomático. La longitud máxima de los cables terminales, incluyendo el del portaelectrodo, será de 45 mts. y la de los de tierra de 15 mts. Todos los cables serán de una pieza y no se permitirán más conexiones que las dos terminales.

IV.7.3.- EXAMEN Y COMPETENCIA DE SOLDADORES.

Todo soldador que intervenga en el trabajo será previamente examinado, soldando tubería ó cualquier otro aditamento de ella. Como examen cada soldador hará una ó dos soldaduras de --

prueba en una tubería con diámetro, espesor y especificación -- iguales a las que se tendrá en la Línea, usando para ello la -- misma clase de electrodos y operando en condiciones iguales a -- las que se deban tener en la obra.

Antes de comenzar a examinar al soldador, se le permitirá disponer de un tiempo razonable para ajustar la máquina de soldar. Durante la prueba, se jugará la habilidad del soldador para cumplir con las normas establecidas para la obra.

De las soldaduras de prueba se cortarán probetas de ensaye cuyo número dependerá del diámetro de doblado de raíz.

El número de probetas para los diferentes diámetros es -- como sigue;

Para tubos de diámetro exterior de $2 \frac{3}{8}$ ", cuatro probetas obtenidas de dos soldaduras de prueba.

Para tubos de diámetro exterior de $2 \frac{3}{8}$ " y $4 \frac{1}{2}$ ", cuatro probetas de prueba.

Para tubos de diámetro exterior de $6 \frac{5}{8}$ " y de $12 \frac{3}{4}$ ", -- seis probetas de prueba.

Para tubos de más de $12 \frac{3}{4}$ " de diámetro exterior, doce -- probetas de prueba.

Las probetas se tomarán de secciones longitudinales como

se indica en el esquema No. 1 (Localización de probetas para- ensaye), de tal forma que la soldadura quede al centro de cada probeta.

De las probetas cortadas de tubos menores de 2 3/8" de diámetro exterior, se utilizarán una para prueba de doble de raíz y una para sanidad.

Para tubos de diámetro exterior entre 2 3/8" y 4 1/2", se utilizarán, dos probetas para someterlas a prueba de doblado de raíz y dos para determinar la sanidad de la soldadura

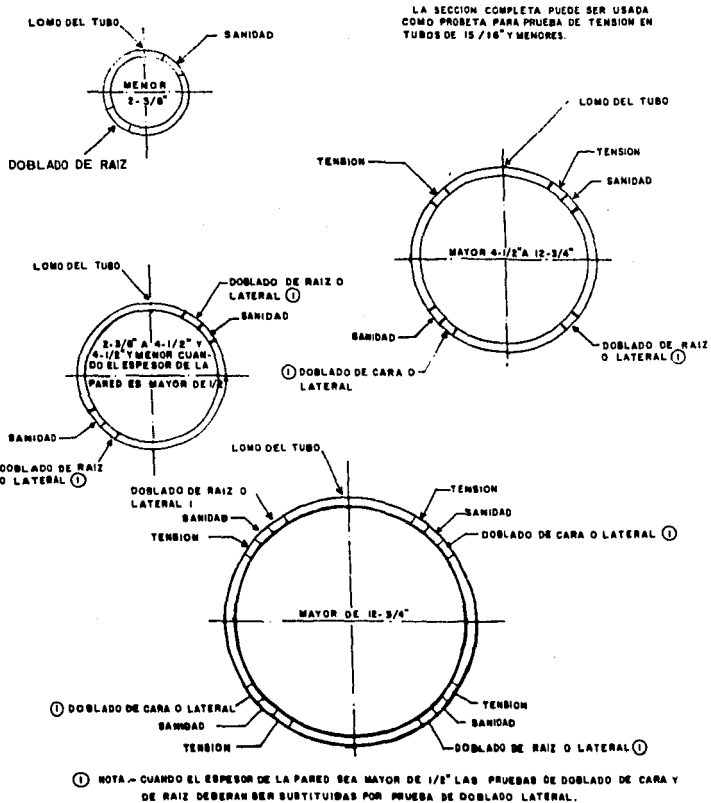
En tubos entre 6 5/8" y 12 3/4" de diámetro exterior se utilizarán dos probetas para someterlas a la prueba de tensión dos para sanidad, una para doblado de cara y una para doblado de raíz.

Para tubos mayores de 12 3/4" de diámetro exterior, se utilizarán, cuatro para prueba de sanidad, cuatro para prueba de tensión, dos para doblado de cara y dos para doblado de raíz.

IV.7.4.- METODO DE PRUEBAS Y RESULTADOS.

ROTURA POR TENSION.

Las probetas para prueba de tensión serán de 22.9 cm. (9") de longitud y 2.5 cm. (1") de ancho. Los refuerzos de la soldadura en la cara y el la raíz, no serán quitados, podrán --



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

"OLEODUCTO NUEVO TEAPA - S. CRUZ"

LOCALIZACION DE PROBETAS DE ENSAYE

Esquema No. 1

Carlos Fabila Yáñez

1979

cortarse con soplete y no necesitarán maquinado ó preparación posterior y se dejarán enfriar en el medio ambiente antes de ensayarlas.

La resistencia de la soldadura a la tensión, no deberá ser menor que la del tubo y se determinará con una máquina portátil probadora de la resistencia a la tensión.

Los resultados de la prueba de tensión deberán interpretarse en la forma siguiente: si dos ó más probetas de las especificadas se rompen en la soldadura ó en la unión de la soldadura con el metal base, el soldador será descalificado.

RANURA Y ROTURA (SANIDAD).

Las probetas para prueba de Sanidad, tendrán las mismas dimensiones que para la prueba de tensión e igualmente podrán ser cortadas con soplete.

En el centro de la soldadura se hará un pequeño corte con segueta, en ambas orillas, para provocar la ruptura de la probeta en esa sección, por medio de una máquina de prueba a la tensión, soportando sus extremos y martillando el centro, ó sujetando un extremo con una prensa y golpeando con un martillo el otro. La fractura deberá presentar un área expuesta en el sentido del ancho de la probeta, de cuando menos 19 mm, (3/4").

La prueba de sanidad consistirá en examinar la calidad de la soldadura en el área expuesta por la fractura. La soldadura debe mostrar completa penetración y fusión en todo el espesor de la probeta.

La superficie expuesta no mostrará más de seis bolsas de gas por pulgada cuadrada, con dimensiones máximas de 1/16" cada una. Las inclusiones de escoria no deberán ser mayores de 1/32" de profundidad ó 1/16" de ancho y 1/8" de longitud ó la mitad del espesor de la pared del tubo.

El soldador será descalificado si la primera y segunda probeta muestran defectos excedidos en estos límites.

DOBLADO DE RAIZ Y DOBLADO DE CARA.

Las probetas para prueba de doblado de cara y doblado de raíz, serán aproximadamente de 1" de ancho y 8" de longitud y pueden ser cortadas con soplete oxiacetilénico.

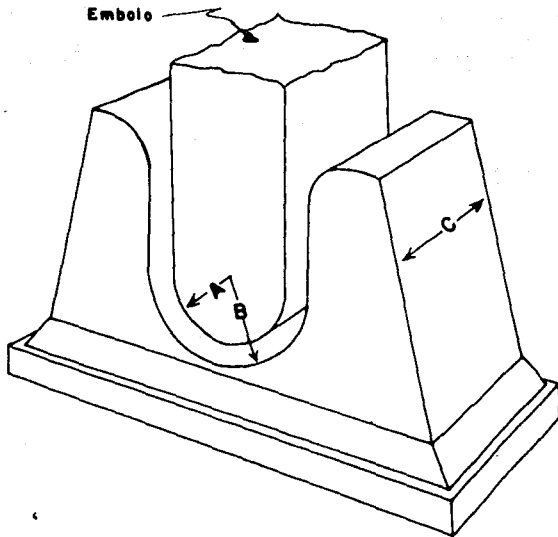
El cordón de la soldadura en la raíz y en el refuerzo - deberán ser removidos emparejándolos hasta la superficie del espécimen, es decir, los excedentes de soldadura en la cara y en la raíz se quitarán limando ó esmerilando la probeta hasta que la soldadura sea de igual espesor que el metal de base.

Todas las probetas para prueba de soldado se ensayarán en una guía, esquema No. 2, (Guía para pruebas de doblez guiado).

Radio A = $1\frac{3}{4}$ pulgadas

Radio B = $2\frac{5}{16}$ pulgadas

Ancho C = 2 pulgadas



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

"OLEODUCTO NUEVO TEAPA - S. CRUZ"

GUIA PARA PRUEBAS DE DOBLEZ GUIADO

Esquema No. 2

Carlos Fabila Yáñez

1979

Las probetas se colocarán en el dado hembra con la soldadura a la mitad del claro. El dado macho será forzado dentro de la abertura hasta que la probeta tenga aproximadamente una forma de "U".

El soblado de cara se hará de tal forma que la raíz de la soldadura quede localizada en el interior de la curva de doblado.

El doblado de raíz se hará de tal forma que la cara de la soldadura quede localizada en el interior de la curva de doblado.

El doblado lateral se hará de tal forma que el eje de la soldadura quede a 90° en relación con las generatrices del dado, es decir, "de canto".

Al soldador sometido a este exámen que no pase las pruebas descritas anteriormente no se le permitirá ejecutar trabajo alguno de soldadura en la construcción del oleoducto.

IV.7.5), - ALINEAMIENTO DE LOS TUBOS.

Esta operación incluye el manejo de los tramos de tubo sobre el derecho de vía, donde cada tubo se alineará con el ya instalado por medio de un alineador exterior ó interior, según el diámetro de la tubería de que se trate de acuerdo con la siguiente relación:

DIAMETRO NOMINAL (pul.).TIPO DE ALINEADOR.

De 4 a 6	Alineador exterior (canasta).
De 8 a más	Alineador expansor interior-neumático.

El tipo de alineador que se use, según el caso, deberá tener potencia suficiente para volver el extremo del tubo a su forma circular en caso de que esté ovalado.

En virtud de que el Oleoducto tiene un diámetro de 30", serán utilizados alineadores del mismo diámetro, usándose en línea regular el alineador interior neumático y en obras especiales el alineador de "canasta" ó exterior.

El alineamiento del tubo será hecho en tal forma que no sea visible ninguna desviación angular entre dos tubos consecutivos.

La separación entre las partes planas (topes) de los biselados en la unión de los tubos, deberá ser aproximadamente de 1/16", de tal manera que se asegure una completa penetración de la soldadura sin quemaduras.

IV.7.6).- SISTEMA Y CALIDAD DE LA SOLDADURA.

El tipo de soldadura utilizado fué en su totalidad por el proceso manual de arco eléctrico protegido y la calidad de la misma debe ser tal que su resistencia a la tensión sea mayor

que la del tubo, o sea que de ocurrir una falla debe ser primero en el tubo que en la soldadura.

Las juntas se soldarán utilizando dos soldadores, que -operarán simultáneamente en cuadrantes opuestos soldando siempre de arriba hacia abajo.

Las operaciones de soldado no deberá efectuarse cuando la calidad de la soldadura pueda resultar afectada por las condiciones prevalecientes del tiempo, incluyendo humedad, tolva-neras, vientos fuertes y tiempo frío, tampoco se permitirá el manejo de secciones de tubería, hasta que las soldaduras esten suficientemente frías (Temperatura tolerable al tacto).

Las juntas contarán con cuatro cordones de soldadura:

- 1.- Fondeo.
- 2.- Paso Caliente.
- 3.- Relleno.
- 4.- Acabado.

Los electrodos utilizables serán los enumerados a continuación:

- a).- FLEETWELL S-P, E- 6010 de 1/8" \varnothing (Cordón de-fondo).
- b).- SHIELD ARC 85, E- 7010 de 5/32" \varnothing (Cordón paso-

Caliente y Relleno).

- c).- SHEELD ARC 85, E- 7010 de 3/16" \emptyset (Cordón de acabado).

IV.7.7). INSPECCION RADIOGRAFICA DE LA SOLDADURA.

Debido a la gran importancia que representa la fase correspondiente a la soldadura, es necesario llevar un control de todas y cada una de las juntas soldadas, esta se hace para poder valorar si tal ó cual soldador pueda estar fallando.

Para esto se lleva un control a base de radiografías industriales, aplicadas a las juntas ya terminadas, las cuales-- podrán ser tomadas a un 100% ó a un porcentaje menor según sea necesario.

En este proyecto en especial se irán tomando placas a cada tres juntas, es decir, una sí y tres no, ésto solamente se hará cuando se trate de juntas en Línea Regular, porque tratándose de obras especiales será necesario e indispensable tomar placas a un 100%.

Para sacar placas más perfectas será necesario tomarlas el mismo día de su terminación, comunicando al constructor el resultado de las mismas a la mañana siguiente ó inmediatamente después de obtenidas las radiografías, ésto se llevará a cabo ..

en caso de urgente necesidad.

La inspección radiográfica se puede efectuar por varios métodos, tales como: Rayos "X", rayos Gama, de Cobalto, de Cesio, de Iridio, etc.

Específicamente en este proyecto se está empleando el método de rayos de Iridio, debido a los buenos resultados que se obtienen y su facilidad con que se ejecutan.

De acuerdo a las placas radiográficas obtenidas, las juntas serán consideradas defectuosas cuando presenten algunas de las fallas que pasen las normas establecidas para el proyecto, normas que estan de acuerdo al tipo de tubería y condiciones de trabajo a las que estará sujeta, las cuales están apegadas a lo que establece el American Petroleum Institute (A.P.I).

Las fallas que se presentan en las placas son las siguientes:

FALTA DE PENETRACION (F.P.).

Quando la falta de penetración ó fusión incompleta se manifiesta en más de 1" de longitud.

Quando en 12" de longitud de soldadura se presentan faltas de penetración, fusión incompleta ó ambos defectos, cuya longitud sume más de 1".

FAITA DE PENETRACION POR DESALINEAMIENTO LONGITUDINAL DE LOS TUBOS.

(F.P.D.T.)

Cuando un "canto" ó "filo" de la raíz está sin unión, su longitud no excederá de 2" de defecto individual ó bien 3" en cualquier longitud de 12" de soldadura.

CONCAVIDAD DE RAIZ (C.R.).

La densidad de la imagen radiográfica de una concavidad interna no deberá exceder a la del metal base adyacente, la longitud del defecto no será factor a considerar.

QUEMADA (Q.).

Una quemadura en el cordón de la raíz es una pérdida de metal en el lado opuesto del soldado debido a una excesiva penetración por aumento de corriente.

Para tuberías de 2 3/8" de diámetro exterior y mayores, la dimensión máxima para cualquier dirección no debe exceder de 1/4" ó del espesor de la pared del tubo, cualquiera que sea mayor. La suma de las dimensiones máximas de las quemaduras no reparadas en cualquier tramo de 12" de longitud de soldadura, no deberá exceder de 1/2"

INCLUSIONES DE ESCORIA (I.E.).

Una inclusión de escoria es un sólido no metálico atrapado en el metal de la soldadura ó entre el metal de la soldadura

y el metal del tubo. Las inclusiones de escoria se encuentran usualmente en la zona de fusión.

Para tuberías de 2 3/8" de diámetro exterior y mayores, el ancho máximo no deberá exceder de 1/8" y la longitud total de defectos no excederá de 1/2" en 12" de soldadura continua.

LINEA DE ESCORIA (L.E.).

Cuando se presentan líneas de escoria paralelas y cualquiera de ellas tenga más de 1/32" de ancho se consideran defectos aislados cuya longitud debe sumarse.

Para tuberías de diámetro de 2 3/8" y mayores, un defecto individual no excederá de 2" de longitud ó de 1/16" de ancho. La longitud total de estos defectos no excederá de 2" en 12" de soldadura.

POROSIDAD O CAVIDAD DE GAS (P.C.G.).

Las porosidades o cavidades de gas son vacíos que ocurren en el metal de la soldadura.

POROSIDAD ESFERICA.

La dimensión máxima de cualquiera cavidad de gas individual no debe exceder de 1/8" ó el 25% del espesor de pared del tubo, el que sea menor.

POROSIDAD DE GRUPO (P.G.).

Cuando se presentan en el cordón de vista, el diámetro -

de cualquier poro del grupo no deberá exceder, de 1/16". El diámetro del área donde se presenta el grupo no será mayor de 1/2".

ROTURA (R.)

Roturas poco profundas en los cráteres, o roturas es-- triadas localizadas en las terminaciones de cordones y que son resultado de la contracción natural del metal de soldadura, durante su solidificación no serán consideradas como defectos graves si su longitud no excede de 5/32".

SOCAVADO EXTERNO (S.E.).

Su profundidad no deberá exceder de 1/32" o del 12.5% del espesor del tubo y su longitud de 2" ó de 1/16" de la longitud de la soldadura.

SOCAVADO INTERNO (S.I.).

Su longitud no deberá exceder de 2" ó de 1/16" de la longitud de la soldadura.

FALTA DE FUSION (F.F.).

Fusión incompleta en el cordón de raíz ó de vista, la fusión incompleta no deberá exceder de 1" de longitud.

Si la longitud de la soldadura es menor de 12", la longitud total de defectos no excederá del 8% de la longitud de soldadura.



OMPIATO DA LA MIAURIA MEDIANTE SOLDADURA.

IV.7.8.- LIMPIEZA INTERIOR DEL TUBO.

Antes de soldar la tubería, cada pieza de tubo será sometida a una cuidadosa limpieza interior, la cual consistirá - en pasar longitudinalmente a través del tubo un disco de lámina de acero de 1/4" de espesor y con un diámetro de 1/4" menor que el interior del tubo.

Este disco tendrá unido, adherido a la cara desde la - cual parte la varilla con la que se jala, un disco de hule de 3/32" de espesor y de un diámetro igual al diámetro del tubo.

IV.7.9.- PRUEBA NEUMÁTICA.

Se realizará esta prueba tanto en áreas urbanas como en el campo, corriendo una rasqueta o "diablo" ("Scraper") del diseño apropiado, con empaques de hule y cepillos de alambre, - impulsado con aire comprimido, dentro de la tubería soldada, - en cada una de las secciones "lingadas", y que en ningún caso - excederán de la longitud de 3 Kms.

Estas secciones se cerrarán inmediatamente después de - la salida del "diablo" y se probarán a una presión mínima de - 100 lbs. por pulgada cuadrada (7.031 Kg/cm²).

Se investigará con espuma de jabón ó detergente, que se aplicará con brocha a las soldaduras, inmediatamente después -

de que hayan sido rigurosamente cepilladas con cepillos de acero manuales ó eléctricos, si hay poros a través de los cuales escape el aire.

No se podrá proceder a la aplicación de la espuma sin haber hecho el cepillado que se menciona. Estas operaciones se harán en el 100% de la longitud de las soldaduras transversales y longitudinales tanto de campo como de fábrica.

Para poder llevar a cabo lo anterior, la tubería deberá estar fuera de la zanja, en una posición tal que todas las soldaduras queden suficientemente retiradas del terreno ó de cualquier otro objeto que pueda obstaculizar la prueba o el exámen de las soldaduras.

IV.7.10.- DOBLADO DE LA TUBERIA.

Los dobleces que se hagan a la tubería deberán limitarse a los que sean indispensables para los cambios bruscos inevitables del alineamiento ó de los cambios de pendiente del terreno,

El ajuste de la tubería al contorno normal al del terreno debe ser hecho de preferencia conformando, ampliando ó profundizando la zanja para que el tubo se adapte por su flexibilidad elástica a la configuración del mismo.

Se recurrirá a doblar el tubo solo cuando no sea posible ó económico, adaptar la tubería al contorno del terreno.

En los lugares en que los cambios de pendiente del terreno ó los cambios de dirección en el trazo de la línea, haga necesario curvar el tubo, podrán utilizarse cualquier método usual para formar curvas en frío, siempre que no provoque la formación de arrugas (COLD WRINKLE BENDING).

En todos los casos, el doblado del tubo deberá hacerse con una máquina dobladora, en cuyo caso para éste proyecto se están empleando las que usan mandril interior de empaque, tipo "CROSEPERAULT" ó similar.

La curvatura se distribuirá a lo largo de la mayor extensión posible de tubo sin que quede incluida ninguna soldadura transversal dentro del tramo curvado.

Se procurará que el radio de curvatura de los dobleces sea el mayor posible y en ningún caso deberá ser menor de 30 veces el diámetro del tubo.

En los tubos que se doblen, la curva deberá iniciarse a una distancia mínima de 1.80 mts. a partir de cada boca.

Las curvas horizontales se harán en tal forma, que la soldadura longitudinal quede del lado interior, a fin de que la afecten únicamente esfuerzos simples de compresión.

En el caso de curvas verticales, el cordón de soldadura deberá quedar hacia la parte superior del tubo, evitando -

que quede contra el fondo de la zanja.

IV.8.- LIMPIEZA Y RECUBRIMIENTO.

IV.8.1.- GENERALIDADES.

Siendo la corrosión el problema más serio que se presenta en las tuberías de acero, se estudiaron las formas más apropiadas para tratar de contrarestarla, llegándose a la conclusión que las más eficaces son:

- a).- La protección Mecánica a base de cintas aisladoras ó a base de esmalte.
- b).- La protección Catódica.

La protección Mecánica se puede hacer a base de cintas aisladoras ya sea empleando cintas de polietileno ó con materiales bituminosos reforzados con cintas de fibra de vidrio.

También puede hacerse la protección Mecánica a base de esmalte y refuerzo de fibra de vidrio; existiendo dos formas de aplicación, en planta y en línea.

IV.8.2.- LIMPIEZA EXTERIOR DEL TUBO.

Para efectuar la limpieza exterior de la tubería, ésta deberá estar seca y se utilizan máquinas rasqueteadoras viajeras, completando el trabajo con cepillos y rasquetas de mano donde no haya quedado bien limpia.

La velocidad de avance de la maquina deberá ser regulada para que se obtenga una superficie satisfactoriamente limpia.

El aceite, la grasa y las marcas de pintura que puedan tener el tubo, deberán quitarse totalmente antes de pasar la máquina rasqueteadora, con trapos limpios empapados con un solvente libre de plomo, por ningún motivo se empleará Kerosina en esta operación.

IV.8.3.- PINTURA DE IMPRIMACION (Primer).

La aplicación de la pintura base ó de imprimación, no deberá realizarse cuando llueva ó la atmósfera esté cargada de polvo.

Sobre la tubería limpia y seca se aplicará una mano de pintura, que deberá extenderse uniformemente sin dejar puntos sin recubrir ni partes con exceso de pintura.

Se aplicará en forma de película, cubriendo aproximadamente 12.70 m^2 por litro de pintura; pudiendose rebajar con adelgazador, que en ningún momento podrá ser más del 10% de la solución.

Para obtener una calidad uniforme de la pintura de imprimación, los tambores deberán ser agitados antes de usarse, hasta comprobar que se ha logrado una consistencia uniforme de la pintura.

La tubería ya pintada deberá colocarse sobre durmientes de madera limpios, a una altura suficiente para evitar cualquier contacto con el piso, y la contaminación de la pintura con materias extrañas.

La pintura deberá dejarse secar hasta un punto que garantice su completa adherencia a la tubería.

La pintura de imprimación ya aplicada a la tubería, se considerará en condiciones adecuadas para la aplicación del esmalte, cuando al rasparla un poco no se pulverice ni desmenuce, y tenga una plasticidad tal que permita el manejo de la muestra con los dedos, sin mancharlos.

IV.8.4.- ESMALTADO DE LA TUBERIA.

Antes de la aplicación del esmaltado, la superficie del tubo pintado deberá dejarse libre de polvo, tierra ó cualquier materia extraña que afecte la adherencia entre el esmalte y el tubo pintado. No será permitido el uso de la tela de yute para limpiarlo; solo podrán usarse trapos limpios y plumeros apropiados.

Sobre la pintura de imprimación se aplicará una capa de esmalte a la temperatura adecuada. Cuando el esmalte se refuerce con fibra de vidrio (VIDRIOFLEX) como se aplicará a este proyecto, tendrá un espesor mínimo de 3/32" (2.4 mm.).

Como el esmalte viene envasado en botes de 200lbs. apro

ximadamente y se aplica a una temperatura considerable, es necesario fundirlo en calderas las cuales deberán de ser del tipo y capacidad apropiadas y estar provistas de agitadores mecánicos y termómetros en número suficiente.

El esmalte deberá mantener una temperatura correcta para su aplicación, dado que al colocarlo en la tubería forme una película continua.

La temperatura de aplicación del esmalte deberá obtenerse en un tiempo de dos horas, contadas desde que se inició el calentamiento.

El esmalte se mantendrá en las calderas el tiempo necesario para no causarle daño, con un máximo de seis horas, agitándolo continuamente.

La temperatura del esmalte será tal que éste tenga la fluidez necesaria para su aplicación, dicha temperatura estará comprendida entre los 200 y 240°C dependiendo de las condiciones del tiempo.

En caso de que en un plazo máximo de 8 horas, a partir de la iniciación del calentamiento, no se haya usado el esmalte, éste deberá vaciarse en un recipiente limpio, una vez solidificado, se podrá usar nuevamente, utilizando una parte de éste con 9 partes de esmalte nuevo.

IV.8.5.- REFUERZO Y ENVOLTURA.

Simultáneamente con la aplicación del esmalte, la tubería se forrará en forma espiral con tela de fibra de vidrio - (VIDRIOFLEX) el forrado deberá hacerse a máquina, con un traslape mínimo de 1/4" (6.35mm.) y máximo de 3/4" (19.05 mm.), de modo que dicha tela quede embebida y centrada en el esmalte sin mostrar arrugas ni torcimientos.

Después de colocado el VIDRIOFLEX se dá otro baño de esmalte a la tubería y simultáneamente se forrará nuevamente pero ahora con felpa asfáltica (VIDRIOMAT) con un traslape igual que el de VIDRIOFLEX.

Una vez colocado el esmalte y las envolturas de VIDRIOFLEX y VIDRIOMAT, se deberá estar seguro de que no hubo ningún espacio del tubo sin cubrirlo perfectamente, para esto se realiza una inspección ó mejor dicho se realiza una prueba como se explica a continuación:

Una vez terminado el esmaltado y la envoltura de la tubería, se medirá el espesor del recubrimiento mediante un medidor de profundidad de hoyos.

La continuidad del mismo se verificará con un detector-eléctrico de fallas, el cual deberá producir un arco que salte un espacio cuando menos igual al espesor del revestimiento ó se escuchará una señal como alarma. Se dispondrá de un potencial de 2400 volts por cada 1/32" de espesor.

Todos los poros, grietas, burbújas ó cualquier otra fa-



ESMALTADO Y RECUBRIMIENTO DE LA TUBERIA.

DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO		DIAMETRO EXTERIOR DEL TUBO		ANCHO DEL ROLLO		TRASLAPE RECOMENDADO		VIDROFLEX	VIDROMAT	PINTURA
Pulg.	Cm.	Pulg.	Cm.	Pulg.	Cm.	Pulg.	Cm.	Rolls/Km.	Rolls/Km.	Lit./Km.
1/2	1.27	0.840	2.13	2	5.08	1/2	1127	7.27	17.05	7
3/4	1.91	1.050	2.66	2	5.08	1/2	1.27	8.18	20.29	8
1	2.54	1.315	3.34	2	5.08	1/2	1.27	10.30	25.44	10
1-1/2	3.81	1.900	4.82	2	5.08	1/2	1.27	14.54	36.02	14
2	5.08	2.375	6.03	4	10.16	1/2	1.27	11.52	19.85	18
3	7.62	3.500	8.89	4	10.16	1/2	1.27	16.73	28.89	25
4	10.16	4.800	11.43	4	10.16	1/2	1.27	23.47	40.81	33
4	10.16	4.800	11.43	8	18.24	1/2	1.27	9.40	23.95	33
6	15.24	6.625	16.82	8	18.24	1/2	1.27	13.20	33.90	47
8	20.32	8.625	20.82	8	22.86	1/2	1.27	12.66	31.64	60
10	25.40	10.750	27.30	8	22.86	1/2	1.27	16.21	40.67	76
10	25.40	10.750	27.30	12	30.48	1/2	1.27	10.50	26.66	76
12	30.48	12.750	32.38	12	30.48	1/2	1.27	10.40	31.47	90
14	35.56	14.000	36.56	12	30.48	3/4	1.90	13.90	35.27	99
16	40.64	15.000	40.64	12	30.48	3/4	1.90	15.80	40.10	114
16	40.64	15.000	40.64	18	45.72	3/4	1.90	10.26	26.05	114
18	45.72	16.000	45.72	18	45.72	3/4	1.90	11.53	29.26	128
20	50.80	20.000	50.80	18	45.72	1	2.54	13.05	33.08	140
22	55.88	22.000	55.88	18	45.72	1	2.54	14.35	36.33	154
24	60.96	24.000	60.96	18	45.72	1	2.54	16.80	39.25	165
28	68.04	28.000	68.04	18	45.72	1	2.54	16.95	42.86	183
30	76.20	30.000	76.20	18	45.72	1	2.54	19.54	49.56	211

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

"OLEODUCTO NUEVO TEAPA - S. CRUZ"

RENDIMIENTO DE MATERIALES ANTICORROSIVOS

Carlos Fabila Yérez 1979

lla así como las perforaciones hechas para medir espesores se retocarán con esmalte y se cubrirán con un "parche" de vidriomat cuando la falla este en la parte superior del tubo.

Las fallas encontradas en la mitad inferior del tubo se cubrirán con una banda completa de vidriomat que se adhiere en todo el perímetro del tubo.

IV.8.6.- LASTRADO DE LA TUBERIA.

Debido a los diferentes tipos de terreno que cruzará el Oleoducto, cuando cruce por terreno pantanoso será necesario - que lleve un peso extra que contrarreste la flotación que será provocada por el líquido desalojado, para esto la tubería se - recubrirá con un lastre de concreto para contrarrestar dicha - flotación.

Considerando que en este caso se cruzarán terrenos pantanos, se tendrá que efectuar un cálculo para saber el espesor de concreto que se colocará a la tubería.

El principio de Arquimides dice: " Todo cuerpo sumergido en un líquido, experimenta un empuje vertical de abajo hacia arriba, igual al peso del líquido desalojado".

Es decir, primeramente necesitamos conocer el peso de - la tubería e igualarla con la fuerza de flotación, de esta igualdad se verá si existe ó no flotación.

DATOS DE LA TUBERIA:

Diámetro Exterior (De) = 76.2 cm. (30")

Peso (P) = 132.85 Kg/m

Peso Recubrimiento (Pc) = ?

Esmaltado (E) = 17.8 Kg/m

Espesor del tubo = 0.714 mm.

Con los datos anteriores obtendremos el peso (P) total - de un metro de tubería revestida (esfaltada).

$$P = 132.85 \text{ Kg/m} + 17.8 \text{ Kg/m}$$

$$\underline{P = 150.65 \text{ Kg/m}}$$

El peso del líquido desalojado (PI), considerando para - el agua una densidad igual a 1.120 (1120 Kg/m³) será:

$$P_I = V \times s$$

V = Volúmen que desaloja un metro lineal de tubería.

s = Densidad del agua.

El volúmen que desalojará un metro lineal de tubería es:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times L$$

$$V = 0.785 D^2 \times L$$

D = Diámetro exterior + recubrimiento

$$D = 76.2 + 1.0 = 77.2 \text{ cm.}$$

$$V = 0.785 (77.2)^2 \quad (100)$$

$$V = 0.468 \text{ m}^3$$

Por lo que el peso del líquido desalojado será:

$$P_l = 0.468 \text{ m}^3 (1120 \text{ Kg/m}^3)$$

$$\underline{P_l = 524.16 \text{ Kg/m}}$$

Como se vé el peso del líquido desalojado es de 524.16 Kg/m y el peso por metro de tubería es de 132.85 Kg/m , por lo tanto la tubería flotará.

Conocido lo anterior se determinará el contrapeso necesario para evitar que la tubería flote.

Para lo cual el equilibrio de las fuerzas verticales será:

$$P_c = P_l - P_t$$

$$P_c = \text{Peso del contrapeso (LASTRE)}.$$

$$P_l = \text{Peso del líquido desalojado.}$$

$$P_t = \text{Peso de la tubería.}$$

$$P_c = 524.16 - 132.85$$

$$\underline{P_c = 391.31 \text{ Kg/m (LASTRE)}}.$$

Aumentando los 391.31 Kg/m a la tubería, las fuerzas dentro de la masa líquida se equilibrarán, pero para mayor seguridad se considerará un lastre adicional de 10.00 Kg/m.

Utilizando un concreto con un peso volumétrico de 2300-Kg/m³, la densidad del lastre será:

$$\xi = 2.30 \text{ Ton/m}^3 - 1.12 \text{ Ton/m}^3 = 1.18 \text{ Ton/m}^3$$

Es decir, un metro cúbico de concreto pesará dentro del agua 1180 Kg.

El volúmen total de concreto por metro lineal necesario

para que la tubería no flote será:

$$V_c = V_1 + V_2$$

V_1 = Volúmen del lastre que nos equilibra las fuerzas.

V_2 = Volúmen de lastre adicional.

$$V_1 = \frac{P}{\rho}$$

$$V_1 = \frac{391.31}{1180} = 0.331 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{10}{1180} = 0.00847 \text{ m}^3$$

$$V_c = 0.331 + 0.00847$$

$$\underline{V_c = 0.33947 \text{ m}^3}$$

Con el dato anterior se está en condiciones de determinar el espesor del recubrimiento de concreto de la siguiente forma:

Volúmen del recubrimiento (V_c):

$$V = \frac{\pi}{4} (D_r^2 - D_e^2) L$$

Donde:

$$V = 0.33947 \text{ m}^3$$

$$D_e = 0.762 \text{ m}$$

$$L = 1.00 \text{ mt.}$$

$$D_r = ? \text{ (Diámetro del recubrimiento)}$$

Sustituyendo valores tendremos:

$$0.33947 = 0.785 (D_r^2 - 0.762) \times 1$$

$$D_r^2 = \frac{0.33947 + 0.59817}{0.785} = 1.19$$

$$D_r^2 = 1.19$$

$$D = 1.09 \text{ mts.}$$

Por lo tanto llevará un espesor de:

$$e_c = \frac{D_r - D_e}{2} = \frac{1.09 - 0.772}{2}$$

$$e_c = 16 \text{ cm.} \quad \underline{\underline{\text{ESPESOR NECESARIO DE CONCRETO.}}}$$

El concreto utilizado en este caso será de 2300 Kg/m³, -
 Fc = 210 Kg/cm², con refuerzo de malla de gallinero calibre 22
 de 1"x1" de espacios libres.

IV.9.- BAJADO Y TAPADO DE LA TUBERIA.

IV.9.1.- BAJADO DE LA TUBERIA.

Antes de bajar o depositar la tubería en el fondo de la zanja se preparará éste quitando los obstáculos, piedras o - - irregularidades que puedan significar puntos de concentración durante las maniobras de bajado de la tubería.

En los lugares excavados en roca o tepetate duro, se preparará una capa de material suave que pueda dar apoyo uniforme al tubo, puede ser esta capa de tierra o arena con un espesor mínimo de 10 cm.

El bajado de la tubería deberá hacerse cuidadosamente, - empleando bandas de lona especiales que se colocarán en las - " Plumas Laterales " Caterpillar (Tractor D-8), de tal manera -

que la tubería quede sujeta a esfuerzos de compresión y no de tensión cuando sea colocada en el fondo de la zanja.

La maniobra de bajado de la tubería deberá efectuarse durante las horas del día en que la temperatura sea más baja, en el caso de que la Línea de Conducción sea para fluidos a temperatura ambiente. Si la Línea de Conducción es para fluidos con una temperatura superior a la media ambiente, el bajado de la tubería deberá hacerse a la hora del día en que la temperatura sea más alta.

En terreno plano y en condiciones normales de trabajo, deberán dejarse en la tubería y a intervalos definidos, curvas de flexibilidad (Slack Loops), o de "holgura longitudinal". Estas curvas se formarán en la tubería al bajarla dentro de la zanja, apoyándola sobre durmientes previamente colocados en el fondo, de modo que quede en esos lugares levantada cuando menos 30 cm. arriba del perfil longitudinal general de la Línea. La curva vertical se formará por el propio peso de la tubería, dentro de sus límites de flexibilidad natural o elástica. La operación de bajado de la tubería en estas curvas deberá hacerse durante las horas más frías de la jornada, cuando la tubería se encuentra contraída y deberán tomarse los cuidados adicionales para no dañar la tubería ni su recubrimiento.

IV.9.2.- TAPADO DE LA TUBERIA.

Una vez tendida la tubería dentro de la zanja, se procederá a taparla durante las horas del día en que la temperatura ambiente sea más baja, si la tubería no va a conducir fluidos a la temperatura ambiente. Si va a conducir fluidos calientes, se tapará durante las horas del día en que la temperatura ambiente sea más alta..

Se efectuará el relleno de la zanja hasta un nivel que como mínimo, estará a 20 cm. arriba de la corona del tubo, con material suave como tierra y arena. Después, se podrán echar a la zanja materiales que contengan fragmentos grandes y duros.

Todo el sobrante de la excavación se alineará sobre la zanja en forma de camellón con excepción de aquellos lugares en que puedan obstruirse los caminos, pasos, drenes, etc.

El relleno de la zanja deberá hacerse dentro de las 24 horas siguientes al bajado de la tubería, lo cual tiene por objeto prevenir la posible flotación del tubo en caso de inundación de la zanja y evitar daños en la tubería o en su revestimiento, por movimientos originados en cambios de temperatura.

El relleno final deberá ser compactado mediante varios pasos de la banda (orugas) de un tractor Caterpillar D-6 ó D-7 sobre la zanja. La forma y tiempo en que se llevará a cabo la

compactación de la zanja rellena, se fijará en cada caso; -
en la inteligencia de que el número de pasadas del tractor so
bre el camellón no será nunca menos de tres.

CAPITULO V

OBRAS ESPECIALES.

V.1.- DEFINICION.

Se consideran "Obras Especiales" aquellas que deban hacerse para que la tubería de conducción cruce obstáculos tales como: ríos, pantános, carreteras o vías de ferrocarril y también a las obras que se realicen sobre la tubería para su operación, como son; las válvulas de seccionamiento, trampas de recibo y envío de "diablos", cruzamientos aéreos y Estaciones de Bombeo.

V.2.- CRUZAMIENTO CON CARRETERAS Y VIAS DE FERROCARRIL.

Los cruzamientos de las tuberías de conducción con carreteras o vías de ferrocarril, deberán construirse de acuerdo con el proyecto respectivo respresentado en los planos.

Para proteger las líneas de conducción de fluidos con ferrocarriles, trailers, etc., sobre todo en los cruzamientos con vías de ferrocarril, carreteras y en el caso de líneas urbanas en avenidas ó calles de gran circulación, logramos la protección colocando la tubería conductora dentro de una tubería de mayor diámetro que se denomina "Camisa".

TUBERIA CONDUCTORA.

La instalación de la tubería conductora dentro de la camisa debajo de los derechos de vía, de vías de ferrocarril o de caminos debe hacerse de acuerdo con los procedimientos de construcción aprobados. Los procedimientos de construcción que se sigan deben ser los mismos bajo las vías de ferrocarril que en los caminos, bajo sus respectivos derechos de vía.

TUBERIA PROTECTORA O CAMISA (CASING).

El tubo de la camisa debe ser de cualquier tipo aprobado para la construcción de ductos y debe ser capaz de resistir el peso del terraplén, de la vía y del tráfico. Se recomienda el tubo de acero flexible de Grado "B" según especificaciones del A.P.I. y A.S.T.M. con límite Ft = 2 461 Kg/cm², limitando la deflexión permanente a un máximo de 5.0% del diámetro de la camisa. El tubo de la camisa debe construirse en tal forma que se evite la fuga de material por la misma en los tramos que se encuentre bajo la vía del ferrocarril, carretera, etc. y bajo el derecho de vía.

DIAMETRO DE LA CAMISA.

El diámetro de la camisa se diseñará de 102 mm. (4") ó 152 mm. (6") mayor que el diámetro de la tubería conductora -- aplicando el criterio como sigue:

Para líneas conductoras de gases como son: gas natural,

hidrógeno, etileno, etc., la camisa será 102 mm. (4") mayor de diámetro que la tubería conductora.

Para líneas conductoras de LIQUIDOS como son: óleo, combustible, gasolina, petróleo, etc., la camisa será 152 mm. (6") mayor de diámetro que la tubería conductora.

LONGITUD DE CAMISA.

La camisa protectora de la línea conductora se colocará de una longitud tal que libre el terraplén, si hubiere, de modo que quede un espacio suficiente entre los extremos de la camisa y el talud, que permitan en caso de una ampliación de la vía de comunicación que la tubería quede debidamente protegida; buscándose además que en caso de una reparación se pueda extraer la tubería conductora sin obstruir el tránsito.

Los Ferrocarriles nacionales de México, han proporcionado una fórmula que permite determinar la longitud mínima de la camisa; y éstos la verifican para otorgar el permiso correspondiente. La fórmula que propone F.F.C.C., es como sigue:

$$L_c = 4.00 + 0.6 (hc + \varnothing)$$

L_c = Distancia del extremo de la camisa a la línea de centro de la vía de comunicación, medida sobre una perpendicular a ella.

hc = Distancia entre la cara inferior del durmiente al centro de la tubería de la camisa.

\varnothing = Diámetro de la camisa protectora.

El A.P.I., recomienda que esta longitud deberá ser del ancho total del derecho de vía de la obra que se cruce, por lo que queda a criterio del proyectista determinar esta longitud, únicamente deberá tomarse en cuenta que quede debidamente protegida la tubería conductora previendo cualquier obra adicional en estas mismas vías de comunicación.

PROFUNDIDAD DE CRUCE.

Para fijar la profundidad de cruce deberán tomarse en consideración los siguientes aspectos obtenidos de acuerdo a los códigos del A.P.I. y confrontados a satisfacción con las solicitudes de los Ferrocarriles Nacionales de México y de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

a) Los FF. CC. Nacionales de México exigen que la tubería de protección o camisa debe tener como mínimo un colchón de protección de 1.50 mts. contado desde la parte del durmiente al lomo de la camisa.

b) La S.A.H.O.P. ESPECIFICA: la distancia entre la parte más baja del terreno natural dentro del derecho de vía o de la parte más baja de la sección del camino sobre la tubería o la camisa, será de 1.50 mts. como mínimo en los terrenos con terraplén, y de 2.00 mts. a partir del fondo de la cuenta.

c) Fuera de estos puntos, el colchón mínimo será de 0.90 mts. sobre la tubería en lecho de tierra y 0.60 mts. en le

lecho rocoso.

LAS VENTILAS.

Las ventilas para la inspección y limpieza de la camisa-varían en proporción al diámetro de la camisa según lo siguiente:

Diámetro nominal de la camisa (pulgadas)	Diámetro nominal de las ventilas (pulgadas)
6, 8 y 10	2
12, 14, 16 y 18	3
De 20 en adelante	4

La localización de las ventilas se proyectará siempre -- fuera del derecho de vía de las instalaciones que se crucen, - ubicándose invariablemente a 1.00 mt. como mínimo fuera del límite de estos derechos medidos normalmente al eje de la vía de comunicación de que se trate.

Para las alturas de estas ventilas, es decir la eleva--- ción sobre el terreno de las bocas de las mismas será como si--- gue:

En el campo 1.25 mts. mínimo

En la ciudad 2.50 mts. mínimo

En caso de que la camisa esté a desnivel, la ventila que sale por la parte inferior de la camisa deberá quedar invaria--

blemente en el extremo más bajo de la misma, y cuando esté a nivel en el extremo más conveniente.

Se buscará siempre de ser posible, que dichas ventilas se coloquen con la misma alineación que la línea conductora, para que queden alojadas en la misma zanja y al mismo tiempo sirvan como referencias del rumbo de la tubería.

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

Los sistemas de construcción que pueden utilizarse para la instalación de la camisa son: HINCADO Y ZANJA A CIELO ABIERTO.

HINCADO.

Para ejecutar este procedimiento de construcción se deberá contar con terreno libre de boleo, roca suelta, o roca fija, con objeto de que el gusano perforador no se obstruya con este tipo de material, impidiendo la penetración de la camisa protectora a través del terraplén de la vía de comunicación por cruzar.

ZANJA A CIELO ABIERTO.

Este procedimiento de construcción es el que representa para su ejecución las mejores ventajas ya que el material que constituye el terreno, aún tratándose de roca fija, podrá atacarse con equipo mecánico e incluso utilizarse explosivos de ser necesario, para obtener la zanja que alojará a la tubería-

de la camisa.

Solamente en este tipo de obra, previamente colocada la camisa, se compactará adecuadamente el relleno de la zanja de manera que quede el terraplén en las mismas condiciones, a las anteriores de efectuar el cruzamiento.

INSTALACION DE LA TUBERIA CONDUCTORA.

Para instalar la tubería conductora en la tubería de la camisa se procederá primeramente a efectuar la protección mecánica de la conductora limpiándola y rasqueteándola para aplicar posteriormente sobre el metal base la pintura primaria, el esmalte y la protección anticorrosiva de la tubería.

Efectuada la protección mecánica de la lingada de cruzamiento (conductora) se instalará sobre ella los aisladores y centradores, mismos que servirán de apoyo entre ambas tuberías.

La tubería que funcionará como camisa protectora una vez que ha sido habilitada en la longitud necesaria, se le sueldan a 0.60 mts. de cada una de las bocas un niple de 152 mm. (6") de longitud, dirigidos en sentido opuesto y que más tarde servirán para unir las ventilas en la camisa.

Para colocar la tubería conductora dentro de la camisa se utilizan unos cables de acero que se enganchan en un extremo de la camisa. Se aplica presión de manera que la tubería protectora se deslice sobre los aisladores, los que previamente se untan con grasa, hasta llegar a ocupar la posición correspondien-



HINCADO DE CAMISA PROTECTORA EN
CRUZAMIENTO CON VIA DE FERROCARRIL.

te según el plano que ha sido proyectado para el caso.

Posteriormente ya colocados en su posición correcta camisa y conductora, se instalarán los sellos de hule (sello expansor) en los extremos de la camisa, flejados en sus bocas para dejar un cierre hermético entre tuberías.

Terminamos esta parte con la unión de las ventilas al cuerpo de la camisa. Estas ventilas se encuentran formadas de tubería, codos de 90° y retornos de 180° según detalle en los planos.

V.3.- CRUZAMIENTOS CON CORRIENTES DE AGUA.

Se puede decir que en la construcción de Líneas de Transporte de flúidos, una de las fases constructivas más importante es la concerniente a cruzamientos con corrientes de agua, sobre todo cuando se trata de corrientes de gran cauce, lo cual merece una especial atención, de tal suerte, que se podría realizar un estudio aparte para describir el procedimiento constructivo-completo para un cruzamiento de esta índole.

En nuestro proyecto en cuestión, se cruzarán importantes corrientes de agua como son el Río Coatzacoalcos, el Río Jaltepec y el Río Tehuantepec, a los cuales se deberá dar una especial atención ya que son considerados como "obras especiales", - en cuanto al proyecto en general se refiere.

Para llevar a efecto una buena construcción, es necesario tener una amplia información de las características del Río

por cruzar, para tal efecto se deben realizar los siguientes es
tudios:

Levantamiento Topográfico.

Se levantará la topografía de los accesos en ambas márge
nes del río, estableciendo una línea base en una de las márge--
nes del río y haciendo seccionamientos a cada 10,00 mts. perpen
diculares a la orilla del río cubriendo 50.00 mts. hacia ambo--
lados del eje del trazo. Se colocarán monumentos de referencia--
tanto a lo largo del eje del trazo como a 50.00 mts. hacia amo--
bos lados del eje del trazo. Se configurará con detalle las márge
genes del río en la zona de accesos.

Levantamiento Batimétrico.

Para representar en un plano el relieve del fondo del --
río en la zona del cruzamiento, se realizará un sondeo de las -
profundidades con un ecosonda especialmente diseñado para traba
jos de ingeniería (Aparato modelo DE-719 de la Raytheon Co.) me
diante em cual se obtienen "ecogramas" con los perfiles trans--
versales del río.

Estudio Geotécnico.

Se realizarán sondeos (el número necesario) geológicos -
perforando con equipo de mecánica de suelos hasta una profundi
dad de 20.00 a 30.00 mts., según las necesidades o requerimient
os del mismo cauce, las perforaciones se realizarán en las mar

genes y dentro del cauce, para determinar las características geotécnicas de los materiales que existan en el sitio del cruce; lo cual, nos permitirá establecer los cortes estratigráficos que muestren el tipo de material y las características geotécnicas del subsuelo para fines de dragado, además; nos permitirá complementar el estudio de la socavación para determinar la profundidad mínima de proyecto para emplazar la tubería bajo el fondo del cauce.

Estudio Hidráulico y Cálculo de la Socavación.

Se investigarán y recopilarán los datos de las diferentes dependencias (S.A.R.H. , S.A.H.O.P, etc.) que nos permitan conocer el comportamiento de la cuenca, los regimenes hidrológicos y los diferentes gastos de las avenidas máxima y extraordinarias que pasan por la sección del cruce del río, para hacer el cálculo del tirante de socavación ó erosión máxima del fondo y con ello proyectar la profundidad mínima para emplazar las tuberías bajo el fondo del río. Así mismo; se estudiarán las tendencias de divagación lateral del eje del cruce del río, utilizando fotografías aéreas de vuelos efectuados en diferentes años, para realizar con ellas la fotointerpretación cronológica de los procesos de divagación lateral del eje del canal y la formación de meandros para prever las tendencias de erosión de los márgenes en el futuro y recomendar si es necesario dragar con mayor ó menor amplitud la zanja de los accesos del río.

Localizado el lugar por donde se cruzará el río y tenien

do los datos del proyecto, de acuerdo a los estudios realizados en la zona de influencia del cruzamiento, se podrá llevar a efecto la construcción de acuerdo al siguiente orden:

- Preparación del sitio de cruce.
- Construcción de terraplenes y plataformas.
- Descarga, acarreo y distribución de la tubería y demás materiales.
- Instalación de la vía "De Cauville" o construcción de zanja para flotar la tubería.
- Doblado, alineado y soldado de la tubería.
- Excavación de la zanja y pozos de trabajo fuera del lecho del río.
- Colocación de la tubería sobre los carritos.
- Inspección radiográfica total de las soldaduras.
- Prueba hidrostática.
- Limpieza exterior, pintura y esmaltado; parcheo de las uniones.
- Prueba eléctrica del revestimiento de la tubería.
- Revestimiento de concreto en las uniones.
- Excavación dentro del lecho del río.
- Instalación de la tubería en la zanja del lecho del río.
- Tapado de la zanja.
- Armado e instalación de cabezales.

- Prueba hidrostática final.
- Limpieza interior final de la tubería.
- Protección de cabezales.
 - a).- Plataforma de operación.
 - b).- Válvulas, piezas de transición, accesorios, etc.
- Limpieza general del sitio de cruce.

Podrá observarse en el listado anterior de conceptos que, para llevar a cabo la construcción de un cruzamiento fluvial de gran cauce, la mayoría de estos ya han sido comentados ampliamente en páginas anteriores, por lo que a continuación se describirán los que aún no se han tratado, y que son los siguientes:

Construcción de Terraplenes y Plataformas.

Para su ejecución se tendrá que ajustar a los planos de proyecto que han sido elaborados previamente, de tal manera que al terminarse de construir presenten la mayor estabilidad posible, tanto para la circulación de vehículos como para todas las maniobras e instalaciones que durante la construcción de la obra serán necesarias, así como para dejarlos definitivamente para operación de la línea.

Construcción de la zanja para flotar la tubería.

Esta zanja se hará de acuerdo con los planos de proyecto, se construirá de tal manera que la introducción de la tubería -

en élla seá lo más seguro y fácil posible.

Para iniciar la excavación es necesario que la lingada de cruzamiento esté completamente lista para su instalación dentro del lecho del río.

Toda la lingada de cruzamiento se colocará paralela al eje de la zanja sobre polines de madera normales a la misma.

Los polines tendrán una pendiente hacia la zanja, y cuando se vaya a efectuar la instalación de la tubería en la misma, estos polines se engrasarán para permitir el fácil deslizamiento de la lingada.

Para preparar la lingada de cruzamiento se puede emplear la vía "De Cauville", la cual consiste en un tendido de vía de F.C. a la cual se colocan unos carritos bien engrasados momentos antes de empezar a introducir la tubería al río, los cuales soportarán la tubería, esta colocación se hará por medio de tractores con pluma lateral o con grúas que permitan efectuar la misma operación.

La separación máxima a que irán colocados los tractores para levantar la tubería será de 20.00 mts. uno con respecto al otro.

Los tractores irán colocados de tal manera que abarquen toda la longitud de la lingada, con la separación antes indicada.

A un mismo tiempo los tractores subirán la lingada a los carritos tomando todas las precauciones posibles con objeto de

no deteriorar ni el forro de concreto ni las uniones de los tubos, ni la tubería en sí.

Instalación de la tubería en la zanja del lecho del río.

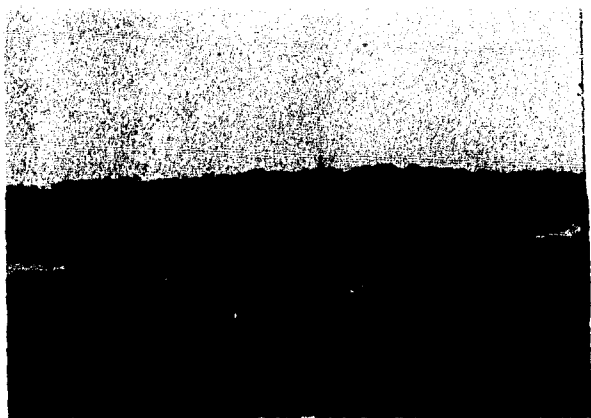
En esta fase del trabajo, deberán tomarse todas las precauciones necesarias al introducir la lingada al río, con objeto de tener la mayor seguridad de que no se presenten curvas o dobleces que hagan que la tubería se deforme de tal manera que llegue a sobrefatigarse y pueda fallar posteriormente.

La tubería debe estar completamente vacía y tapada por sus extremos con objeto de evitar la entrada del agua cuando se vaya introduciendo al río.

La tubería debe ocupar el fondo de la zanja excavada; para verificar esto, habrá necesidad de bajar al lecho del río a ver como está colocado el tubo.

Posteriormente se describirá el equipo utilizado en esta importante fase.

Los conceptos anteriormente descritos son los de mayor relevancia en cuanto a obra civil se refiere, pero no con esto se haya interpretado que los demás carecen de importancia.



TERRAPLEN BATA WAZZHEMINTO EN CIUDADONTES SUB-FRANCA.

V.4.- CRUZAMIENTO AEREOS.

Este tipo de cruzamiento suelen presentarse con cierta frecuencia en zonas montañosas donde los cauces son profundos, - en cuyos casos se tendrá en consideración lo siguiente:

- En claros pequeños el tubo podrá por sí solo trabajar como viga; deberá calcularse el claro para cada tipo de tubería, pero con un coeficiente de seguridad bastante alto para la fatiga del material del tubo, se tendrá cuidado de proteger debidamente contra la corrosión los puntos de empotramiento del tubo en el terreno y además proyectar en tal forma que el tubo no -- pueda utilizarse como puente para uso de peatones.

- En claros mayores donde sea necesario el uso de puen--tes colgantes o de estructura, deberá estudiarse cuidadosamente el terreno de las márgenes que servirán de apoyo a las torres, - muertos, etc., para asegurarse de que no se presentarán desperfectos por fallas del terreno, ocasionadas por eroción, desla--ves, etc.

V.5.- CRUZAMIENTOS CON PANTANOS..

En virtud de que nuestro proyecto en cuestión cruzará -- con terrenos pantanosos, se hace necesario realizar una serie - de maniobras para llevar a cabo el lanzamiento de la tubería a través del pantáno, esto se realiza apoyando la tubería lastra--da sobre roles metálicos forrados de hule para que no se maltra te la tubería revestida de concreto.

Las maniobras que se realizan comunmente son las siguientes:

- Se suelda una lingada de 10 a 12 tramos de tubería revestida de concreto.
- Se radiografían las juntas, reparando las que sea necesario.
- Se parchan las juntas con materiales anticorrosivos y se revisten de concreto las uniones.
- Se colocan a la lingada en la parte superior y en el sentido de la misma, tambores vacíos de 200 lts. de capacidad, sujetándolos con flejes metálicos.
- Con dos tractores con pluma lateral se coloca la lingada sobre los roles metálicos, jalándola con los mandos, para que vaya cayendo en la zanja previamente construída.

V.6.- PRUEBA DE PRESION HIDROSTATICA.

Condiciones requeridas para efectuar la prueba.

Para poder efectuar la prueba, es necesario que el tramo por probar se encuentre en las condiciones más aproximadas a aquellas a que estará sujeta la línea una vez puesta en operación, es decir, deberán estar terminadas y aprobadas las etapas de construcción previas a la prueba hidrostática, como son: protección anticorrosiva, lastrado (en los casos en que -

se requiera), obras especiales, enterrado y tapado e instalación de las válvulas, conexiones y accesorios definitivos..

Antes de iniciar la prueba, se inspeccionarán minuciosamente las conexiones de las bombas de la línea, y la instalación y calibración de los instrumentos de medición que se vayan a emplear. Se tomarán las medidas de seguridad necesarias en aquellos sitios que por su ubicación pudieran representar en caso de fallas, peligro para el público o instalaciones ---adyacentes.

En terrenos montañosos o con fuerte pendiente topográfica a lo largo de la línea, la longitud máxima de los tramos --por probar, deberá ser tal, que dentro de cada uno de ellos, - la diferencia de presión entre dos puntos cualquiera del tramo de prueba, sea como máximo igual al 10% de la presión de prueba.

En el caso de tramos horizontales de la línea, la longitud máxima de los tramos de prueba será tal, que permita una -rápida revisión, vaciado, reparación y llenado para repetir la prueba en caso de encontrarse alguna falla. Los tramos no deberán tener una longitud mayor de 25 (veinticinco) Kilómetros.

Procedimientos de la prueba hidrostática.

En el extremo de la línea por el cual se inyectará el agua para la prueba, se introduce un "diablo" de capas de hule y alambre de acero, el cual servirá para desalojar el aire de-

la línea cuando sea impulsado por el agua que se bombee para el llenado. Inmediatamente después se suelda en ese mismo extremo, el tapón de cabeza, en el cual se alojará previamente un "diablo" de capas múltiples, cuya función será desalojar el agua, una vez completada la prueba. Al soldar el tapón de cabeza, el injerto de la tubería de inyección quedará localizado entre los dos "diablos" a que se ha hecho mención.

Introducidos los "diablos" y soldado el tapón de cabeza, se efectúa la conexión de la bomba de llenado y se instalan los instrumentos de medición, tales como manómetros, manógrafos y termógrafos; estos instrumentos permitirán observar directamente las presiones y temperaturas en el interior de la línea, obteniéndose además un registro gráfico de las variaciones respectivas.

Conectados y revisados la bomba de llenado y los instrumentos de medición, se procede a llenar la línea, deslizándose el primer "diablo" de capas y cepillos, por impulso del agua inyectada a la línea. Cuando esta operación se inicie, deberá mantenerse bombeo constante para tener siempre en movimiento al "diablo" que expulsa el aire y el agua infiltrada a través del mismo, ya que al suspenderse el bombeo se puede originar depósito de sedimentos que dificultan el movimiento del "diablo" al reiniciarse el bombeo.

Durante la operación de llenado es conveniente evitar al

máximo la introducción de aire emulsionado con agua en la sección, introduciendo la pichanca suficientemente bajo la superficie del agua. La formación de bolsas de aire originan mayor presión de bombeo para el llenado y dificulta la apreciación de fugas cuando se tiene la línea a presión.

Cuando el "diablo" que desplaza el aire ha llegado al extremo opuesto, se dejará fluir el agua hasta que se observe que ésta es relativamente limpia, después de lo cual se suspenderá el bombeo para colocar el tapón de cabeza. Soldado este último, se bombea de nuevo elevando la presión y desfogando en operaciones sucesivas de la válvula, para desalojar el aire -- que haya quedado atrapado en el extremo de la línea.

Se procede después a cambiar la bomba de llenado por una de alta presión, elevando ésta hasta el límite requerido por el tramo en prueba.

La presión de prueba deberá ser mantenida durante un lapso mínimo de 24 horas, en el cual se observarán los cambios de presión y temperatura y se vigilará el derecho de vía para apreciar las fallas que pudieran presentarse.

En caso de fallas (pequeños poros), se abatirá la presión procediendo a reparar la tubería exteriormente, si es que esto se considera conveniente, de otro modo, se procederá como en el caso de fallas grandes (roturas), dejando escurrir el agua por gravedad hasta quedar en condiciones de substituir el

tramo o tramos, repitiéndose la prueba.

Completada la prueba satisfactoriamente, se procederá a - cortar el tapón de cabeza en el extremo opuesto a la inyección, para desalojar luego el agua impulsando con gas el "diablo" de capas múltiples que se introdujo previamente en el tapón de cabeza del extremo de llenado.

Para la operación de la corrida del "diablo" con gas, se procurará aprovechar las válvulas de seccionamiento con objeto de desperdiciar la mínima cantidad de gas posible, debiendo cerrar la válvula más próxima al extremo de salida una vez que ha ya sido expulsado el "diablo".

Cuando durante el recorrido del "diablo" o los "diablos" que expulsan el agua inicialmente, no se logra secar la línea por completo, es necesario efectuar una limpieza final y secado de la línea. Por ello, una vez que hayan sido probados y empatados los tramos, se procederá a correr en los tramos, un "bache" de alcohol industrial de 20 barriles (3 180 lts.) aproximadamente contenido entre tres "diablos" de capas múltiples.

CAPITULO VI

RENDIMIENTO DE MAQUINARIA.

VI.1.- GENERALIDADES.

En la industria de la construcción se utiliza la palabra "producción" con el mismo significado que "rendimiento", que el diccionario define como: "la cantidad o magnitud producida, en un tiempo determinado".

El "rendimiento" se puede expresar cuando menos de tres maneras:

La primera, es tomando como base los requisitos de la -- Obra. Si en programa de una obra se requieren "x" cantidad de -- trabajo para mover "y" cantidad de material (terracerías), las -- máquinas para terracerías del contratista debe mover o "produ-- cir" tal cantidad de material.

La segunda, se mide o se estima el rendimiento de la ma-- quinaría determinada, para determinar el número necesario de -- esas máquinas para obtener la producción requerida.

La tercera manera de expresar la producción es en fun--- ción del costo. Este es el cálculo final e importante, ya que -- es la base con la que se establecen los contratos. Pero es pro-

bable que los costos no sean exactos o útiles hasta que se conozcan las características de la obra y el rendimiento del equipo.

La designación del uso del equipo y maquinaria, dentro de un procedimiento de construcción, se basa en estudios empíricos o estadísticos para la determinación de su costo por unidad de trabajo, para hacer una evaluación es necesario estimar el COSTO-HORARIO y el RENDIMIENTO DE PRODUCCION de cada una de las máquinas por emplearse.

El Costo-horario se relaciona con los siguientes conceptos:

- A - Cargos Fijos.
- B - Cargos de Consumo.
- C - Cargos de Operación.

A - Los Cargos Fijos, también llamados de propiedad, porque siempre estarán actuando independientemente si el equipo esté o no trabajando, se componen a su vez de:

1.- Depreciación: (Disminución gradual del precio original de adquisición de la maquinaria, como resultado del desgaste, del obsoleto o una combinación de ambos).

2.- Inversión: (Interés correspondiente al capital invertido en la adquisición del equipo).

3.- Seguros: (Póliza de seguros por riesgos no previstos)

4.- Almacenaje: (Renta por pensión).

5.- Mantenimiento: (Reparaciones mayores y menores).

B - Cargos por consumo, son los correspondientes al combustible, lubricantes, filtros, grasas, estopas, llantas (cuando el equipo las usa, si no este concepto desaparece).

C - Cargos por operación, los correspondientes a los sueldos -- del personal encargado de manipular el equipo en cuestión.

VI.2.- FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO.

Todo equipo de construcción, está proyectado para un fin determinado y sus características son acordes con este objetivo, debiendo verificarse en su utilización, la producción real del mismo para poder evaluar sus costos unitarios; en caso de que se carezca de experiencia, en algún tipo específico de obra, se recomienda utilizar los rendimientos teóricos que proporciona el fabricante modificándolos mediante la aplicación de los factores que se estudiarán a continuación para tratar de llegar a los reales.

PESO VOLUMETRICO.

Dentro de las limitaciones que imponen los fabricantes de maquinaria en su utilización, se encuentra la capacidad del-

vehículo, ya sea por su peso o por su volumén, debiendo poner - especial cuidado el propietario u operador de no exceder estas - capacidades límites, para evitar el deterioro del equipo.

En el caso de unidades de acarreo, su capacidad de carga está definida por la geometría del recipiente en el que se depó sita el material, motivo por el cual, la potencia requerida pa - rra su movimiento, velocidad de traslado y rendimiento, estará - en función del peso volumétrico de dicho material.

La forma ideal para determinar los pesos volumétricos, - es mediante pruebas de laboratorio en matraces calibrados a di - ferentes temperaturas, colocando el material que se pretenda -- analizar, en agua destilada a una temperatura que comunmente es de 4° C, y relacionando el peso del material, con el del agua - desalojada. En caso de carecer de un laboratorio, en el campo - es factible determinarlo tan solo con una báscula y relacionado el peso del material, con el volúmen que desalojó al extraerlo - de su lugar de origen.

CONTENIDO DE AGUA.

De la "muestra" de material obtenida, debe considerarse - que el volumen total va estar integrado por sólidos, aire y --- agua, elementos que variarán en función de la "relación de va -- cios" y de la "porosidad". El contenido de humedad, quedará de - finido por la relación porcentual del peso del agua al peso só - lido, y no al peso total, pues ya se observó que carece de va --

lor fijo y variará de acuerdo a las condiciones en que se encuentra el material.

Se puede dar el caso de que todos los poros del material, se encuentran llenos de agua, denominándose a esta condición "saturación", que para el caso de las arenas oscila entre el 12 y el 36% y para las arcillas llega a obtener valores hasta del 325%.

ABUNDAMIENTO.

Al efectuar la remoción de cualquier material que se pretenda extraer o transportar, se modifican sus propiedades físicas, aumenta el número de vacíos se pierde humedad, disminuye su peso volumétrico, dando por resultado, que al tratar de referir el rendimiento de nuestro equipo al volumen medido en "banco", observaremos que ese volumen extraído, no fue el mismo que se acarreo, debido al incremento que sufrió al modificarse las propiedades físicas del material.

Es de suma importancia para la evaluación de los costos, el considerar esta propiedad, la forma de evaluarla es mediante una prueba de laboratorio y con la aplicación de la siguiente expresión:

$$\text{Porcentaje de Abundamiento} = \left(\frac{B}{A} - 1 \right) \times 100$$

B = Peso del material inalterado.

A = Peso del material suelto abundante.

Dado el caso de no contar con un laboratorio, se puede obtener el abudamiento aproximado con un recipiente calibrado en el que se medirá el volúmen del material ocupado en estado suelto y el que resultó de extraerlo del banco.

Deberá tenerse presente, que inclusive el método y las herramientas empleadas al extraer el material, tienen influencia sobre el abudamiento que el mismo sufrirá. Debido a este abudamiento, es práctica común de los fabricantes el designar a las máquinas por su capacidad nominal, la cual representa el volumen geométrico de su contenido al "ras" del borde de la cuchara o recipiente formado por la caja; también se suele designar por el volúmen geométrico (al rás) más el volumen correspondiente al "copete" de material extra, que puede manejar sin que se derrame, ya sea la cuchara, hoja topadora, o caja del vehiculo transportador.

A continuación, indicaremos los coeficientes de abudamiento límites y valores promedio de varios materiales. En la práctica y especialmente cuando se trate de obras en las cuales se tengan que mover o extraer volúmenes muy grandes de material, la determinación de los coeficientes deberá hacerse cuidadosamente, ya que varían dentro de una gama tan amplia, que se corre el peligro de incurrir en serios errores al efectuar la -

estimación de costos.

PESOS ESPECIFICOS O VOLUMETRICOS DE MATERIALES DIVERSOS EN
BANCOS SUELTOS, PARA DETERMINAR SU ABUNDAMIENTO.

MATERIAL	Kg/m ³	MATERIAL	Kg/m ³
ARCILLA		GRAVA	
En bancos naturales	1955	En bancos naturales	1837
Excavada suelta	1360	Suelta y seca	1600
ARCILLA Y GRAVA		Suelta y húmeda	1955
En bancos naturales	2015	Contaminada con arcilla seca	1600
Material suelto seco	1600	Excavada en agua	950
Material suelto húmedo	1840		
ARENA		LUTITAS Y PIZARRAS	
En bancos naturales	1900	En bancos naturales	2725
Suelta y seca	1600	Sueltas excavadas	1540
Saturada de humedad	2015	MINERAL DE HIERRO	
ARENISCAS		En bancos naturales	2725
En bancos naturales	2370	Excavado suelto	2310
Excavada suelta	1300		
ARENA Y GRAVA		ROCAS IGNEAS DE GRANO FINO Y COLOR OSCURO- (Basalto, andesita, etc.)	
En bancos naturales	1835	En bancos naturales	2960
Suelta, seca	1540	Sueltas excavadas	1720
Suelta y húmeda	1900		
CARBON DE ANTRACITA		ROCA CALIZA	
En bancos naturales	1540	En bancos naturales	2600
Excavado, suelto	830	Excavada suelta	1540
CARBON BITUMINOSO		TIERRA COMUN	
En bancos naturales	1330	En bancos naturales	2100
Excavado, suelto	740	Suelta con humedad	1650
		Arcillosa, seca	1600
GRANITO		TIERRA MARGOSA	
En bancos naturales	2725	En bancos naturales	1780
Excavado suelto	1540	Suelta y seca	1215

COEFICIENTES DE ABUNDAMIENTO DE DIVERSOS MATERIALES.

MATERIAL	LIMITES	PROMEDIO
Arena o grava limpia	1.05 a 1.15	1.10
Tierra y grava limpias mojadas	1.10 a 1.20	1.15
Capas de tierra vegetal	1.10 a 1.20	1.15
Tierra común	1.20 a 1.40	1.30
Margas arenosas	1.10 a 1.30	1.20
Margas arcillosas	1.15 a 1.35	1.25
Lodo de tierra común	1.25 a 1.50	1.40
Arcilla sin contaminaciones	1.30 a 1.60	1.45
Arcilla blanca friable densa	1.35 a 1.55	1.45
Arcilla dura mezclada con piedras	----	1.50
Roca bien tronada	1.50 a 1.80	1.65
Roca mal tronada en grandes trozos	1.70 a 2.00	1.85
Pizarra y arcilla enquistosas	----	1.65
Rocas (Basalto, riolita, granito)	----	1.50

Para mayor ilustración, consideramos cuatro grandes grupos de materiales como los más representativos y sus efectos al ser extraídos del banco y cargados.

MATERIAL	% VACIOS	% CAPACIDAD MAXIMA DE UN CUCHARON COLMADO	% DEL VOLUMEN EN EL BANCO
Arena	10	90	111
Tierra común	20	80	120
			133

RESISTENCIA AL RODAMIENTO.

Otro factor de importancia que afecta la capacidad de -- producción de cualquier vehículo en movimiento, es la "Resisten-
cia al rodamiento", la cual está determinada por dos factores -
principales:

- a).- Condición física del camino.
- b).- Medios tractivos de la unidad de acarreo.

Se define como la fuerza horizontal que deberá desarro--
llar un vehículo que se mueve sobre una superficie de rodamien-
to plana y sensiblemente horizontal, para vencer la resistencia
que dicha superficie opone al movimiento del mismo, así como --
ciertas resistencias mecánicas inherentes a los dispositivos pa
ra el movimiento del propio vehículo.

Los factores que mayor influencia tienen en la magnitud-
de la resistencia al rodamiento son los que a continuación se -
indican:

1).- Condiciones de la superficie de rodamiento, de las-
cuales se deriva el grado de penetración o hundimiento de las -
llantas, zapatas u orugas del dispositivo de tránsito del vehí-
culo.

2).-- La flexión que sufren las paredes de las llantas al

deformarse como consecuencia de la carga del peso que sustentan y de las irregularidades del camino.

3).- La velocidad a la que transita el vehículo.

4).- La fricción que ocurre en los cojinetes y en el eje de las llantas.

De los factores antes señalados, el de mayor influencia es el derivado de las condiciones de la superficie de rodamiento del camino, siendo las restantes de mucha menor importancia y prácticamente de valor fijo, pudiéndose agrupar en un solo factor que representa una resistencia de 10 kilogramos por tonelada de peso del vehículo, o sea:

a).- Flexión por deformación de las llantas.

b).- Velocidad a la que transita el vehículo.

c).- Fricción entre cojinetes y eje de las llantas

$$a + b + c = 10 \text{ Kg/ton.}$$

Las condiciones de acabado de la superficie de rodamiento de un camino, tiene fundamentalmente importancia en el valor de la resistencia al rodamiento del equipo, ya que no solo de ellas depende el grado de penetración de las llantas u orugas sobre la superficie del camino, sino inclusive la velocidad de régimen a que transitará el mismo.

Para vehículos equipados con llantas, la resistencia al-

rodamiento será influenciada también por las dimensiones, presión y diseño del dibujo de las mismas, en equipo dotado de orugas para su tránsito, la resistencia al rodamiento prácticamente dependerá de las condiciones de la superficie de rodamiento del camino.

Por lo anterior se comprende la razón por la cual en -- vehículos destinados a transitar normalmente en caminos con superficies de rodamiento de muy buen acabado, como en el caso de carreteras, se procura dejarlos con llantas de alta presión con dibujos angostos, si tal vehículo sale de un camino pavimentado a una brecha en malas condiciones, inmediatamente se sentiría -- que la resistencia al rodamiento aumenta, derivado del camino -- adverso de las condiciones de la superficie de rodamiento.

Las llantas de baja presión y con dibujos gruesos o anchos, generalmente son destinadas para trabajos en superficies de rodamiento difíciles en las que se requieren una gran área -- de sustentación para reducir las presiones unitarias sobre el -- terreno, reduciendo así la penetración de las llantas del vehículo en el mismo. Igual ocurre en el equipo dotado de orugas.

El aumento de la resistencia al rodamiento de un vehículo implica forzosamente un aumento en la potencia que el mismo -- habrá de desarrollar, así como un aumento en su consumo de con-

bustible a más de que las velocidades de régimen resultarán inversamente proporcionales a la resistencia al rodamiento.

En tanto mejores sean las condiciones de las superficies de rodamiento de los caminos de construcción, mayores podrán -- ser las velocidades de tránsito del equipo y este sufrirá condi ciones menos severas, con lo que se alargará su vida útil, disminuirán sus costos de operación y mantenimiento y aumentarán -- sus rendimientos.

Para determinar la resistencia al rodamiento sobre una - superficie de camino determinada, bastará remolcar un vehículo- por medio de un cable y un tractor cualquiera, insertando en el cable un dinamómetro u otro dispositivo que mida directamente - la tensión promedio en el cable de remolque. La tensión medida- será la resistencia al rodamiento correspondiente al peso total remolcado. La resistencia unitaria al rodamiento se determinará por medio de la fórmula:

$$R = \frac{P}{W}$$

En la que: R = Resistencia al rodamiento (Kg/ton)

P = Tensión total promedio del cable expresada en -
Kilogramos.

W = Peso total del vehículo remolcado, expresado en
toneladas.

Obtenida la resistencia al rodamiento, expresada en kilogramos por tonelada, se podrá determinar el porcentaje correspondiente.

A continuación indicaremos valores de la resistencia al rodamiento, para ser utilizado en la evaluación del rendimiento del equipo de construcción de terracerías y sus costos.

VALORES PROMEDIO PARA EL COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL RODAMIENTO, EXPRESADO COMO UNA FRACCION DE LA CARGA BRUTA.

CLASE DE CAMINO	ORUGAS	NEUMATICOS
Concreto	0.028	0.023
Camino de tierra, seco estabilizado	0.040	0.035
Tierra firme	0.055	0.040
Tierra seca y floja	0.065	0.045
Lodo	0.120	0.160

VALORES TIPICOS DE LA RESISTENCIA AL RODAMIENTO PARA VARIOS TIPOS DE SUPERFICIES Y DE DISPOSITIVOS DE TRANSITO.
(Porcentaje del peso total de la maquinaria).

CARACTERISTICAS DE LA-SUPERFICIE DE RODAMIENTO.	RUEDAS DE TRANSITOS ACERO PLANO DE ORUGAS C/ CHU MACERA.		LLANTAS DE HULE- CON PRESION	
			ALTA	BAJA
Pista de concreto con-acabado liso.	2.0	2.75	1.75	2.25
Pista de asfalto bien-conservada.	2.5- 3.5	3.0- 3.5	2.0-3.25	2.5-3.0.
Camino con superficie-de tierra compactada,-bien conservada.	3.0- 5.0	3.0-4.0	2.0- 3.5	2.5-3.5
Camino con superficie-de tierra, mal conser-vado y con baches.	5.0- 7.5	4.0- 5.5	5.0- 7.0	3.5-5.0

Camino de tierra lodoso, mal conservado y con baches.	10.0-12.5	7.0- 9.0	8.0-11.0	7.5-10.0
Camino con superficie-terminada de grava y arena suelta.	14.0-16.0	8.0-10.0	13.0-14.5	11.0-13.0
Camino de tierra muy lodoso, con baches y superficie reblandecida.	17.5-20.0	10.0-12.0	15.0-20.0	14.0-17.0

VALORES PROMEDIO PARA EL COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL RODAMIENTO, EXPRESADOS COMO UNA FRACCION DE LA CARGA BRUTA.

Observando los valores consignados en las tablas anteriores, se aprecia la ventaja de usar equipo dotado de orugas y de llantas de baja presión, en superficies de rodamiento adversas, en las que se requieren de bajas presiones unitarias sobre el terreno, para evitar que los dispositivos de tránsito de las máquinas se hundan en el mismo.

Por otra parte se observa también la ventaja de emplear llantas de altas presiones en superficies resistentes, y bien acabadas.

RESISTENCIA POR PENDIENTES.

Otro factor que afecta el costo de los movimientos de tierra, y de una importancia similar a la "Resistencia al rodamiento", son los efectos de las pendientes. Al construir un terraplén, con frecuencia es posible obtener el material en un

banco de préstamo localizado ya sea arriba o abajo de este; en el caso de encontrarse hacia arriba del terraplén, el efecto de la pendiente en la unidad de acarreo cargada, consiste en reducir la fuerza tractiva en un valor de 10 kg/ton., por cada uno por ciento (1%) de pendiente. Si el banco de préstamo está más abajo que el terraplén, el efecto de la pendiente adversa en la unidad de acarreo cargada, consiste en reducir la tracción requerida en la proporción antes citada.

Evidentemente que la pendiente del camino afectará la capacidad de acarreo de las unidades, su comportamiento y consecuentemente su costo.

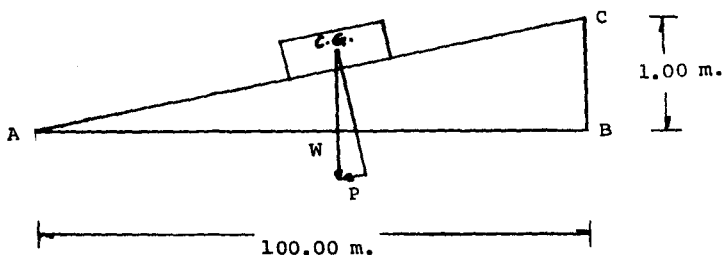
Puede ser económico obtener el material a partir de un banco de préstamo situado por arriba en vez de abajo del terraplén, aunque la distancia de acarreo del banco más elevado sea mayor que la del banco bajo.

La obtención del valor antes citado de 10 Kg/ton., por cada uno por ciento de pendiente, se hace atendiendo a las siguientes consideraciones:

Cuando un vehículo se mueve sobre una superficie de un camino con pendiente, al vector correspondiente al peso del vehículo, se descompone en dos, uno paralelo a la superficie de rodamiento y otro normal a la misma. Según que el vehículo reco

rra el camino en sentido ascendente, la fuerza de gravedad retardará o ayudará al movimiento del vehículo, lo cual se manifiesta como una disminución o aumento de la fuerza tractiva que la máquina deberá ejercer para mantener el vehículo a una velocidad de régimen dado.

LA REPRESENTACION GRAFICA DE ESTE EFECTO SERA:



De la figura anterior, por construcción se observa que la pendiente es del uno por ciento (1%), suponiendo que el peso del vehículo es de una tonelada, aplicada en el centro de gravedad del mismo, y aplicando la siguiente expresión, por similitud de triángulos:

$$\frac{P}{W} = \frac{BC}{AC} ; P = W \frac{BC}{AC} \text{ sustituyendo:}$$

$$1000 \text{ Kg} = \frac{1}{100} = 10 \text{ kg.}$$

Por lo anterior, para cualquier pendiente, el valor aproximado de P (fuerza tractiva necesaria para vencer la componente horizontal de la gravedad), será de:

$$P = 1000 \text{ Kg} \times \frac{\% \text{ de pendiente}}{100}$$

$$P = 10 \text{ Kg} \times \% \text{ pendiente} \times \text{Ton.}$$

ALTURA Y TEMPERATURA.

Por ser de mayor cuantía, es muy común el aplicar tan solo los factores de corrección por resistencia al rodamiento y por efecto de las pendientes, y que no se modifique el rendimiento por los efectos que sufre el motor por temperatura y altitud, pero se presentará casos en los cuales será de mucha importancia, como en los factores antes estudiados, y de no hacerse el ajuste correspondiente, es posible que se cometa un error de importancia al tratar de estimar el rendimiento o al tratar de usar datos de experiencia que no corresponden a los del lugar.

El efecto de altitud es el de reducir la potencia de los equipos la cual está referida a la altitud sobre el nivel del mar en un 3%, por cada 300 metros en excesos de los primeros 300 metros sobre dicho nivel, a no ser que se instale un supercargador en el motor.

Las pérdidas de potencia de esta magnitud son demasiado grandes para despreciar su análisis sobre todo cuando se compite por una obra. A continuación se consignan los factores de corrección de la potencia atendiendo a la temperatura y altura sobre el nivel del mar.

FACTOR DE CORRECCION DE LA POTENCIA PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA DE CUATRO TIEMPOS SEGUN LA ALTITUD Y TEMPERATURA DEL AIRE

ALTITUD, MTS. S. NIVEL MAR.	TEMPERATURA °C.							
	-30	-20	-10	0	+15	+30	+40	+50
0	1.10	1.07	1.05	1.03	1.00	0.97	1.96	1.94
600	1.02	0.99	0.98	0.96	0.92	0.91	0.89	0.88
800	1.00	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.86
1000	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.86	0.84
1200	0.94	0.92	0.91	0.89	0.87	0.85	0.83	0.82
1400	0.92	0.90	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.80
1600	0.90	0.88	0.87	0.85	0.83	0.80	0.79	0.78
1800	0.88	0.86	0.84	0.83	0.81	0.79	0.77	0.76
2000	0.85	0.84	0.82	0.81	0.70	0.77	0.75	0.74
2200	0.84	0.82	0.80	0.79	0.77	0.75	0.74	0.72
2600	0.80	0.78	0.77	0.75	0.73	0.71	0.70	0.69
3000	0.76	0.74	0.73	0.72	0.70	0.68	0.67	0.66

Como se puede apreciar en la tabla anterior, para el caso del Distrito Federal, el equipo trabajará con una potencia efectiva de un 77% de potencia nominal (a 2200' mts. y 15°C), --

que ya es considerable para el rendimiento de la máquina.

FUERZA TRACTIVA (Rimpul).

En las máquinas de construcción (tractores, excavadoras, unidades de acarreo, etc.) la potencia del motor es transmitida a las orugas o dispositivos de tránsito de que están dotadas, por medio de transmisiones mecánicas, que con trenes de engranajes transmiten a las llantas u orugas la potencia, velocidad y demás movimientos, generados en el motor correspondiente del vehículo. Es por todos conocidos que en los mecanismos y dispositivos de transmisión mecánica de que se encuentran dotados los vehículos y las máquinas en general, ocurren pérdidas debidas a las fricciones mecánicas, por lo que llantas u orugas solo son capaces de desarrollar un porcentaje de la potencia generada por el motor correspondiente, siendo la diferencia justamente las pérdidas ocurridas en los trenes de engranajes y demás dispositivos de la transmisión.

De acuerdo con sus características de construcción, todo motor tiene una correlación perfectamente definida entre su potencia nominal, con el "par" correspondiente medido a la potencia al freno sobre el eje del motor y con el régimen de velocidad de la flecha del mismo.

Por otra parte, deberá tenerse en cuenta que solamente al inicio de su vida útil y económica de una máquina, la potencia de la misma es la de diseño; al finalizar su vida económica,

por el uso y deterioro ocurrido en este lapso, la potencia habrá sufrido una merma por diversos factores, tales como: pérdidas por comprensión en las cámaras de combustión de los motores, desajustes mecánicos en las transmisiones, aumento de temperatura interna en el motor, etc.

Combinando las pérdidas mecánicas, señaladas, se puede estimar que durante el período de vida económica de una máquina, la potencia promedio medida en el "par" desarrollada en las llantas o dispositivos motrices de tránsito de la misma, solamente será del orden de un 80% de la potencia nominal correspondiente a su motor.

$$\text{Pot. motor} \times e_t \times e_u = \text{Pot. ruedas.}$$

donde:

e_t = eficiencia en la transmisión.

e_u = eficiencia por el uso o deterioro.

$$e_t \times e_u = 80\%$$

Para expresar el par motor, haremos uso de la siguiente expresión:

$$C_t = 716 \frac{N_t}{n_t} \times 0.80$$

en la que:

C_t : par dinámico desarrollado por las llantas u orugas.

N_t : potencia del motor medida sobre su flecha y en H.P.

n_t : velocidad del eje del motor en R.P.M.

0.80: factor de eficiencia.

Por otra parte, a su vez el par desarrollado por las llantas u orugas motrices puede expresarse de acuerdo con la ecuación que liga la FUERZA TRACTIVA o fuerza de tracción de las llantas y el radio correspondiente a las mismas; es decir; la fuerza y el brazo de palanca que se conjugan para formar el momento dinámico del par.

$$C_d = E_t \times r \quad \text{en donde: --}$$

C_d : par dinámico.

E_t : FUERZA TRACTIVA (Rimpuli) de las llantas u orugas.

r : Radio de las llantas u orugas correspondientes.

Expresando la velocidad de traslación de un vehículo en kilómetros por hora (Km/hr.) (v), como una función del número de revoluciones por minuto de sus ruedas y considerado el radio de las mismas, tendremos:

$$v = \frac{2 \times r \times 60 \times n_t}{100}$$

en la que:

v = velocidad del vehículo (Km/hr).

r = radio de las llantas.

n_t = revoluciones por minuto de la llanta.

Atendiendo a la definición de potencia: "trabajo desarrollado en la unidad de tiempo" y la del trabajo desarrollado por una fuerza: es el producto de la distancia recorrida por

esa fuerza, por su intensidad.

$$M = E \times V$$

Sustituyendo y despejando E_t de las ecuaciones anteriores, obtendremos la expresión que nos determinará la fuerza tractiva (Rimpull) que pueden desarrollar las llantas u orugas de la máquina.

$$E = \frac{274 \times H.P. \times 0.80}{V} \quad \text{en donde:}$$

E: fuerza tractiva en Kg.

V: velocidad en Km/hr.

H.P: caballos de fuerza.

COEFICIENTES DE TRACCION O ADHERENCIA.

Independientemente de la FUERZA TRACTIVA que puede tener una máquina, la cual depende exclusivamente de la potencia de la misma y de su velocidad, existen otras fuerzas infinitesimales por unidad infinitesimal de superficie de contacto debidas a la adherencia entre las llantas u orugas de un vehículo y la superficie de radamiento, sobre la cual se desplaza, estableciendo un equilibrio dinámico con la FUERZA TRACTIVA, cumpliéndose el principio de "acción-reacción"; a estas fuerzas, les llamaremos COEFICIENTE DE TRACCION O DE ADHERENCIA.

Si entre las ruedas u orugas de un vehículo y la superficie de rodamiento sobre la cual se desplaza el mismo, existiera una adherencia perfecta, se tendría un coeficiente de tracción-

con valor igual a la unidad, lo cual representaría que dicha máquina tendría a su disposición toda la FUERZA TRACTIVA que su motor pudiera desarrollar.

En la práctica, la adherencia nunca es perfecta, y por consiguiente, el coeficiente de tracción siempre será menor que la unidad.

El coeficiente de tracción entre las llantas u orugas de un vehículo y una superficie de rodamiento, varía con las características de las llantas u orugas y con las correspondientes al camino en que ocurra el movimiento.

A continuación consignaremos valores típicos de coeficientes de tracción correspondientes a diferentes tipos de superficies de rodamiento.

VALORES TIPICOS PARA EL COEFICIENTE DE TRACCION O ADHERENCIA--
EXPRESADO COMO UNA FRACCION DE LA CARGA SOBRE LAS RUEDAS MOTRICES.

SUPERFICIE DE RODAMIENTO	BANDAS ORUGA	LLANTAS
Concreto seco	0.45	0.95
Macadam seco	-	0.70
Macadam mojado	-	0.65
Camino de tierra estabilizado seco	0.90	0.60

Tierra firme, seca	0.90	0.55
Tierra firme, mojada	0.85	0.45
Tierra seca, floja	0.60	0.40
Tierra suave	0.60	0.40
Grava floja	0.25	0.36
Arena floja	0.30	0.27
Lodo	0.25	0.25

NOTA: Los coeficientes de tracción o adherencia para llantas de hule, varían con la presión que están infladas y el dibujo de las mismas, pues a mayor hundimiento de las ruedas mayor es la resistencia. La fricción interna y las flexiones de los neumáticos son también factores importantes; de la experiencia se ha observado que por cada pulgada de penetración de los neumáticos, se crea una resistencia de 15 Kg/toneladas de peso del vehículo.

POR EL PERSONAL.

Sabemos perfectamente que numerosos factores ajenos a la voluntad humana, ejercen profunda influencia sobre la conducta-laboral y social del individuo y particularmente sobre su laboriosidad, tenacidad e incluso habilidades innatas o adquiridas.

No obstante estar el equipo de construcción diseñado para producir trabajos de acuerdo con su potencia, capacidad y ve

locidad, su rendimiento siempre estará supeditado a una adecuada operación la cual será función de la habilidad o experiencia que tenga el individuo para el desempeño de su trabajo, siendo este uno de los elementos más complejos de evaluar para el cálculo de la producción horaria, pues aún cuando la duración de las jornadas están reglamentadas por la Ley, es muy frecuente que por razones propias del trabajo sean excedidas, teniendo como consecuencia la disminución de la eficiencia por efecto de la fatiga.

Es muy común que los operarios produzcan demoras rutinarias, para poder descansar períodos cortos dentro de los tiempos de concentración intensa en el trabajo, de ahí que no sea recomendable el trabajar horas extraordinarias, por lo elevado de su remuneración y lo bajo de su rendimiento, para ejemplificar este efecto, a continuación se presenta un cuadro en el que se contempla la disminución de la eficiencia que existe en el operario cuando trabaja horas en exceso de las reglamentarias normales semanales.

FACTORES DE CORRECCION DE LA EFICIENCIA DEL TRABAJADOR EN FUN--
 CION DE LAS HORAS DE TRABAJO SEMANALES EN EXCESO DE LA NORMALES

TOTAL DE HO- RAS DE TRA- BAJO POR SE- MANA EN EX- CESO DE LAS 40 HRS. NOR- MALES.	TRABAJO EN- EQUIPO QUE- REQUIERE -- DEL 100% DE ATENCION -- DEL OPERA-- DOR.	TRABAJO EN- EQUIPO QUE- REQUIERE PO- CA ATENCION DEL OPERA-- DOR.	TRABAJO EN- MAQUINARIA- SEMIAUTOMA- TICA.	TRABAJO MA- NUAL QUE -- REQUIERE -- ESFUERZO -- PESADO.
0	1.000	1.000	1.000	1.000
4	0.850	0.950	0.960	0.840
8	0.735	0.900	0.920	0.740
12	0.655	0.850	0.880	0.660
16	0.600	0.795	0.840	0.590
20	0.555	0.735	0.800	0.530

NOTA: El factor solo se aplica a las horas en exceso de las 40/
 semana.

Del cuadro anterior se concluye:

a).- Que la fatiga del trabajador manual pesado, (colum-
 na 4), es prácticamente la misma que la de los operadores que -
 requieren constante atención a delicadas manipulaciones mecáni-
 cas (columna 1).

b).- Que la dedicación constante al trabajo, sea mental-
 o físico, produce fatiga similar.

c).- Que el rendimiento total semanal con muchas horas -
 es menor que con un horario normal.

d). Se observa también, que el efecto de la fatiga no -
 es tan pronunciado con operaciones que requieren atención inter-
 mitente (columna 2 y 3) debido a que el operador puede descan--

sar períodos cortos.

POR LA ADMINISTRACION.

Independiente de los factores de eficiencia analizados, - existe otro coeficiente que se deberá aplicar y que está en función de la experiencia de los técnicos que dirigen los trabajos, de la selección, cuidado y mantenimiento del equipo, y de la - concepción, ejecución y coordinación de todas las operaciones - que afectan al rendimiento.

Todo lo anterior, se traducirá en una nueva corrección - al porcentaje de eficiencia determinado parcialmente para el -- operario, que estará en función de la calidad de administración o gestión de la empresa constructora.

En las tablas siguientes, se indican los factores que ha determinado la experiencia, aplicables al rendimiento de trabajo, en función de las condiciones de obra y de la calidad de ad ministración.

COEFICIENTES DE EFICIENCIA.

1.- EN FUNCION DE LAS CONDICIONES DE LA OBRA Y DE LA CALIDAD -- DE LA ADMINISTRACION.

CONDICIONES DE LA OBRA:	COEFICIENTES DE ADMINISTRACION O GESTION.			
	EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MAIA.
Excelente (1.0)	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas (0.95)	0.78	0.75	0.71	0.65
Regulares (0.85)	0.72	0.69	0.65	0.60
Malas (0.75)	0.63	0.61	0.57	0.52

2.- EN FUNCION DE LA UTILIZACION DE LA MAQUINA Y LA ORGANIZACION DE LA OBRA.

COEFICIENTE DE UTILIZACION DE LA MAQUINA	ORGANIZACION DE LA OBRA.			
	EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MAIA
	0.83-0.66	0.83-0.66	0.83-0.66	0.83-0.66
CONDICIONES DE TRABAJO.				
Excelentes	0.70-0.56	0.67-0.53	0.63-0.50	0.58-0.46
Buenas	0.65-0.52	0.62-0.50	0.59-0.47	0.54-0.43
Medianas	0.60-0.48	0.57-0.46	0.54-0.43	0.50-0.40
Malas	0.52-0.42	0.51-0.40	0.47-0.38	0.43-0.35

CAPACIDAD DE PENDIENTE.

Por capacidad de pendiente se entiende la máxima pendiente expresada en porcentaje, que puede ascender un tractor por sus propios medios, esta capacidad se expresa comunmente para cada una de las velocidades correspondientes a la caja de engrajes de transmisión y reducción.

La capacidad de pendiente depende principalmente de:

- 1).- La potencia desarrollada por el motor y de la tracción efectiva en la barra.
- 2).- De la resistencia al rodamiento.
- 3).- Del peso total del tractor más el correspondiente-

a las cargas remolcadas, o empujadas por el mismo.

4).- Del grado de pendiente a ser vencida.

Para fines prácticos, la capacidad de pendiente, se determina restando a la fuerza de tracción en la barra, la fuerza tractiva necesaria para remolcar la carga de que se trate.

Los fabricantes generalmente recomiendan que para determinar la capacidad de pendiente de un tractor, deberá considerarse en los cálculos un máximo de 85% del valor correspondiente a la fuerza en la barra, con la finalidad de introducir en los mismos un factor de seguridad y no forzar en un momento a la máquina.

Cuando se disponga de los datos necesarios y suficientes, la "capacidad a la pendiente" de una máquina podrá ser determinada empleando la fórmula siguiente:

$$P(\%) = \frac{972 \times T \times G}{R \times W} - \frac{N}{20}$$

$$T = \frac{HP \times 5252}{RPM}$$

En donde:

P(%) = Capacidad de pendiente en porcentaje.

T = Par motor de la máquina expresado en pies-libras.

G = Relación de reducción de velocidades para una cierta posición en la caja de engranes del vehículo.

R = Radio del rodamiento (orugas) medio donde el eje de las mismas, hasta la superficie de rodamiento.

W = Peso total de la unidad en libras.

N = Resistencia al rodamiento en lb/ton.

HP = Potencia del motor.

RPM = Revoluciones por minuto en el árbol o flecha del mismo.

Deberá considerarse en todos los cálculos siempre el peso del tractor con todos sus aditamentos ya sea montados en él o remolcados, así como el peso correspondiente a las cargas -- transportadas.

VI.3.- MAQUINARIA MINIMA EMPLEADA EN CADA FASE, PARA EL TRAMO I.

(Del KM - 0 + 000.00 AL KM - 132 + 000.00).

RECONDICIONAMIENTO DEL DERECHO DE VIA, AREAS DE ALMACENAMIENTO,
CAMINOS DE ACCESO Y LA CONSERVACION DE LOS MISMOS.

- 4 Tractor Bulldozer Cat. D-8.
- 3 Motoconformadoras Cat. IZ-F.
- 1 Camioneta Pick-up 3/ ton.
- 2 Bomba de achique de gasolina 3" \emptyset .

EXCAVACION DE ZANJA.

- 1 Tractor Bulldozer Cat. D-8.
- 4 Retroexcavadora Cat. 235.
- 2 Compresor de 365 pies 3/m.
- 6 Perforadora neumática.
- 2 Bombas de achique de 3" \emptyset gasolina.

DESCARGA, TRANSPORTE Y TENDIDO DE TUBERIA.

- 2 Grúas oruga de 28 ton. con pluma de 40".
- 6 Tractor remolque de llantas neumáticas para plataforma de -
20 ton.
- 6 Plataforma remolcable de 20 ton.
- 1 Tractor pluma Cat. D-8.

DOBLADO Y SOLDADO DE LA TUBERIA.

- 1 Dobladora hidráulica vertical montada sobre orugas, con man
dril interior.
- 1 Tractor de orugas tiendetubo. Cat. D-8.
- 3 Tractor de orugas p/máquinas de soldar Cat. D-7.
- 2 Tractor de orugas tiendetubo Cat. 572.
- 6 Soldadora semiautomática de 20 a 350 amp.
- 1 Soldadora semiautomática de 300 amp.
- 1 Alineador exterior mecánico de 30" ϕ .
- 1 Alineador exterior mecánico de 30" ϕ .
- 2 Biseladoras de 30" ϕ con equipo de oxi-acetileno.
- 1 Tractor de orugas Cat. D-4.
- 1 Camión de redilas 5 ton.
- 1 Compresor de aire de 160 p.c.m.
- 1 Planta generadora de 10. Kw. con 3 esmeriles eléctricos.

RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO.

- 4 Tractores de oruga tiendetubo Cat. 583 (D-8).
- 1 Máquina rasqueteadora y pintadora viajera.
- 1 Máquina esmaltadora y envolvedora viajera doble.
- 2 Calderas con capacidad de 23 tambores c/u.
- 1 Caldera con capacidad de 10 tambores.
- 1 Camión de redilas de 7 ton.
- 1 Tractor de orugas Cat. D-4-

- 2 Detector eléctrico para fallas de recubrimiento anticorrosivo.

BAJADO Y TAPADO DE TUBERIA.

- 3 Tractores de orugas tiendetubo Cat. 572.
 1 Caldera para esmalte con capacidad de 10 tambores.
 1 Detector eléctrico para detección de fallas de recubrimiento anticorrosivo.
 1 Bomba de achique de 4" \varnothing de gasolina.
 1 Tractor de orugas Angledozer Cat. D-8.

OBRAS ESPECIALES (Vías de F.F.C.C. y Carreteras).

- 2 Tractores de oruga tiendetubo Cat. 572.
 1 Tractor remolque llantas neumáticas para plataforma de 20-ton.
 1 Plataforma remolcable de 20 ton.
 1 Retroexcavadora de $3/4 \text{ yd}^3$.
 3 Soldadoras de 300 amp.
 2 Alineador exterior mecánico de 30" \varnothing .
 2 Biseladora-cortadora de 30" \varnothing con equipo oxi-acetilénico.
 2 Bombas de achique de 4" \varnothing gasolina.
 1 Calderas con agitador para esmalte, con capacidad de 10 bls.
 2 Detector eléctrico de fallas de recubrimiento anticorrosivo.
 1 Camión redilas de 7 ton.

- 1 Máquina perforadora horizontal para 34" ϕ .
- 1 Camión Winche de 5 ton.

LINEA EN PANTANO.

- 1 Tractor de orugas tiendetubo Cat. 572.
- 3 Tractores de orugas tiendetubo Cat. 583.
- 6 Sodadores semiautomáticos de 350 amp.
- 2 Dragas anfibas de 1 1/2 yd³.
- 1 Retroexcavadora de 3/4 yd³.
- 1 Caldera para esmalte de 10 bls. con agitador.
- 1 Juego de rodillos de lanzamiento.
- 1 Flejadora.
- 1 Engrapadora.
- 1 Lancha con motor fuera de borda.
- 1 Alineador exterior para tubería de 30" ϕ .
- 1 Alineador interior neumático para tubería de 30" ϕ .
- 1 Biseladora-cortadora para tubería de 30" ϕ .
- 1 Compresor de aire de 365 p.c.m.
- 1 Planta eléctrica de 10 kw.

CRUZAMIENTO CON RIOS CAUDALOSOS.

- 1 Draga marina de succión de 24" ϕ equipada con pontones, tubería de descarga, bombas, compresores, etc.
- 2 Lanchas con motor fuera de borda.

- 1 Equipo de ecosonda .
- 1 Equipo de topografía completo.
- 1 Equipo profesional de buceo, incluyendo accesorios.
- 2 Dragas montadas sobre orugas de 1 1/2 yd³.
- 2 Tractor de orugas Bulldozer Cat. D-7.
- 4 Tractor de orugas tiendetubo Cat. 583.
- 6 Máquinas de soldar semiautomáticas de 350 amp.
- 1 Alineador interior neumático, para tubería de 30" Ø.
- 1 Alineador exterior mecánico para tubería de 30" Ø.
- 2 Equipos de oxi-acetileno.
- 2 Biseladora - cortadora para tubería de 30" Ø.
- 1 Caldera para esmalte con capacidad de 3 bls.
- 1 Tractor remolque de llantas neumáticas.
- 1 Plataforma remolcable, cama baja, con capacidad de 70 ton.
- 1 Camión de redilas de 7 ton.
- 1 Camión Winche de 5 ton.
- 1 Juego de radios de "Walkie - talkie".

PRUEBA HIDROSTATICA.

- 2 Bomba de alta presión de gasolina.
- 1 Tractor de orugas tiendetubo Cat. 572.
- 1 Compresor de aire de 600 p.c.m.
- 1 Camión winche de 5 ton.
- 1 Camión de redilas de 7 ton.

- 1 Máquina soldadora de 300 amp.
- 1 Biseladora y cortadora con equipo oxi-acetileno.
- 1 Caldera para esmalte de 3 bls.
- 6 Diablos de 30" \varnothing para limpieza interior de tubería.
- 2 Monógrafos rango 0 - 2,000 lb/plg²
- 2 Monómetros rango 0 - 2,000 lb/plg²
- 1 Juego de conexiones de alta presión.

VI.4.- EJEMPLO DE APLICACION.

Como ejemplo se determinará el rendimiento de un tractor de orugas empleado en la apertura y reacondicionamiento del Derecho de Vía. Dicho tractor es un D-8 con hoja recta 8S, excavando en un material arcilloso muy compactado y acarrea a una distancia de 70 mts., en una pendiente positiva del 5%. El peso -- volumétrico suelto es de 1640 Kg/m^3 y se trabajan horas de 50 - minutos con un operador mediano, considerando un coeficiente de resistencia al rodamiento de 0.05.

De la gráfica de la producción ideal se tienen 230 m^3 suelto/-hr.

Factores de corrección:

Operación	0.75
Material difícil de cortar	0.80
Peso volumétrico $\frac{1360}{1640}$ Kg/m ³	0.83
Eficiencia horaria $\frac{50}{60}$ min.	0.84
Pendiente	0.86

Producción real:

$$P = 230 \times 0.75 \times 0.80 \times 0.83 \times 0.84 \times 0.86 = 96.21$$

$$P = 96.21 \frac{\text{m}^3 - \text{suelos}}{\text{hora}}$$

Aplicando la fórmula general para obtener el rendimiento se podrá comparar el resultado de la producción real con el

de la Producción final.

Fórmula para obtener la producción final:

$$P = \frac{C \times E}{T_c}$$

donde:

C = Capacidad de la máquina en M³ sueltos.

E = Eficiencia horaria.

T_c = Tiempo del ciclo en minutos.

CALCULO DEL CICLO.

Capacidad de la hoja; tomados del catálogo del fabricante.

Longitud = 4.00 mts.

Altura = 1.36 mts.

Capacidad = L x h² = 4.00 x (1.36)² = 7.40 m³ sueltos.

(considerando un talud de reposo del material de 2:1).

PESO DEL MATERIAL EXCAVADO:

7.40 m³ x 1640 kg/m³ = 12,136 kg.

RESISTENCIA TOTAL DEL TRACTOR Y LA CARGA:

Rt del Tractor 22 700 (0.50 + 0.05) = 2,700.00 kg.

Rt de la carga 12,136 kg + 12,136 x 0.05 = 12,742.80 kg.

Resistencia total = 15,442.80 kg.

CALCULO DE LA VELOCIDAD DE IDA:

$$V = \frac{375 \times 270 \text{ H.P.} \times 0.80}{15,442.80 \text{ kg} \times 2.2 \frac{\text{lb}}{\text{kg}}} = 2.38 \text{ mph}$$

$$V = 2.38 \text{ mph} \times 1.6 \frac{\text{km.}}{\text{milla}} = 3.81 \text{ kph}$$

$$\text{Velocidad media} = 3.81 \times 0.8 = 3.048 \text{ kph}$$

TIEMPO DEL CICLO.

$$\text{De Ida} = \frac{70 \text{ mts.}}{3048 \text{ mph}} \times 60 \text{ min.} = 1.38 \text{ min.}$$

$$\text{De regreso} = \frac{70 \text{ mts.}}{8400 \text{ mph}} \times 60 \text{ min.} = 0.88 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempos fijos} = \frac{0.05 \text{ min.}}{2.31 \text{ min.}}$$

$$\text{Producción} = \frac{7.40 \text{ m}^3 \times 50 \text{ min./hr}}{2.31 \text{ min.}} = 160.2 \text{ m}^3 \text{ sueltos/hr.}$$

FACTORES DE CORRECCION.

Operación	0.75
Material difícil de cortar	0.80
Peso volumétrico (ya considerado)	--
Eficiencia horaria (ya considerada)	--
Pendiente (ya considerada)	--

PRODUCCION FINAL.

$$P = 160.2 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.75 \times 0.80 = 96.1 \text{ m}^3 \text{ sueltos/hr.}$$

Resultado similar a la Producción real.

Usando el coeficiente de tracción podremos verificar la máxima fuerza tractiva.

$$\text{Max. F.T.} = 22\,700 \text{ kg.} \times 0.90 = 20\,430 \text{ kg.}$$

Valor superior a la resistencia total de 15 442.80 kg.

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS.

MAQUINA: TRACTOR CATERPILLAR D8-H.

DATOS GENERALES:

Precio de adquisición: \$ 4,200,000.00 Fecha cotización: OCTUBRE/78

Equipo adicional: _____ Vida económica (Ve): 5 años

_____ Horas por año (Ha): 2,000 hr/año

_____ Motor: DIESEL de 270 H.P.

Valor inicial (Va): \$ 4,200,000.00 Factor de operación 0.70

Valor rescate (Vr): 10% = \$ 420,000.00 Potencia operación: 189 H.P.

Tasa de interes (i): 14% Coeficiente almacenaje (K): 0.

Prima de seguros (s): 3% Factor mantenimiento (Q): 1.0

CARGOS FIJOS.

$$\text{a) Depreciación } D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{4,200,000 - 420,000}{10,000} = 378.00$$

$$\text{b) Inversión: } I = \frac{Va + Vr}{2 \text{ Ha}} = \frac{4,200,000 + 420,000}{2 \times 2000} \cdot 0.14 = 161.70$$

$$\text{c) Seguros: } S = \frac{Va + Vr}{2 \text{ Ha}} = \frac{4,200,000 + 420,000}{2 \times 2000} \cdot 0.03 = 34.6!$$

$$\text{d) Almacenaje: } A = K D = 0.08 \times 378.00 = 30.2$$

$$\text{e) Mantenimiento: } M = Q D = 1.00 \times 378.00 = 378.0$$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA

\$ 982.6

CONSUMOS.a) Combustible: $E = e \times pc$

$$\text{Diesel: } E = 0.20 \times 189 \text{ H.P. op.} \times 0.95/\text{lt.} = \$ 34.20$$

b) Lubricantes: $L = a \text{ Pe}$ Capacidad del carter: $C = 36$ litrosCaminos de aceite: $t = 90$ horas

$$a = C/t + 0.0035 \times 189 \text{ HP. op. } 1.06 \text{ lt/hr.}$$

$$L = 1.06 \text{ lt/hr} \times \$ 22.00/\text{lt.} \qquad \qquad \qquad = \underline{23.30}$$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 57.50

OPERACION.

Salarios: S

Operador: \$ 395.65

Ayudante: 180.75

Sal/ turno: \$ 579.40

Horas/turno-prom.: (H)

$$H = 10 \text{ horas} \times 0.75 \text{ (factor rendimiento)} = 7.5 \text{ horas}$$

$$\text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{\$ 579.40}{7.5 \text{ hrs.}} = \$ 76.85$$

SUMA OPERACION POR HORA \$ 76.85

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) \$ 1, 116.95

CAPITULO VII

CONCLUSIONES.

- 1.- La duración estimada para el término del Proyecto es de 2 años, a partir de Mayo, 1977 para dar terminación al mismo en Mayo de 1979, lo cual esto no se ha cumplido debido a los factores imprevistos que se han presentado.
- 2.- Para la buena marcha de la construcción del Proyecto es fundamental obtener los permisos de ocupación de terrenos, ya sean éstos de pequeños propietarios o terrenos federales, con la finalidad de no correr riesgos tales que puedan ocasionar el paro de la obra, como sucedió en este proyecto, ocasionando considerables pérdidas de tiempo y consecuentemente aumentando su costo.
- 3.- El Presupuesto cotizado para este Proyecto arrojó una cantidad de \$ 854,830,000.00, resultando un costo por Km. de \$ 3, 166, 037.00.
- 4.- El control de calidad de los materiales empleados y la supervisión deberá realizarse estrictamente, especialmente cuando se realice la prueba de presión hidrostática tanto en Línea Regular como en Obras Especiales.
- 5.- Esta modesta obra no pretende, ni con mucho ser un Tratado en construcción de Oleoductos, más bien en ella enumero las

actividades que son fundamentales en este tipo de obras.

- 6.- Espero, que la presente obra cumpla con su cometido, aceptando de antemano los errores involuntarios que en la misma se hayan cometido, deseando al mismo tiempo, pueda ser de utilidad como consulta e información para los compañeros de las nuevas generaciones.
- 7.- Agradezco de antemano a los señores sinodales, por la atención y el tiempo que han tenido para leer y criticar esta modesta obra, y me disculpo ante ellos por las fallas y errores involuntarios, que a su juicio existen en la misma.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- APUNTES DE MOVIMIENTOS DE TIERRAS.
Edit. Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- 2.- METODOS, PLANEAMIENTO Y EQUIPOS DE CONSTRUCCION.
R. L. Peurifoy, Edit. Diana, S.A.
- 3.- APUNTES DEL CURSO DE CONSTRUCCION I.
Edit. Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- 4.- NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE LINEAS
DE CONDUCCION, DE PETROLEOS MEXICANOS.
Edit. Petróleos Mexicanos.

- F I N -