



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"ARAGON"

Optimización de Arreglos
de Tuberías en las
Líneas de Transfer

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

JUAN MANUEL IBARRA GARCIA



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 está 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
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION

JUAN MANUEL IBARRA GARCIA
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 8 de octubre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSE RIVERA POSADAS pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado " OPTIMIZACION DE ARREGLOS DE TUBERIAS EN LAS LINEAS DE TRANSFER ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Méx., octubre 10 de 1985.
EL DIRECTOR

LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería (26).
Unidad Académica.
Departamento de Servicios Escolares.
Asesor de Tesis.

I N D I C E

	<u>Página</u>
CAPITULO I	
GENERALIDADES:	1
1.1 Las líneas de Transfer en Refinerías de Hidrocarburos	1
1.2 Características de las Líneas de Transfer	4
1.3 La Planta Redestiladora de Gasóleo de vacío	10
1.4 Procedimientos Actuales para el Arreglo de las Tuberías	12
CAPITULO II	
APLICACION DE LA TECNICA DEL CAMINO CRITICO EN ARREGLOS DE TUBERIAS:	
2.1 Explicación de la Técnica	33
2.2 Aplicación en Diversos Campos	53
2.3 Aplicación en el Arreglo de las Tuberías en Refinerías de Hidrocarburos	57
2.4 Propósito del Empleo de esta Técnica en esta Especialidad	58
CAPITULO III	
EXPLICACION DEL ARREGLO ACTUAL:	62
3.1 Análisis del Trazo (Flexibilidad)	62
3.2 Análisis Económico del Trazo Actual	94
3.3 Justificación o Rechazo del Arreglo	97
CAPITULO IV	
OPTIMIZACION DEL ARREGLO MEDIANTE EL EMPLEO DE LA TECNICA:	
4.1 Optimización del Arreglo Original	99
4.2 Análisis de Flexibilidad y Determinación de Pérdidas	125
4.3 Análisis Económico y Cálculo del Camino Crítico	147
4.4 Toma de Decisiones	172

	<u>Página</u>
CAPITULO V	
CONCLUSIONES:	174
GLOSARIO DE TERMINOS Y SIMBOLOS UTILIZADOS	176
BIBLIOGRAFIA	178

CAPITULO I

G E N E R A L I D A D E S

1.1 LA LINEA DE TRANSFER EN REFINERIAS DE HIDROCARBUROS.

Dentro de la Industria de Refinación del Petróleo es necesario, como un primer paso, llevar a cabo la destilación primaria del petróleo crudo con el objeto de obtener productos tales como naftas, kerosinas, gasóleos y residuos primarios. Dicha operación se lleva a cabo en unidades que, básicamente, constan de una Sección de Precalementamiento, de una de Desalado del Crudo, de un Horno de Vaporización y de Torres de Destilación primaria, en donde se realiza la separación de los productos antes mencionados (ver fig. 1).

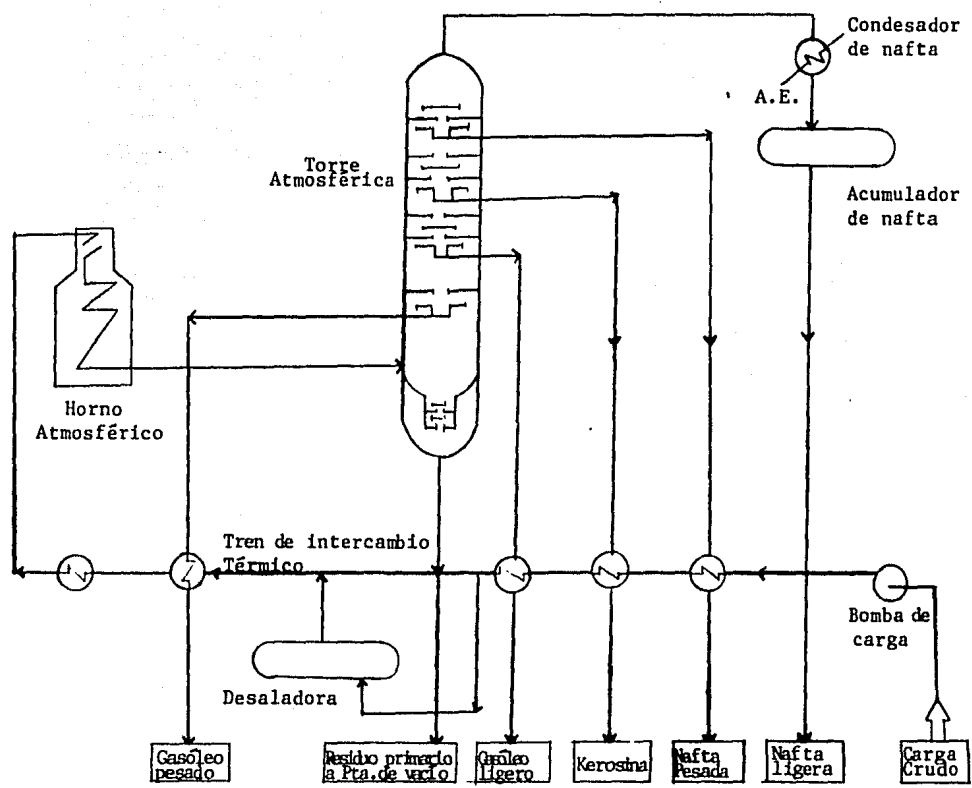


Fig. 1 Diagrama de flujo de la Sección Atmosférica de una Planta de Destilación Combinada.

El residuo primario obtenido en estas condiciones es susceptible aún, de una destilación adicional al vacío, con el objeto de obtener gasóleos o destilados de diversas características (Ver fig. 2)

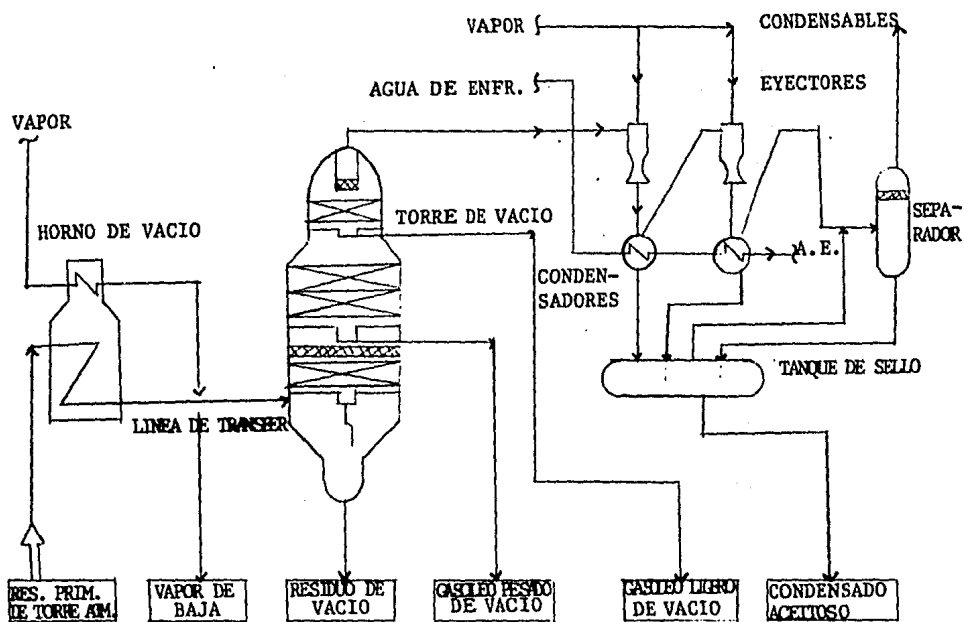


Fig.2 Diagrama de flujo de la sección de vacío de una
Planta de Destilación Combinada

Además de los equipos antes mencionados, para llevar a cabo el fraccionamiento del crudo, es necesario considerar las tuberías que interrelacionan las unidades de proceso. Estas líneas en su mayoría son dimensionadas con los criterios clásicos de flujo de fluidos; sin embargo existen algunos ductos cuyo diseño es relevante para el buen funcionamiento de la planta, razón por la cual requieren de un especial criterio de diseño. Uno de estos ductos, es la tubería que une el horno con la torre de destilación al vacío y que normalmente se denomina "LINEA DE TRANSFER".

1.2 CARACTERISTICAS DE LAS LINEAS DE TRANSFER. Dichas líneas, tienen unos aspectos muy relevantes los cuales se tienen que tomar muy en cuenta para poder eleborar sus arreglos, estos aspectos son:

a).- DIMENSIONES APRECIABLES.

Dado que el sistema debe operar a presiones subatmosféricas, el volumen específico de los vapores presentes en líneas crece considerablemente y con ello los diámetros requeridos para la línea de transfer. Lo anterior implica soportefia especial para dichos ductos.

b).- ALTAS VELOCIDADES EN LA TUBERIA.

La consecuencia de la operación al vacío en la línea de transfer y el consecuente aumento en los volúmenes específi

cos, las velocidades que se presentan en estas líneas son muy cercanas a la velocidad del sonido en el fluido (MACH= 1.0) y usualmente deben corresponder a un 90% de dicho valor. Como puede anticiparse, el tener ductos de 24 ó más pulgadas, en el interior de los cuales se desplazan fluidos a velocidades del orden de 441 ft/seg (134.41 M/seg) y a temperaturas de - 275 a 750°F (135 a 398°C), implica un diseño mecánico muy delicado debido a los problemas de esfuerzos que pueden anticiparse.

c).- MATERIALES ESPECIALES.

Independientemente de que es necesario llevar a cabo la destilación del residuo primario al vacío, con el objeto de lo lograr la vaporización requerida de los productos que lo integran, a temperaturas que no sobrepasen cierto límite arriba - del cual se presenta la descomposición térmica de los fluidos, las temperaturas son lo suficientemene elevadas como para que se requiera el empleo de materiales especiales en las líneas - de transfer.

Como se mencionó anteriormente, temperaturas en la línea del orden de 275 a 750°F (135 a 398°C), requieren el empleo - de aceros especiales, en el caso de la planta redestiladora - de gasóleos al vacío se emplea en especial, acero al cromo-mo libdeno, que incrementa notablemente su costo, como se ve en

la siguiente Tabla Comparativa:

MATERIAL DE LA LINEA	COSTO POR METRO LINEAL UN MISMO DIAMETRO (24")
1.- Cromo-Molibdeno	\$ 501,000.00
2.- Acero Inoxidable	\$ 425,850.00
3.- Acero al Carbono	\$ 350,700.00
d).- TRAYECTORIA DE LA LINEA.	

Dado que la caída de presión permisible en estas líneas es muy pequeña (del orden de 150 mm Hg), es necesario que la trayectoria a seguir, sea lo más directa posible; sin embargo debido a las temperaturas elevadas y a los grandes diámetros de la línea de transfer, la trayectoria que sigue dicha línea es muy irregular, esto es para poder absorber los esfuerzos - de tipo mecánico que se presenten.

e).- PESO IRREGULAR DE LA TUBERIA.

En el calentador se suministra la cantidad de calor necesario para lograr la vaporización requerida para llevar a cabo la separación de los productos. Esta vaporización se va incrementando conforme a la mezcla líquido-vapor se acerca a la torre de redestilación, a través de la línea de transfer. En base a lo citado, se deduce que el peso de la tubería en operación, será irregular y deberá tomarse en cuenta para el diseño de los resortes que sostengan la tubería en diversos apoyos (ver fig. 3). También se deberá prever la operación -

* Costos de junio de 1985.

del arranque de la planta, situación en la cual la tubería se encontraría totalmente llena de líquido.

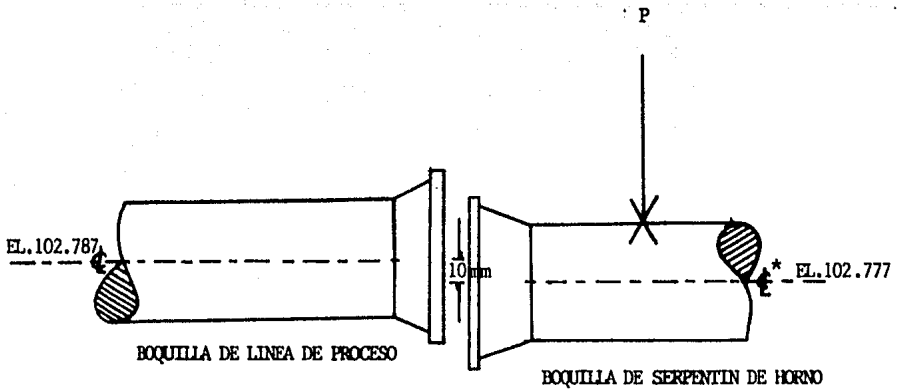


Fig. 3 CONEXION DE LAS BOQUILLAS DE LOS SERPENTINES
DEL HORNO A LAS LINEAS DE PROCESO

* Ver Glosario de Términos

f).- FLUJO A DOS FASES.

Dado que se va a tener una cierta vaporización variable en la línea de transfer, se presentará en dicho ducto un sistema de flujo a dos fases. Será necesario vigilar los patrones de flujo que se presenten y a que velocidades relativamente bajas pueden originar flujos tipo "bala" (SLUG) o tipo "tapón" (PLUG) que ocasionan problemas de vibración y fatiga mecánica, independientemente de una operación inestable en la torre de redestilación. Por el contrario las velocidades elevadas que se tienen a la salida de las líneas de transferencia ocasionan flujos de tipo "disperso" o de niebla, que pueden presentar problemas de arrastre en la columna de destilación. Además, una vez que se logra este tipo de flujo es prácticamente imposible regresar a otro más aceptable, debido al efecto de Histéresis.

Como puede apreciarse, existen diversos aspectos que es necesario vigilar y tomar en cuenta para el diseño adecuado de la línea de transfer.

Probablemente, el aspecto más importante que es necesario cuidar en la elaboración del arreglo de la línea de transfer que opera al vacío es el verificar que para un sistema dado no se exceda el "flujo crítico" correspondiente.

Cuando en un punto de la tubería las condiciones del sistema son tales que el incremento en el volumen específico que

se tendría para un pequeño decremento en la presión es tan grande, que la presión y la entalpía no pueden disminuir, más aún, simultáneamente, en una sección dada de la tubería, se dice que se ha alcanzado el "flujo crítico".

Este flujo es análogo al "flujo sónico", que se presenta en el flujo de gas. En otras palabras, el "flujo crítico" ocurre en un punto del sistema en donde la energía disponible para mover el fluido a lo largo de la tubería es consumida totalmente para la aceleración del fluido y en consecuencia no existe energía disponible para su disipación en forma de fricción. Se requiere más energía para expandir el gas que la que se produce por la disminución de presión de éste.

Al llegar al flujo crítico, es virtualmente imposible aumentar el flujo y lo anterior constituye una barrera o límite físico que es necesario vigilar.

El flujo crítico puede presentarse a la salida de la línea de transfer, en donde existe el vacío, pero puede ocurrir incluso en los cambios de dirección y en los tubos de descarga del calentador.

El arreglo de la línea de transfer, debe contemplarse considerando la como un todo que incluye el calentamiento (horno) y la torre de destilación.

Si la línea de transfer se diseña de diámetro insuficiente, la contrapresión a la salida del horno se elevará en con-

secuencia, lo que originará una descomposición térmica o "cracking" de las fracciones pesadas al requerir una mayor temperatura para su vaporización. La eficiencia y la caída de presión del horno se ven en consecuencia directamente afectados. - Ahora, si la línea referida es sobrediseñada, la contrapresión a la salida del horno se disminuirá apreciablemente con el peligro de lograr "flujo crítico" en dicho punto. Una vez logrado el flujo crítico, es prácticamente imposible aumentar la capacidad del horno, de la torre y en consecuencia de la planta.

1.3 LA PLANTA REDESTILADORA DE GASOLEOS AL VACIO. La función de la planta redestiladora de gasóleos al vacío, fraccionará una mezcla de gasóleo ligero y gasóleo pesado de vacío, obtenidos de una mezcla de crudos Istmo-Maya en una proporción 70/30% volumen. Los productos que se obtendrán de esta planta son: gasóleo neutro ligero 90 o neutro ligero 105, neutro 90, corte 4 y residuo.

C A P A C I D A D

La planta tendrá una capacidad normal de 47,643 BPDO; su capacidad nominal será de 50,000 BPDO y su capacidad mínima de operación de 28,590 BPDO (BPDO significa barriles por día ordinario).

G A S O L E O

Es la mezcla de hidrocarburos líquidos que comprende todos

los que se destilan desde la temperatura de 190° a la de 370°C. El gasóleo se separa de los productos más pesados del petróleo por destilación fraccionada, luego es refinado para eliminar el azufre que contiene. Su composición es variable, según el uso a que se destina. La calidad común sirve de combustible para motores diesel. Contiene menos del 1% de azufre, se congela a -10°C y pesa de 0.820 a 0.890g por litro.

L I G E R O S

Los ligeros se obtienen de las distintas fracciones obtenidas por la destilación. Los productos ligeros son: gasolina y benzol.

R E S I D U O S

De los residuos de la destilación se extrae el aceite de la calefacción (MASUT), aceite de quemar (FUELOIL), aceites de engrase o lubricantes.

REFINERIAS DE PETROLEO.

La refinera se divide en tres grupos:

1.- REFINACION: Están incluidas las plantas donde obtenemos por medio de un proceso físico o químico, lubricantes, combustibles y parafinas.

2.- PETROQUIMICA: Comprende las unidades en las cuales obtenemos productos del petróleo como materia prima para la fabricación de productos químicos (amoníaco, azufre, dióxido carbónico).

3.- AUXILIARES: Aquí, se incluyen aquellas instalaciones en las cuales obtenemos, energía eléctrica, generación de vapor, pozos de agua y enfriamiento de agua y aire requeridos - por la operación y el mantenimiento de la refinería.

1.4 PROCEDIMIENTOS ACTUALES PARA EL ARREGLO DE LAS TUBERIAS. En el departamento de Ingeniería de Tuberías de Plantas de - Refinación del Instituto Mexicano del Petróleo, se cuenta con personal capacitado para elaborar los arreglos de las tuberías.

El procedimiento que se emplea, es en la mayoría de los casos, criterio personal del diseñador. Esta persona basada en su experiencia, hasta la fecha no siempre trata de optimizar los arreglos de tuberías.

El procedimiento para desarrollar los arreglos de tuberías cuenta con los siguientes pasos:

- 1.- Obtener la información necesaria que consiste en:
 - Diagrama de tuberías e instrumentación.
 - Plano de localización general de equipos dentro de la planta.
 - Dibujos de equipos.
 - Diagrama de flujo.
 - Diagrama de balance de materia y energía.
 - Lista de líneas.

2.- Localizar la línea que se desea diseñar y observar -
qué equipos interconecta, qué fluido transporta y bajo qué -
condiciones.

3.- Visualizar los espacios disponibles en las camas de
tuberías en el Rack.

4.- Elaborar el arreglo apegándose siempre a las normas
correspondientes a la especialidad.

En estos pasos se nota que en ningún momento se aplica -
una técnica para poder optimizar los arreglos. Esta situación
nos priva de la posibilidad de evaluar si el arreglo realizado
es el óptimo o no, esto se debe al criterio subjetivo del di-
señador y a la falta de visualización para poder mejorar el a-
rreglo. La experiencia es una herramienta importante dentro -
de esta área, pero ésta sí se combina con cierto tipo de cono-
cimientos orientados a la optimización, nos permite saber si -
el arreglo propuesto es el más óptimo y si no es así tratar de
optimizarlo.

El diagrama de tubería e instrumentación, es en donde, co
mo su nombre nos lo señala, se representa la tubería e instru-
mentación, conexiones y todos los accesorios que contiene una
línea de tuberías, también nos muestra los equipos, los cuales
se interconectan con las líneas de tuberías. Ahí mismo podemos
observar varios datos importantes para poder elaborar los arre
glos, tales como, el diámetro, tipo de fluido, la clase de ma-

terial y también se puede ver si una línea lleva bypass o no. El bypass, es un arreglo que se hace a una línea de tuberías, este sirve para poder darle mantenimiento. Este arreglo funciona de la siguiente manera: el fluido corre normalmente por la trayectoria A, cuando se desea dar mantenimiento se cierran la válvulas indicadas y el fluido recorrerá la trayectoria B, dejando libre la A para darle mantenimiento.

El plano de localización general de equipos, nos sirve para poder visualizar en forma amplia toda la distribución de la planta. Así, se encuentran las coordenadas que ocupa cada equipo y esta información nos sirve de mucho para poder llegar a determinar los arreglos. Ahora bien si observamos un poco más este plano podemos ver que cada equipo se designa con una clave, ésta se verá en la lista de equipo que se encuentra en el extremo derecho del plano.

En los dibujos de equipos, se observan las dimensiones y cotas del equipo referido. Otras informaciones que contienen estos dibujos son: localizaciones de boquillas, datos de diseño, especificaciones del material, pesos, capacidad, estándares de referencia, conexiones y notas generales.

Los diagramas de flujo nos permiten conocer el recorrido que efectúa el fluido, así como el tipo de fluido que transporta la tubería a través de todo el proceso, desde que nos llega en los límites de batería hasta la obtención del o de

los productos deseados.

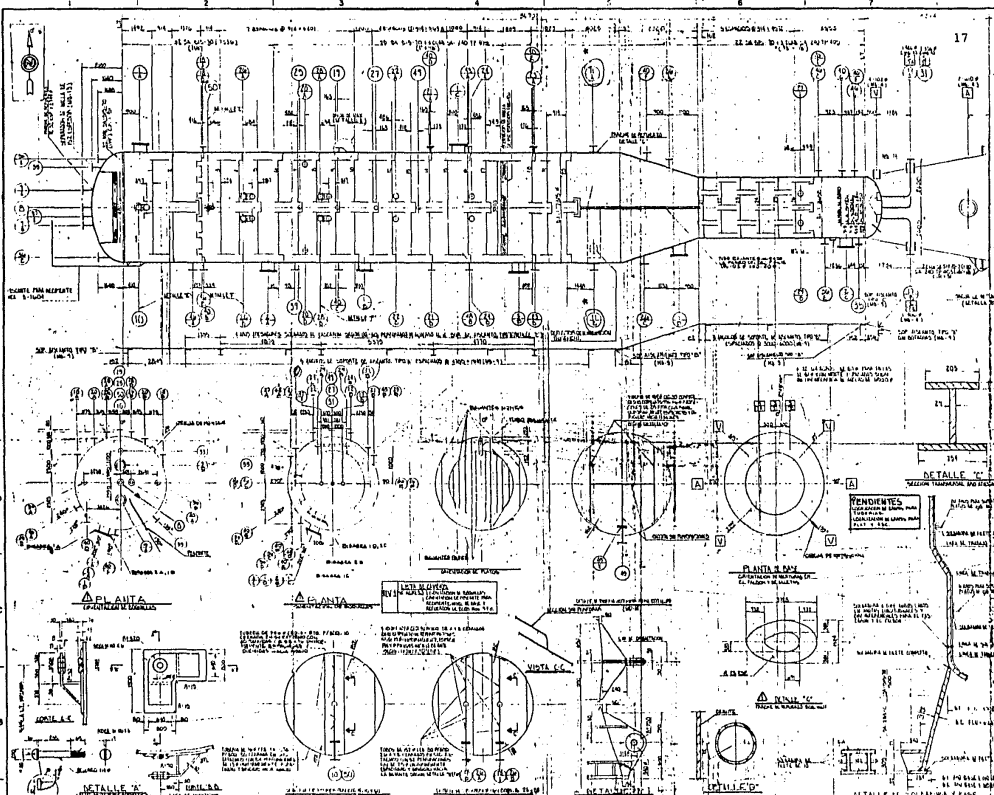
Por lo regular, se debe conocer los componentes que forman el fluido que se deseé procesar, para conocer bien estos componentes, incluyendo su porcentaje en volumen, tenemos los diagramas de balance de materia y energía.

La lista de líneas nos proporciona información necesaria para la elaboración de los arreglos de tuberías. En ésta, se identifican todas las líneas que contiene la planta, están ordenadas y se observan las condiciones de operación de cada una, estas condiciones son:

- Diámetros de la línea de tuberías.
- Servicio de la línea.
- La clase.
- La ruta de la línea, esto es, de donde sale la línea - y hasta donde termina.
- La presión de diseño y la de prueba.
- Temperatura de diseño.
- La condición en la que se encuentra el fluido, ya sea gas o líquido.
- La densidad de éste.
- El diagrama de flujo en el que se puede localizar la línea.
- El tipo de aislamiento en caso de llevarlo.

A continuación observaremos algunos de estos diagramas:

DIBUJO DE LA REDESTILADORA (DA-101)**EN ESTE SE OBSERVA MARCADO CON ASTERISCO LAS****BOQUILLAS 11A Y 11B**



DATOS DE USUO		PESOS Y CANTIDADES (en libras)	
USUO	...	Peso de acero	...
...	...	Peso de concreto	...
...	...	Peso de mampuesto	...
...	...	Peso de aluminio	...
...	...	Peso de cobre	...
...	...	Peso de plomo	...
...	...	Peso de zinc	...
...	...	Peso de vidrio	...
...	...	Peso de pintura	...
...	...	Peso de carpintería	...
...	...	Peso de electricidad	...
...	...	Peso de calefacción	...
...	...	Peso de ventilación	...
...	...	Peso de ascensor	...
...	...	Peso de elevador	...
...	...	Peso de otros	...
...	...	Peso total	...

EXPLICACIONES DEL MATERIAL	
1	...
2	...
3	...
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...
19	...
20	...
21	...
22	...
23	...
24	...
25	...
26	...
27	...
28	...
29	...
30	...
31	...
32	...
33	...
34	...
35	...
36	...
37	...
38	...
39	...
40	...
41	...
42	...
43	...
44	...
45	...
46	...
47	...
48	...
49	...
50	...
51	...
52	...
53	...
54	...
55	...
56	...
57	...
58	...
59	...
60	...
61	...
62	...
63	...
64	...
65	...
66	...
67	...
68	...
69	...
70	...
71	...
72	...
73	...
74	...
75	...
76	...
77	...
78	...
79	...
80	...
81	...
82	...
83	...
84	...
85	...
86	...
87	...
88	...
89	...
90	...
91	...
92	...
93	...
94	...
95	...
96	...
97	...
98	...
99	...
100	...

ESTANDARES DE REFERENCIA	
1	...
2	...
3	...
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...
19	...
20	...
21	...
22	...
23	...
24	...
25	...
26	...
27	...
28	...
29	...
30	...
31	...
32	...
33	...
34	...
35	...
36	...
37	...
38	...
39	...
40	...
41	...
42	...
43	...
44	...
45	...
46	...
47	...
48	...
49	...
50	...
51	...
52	...
53	...
54	...
55	...
56	...
57	...
58	...
59	...
60	...
61	...
62	...
63	...
64	...
65	...
66	...
67	...
68	...
69	...
70	...
71	...
72	...
73	...
74	...
75	...
76	...
77	...
78	...
79	...
80	...
81	...
82	...
83	...
84	...
85	...
86	...
87	...
88	...
89	...
90	...
91	...
92	...
93	...
94	...
95	...
96	...
97	...
98	...
99	...
100	...

LISTA DE MATERIALES		PETROLEOS MEXICANOS	
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

DATOS DE PROCESO PARA EL DISEÑO DE TUBERIAS

CONTRATO 1260

SUBMISION DE DATOS DE PROYECTO DE PLANTA INDUSTRIAL										DATOS DE PROCESO PARA DISEÑO DE TUBERIAS Y ESPECIFICACIONES DE MATERIALES			
CLIENTE PEMEX		PLANTA UNIDAD INDUSTRIAL		LOCALIZACION TULIA, HGO.		PROYECTO NO E-1255		PAGINA 1 2					
DIAGRAMA	NUMERO DE CORRIENTE	DESCRIPCION DE TUBERIAS	RSE	FLUJO			PRESION			TEMPERATURA			OBSERVACIONES
				lb / h			lb / pulg ² man			°F			
				MAX	NOR	MIN	MAX	NOR	MIN	MAX	NOR	MIN	
FE-02	1	GASOLEO LEVADO DE TRAYES	L	179741	136110	81102	12.7			199	167	158	CONTENIDO DE CONTAMINANTES COMO PORCIENTO EN PESO DE AZUFRE: - GASOLEO: 2.0 % - GASOLEO LIBERO, GASOLEO PESADO, CARGA, NEUTRO LIBERO, NEUTRO s. CONTE # 4, RECIRCULACION 1, RECIRCULACION 2, RECIRCULACION 3: 2.4 % - RESIDUO: 3.0 %
	2	GASOLEO RECICLADO DE TANQUES	L	973616	571749	312681	12.7			199	167	158	
	9	RECICLADO DE AGUA	L	111670	512116	110512	192.2			199			
	4	AGUA # 4 A RECIRCULACION	L	152113	-	81876	11.1					158	
	5	NEUTRO A RECIRCULACION	L	143164	130194	77208	71.1			199			
	6	RECICLADO DE AGUA	L	123310	112100	62162	71.1			199			
	7	GASOLEO A RECIRCULACION	L	52168	40116	21088	71.1			199			
	8	CARGA DE EA-101	L	123310	157628	394583	19.2			199	167	158	
	9	CARGA DE EA-101 Y EA-102	L	394583	326817	191671	335.0			199	167	158	
	10	CARGA DE EA-101 Y EA-102	L	394583	326817	191671	31.0					267	
	11	CARGA DE EA-102 Y EA-101	L	394583	326817	191671	285					287	
	12	CARGA DE EA-102 Y EA-106	L	394583	326817	191671	260			398		287	
	13	CARGA DE EA-101 Y EA-108	L	394583	326817	191671	235			398		318	
	14	CARGA DE EA-101 Y EA-110	L	394583	326817	191671	205			425		338	
	15	CARGA DE EA-111 Y EA-112	L	394583	326817	191671	185			493		469	
	16	CARGA DE EA-101 Y EA-102	L	394583	326817	191671	85			493		467	
	17	SALIDA DE EA-101 Y EA-102	L/V	394583	326817	191671	-5.89			770		649	
	18	CARGA A EA-101	L/V	394583	326817	191671	-18.04			780		668	
	19	DE TRAYES LEVADO DE EA-101	V	35210	25299	14959	-11.20			209		201	
	20	GASOLEO RECICLADO DE GA-113	L	1653	1530	858	71.1					120	
	21	GASOLEO DE GA-101	L	112104	81288	523100	-11.19			209		201	
	22	GASOLEO DE GA-104	L	52168	40116	21088	111.1			209		201	
	23	GASOLEO DE GA-103	L	1084824	852621	494237	19.0			209		201	
	24	GASOLEO DE EC-101	L	1035879	804826	471666	-11.05					150	
	25	RECIRCULACION 1 DE EA-101	L	256637	18567	121666	-18.71			492	434	427	
	26	RECIRCULACION 1 DE EA-105	L	256637	18567	121666	38.0			492	434	427	
	27	RECIRCULACION 1 DE EA-102 Y EA-101	L	256637	18567	121666	39.0					325	
	28	RECIRCULACION 1 A EA-101	L	256637	18567	121666	-18.81					325	
	29	SALIDA DE RECICLADO EA-101	L	147777	131679	72374	-18.77			588	501	476	
	30	NEUTRO DE EA-102	V	25287	23076	11810	-18.79			492	471	467	
	31	NEUTRO LIBERO DE EA-102	L	123310	112100	62162	-18.56			492	471	472	
	32	NEUTRO LIBERO DE EA-106	L	123310	112100	62162	126.1			492	471	477	

NOTAS

REVISION	0	1	2	3	4	5	6
FECHA	23-NOV-83	23-NOV-83					
ELAB POR	J.A.	J.A.					
REV POR	1981	1981					

108

CLIENTE PEÑAS PLANTA UNIDAD REDESTALADORA LOCALIZACIÓN TULA, MDO. PROYECTO NO. E-1255 HOJA 2

DIAGRAMA	NUMERO DE CORRIENTE	SERVICIO	FASE	FLUJO			PRESION			TEMPERATURA			OBSERVACIONES
				lb / hr			lb / pulg ² man			°F			
				MAX	NOR	MIN	MAX	NOR	MIN	MAX	NOR	MIN	
1000-63	35	RECIRCULACION 2 DE DA-101	L	178525	126762	75513	-10.67		578	577	537		
	37	RECIRCULACION 2 DE GA-102	L	178525	126762	75513	57.3		578	577	537		
	36	RECIRCULACION 2 DE EA-107 Y EA-108	L	178525	126762	75513	34.3		410				
	35	RECIRCULACION 2 A DA-101	L	178525	126762	75513	-10.58		410				
	37	ENTRADA DE LIQUIDO A DA-101	L	178124	161873	95334	-10.50		572	571	532		
	38	VAPORES DE DA-103	V	31434	25201	20012	-10.50		572	571	532		
	39	NEUTRO 20 DE GA-102	L	173447	130772	77118	-10.27		565	565	527		
	40	NEUTRO 20 DE GA-108	L	173167	130777	77118	141.1		565	565	527		
	41	NEUTRO 20 DE EA-101 Y EA-102	L	173167	130777	77118	126.1				237		
	42	RECIRCULACION 3 DE DA-101	L	282015	207186	124306	-10.38		620	620	606		
	43	RECIRCULACION 3 DE GA-101	L	282015	207186	124306	64.7		620	620	606		
	44	RECIRCULACION 3 DE EA-107 Y EA-110	L	282015	207186	124306	34.7		510	510	450		
	45	RECIRCULACION 3 A DA-101	L	282015	207186	124306	-10.27		510	510	450		
	76	ENTRADA DE LIQUIDO A DA-101	L	218554	-	112315	-10.22		647	647			
	47	VAPORES DE GA-104	V	56552	-	30441	-10.23		631	631			
	48	CORTE #4 DE DA-104	L	154143	-	84018	-10.04		615	615			
	49	CORTE #4 DE GA-110	L	154143	-	84018	141.1		615	615			
	50	CORTE #7 DE EA-105 Y EA-106	L	154143	-	84018	126.1		355	355			
	51	RESIDUO DE DA-101	L	411015	373118	140512	-9.60		780	623			
	52	RESIDUO DE GA-111	L	411015	373118	140512	271.2		780	623			
	53	RESIDUO DE EA-111 Y EA-112	L	411015	373118	140512	117.2		215	410			
	60	VAPOR DE AGUA A EA-101 Y EA-102	V	15200	10511	6211	50.0		215	215			
	61	VAPOR DE AGUA DE EA-101 Y GA-102	V	15200	10511	6211	45.0		650	650			
	62	VAPOR DE AGUA A DA-102	V	3474	3474	1977	100.0		650	650			
	63	VAPOR DE AGUA A EA-102	V	7350	3911	2354	100.0		650	650			
	64	VAPOR DE AGUA A DA-104	V	4431	-	2514	100.0		650	650			
	65	AGUA CONDENSADA DE EA-112	L	101660	73461	51015	72.7				120		

NOTAS	REVISION	0	1	2	3	4	5	6	7
	FECHA	30-SEP-83	13-NOV-83						
	ELAB POR	JF	JF						
	APR. POR	GJP/IDL	IDL						

E J E M P L O :

Una vez que el arreglista recopiló esta información se procede de la siguiente manera para elaborar el arreglo.

Primero, localizar en el diagrama de tubería e instrumentación la línea que se va a diseñar, en este caso ilustrativo se desea diseñar la línea 10"/14" P 33019, con clase B1A, temperatura de operación 222°C, presión de prueba 21.9 kg/cm². Esta línea se localiza en el DTI (Diagrama de Tubería e Instrumentación), número 30 (ver fig. 4) del contrato 1185, planta "Adición de las secciones de fraccionamiento y tratamiento a la Planta Combinada".

Como se puede observar, en el DTI se identifica muy bien esta línea, también se ven los equipos a los cuales interconecta, estos son: el horno BA-301 y la torre de destilación atmosférica DA-301. Se nota que se están manejando diferentes diámetros, estos son: 8, 10 y 14 pulgadas.

A continuación el arreglista, debe consultar el plano general de equipos. Esto es con el fin de ver qué distante está un equipo de otro, también uno debe imaginarse la ruta que puede tener el arreglo.

Posteriormente, se debe consultar el Plano de Soportes Elevados (rack), con el propósito de observar los espacios disponibles por donde puede pasar la línea, siempre deberemos cumplir con las normas que rigen a esta especialidad.

Ya que se ha visualizado todo el trayecto y se han determinado distancias, espacios y todo lo que tendrá la línea, se pasa a trazarla y a levantar los dibujos isométricos correspondientes, estos nos dan una representación gráfica muy útil empleando tres ejes de referencia.

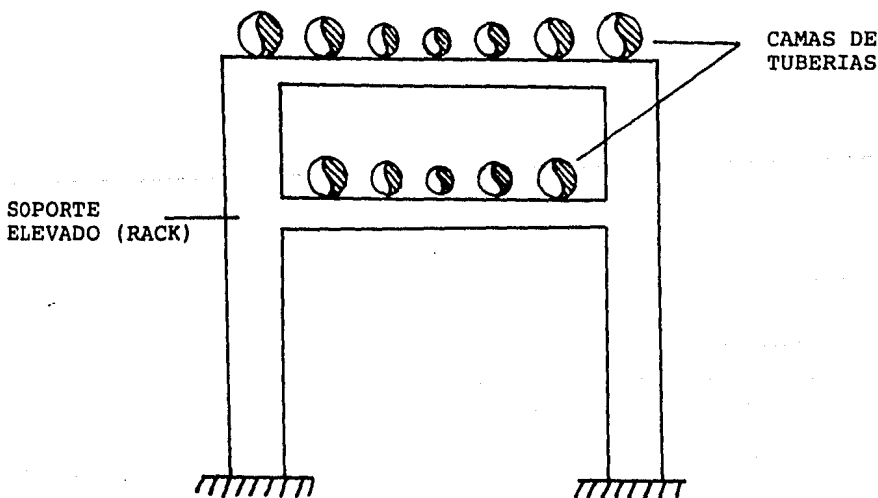
Una vez que el diseñador ha identificado los equipos que conecta la línea de transfer del ejemplo presentado, procede a IMAGINAR las posibles rutas que puede emplear y esto es como una distribución de planta en forma burda. Tiene dos puntos de referencia fijos, uno se encuentra en el horno (BA-301) y otro localizado en la torre (DA-301); de ahí, la primera opción que se podría manejar sería unir los equipos con tubería recta, siendo el trazo más óptimo. Sin embargo no se puede realizar debido a las restricciones de espacio que la planta en sí presenta.

La primera de ellas sería: la estructura para tubería - elevada (rack) y adicionalmente toda la gama de tuberías que corren sobre las camas del mismo, a su vez los diferentes equipos que se encuentran adyacentes a la zona en cuestión. - (ver Plano de Localización General).

En base a todas estas restricciones, el diseñador tiene que elaborar el arreglo, basándose en el criterio de espacio limitado, muchas veces de mayor importancia que el de posibles criterios de optimización, o en otras ocasiones debido a fac-

tores externos. En base a todo esto el diseñador arreglará la línea en los espacios disponibles.

Para comenzar a diseñar, el diseñador tendrá a la mano los planos de tuberías sobre soportes elevados (rack), en este ejemplo se observan a continuación. Posteriormente el diseñador tuvo que tomar en cuenta una restricción que es que la línea de transfer presentada tiene que ir hasta la cama superior de tuberías a un nivel de 108 (8 mts.). Posteriormente se debe observar que se tiene un ancho de cama de 10 mts. En el se encuentran 4 líneas ya fijas, el nivel de las cuales ocupan el centro de la cama, también se debe tomar en cuenta la distribución de las líneas dentro de la cama. Esto es, que las líneas de mayor diámetro deben de ir a los extremos y las de menor en el centro como se observa en la siguiente figura.



Esto se debe a que la tubería de mayor diámetro es más pesada, pues con esta distribución se evitará que la soportería llegue a pandearse por la concentración del peso en el centro de la cama de tuberías. Una vez que se encontró su situación y lugar correspondiente, el diseñador traza la línea a través del Rack hasta sacarla. Cuando ésta llega a la coordenada norte 18.500. Se hace notar que la línea se encuentra cargada hacia el lado en donde está la torre, pero se puede ver que la línea fue diseñada solamente tomando en cuenta los espacios disponibles, y así, se perdió de vista el punto de tratar de optimizar el diseño.

Una vez realizado el diseño y de haberse cerciorado que ésta no tiene interferencias con alguna otra, se deja y se le da la autorización.

Este es precisamente el problema que se tratará de resolver mediante esta investigación que proporcionará una metodología y la aplicación de técnicas más científicas para poder llegar al diseño óptimo. Con mayor razón es necesario optimizar las líneas de transfer dentro de una planta industrial.

En fin, como el ejemplo lo muestra, en ningún momento se ve que se haya tratado de optimizar el diseño, y al final se editaron los dibujos correspondientes de tal línea.

TESIS CON.

FALLAS DE ORIGEN

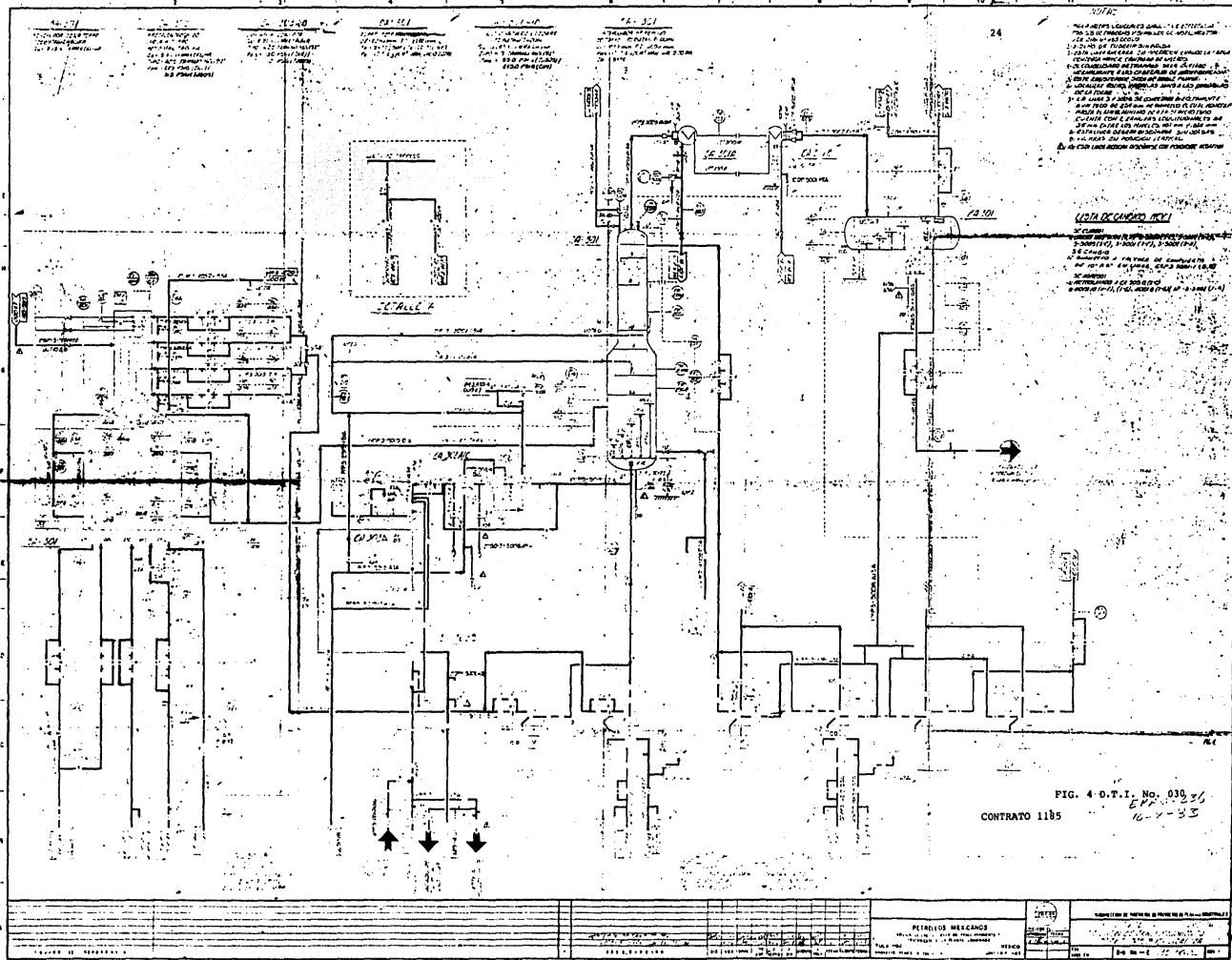
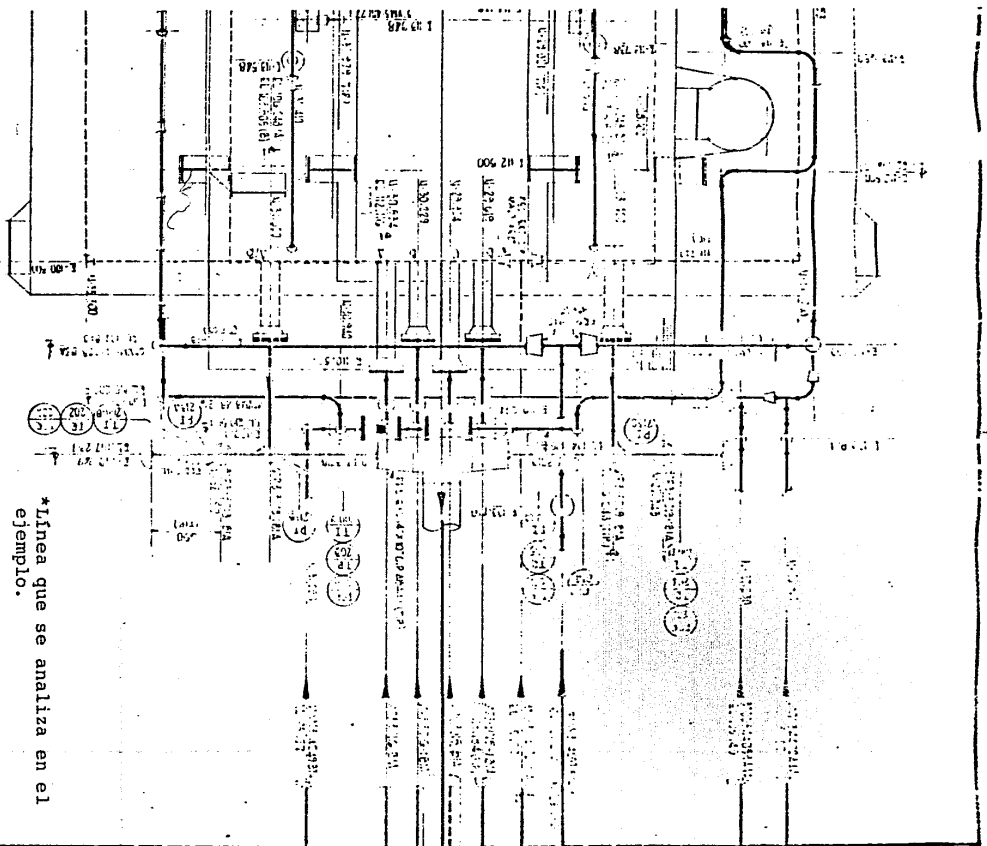


FIG. 4-D.T.I. No. 030/36
CONTRATO 1185
16-7-33

PEÑON VIEJO		REPARTICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (R.E.E.)	
C.A. 138		C.A. 132	
C.A. 130		C.A. 125	
C.A. 120		C.A. 115	
C.A. 110		C.A. 105	
C.A. 100		C.A. 95	
C.A. 90		C.A. 85	
C.A. 80		C.A. 75	
C.A. 70		C.A. 65	
C.A. 60		C.A. 55	
C.A. 50		C.A. 45	
C.A. 40		C.A. 35	
C.A. 30		C.A. 25	
C.A. 20		C.A. 15	
C.A. 10		C.A. 5	
C.A. 0		C.A. 0	

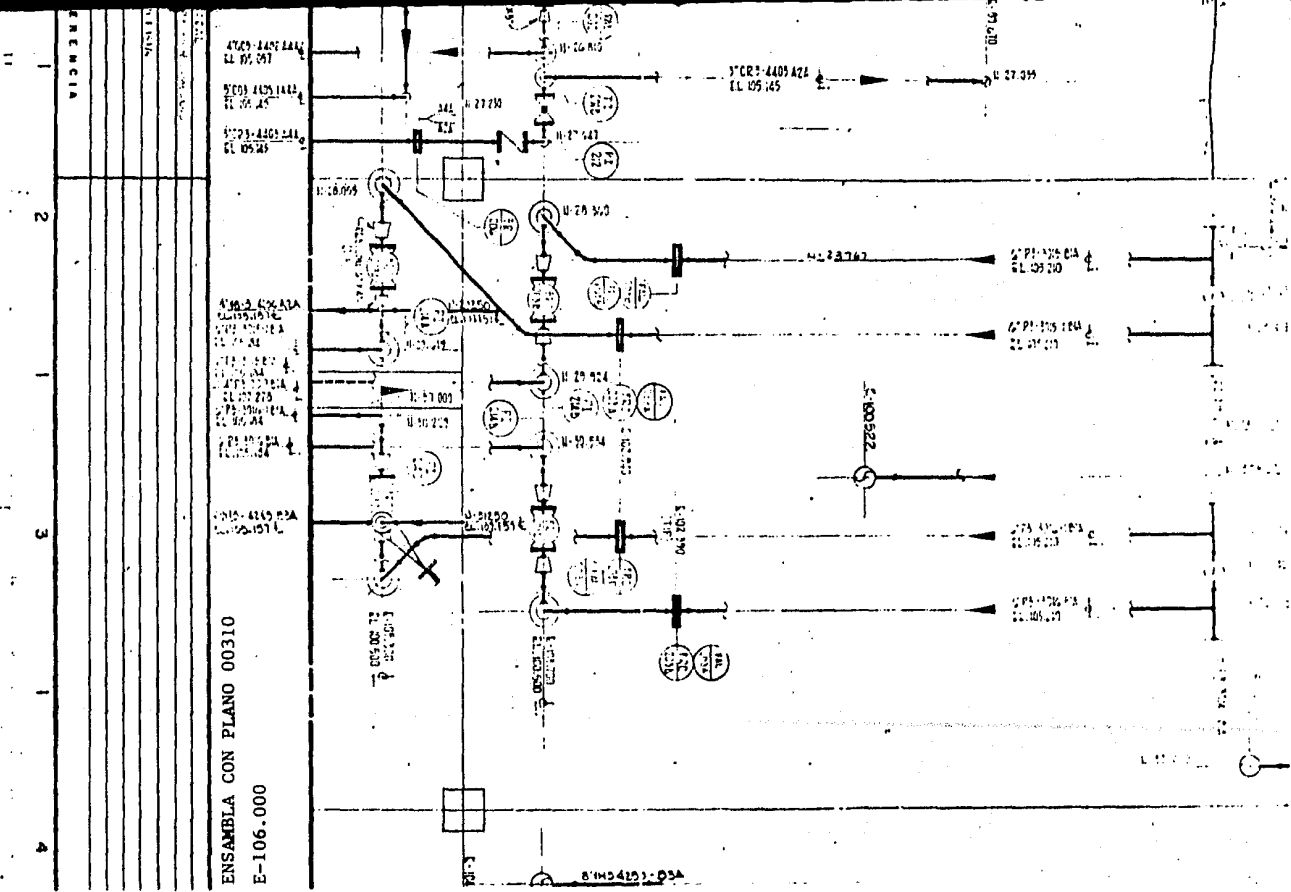


*Línea que se analiza en el ejemplo.

PLANO DE TUBERIAS NIVEL UNICO, PLANTA

AREA "I"

CONT: 1185 No. 00310



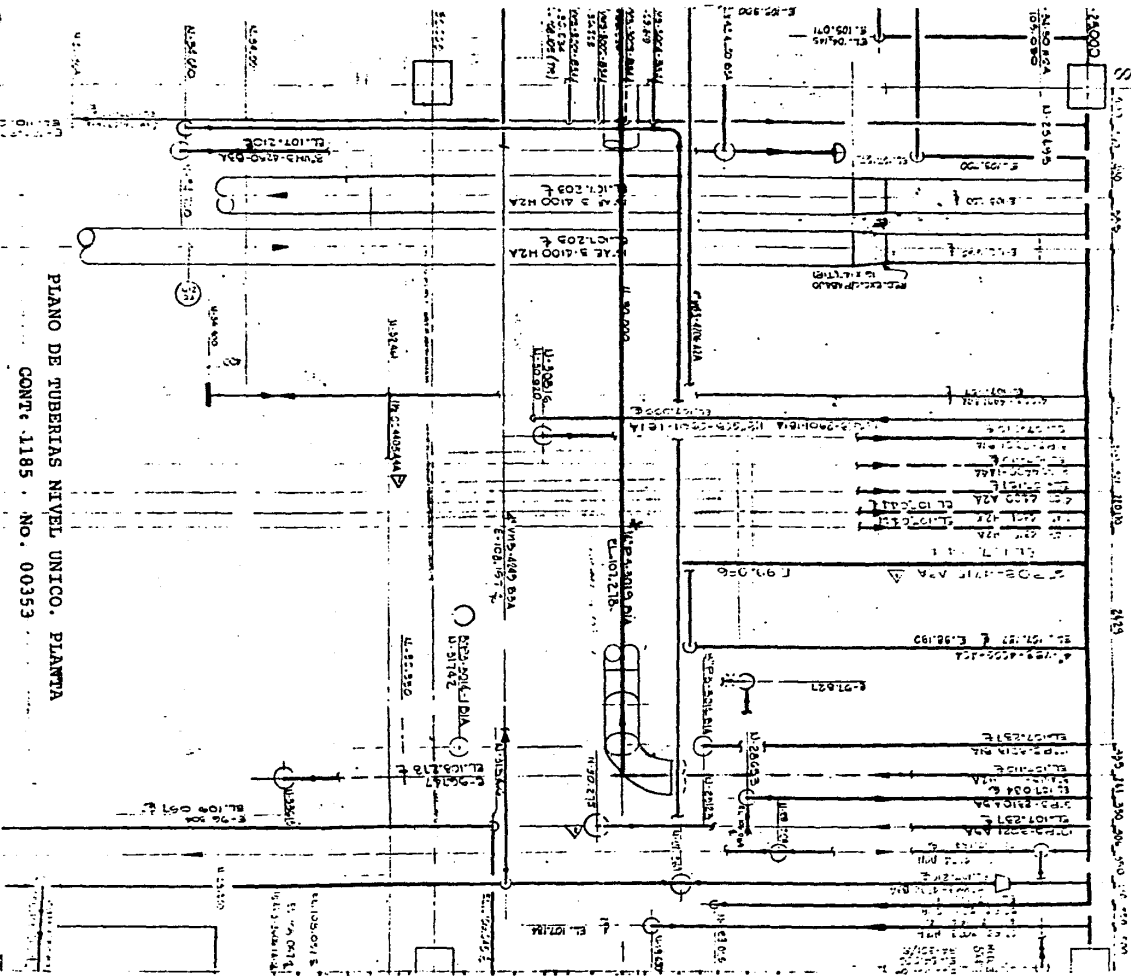
PLANO DE TUBERIAS NIVEL UNICO. PLANTA

AREA "G"

CONT: 1185 No. 00308

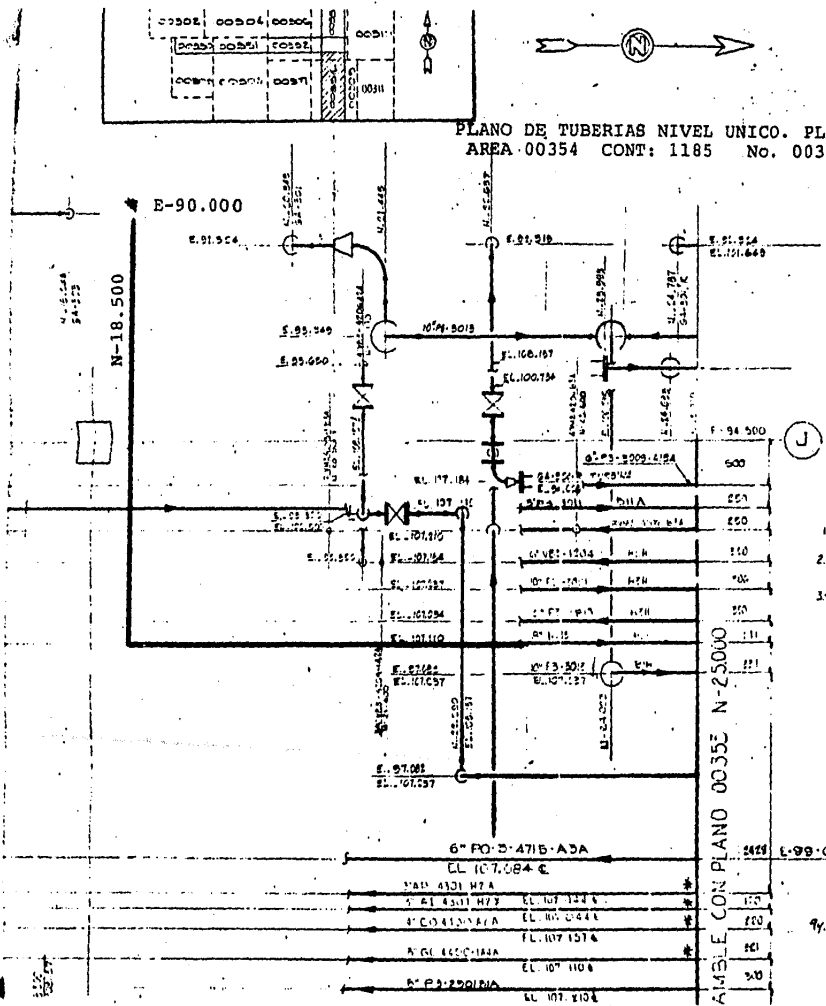
LINEA DE ENSAMBLE CON PLANO N° 00354

N-25000



PLANO DE TUBERIAS NIVEL UNICO. PLANTA
CONT. 1185 NO. 00353

PLANO DE TUBERIAS NIVEL UNICO. PLANTA
 AREA-00354 CONT: 1185 No. 00354



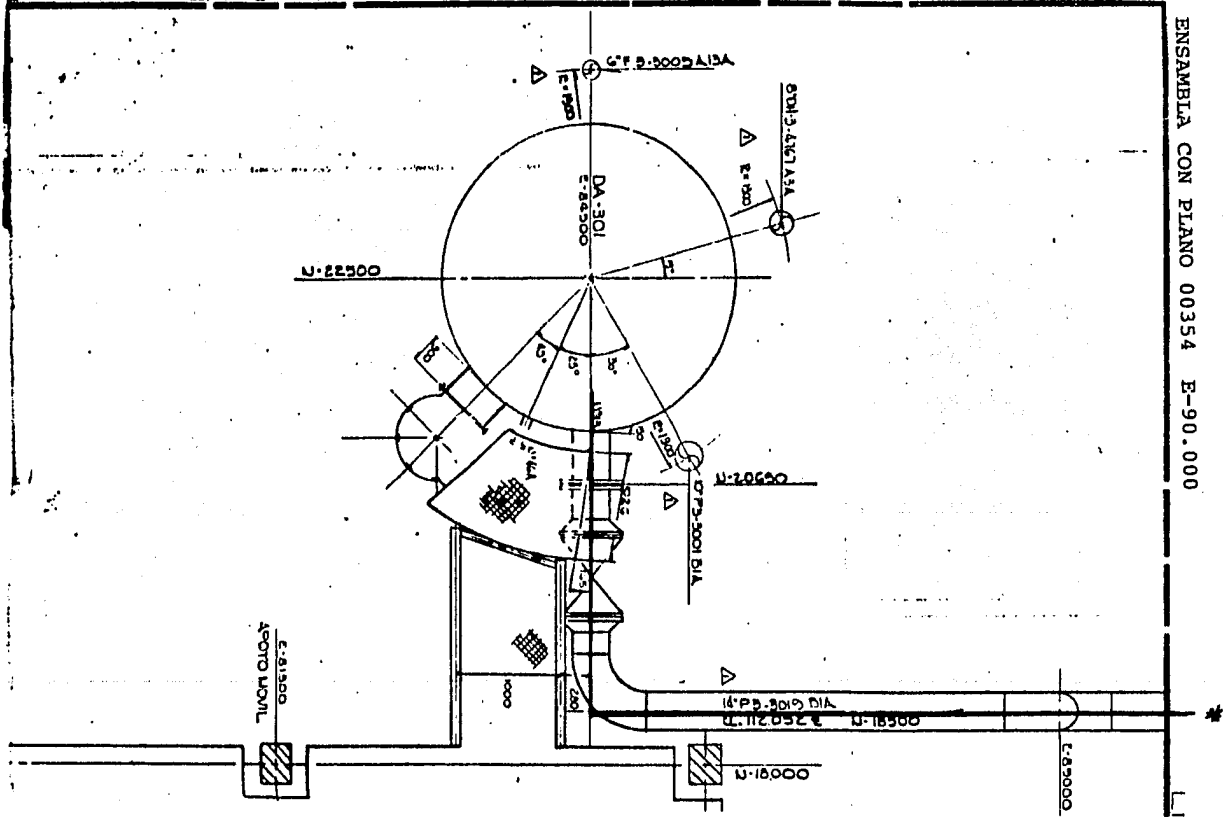
- LISTA DE CAMBIOS EN REV. I
- 1.- SE AGREGA LA LINEA
 - 2.- SE AGREGA LA LINEA
 - 3.- SE CAMBIA LA COMPRESION A LA LINEA DE 6\"/>
 - 4.- SE CAMBIA LA TRAYECTORIA A UN LINDERO DE 10\"/>
 - 5.- SE CAMBIA LA TRAYECTORIA A UN LINDERO DE 10\"/>
 - 6.- SE CAMBIA LA TRAYECTORIA A UN LINDERO DE 10\"/>
 - 7.- SE CAMBIA LA TRAYECTORIA A UN LINDERO DE 10\"/>
 - 8.- SE CAMBIA LA TRAYECTORIA A UN LINDERO DE 10\"/>
 - 9.- SE CAMBIA LA TRAYECTORIA A UN LINDERO DE 10\"/>
 - 10.- SE CAMBIA LA TRAYECTORIA A UN LINDERO DE 10\"/>

PLANO N-25000 00354 N-18.500

E-99-086

7/11

CON PLANO N°00.306 N-25.000

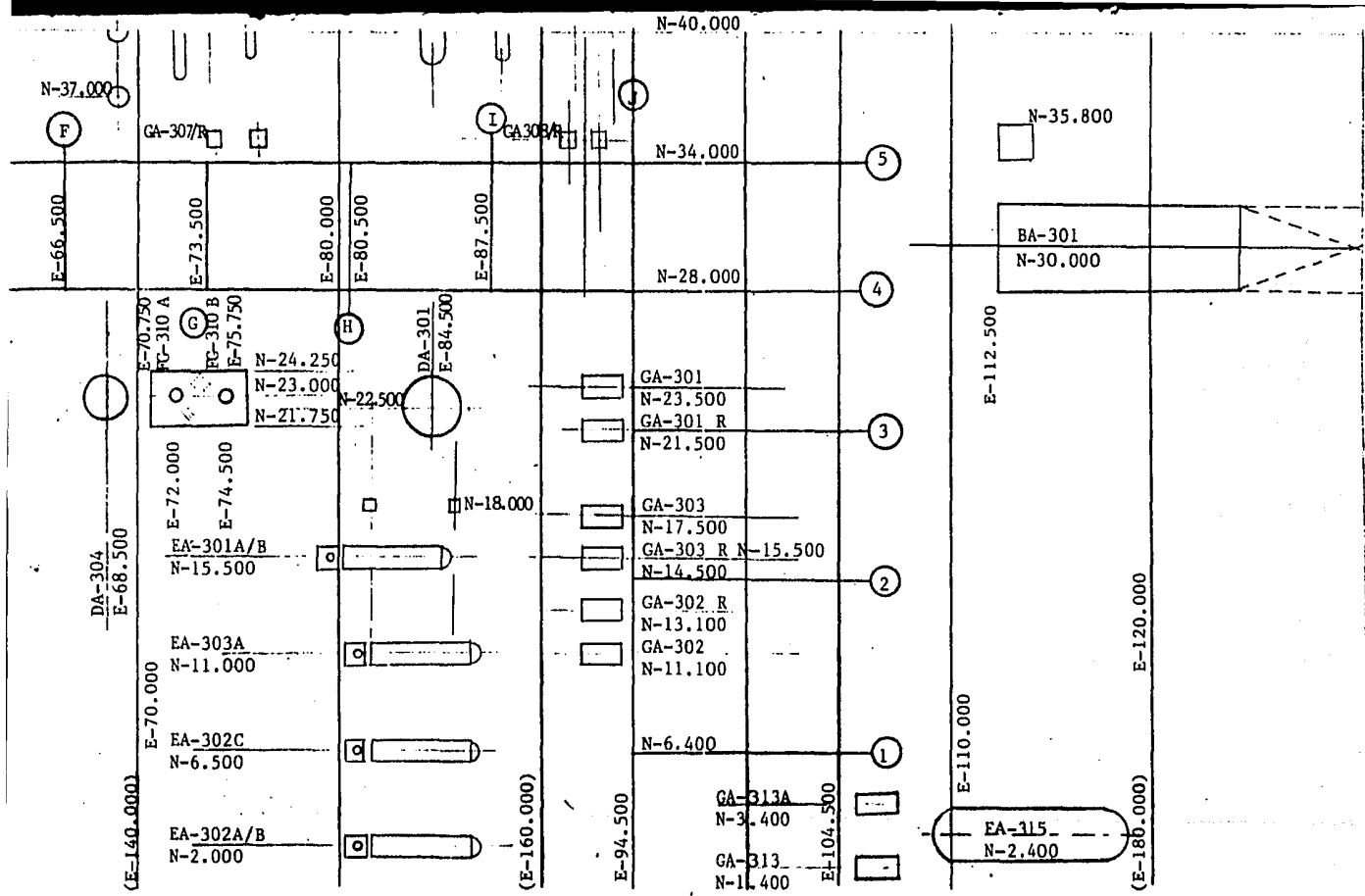


ENSAMBLIA CON PLANO 00354 E-90.000

PLANO DE TUBERIAS PLANTA. NIVEL 112.000

AREA "F"

CONT: 1185 No. 00307-B

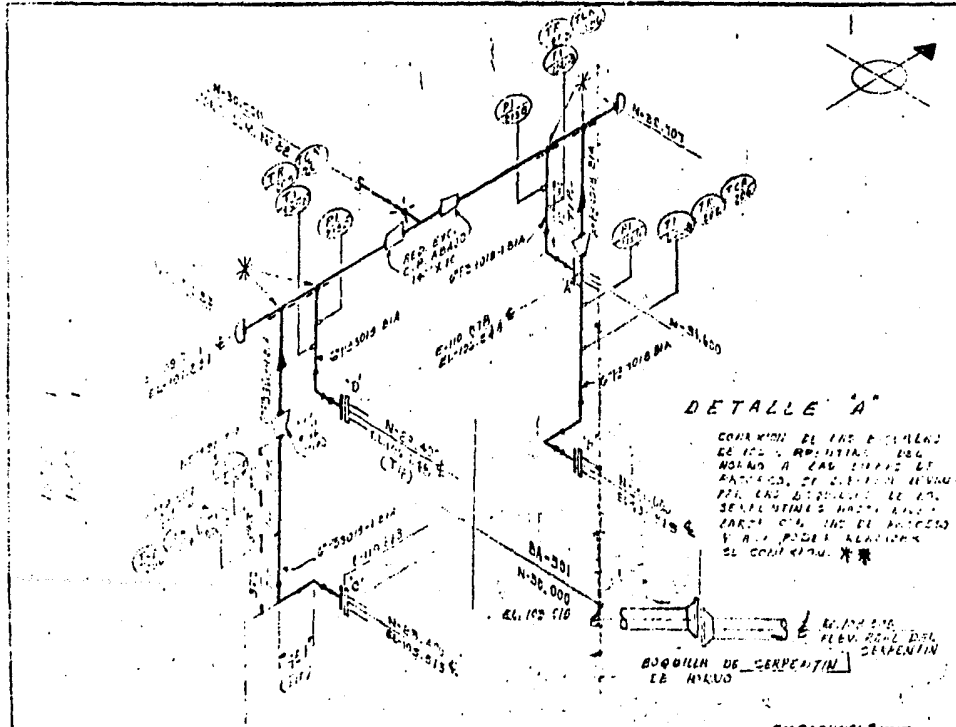


PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPOS
 "SECCION FRACCIONADORA Y TRATADORA PLANTA COMBINADA"

CONT: 1185

ISOMETRICO DE TUBERIA
10"/14" P33019 B1A HOJA 1 DE 2

LISTA DE MATERIAL



PARTIDA		IDENTIFICACION	CANT. POR ITEM
MONTAJES (TRC)	ITEM		
	CANTIDAD		
MATERIALES	TIPO		
	CANTIDAD		
CONEXIONES	TIPO		
	CANTIDAD		
SERVICIOS	TIPO		
	CANTIDAD		
VALVULAS	TIPO		
	CANTIDAD		

NO.	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD
1
2
3

* USAR PARCHES DE REFUERZO
(VER NOTA 217)

LINEA No.	ESP.	...
...
...

CAPITULO II

APLICACION DE LA TECNICA DEL CAMINO CRITICO EN ARREGLOS DE TUBERIAS

2.1 EXPLICACION DE LA TECNICA. Las siglas Pert, son la abreviación de "Program Evaluation and Review Technique", su traducción al español significa; Técnica de Evaluación y Revisión de Programas.

Es una técnica de administración de proyectos, de las más discutidas en los últimos tiempos. Su repercusión en los medios empresariales fue pocas veces igualada en la historia de la administración. De extraordinaria flexibilidad, puede ser utilizada en cualquier tipo de proyecto que incluya acti-

vidades ordenadas e interdependientes que por su complejidad deban ser planeadas y controladas.

Aunque reciente, el método se fundamenta en una serie de conocimientos ya utilizados hace mucho tiempo en los círculos empresariales. Las tentativas de aplicación sistemática en la planeación tampoco son recientes, han sido el resultado de la complejidad creciente de las variables que intervienen en las decisiones ejecutivas.

El Pert es un sistema técnico que disciplina la elaboración de un proyecto y el control de su ejecución mediante el empleo de diagramas y la representación gráfica.

Existe una técnica parecida al Pert y conocida como CPM o "Critical Path Method".

La combinación de estos dos métodos dió origen al actual método del camino crítico, en el cual se utiliza el control de los tiempos de ejecución y los costos de operación para buscar su optimización.

El método del camino crítico, se define como un proceso lógico de planeación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades que intervienen en un determinado proceso que deberá desarrollarse en el menor tiempo y costo posible.

METODOLOGIA. El método del camino crítico, comprende las siguientes fases principales:

- Planeación.

- Ejecución.
- Control.

P L A N E A C I O N

Consiste en determinar lo que se debe hacer, cómo hacerse, qué acción debe tomarse, quién es responsable de ella y - por qué. La planeación se compone de las siguientes etapas:

- Lista de actividades.
- Matriz de secuencias.
- Matriz de tiempos.
- Red de actividades.
- Costos y pendientes.
- Comprensión de la red.
- Limitaciones de tiempo y recursos.
- Matriz de elasticidad.
- Probabilidad de retraso.

E J E C U C I O N

Para llevar a cabo esta fase o sea la aplicación de todas las actividades inherentes al proyecto, es necesario contar con la aprobación de todas las personas directoras o responsables de los procesos que intervienen en el proyecto.

C O N T R O L

Consiste en los diferentes medios que nos permiten comparar los resultados reales con los estimados, con el fin de corregir las desviaciones.

La planeación es la fase más difícil y la que consume más tiempo en la aplicación del método del camino crítico.

LISTA DE ACTIVIDADES:

El primer paso a seguir es la identificación de todas las actividades que intervienen en el proyecto. Esta información - se obtendrá del personal asignado en la ejecución del mismo. - Al llevarse a cabo la relación de actividades, no es necesario que se listen en orden de ejecución, pero sí es conveniente - porque evita que se olvide alguna de ellas. Sin embargo, si se omite alguna actividad, en el trazo de la red se descubrirá - cuál es la actividad faltante.

MATRIZ DE SECUENCIAS:

A fin de poder determinar la matriz de secuencias, se procederá a preguntarle a los responsables de la ejecución, cuáles actividades deben hacerse al terminar cada una de las que aparecen en nuestra relación.

Hay que tomar en cuenta que esta matriz no es la definitiva, debido a que generalmente se hacen ajustes posteriores de acuerdo a las limitaciones existentes para la ejecución del - proyecto.

En la fig. No. 6, tenemos el formato a utilizar para determinar la matriz de secuencia, en el cual iremos marcando - con una X en el casillero correspondiente, para indicar qué actividad podemos hacer al terminar cada una de las que tenemos

en la relación.

MATRIZ DE TIEMPOS:

Con la ayuda de personas que conozcan el trabajo, se procede a fijar los tiempos de duración de cada actividad, ya sea en minutos, horas, días, meses y años, con la condición de que se tenga la misma medida para todo el proyecto.

Para cada actividad se requieren tres cantidades estimadas: tiempo medio (M), tiempo óptimo (O) y tiempo pésimo (P).

TIEMPO MEDIO (M), es el tiempo normal que se requiere para la ejecución de la actividad, de acuerdo a la experiencia de la persona que proporciona la información.

TIEMPO OPTIMO (O), es el menor tiempo posible en que se puede ejecutar la actividad sin importar la cantidad de recursos humanos, materiales y financieros que se requieran.

TIEMPO PESIMO (P), es el mayor tiempo que podría presentarse ocasionalmente como consecuencia de accidentes, falta de su ministros, causas no previstas, etc.

Con base en los tiempos anteriores y utilizando la fórmula Pert, se procederá a calcular el tiempo estándar (t).

$$t = \frac{O + 4M + P}{6}$$

TIEMPO ESTANDAR (t), es igual al tiempo óptimo, más cuatro veces el tiempo medio, más el tiempo pésimo y la sumatoria dividida entre seis.

Teniendo determinada la matriz de secuencias y la de tiempos, se integran para formar la matriz de información la cual - sirve para el trazo de la red.

RED DE ACTIVIDADES.

Una red de actividades es la representación gráfica de un proyecto, mostrando la intervención entre éstas y el camino crítico, también es llamado Diagrama de Flechas.

Una actividad es una parte de un proyecto la cual consume tiempo y recursos, además tiene definido su tiempo de inicio y terminación. Las actividades pueden ser físicas o mentales, como: estudios, dibujo, construcciones, etc.

Los puntos de inicio y terminación de una actividad son - llamados: eventos o nodos.

REGLAS BASICAS PARA EL TRAZO DE UNA RED.

1.- Antes de que una actividad pueda iniciarse, todas las que le preceden deben haberse terminado.

2.- Las flechas indican solamente la interrelación que existe entre las actividades; no son vectores, escalares, ni representan medida alguna (Excepto en la red medida).

3.- Los números de los eventos no deben ser duplicados en la red.

4.- En los casos en que haya necesidad de indicar qué actividad tiene interrelación o continuación de otra, se dibujará - entre ambas una línea puntada llamada línea de liga o Ficticia,

y no consume tiempo ni recursos.

El trazo de la red se puede hacer de dos diferentes procedimientos:

R E D M E D I D A :

Para dibujar la red medida se emplea papel cuadrulado indicándose en la parte superior la escala seleccionada de acuerdo a las unidades de tiempo de cada actividad. Como no se conoce la duración del proyecto el intervalo sólo es aproximado - (ver fig. 7).

RED DE VENCIMIENTOS SUCESIVOS:

Este procedimiento se utiliza en los proyectos que tienen actividades con tiempos desproporcionados entre sí, la red medida resultará impropia para la lectura, por lo que será necesario suprimir la escala y respetar únicamente la matriz de información. A esta red de información se le llama de Vencimientos Sucesivos, para el trazo de esta red, el primer paso a seguir es, dibujar una red exclusivamente de secuencias, indicando en cada actividad el número de identificación y el tiempo estándar.

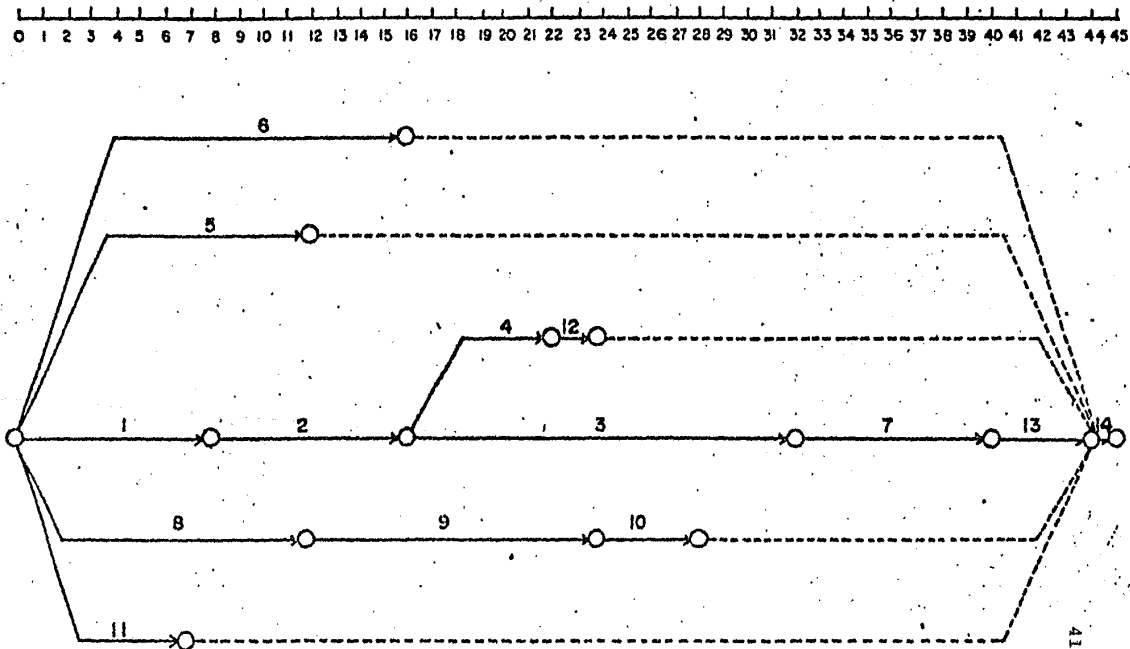
COSTOS Y PENDIENTES.

El siguiente paso de la fase de planeación es la obtención de los costos correspondientes a cada actividad ejecutada en tiempo estándar y en tiempo óptimo.

El costo para las actividades realizadas en tiempo estándar se denomina costo normal ($\$N$) y las ejecutadas en tiempo óp

Fig. 7

REPARACION TANQUE T-24 A RED MEDIDA



F-7

timo se les llama costo límite (\$L).

Con los costos y los tiempos ya definidos se determinan - las pendientes de las actividades.

Se llama pendiente al incremento de costo que sufre la actividad por cada unidad de tiempo que se comprima de su duración original.

En sí, la pendiente es la relación entre el incremento de costo y la reducción del tiempo.

Se determina de la siguiente manera:

$$m = \frac{\$L - \$N}{t - o}$$

Para aclarar los conceptos de costos y pendientes se cita el siguiente ejemplo:

DESARROLLO DE UN CAMPO PETROLERO

PRIMER PASO.- Obtención de la relación de actividades, - (fig. 8), con las personas que conocen el trabajo a realizar.

SEGUNDO PASO.- Determinar la matriz de secuencias (fig. 9).

TERCER PASO.- Con base en los tiempos, óptimo, medio y pé- simo, calcular el estándar y elaborar la matriz de tiempo (- fig. 10).

CUARTO PASO.- Integrar la matriz de información (fig. 11) y con estos datos procedemos a dibujar la red a tiempo estándar (fig. 12).

QUINTO PASO.- Con los costos obtenidos por actividad a -

tiempo estándar (\$N) y a tiempo óptimo (\$L) procedemos a calcular la pendiente (m) e integramos la matriz de pendientes (fig. 13).

SEXTO PASO.- Con los datos anteriores procedemos a trazar la red de pendientes (fig. 14), en la cual vamos a marcar lo siguiente:

$$\frac{a - m}{t - o}$$

a= número de actividad.

m= pendiente.

t= tiempo estándar.

o= tiempo óptimo.

SEPTIMO PASO.- Comprimir la red; esto se llevará a cabo - analizando los diferentes caminos, desde la actividad inicial - hasta la final y sumar los tiempos óptimos de cada una de ellas. Se tomará el camino que tenga mayor duración o sea el camino crítico a tiempo óptimo. Se procede a trazar la red a tiempo óptimo (fig. 15) anotando los siguientes datos:

$$\frac{a - \Delta}{E}$$

a= actividad.

Δ = incremento por actividad.

E= tiempo estimado

Δ = número de unidades - de tiempo que se reduce multiplicado por la pendiente (m).

A continuación se calcula el costo del proyecto, tomando en cuenta lo siguiente:

Costo del proyecto= gastos fijos + gastos de las acti
vidades + incremento por actividad.

RELACION DE ACTIVIDADES

- 1.- Proyecto para la Explotación con bombeo mecánico.
- 2.- Caminos de Acceso.
- 3.- Pozos (peras).
- 4.- Líneas de Recolección.
- 5.- Presas (reacondicionamiento).
- 6.- Reparación de Pozos.
- 7.- Material Requerido.
- 8.- Evaluación de Resultados.
- 9.- Aprobación del Proyecto.
- 10.- Bases de Concreto.
- 11.- Equipos de Reparación.
- 12.- Evaluación de Resultados.
- 13.- Aprobación del Proyecto.
- 14.- Caminos de Acceso.
- 15.- Perforación de Pozos.
- 16.- Bases de Concreto B.M.
- 17.- Fracturamientos.
- 18.- Baterías de Separadores.
- 19.- Estaciones de Bombeo.
- 20.- Líneas de Descarga.
- 21.- Líneas de Recolección.
- 22.- Redes de Energía Eléctrica.
- 23.- Modificación de unidades superficiales de B.M.

Fig. 8

MATRIZ DE SECUENCIAS

ACTIVIDAD	SECUENCIA
0	1
1	7
2	6
3	5
4	6
5	6
6	8
7	2, 3, 4
8	9
9	10
10	11
11	12
12	13
13	14, 18, 19, 20, 21, 22
14	15
15	16
16	17
17	-
18	-
19	-
20	-
21	-
22	23
23	-

Fig. 9

MATRIZ DE TIEMPOS

ACTIVIDAD	0	M	P	t
1	30	60	90	60
2	7	10	12	10
3	7	10	12	10
4	90	120	150	120
5	5	10	30	13
6	30	30	30	30
7	60	90	120	90
8	30	60	90	60
9	5	5	5	5
10	10	20	30	20
11	150	150	150	150
12	30	60	90	60
13	5	5	5	5
14	20	40	60	40
15	600	700	800	700
16	50	70	90	70
17	150	150	150	150
18	150	160	170	160
19	50	60	70	60
20	140	150	160	150
21	60	70	80	70
22	100	120	140	120
23	40	50	60	50

Fig. 10

MATRIZ DE INFORMACION

ACTIVIDAD	SECUENCIA	TIEMPO
0	1	-
1	7	60
2	6	10
3	5	10
4	6	120
5	6	13
7	2,3,4	90
8	9	60
9	10	5
10	11	20
11	12	150
12	13	60
12	14,18,19,20,21,22	5
14	15	40
15	16	700
16	17	70
17	-	150
18	-	160
19	-	60
20	-	150
21	-	70
22	23	120
23	-	50

Fig. 11

RUTA A TIEMPO STANDARD

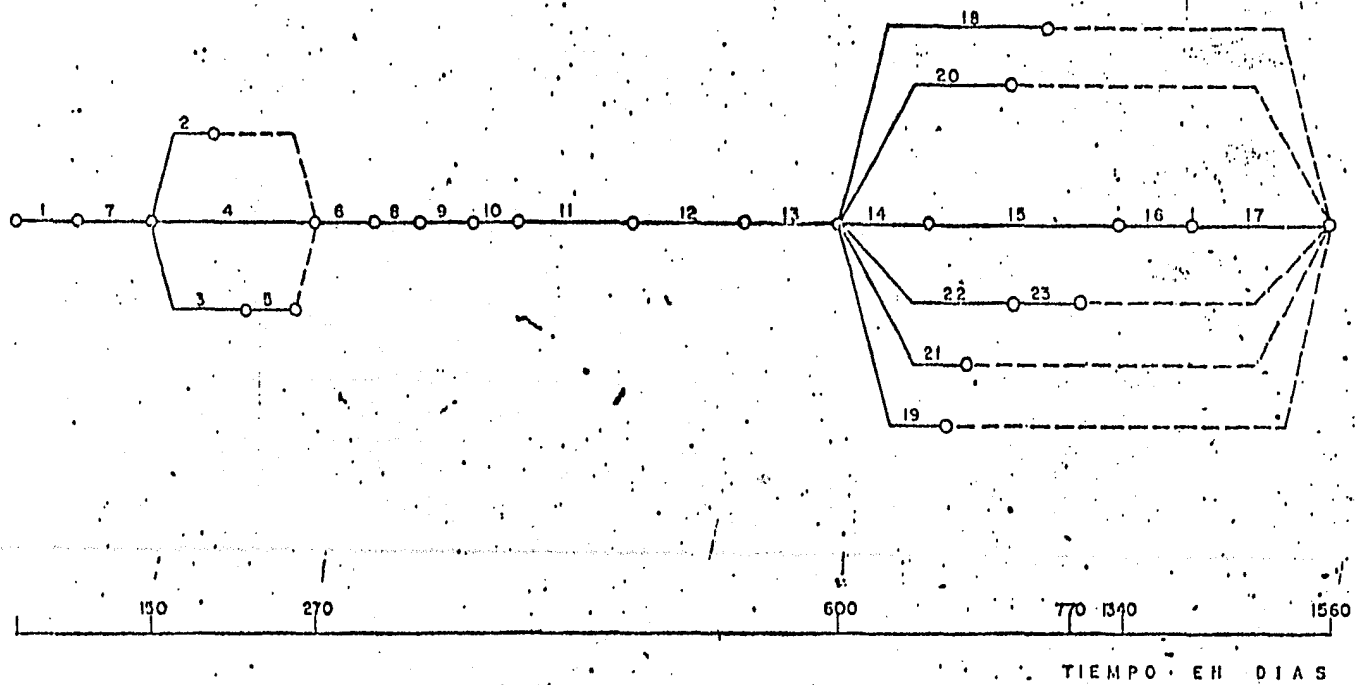


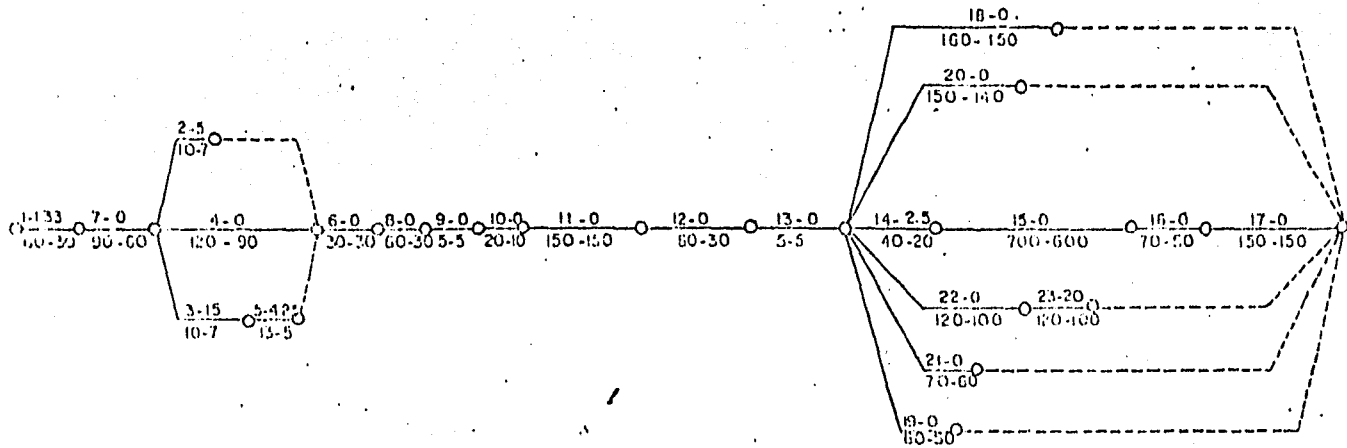
Fig. 12

MATRIZ DE PENDIENTES

ACTIVIDAD	T	O	\$N	\$L	m
1	60	30	80	120	1.33
2	10	7	50	65	5.00
3	10	7	45	90	15.00
4	120	90	1,400	1,400	0.00
5	13	5	50	60	6.25
6	30	30	600	600	0.00
7	90	60	3,000	3,000	0.00
8	60	30	0	0	0.00
9	5	5	0	0	0.00
10	20	10	30	30	0.00
11	150	150	150	150	0.00
12	60	30	0	0	0.00
13	5	5	0	0	0.00
14	40	20	250	300	2.50
15	700	600	50,000	50,000	0.00
16	70	50	1,500	1,500	0.00
17	150	150	3,000	3,000	0.00
18	160	150	5,000	5,000	0.00
19	60	50	1,500	1,500	0.00
20	150	140	7,000	7,000	0.00
21	70	60	2,000	2,000	0.00
22	120	100	5,000	5,000	0.00
23	50	40	500	700	20.00

Fig. 13

RED. DE PENDIENTES



$$m = \frac{\phi - \phi N}{i - \sigma}$$

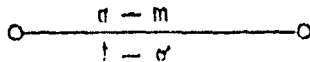


Fig. 14

COMPRESION DE LA RED A TIEMPO OPTIMO

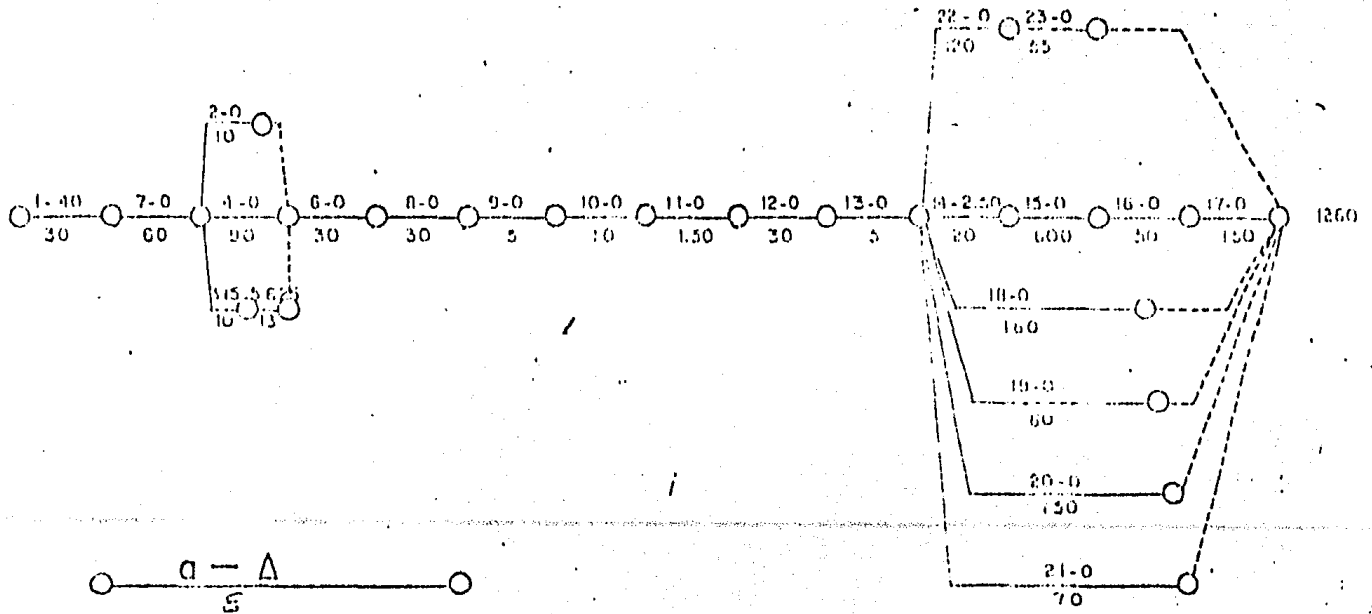


Fig. 15

2.2 APLICACION EN DIVERSOS CAMPOS. Recién incorporado al número creciente de instrumentos cuantitativos para la toma de decisiones en los negocios, el método del camino crítico representa una técnica eficaz pero fundamentalmente sencilla para analizar, planear y programar proyectos grandes y complejos. Esencialmente este instrumento proporciona un método para determinar:

- 1.- Cuáles trabajos o actividades, de los muchos que incluye un proyecto, son críticos en cuanto al efecto que tiene sobre el tiempo total del proyecto.
- 2.- Cómo programar óptimamente todas las actividades del proyecto y concluir las en una fecha determinada a un costo mínimo. Son muy diversos los tipos de proyectos que se prestan al análisis por camino crítico, según se sugiere en la siguiente lista de aplicaciones:
 - La construcción de un edificio o una carretera.
 - La planeación e introducción de un nuevo producto.
 - El paro periódico de una unidad para revisión en una refinería petrolera (u otros proyectos de mantenimiento).
 - La instalación y la corrección de algún defecto en un sistema de computadoras.
 - Proyectos de investigación y diseño de ingeniería.
 - La programación de la construcción y reparación de navíos.

- La manufactura y montaje de un generador grande (u otras operaciones por ordenes de producción).
- Procedimiento de recuento para el lanzamiento de proyectiles.

Cada uno de los proyectos citados poseen varias características que son esenciales para ser sometidos a un análisis por camino crítico. Por ejemplo:

- 1.- El proyecto consiste en un conjunto bien definido de tareas (o actividades) que al ser terminadas, señalan el término del proyecto.
- 2.- Las actividades pueden ser iniciadas e interrumpidas independientemente la una de la otra, dentro de una secuencia dada.
- 3.- Los trabajos están ordenados, es decir, tienen que ser realizados en secuencia tecnológica. Por ejemplo, hay que construir el cimiento de una casa antes que levantar los muros.

El camino crítico es substancialmente la ruta que señala los puntos de embotellamiento. Sólo encontrando maneras de acelerar trabajos a lo largo del camino crítico, se puede reducir el tiempo del proyecto total; el tiempo requerido para realizar trabajos no críticos no es pertinente desde el punto de vista de duración total del proyecto. La práctica frecuente (y costosa) de acelerar todas las actividades de un proyecto para reducir el -

tiempo total de este de vuelve innecesario. Sólo un 10% de las actividades en proyectos grandes son críticas (esta cifra varía de un proyecto a otro). Por supuesto si se encuentra una manera de acelerar uno o más de los trabajos críticos, entonces - no solamente de reducirá el tiempo total del proyecto, sino que el camino crítico en sí puede modificarse.

Debido a su gran potencial de aplicaciones, tanto el método del camino crítico como el PERT han tenido un desarrollo intensivo en la última década. Este esfuerzo ha recibido un gran estímulo, en parte debido a los requisitos de la Fuerza Aérea Norteamericana principalmente (y también de otras agencias gubernamentales y privadas en los E.E.U.U.), que exigen que los contratistas utilicen estos métodos en la planeación y control de sus trabajos. He aquí algunos ejemplos del progreso alcanzado.

El Sr. J. D. Wiest, profesor adjunto de la universidad de California en los Angeles, ha desarrollado extensiones del algoritmo de nivelación de la carga de actividades. Estas extensiones son los así llamados Programas SPAR (Sistema de Programación para la Asignación de Recursos) para programar proyectos que tienen recursos limitados.

Un desarrollo contemporáneo realizado por C-E-I-R, Inc., - ha producido RAMPS (Asignación de Recursos y Programación de Multiproyectos), que es similar, pero no idéntico.

La versión más reciente de PERT llamada PERT/COST, fue de-

sarrollada por las fuerzas armadas y por varias empresas para usar en proyectos de desarrollos de sistemas de defensa armada bajo contrato gubernamental. Esencialmente PERT/COST añade la consideración de los costos de recursos a la programación producida por el procedimiento PERT. También se indican maneras en que se puede efectuar nivelaciones. Otras versiones recientes se llaman PERT II, PERT III, PEP, PEPCO Y SUPER PERT.

Debido a las características del método del camino crítico antes mencionadas, y especialmente su lógica intuitiva y atracción gráfica se trata de un instrumento de decisión que puede encontrar una amplia apreciación en todos los niveles de gerencia. La gráfica de proyecto ayuda al supervisor a comprender la secuencia de trabajos y la necesidad de ejercer presión sobre los que son críticos. Para el gerente que se encarga de las operaciones diarias en todos los departamentos, el método del camino crítico le permite medir el progreso (o retraso), trazar los planes y tomar la acción apropiada rápidamente cuando sea necesario. La sencillez de éste método y su habilidad para enfocar la atención sobre áreas problemáticas cruciales, lo convierten en un instrumento ideal para la alta gerencia. Sobre ella recae la responsabilidad final de la planeación general y la coordinación de tales proyectos, a la luz de los objetivos de toda empresa.

2.3 APLICACION EN EL ARREGLO DE LAS TUBERIAS EN REFINERIAS DE HIDROCARBUROS. Dentro de un proyecto de ingeniería para la construcción de una Planta de Refinación de Hidrocarburos el diseño de los arreglos de las tuberías juega un papel importante, ya que éstas son las interconectan los equipos.

En la planta que se esta analizando dentro de la sección de proceso se cuenta con 41 equipos y para servicios auxiliares se tienen 22, con esto nos podemos imaginar la cantidad de líneas de tubos que se necesitan para conectarlos. A su vez, la longitud de cada línea es variable; hay líneas que necesitan más de 100 metros de tubo, también tendremos que tomar en cuenta que para procesos que necesitan altas temperaturas, presiones elevadas, y por ende se requiere de tubería de aleación lo cual nos incrementa demasiado el costo de los materiales. En el proyecto de la planta redestiladora de gasóleo al vacío los equipos de mayor relevancia para la operación de la misma son:

- Calentadores de carga (hornos, 2 unidades).
- Torre redestiladora al vacío.
- Agotadores.
- Intercambiadores.
- Enfriadores.
- Tanques de balance.
- Tanques de sello.

- Bombas.
- Separadores.
- Condensadores.

La distribución de la planta se puede observar en la fig. 16 . Aquí se observan todos los equipos con los que cuenta la planta y esto nos da una idea de la importancia que tienen - las tuberías.

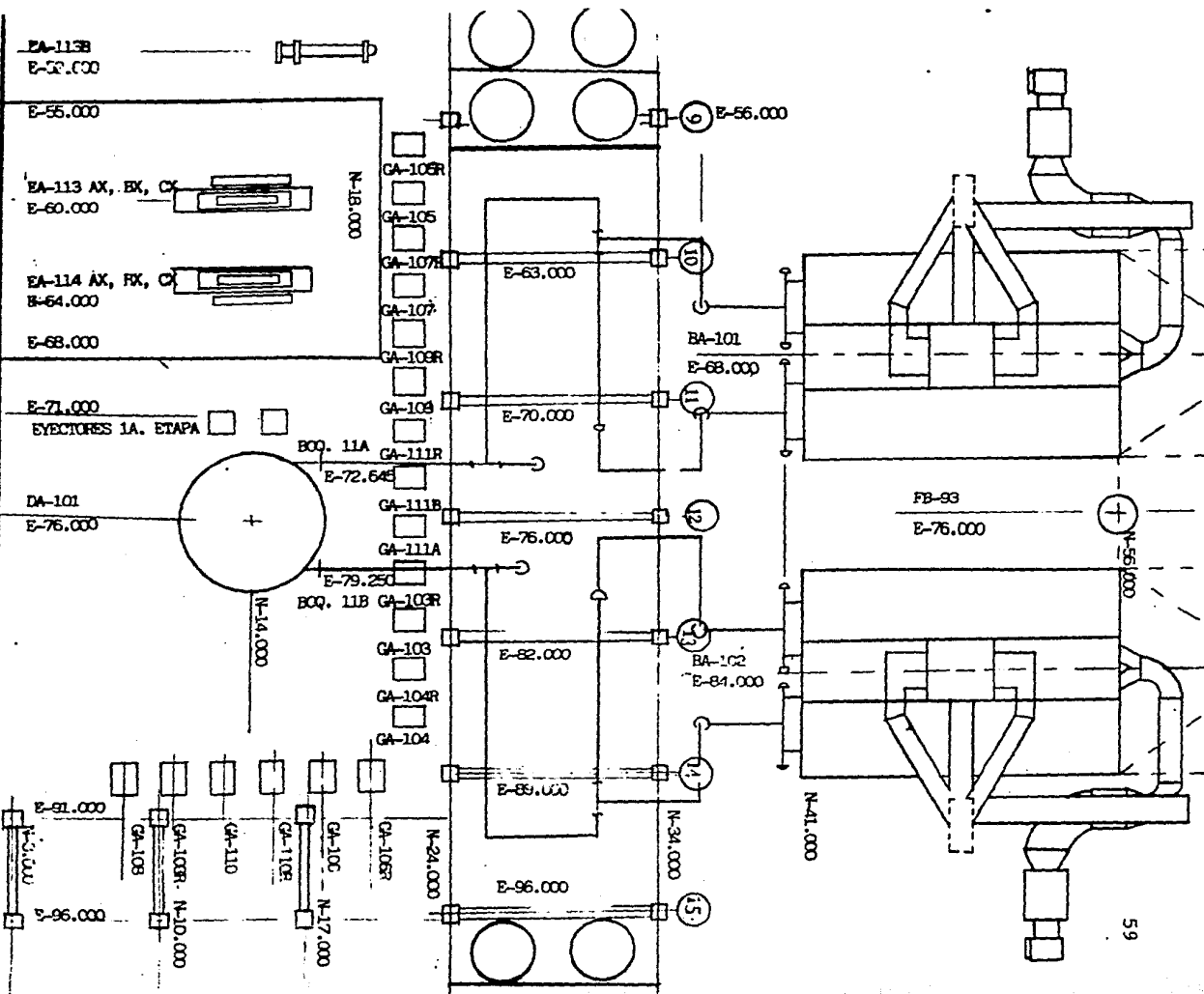
Por las tuberías se transportan los fluidos de un equipo a otro; de aquí la importancia de éstas en la operación y eficiencia de la planta durante el proceso. En el contrato 1260 - (planta redestiladora de gasóleo al vacío), un 50% del trabajo de diseño pertenece al diseño de los arreglos de las tuberías. Por tal razón, considero que la aplicación de las técnicas de optimización (PERT, camino crítico, etc.) en los arreglos de - las tuberías es importante, puesto que esto nos involucra la - optimización de recursos materiales, maximizar la producción, la eficiencia y también minimizar costos de operación, de conexiones, de tuberías, de accesorios y así como también disminuir el tiempo de residencia del fluido.

2.4 PROPOSITO DEL EMPLEO DE ESTA TECNICA EN ESTA ESPECIALIDAD.

Debido a que durante la elaboración del arreglo de tuberías - por lo regular no se toma en cuenta la posibilidad de realizar un diseño que contemple criterios de optimización, por lo tan-

PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPOS
 CONTRATO 1260

Aut. mm
 E.I.R.F.P. ARAGON
 Fecha: 17-X-85
 Dib. No. 16



to se ha decidido utilizar las técnicas de la ruta crítica, con el propósito de optimizar los arreglos de tuberías, en este caso en especial se aplicará en el arreglo de la tubería de transfer.

Del arreglo que se tiene, se desea optimizar el diseño, esto se obtendrá cuando se logren maximizar la flexibilidad del - trazo de la línea, las condiciones del proceso (mantener la temperatura adecuada durante todo el trayecto del fluido dentro - de la tubería, conservando la presión de vacío requerida para - que pueda operar la torre eficientemente), y al unísono debemos de minimizar los costos de tubería y accesorios y los tiempos - de recorrido del fluido (tiempo de residencia del fluido).

Aunado al propósito del empleo de la técnica referida tenemos otro propósito, el generar una serie de alternativas para - poder llegar a optimizar el arreglo actual el cual, repetimos, fue elaborado sin ningún criterio de optimización. Estas alter- nativas se generarán gracias a un análisis profundo de las con- diciones de la línea actual. Este análisis se basará en los - principios fundamentales del diseño y las normas que rigen esta especialidad.

En esta época moderna, en la cual se nota una marcada ten- dencia hacia el uso de computadoras, no se puede aceptar la - idea de que algún profesionista no utilice esta herramienta va- liosísima, la cual aplicada a sistemas ingenieriles y como ayu-

da en diversos problemas, nos reditúa unas ventajas formidables, como son:

- Velocidad de cálculo.
- Memoria de gran capacidad.
- Gran facilidad para manejo de información.
- Alta confiabilidad de resultados.

Por último se pretende que esta técnica pueda ser empleada por los diseñadores de tuberías.

CAPITULO III

EXPLICACION DEL ARREGLO ACTUAL

3.1 ANALISIS DEL TRAZO (FLEXIBILIDAD). El diseño inicial de un sistema de tuberías se define por los requerimientos de las mismas para transportar un fluido de un lugar a otro y se basa en factores tales como la entrega de flujo volumétrico requerido, minimizando las caídas de presión y pérdidas de energía (Ver fig. 17).

Esto implicará el buscar la economía, es decir, pensar en el concepto de optimización.

En varias ocasiones se han elaborado dibujos isométricos en cuyo trazo existe un exceso de flexibilidad, las principa-

RELACION-DISEÑO ESTRUCTURAL- DISEÑO FUNCIONAL DE TUBERIAS

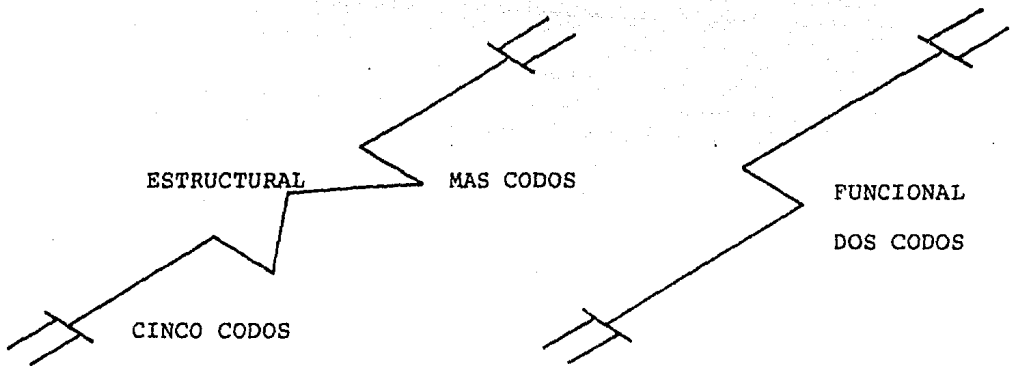


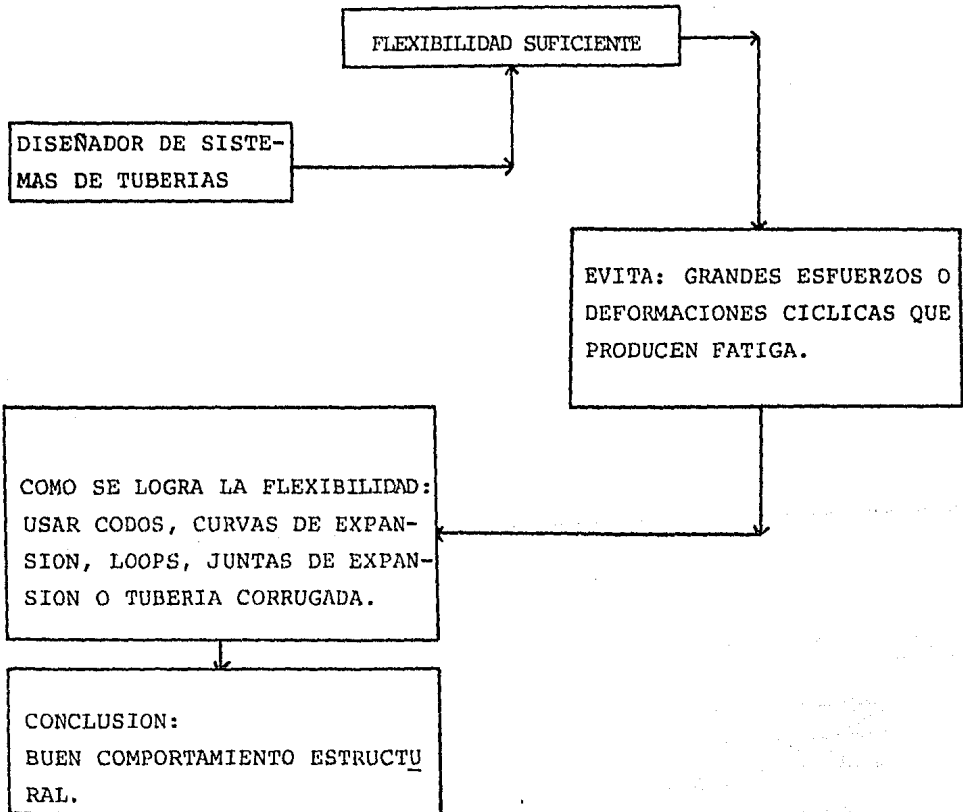
Fig. 17

ESTO OCASIONA:

- Longitudes de tuberías en exceso.
- Pérdidas de energía por fricción.
- Incremento de costo de operación.
- Aumento del costo de instalación.
- Más soportería.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE TUBERIAS

TIPO DE CONSTRUCCION	FACTOR
PLANTAS INDUSTRIALES O PETROLERAS	ECONOMIA PRODUCCION
PLANTAS NUCLEOELECTRICAS	MINIMIZAR CONTAMINACION AMBIENTAL
PLANTAS DE GENERACION DE ENERGIA (SUBMARINO ATOMICO)	LIMITACION DE ESPACIO



les causas de ésto son:

- Exceso de codos.
- Tramos largos de tubería.

Estas causas nos acarrear:

- Incremento en los costos.
- Pérdidas de energía por cambios de dirección.
- Soportes adicionales.
- Reducción de la frecuencia natural de vibración, por lo tanto, más susceptible a vibrar (fatiga).
- Se tendrán que adicionar amortiguadores.

Los soportes se diseñan para restringir movimientos en unas direcciones y permitir movimientos en otras. En el análisis de líneas, se debe de tomar en cuenta:

- a). LA FLEXIBILIDAD.
- b). LA SOPORTERIA.

Esto debe ser bajo las condiciones de temperatura, presión, peso propio, viento, sismo, soportería y otros.

En un sistema de tuberías, se deben soportar diferentes tipos de cargas, unas son debidas a su propio peso, otras son de tipo climatológicas como son viento, nieve y también por sismo.

Otros tipos de cargas son las llamadas de operación, éstas son:

- Presión interna (variable).

- Presión externa (variable).
- Temperatura (variable).
- Efectos dinámicos (variable).
- Cargas ocasionales (variable).
- Soportería (variable).
- Movimientos de equipos (variable).
- Accesorios especiales (junta de expansión).
- Arranque (ocasional).
- Paro (ocasional).
- Condiciones de emergencia (ocasional).
- Decokizado (ocasional).
- Regeneración (ocasional).

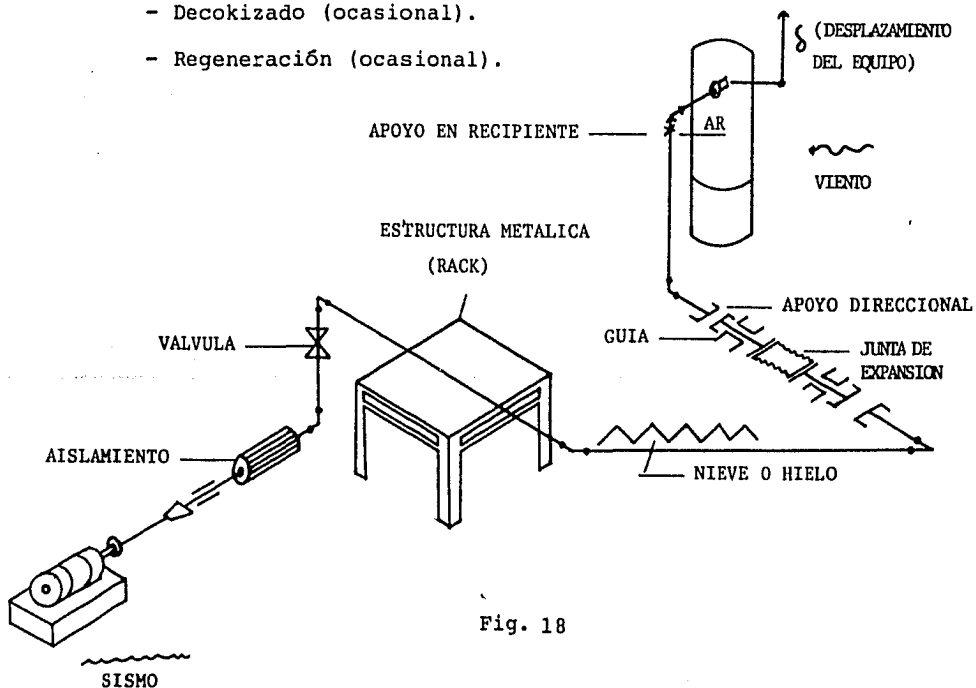


Fig. 18

Los problemas de un diseño complejo suelen ser efectos - dinámicos combinados con la acción del viento y sismo, se tienen fuerzas de impacto, vibración, esfuerzos peligrosos y fatiga del material.

La vibración puede ser causada por:

- a). Vibración de equipo conectado GA y GB (bombas y equipos rotatorios).
- b). Pulsación en el fluido provocado por equipos reciprocantes.

En donde se prevea vibración se tomarán en cuenta:

- a). Simentación adecuada en equipos rotatorios.
- b). Localización de apoyos y guías adecuados.
 - No se deberá restringir el movimiento por temperatura.
 - Uso de Sway Brace (controlador de vibraciones).
 - Brazos rígidos.

Si existe vibración por pulsación del fluido, se deberá apoyar en todos los cambios de dirección y se eliminarán voladizos.

- c). Evitar la conexión de pequeños ramales.

Si se requieren las conexiones, se recomienda utilizar - placas atiezadoras (Ver fig. 19).

- d). Cualquier cambio repentino de la velocidad del fluído o variación de presión, provoca choque hidráulico (golpe - de ariete).

PLACAS ATIESADORAS

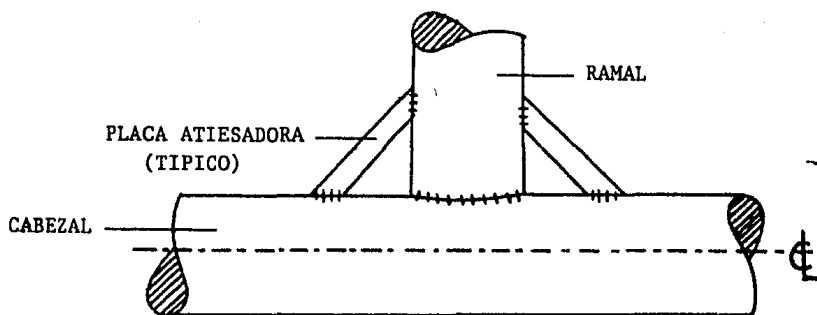


Fig. 19

Para este caso se deberá tener especial cuidado por el daño que podría causar al equipo conectado.

En el diseño de tuberías y soportes, se requiere que las cargas vivas, cargas muertas y otras sean tomadas en cuenta.

CARGAS VIVAS

- Peso del fluido
- Nieve
- Hielo

CARGAS MUERTAS

- Peso de la tubería
- Componentes
- Aislamiento
- Etc.

Para realizar una aceptable localización de soportes por peso propio, se deben de tomar en cuenta los siguientes puntos de vista:

- Localizar soportes por peso propio usando el espaciamiento recomendado por el código.
- Considerar puntos de soporte existentes.
- Disminuir el claro por fuera del equipo.
- Disminuir el claro para cargas concentradas.
- Soportar cargas concentradas.
- Soportar cargas desalineadas.
- Disminuir claros para aislamiento o recubrimientos extras.
- Localizar soportes en cambios de dirección.
 - No en esquinas suspendidas.
 - Arriba o abajo de piernas verticales.

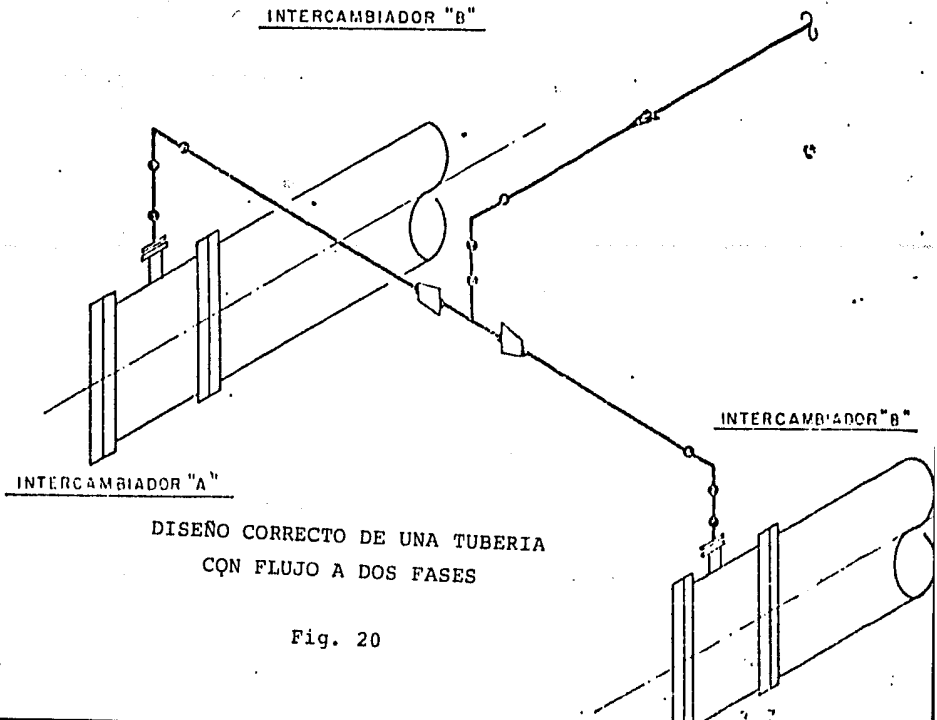
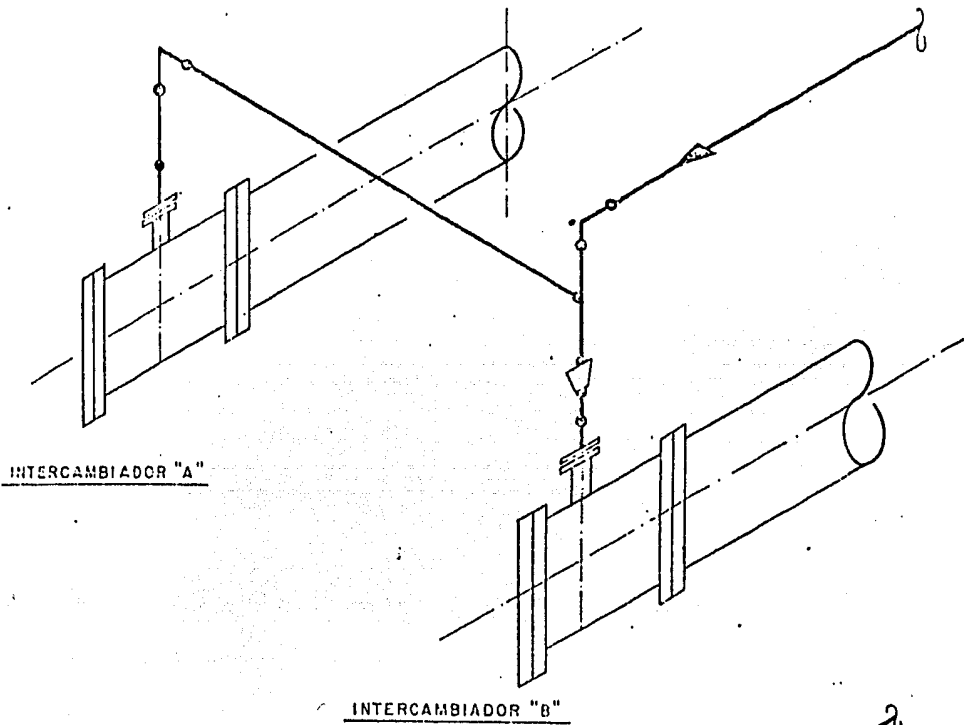
- Seleccionar el tipo de apoyo ya sea fijo, resorte variable o constante, basándose en el análisis por expansión.

El manejo de flujos a dos fases, tiene algunas particularidades. Debido a la mayor fricción sobre el líquido, el vapor fluye con más velocidad. Por esta razón, cuando se desea separar en cantidades iguales un flujo de estas características, desde un cabezal a dos ramales, los trazos de estas líneas deben ser simétricos a partir de un punto común del cabezal. Así se repartirán equitativamente el líquido y el vapor.

Es importante notar que no existen expresiones exactas para determinar las caídas de presión de los flujos a dos fases.

En la figura 20, el primer dibujo presenta un trazo incorrecto de tuberías con flujo a doble fase. En éste arreglo, la mayor cantidad de flujo se dirigirá al cambiador de calor "B" y como consecuencia de esto en el mismo intercambiador la caída de presión es mayor. Por esto aunque el líquido por su velocidad entre en "B", el vapor tiende a tomar el camino más fácil, hacia el cambiador "A".

Observemos la línea de transfer que estamos analizando - en este estudio (Ver fig. 21), partimos de la boquilla A y B del horno BA-102, la boquilla A esta en el Norte 39.600, Este 79.313 y una elevación 102.787 (Antes de continuar, debo ex-



DISEÑO CORRECTO DE UNA TUBERIA
CON FLUJO A DOS FASES

Fig. 20

car que la convención que se utiliza en el Instituto Mexicano - del Petróleo, en lo referente al manejo de coordenadas, se toma como elevación de 100.000 el nivel del piso lo que viene - siendo 0.000 metros, por ejemplo si se tiene una elevación de - 101.000 en realidad se tiene 1 metro sobre el nivel del piso, ahora si se tiene 99.000 metros ésto indica que se tiene real^umente 1 metro abajo del nivel del piso). En las coordenadas - de la boquilla B varía solamente el Este en 81.752. Siguiendo la configuración del dibujo y tomando en cuenta las condiciones de flexibilidad y diseño para líneas en las que se tiene - flujo a dos fases, como se mencionó anteriormente, es funcional el diseño pues las dos boquillas se conectan a un cabezal, de éste sale un ramal el cual lleva el producto conjunto de - las dos boquillas y el ramal se conectará a otro cabezal - (Ver fig. 22). El cual llevará al fluido hasta la torre redestiladora. En el dibujo isométrico 24"P8707 con clase A4G, se - nota que existen varios metros de tubería de 24", por tal razón se necesitará poner un Loop, esto con el fin de que éste - absorva los desplazamientos que experimenta la tubería debido a la expansión que se presenta por las altas temperaturas de - operación de la línea.

La expansión que sufre este tipo de tuberías bajo las - condiciones críticas de operación, es de aproximadamente 2" - (5.08 cm.) por cada 50 metros de tubería conectada, así pues -

con un loop dentro de la configuración expuesta es suficiente para absorber la expansión del material en 41 metros de tubo.

En la salida del horno, se deberán levantar las boquillas para nivelar a una elevación EL.102.787 puesto que habrá un desplazamiento de éstas de 10 mm., así que la elevación de las boquillas del horno con elevación original EL.102.777 más los 10 mm. de desplazamiento obtendremos la coordenada correcta.

Del mismo modo, en la conexión con la torre se debe levantar la boquilla que originalmente tiene elevación EL.121.476 a una elevación EL.121.486 para permitir el desplazamiento vertical de la torre.

Para poder lograr esto, las boquillas tanto del horno como de la torre se soportarán con un resorte para que se puedan desplazar libremente y así no interferir en la reacción del equipo (Ver fig. 3).

Haciendo referencia a la fig. 3, la marca P indica el lugar en donde se debe colocar el soporte, que en este caso tendrá que ser un resorte especial.

En base a esto podemos decir que en las líneas de proceso que operen en condiciones críticas y que estén conectadas a equipos que produzcan vibraciones como los son las bombas, o en equipos que por altas temperaturas observen un desplazamiento por expansión, se debe de tomar en cuenta que el mejor apoyo para soportar las líneas son los resortes, haciendo una bue

na selección de ellos podremos absorber esos fenómenos que se nos presenten.

Siguiendo con el análisis de la línea, debemos de localizar los apoyos y con ésto determinar si la línea tiene una flexibilidad aceptable o no.

Para analizar la flexibilidad de la línea, usaremos la fórmula llamada de Kellog's (llamada así, pues fue en la plan de la Kellog's Co. en donde se utilizó por primera vez para analizar la flexibilidad de unas líneas), esta fórmula es una expresión empírica. Aún así, ésta es una herramienta práctica y muy eficaz. La fórmula nos dice que el producto del diámetro nominal del tubo y la resultante de la deformación total por desalojamiento, que será soportado por el sistema de tuberías se dividirá entre la diferencia de la longitud de la tubería y la distancia de empotramiento o anclaje elevado al cuadrado debe ser menor o igual al factor de flexibilidad K_1 .

$$\frac{DY}{(L-U)^2} \leq K_1$$

en donde:

D= Diámetro nominal del tubo.

Y= Resultante de la deformación.

U= Distancia de empotramiento o anclaje.

L= Longitud de la tubería.

K_1 = Factor de flexibilidad (0.03 para el Sistema Inglés)

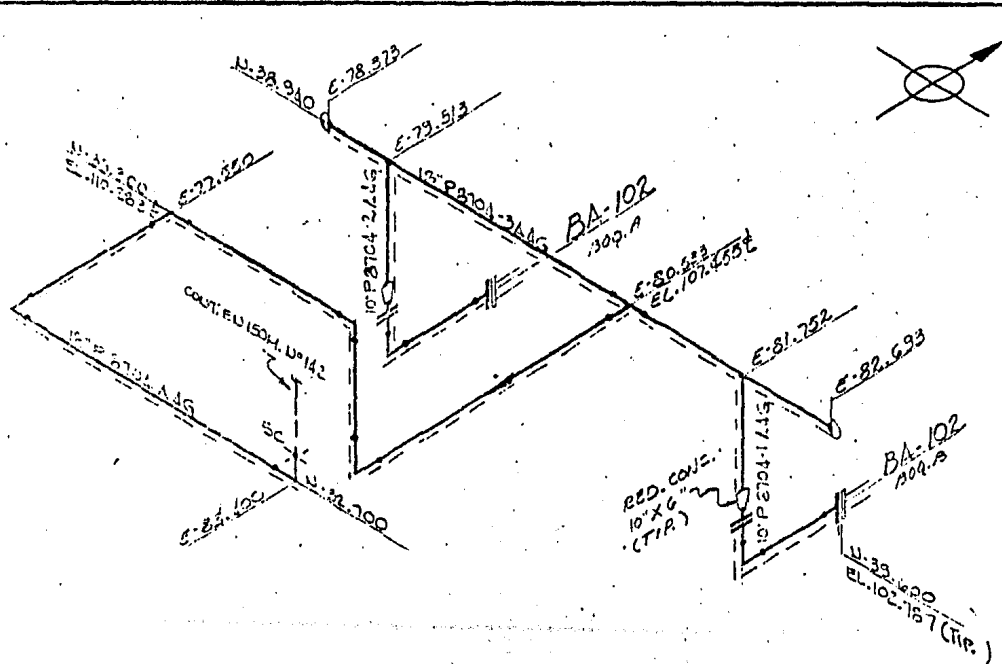
(208.3 para el Sistema Internacional).

DIBUJOS ISOMETRICOS

DEL DISEÑO ACTUAL

Fig. 21

LISTA DE MATERIAL



PARTIDA	IDENTIFICACION	CANT POR TAMAÑO	UNID.
TUBO	SNT. AIS. 16" x 0.25"	16	7
VALVULAS	COMPUESTA		
BRIDAS	RANCHO Y CARA	TIPO	
	15.5" x 1"	3	
	15" x 1"	1	
	15" x 1"	1	
CONEXIONES			
ELABO			
	CANT.	TAMAÑO	TIPO
	17	12" x 5"	CONEX. RELIEVO
TORNILLOS			
MISC.			

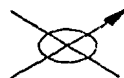
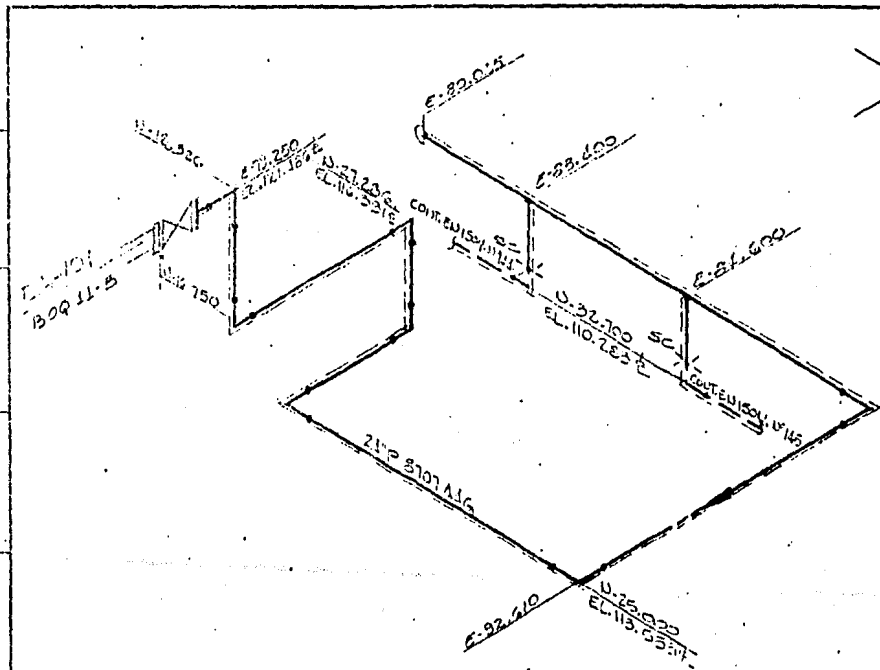
LINEAS							
ESP.							
PROFUNDIDAD							
TIPO DE RELIEVO							
REL. ALI.							
LINEAS INCLUIDAS							
COLORES DE GRUPO							
VER NOTA							

1260-44087-2																

LINEA No.	ESP.	PROFUNDIDAD	TIPO DE RELIEVO	RELEVO	REL. ALI.	UNID.
<p>INGENIERIA DE PROYECTO</p> <p>ISOMETRICO DE TUBERIA</p>						
CONT. No.			CUENTA			
ACOT. EN			18 N. FB			

Fig. 22

LISTA DE MATERIAL



PARTIDA	IDENTIFICACION	CANT. POR TOMAR		DESCR.
		UNID.	MED.	
TUBO		416		
COMPUERTA				
VALVULAS				
BRIGAS				
CONEXIONES				
EMPLO				
TORNILLOS				
MISC.				

LINEA No.	ESP.	PROYECTO	TEMP. OF. PRES.	R.X.	ASL.
LINEAS INCLUIDAS					
COLOR DE ENRABE					
COLOR DE GRUPO					
VER NOTA	VER NOTA				

CIRCUITO DE REFERENCIA	REV.	DESCRIPCION	NO. DE VER.	UNID.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION

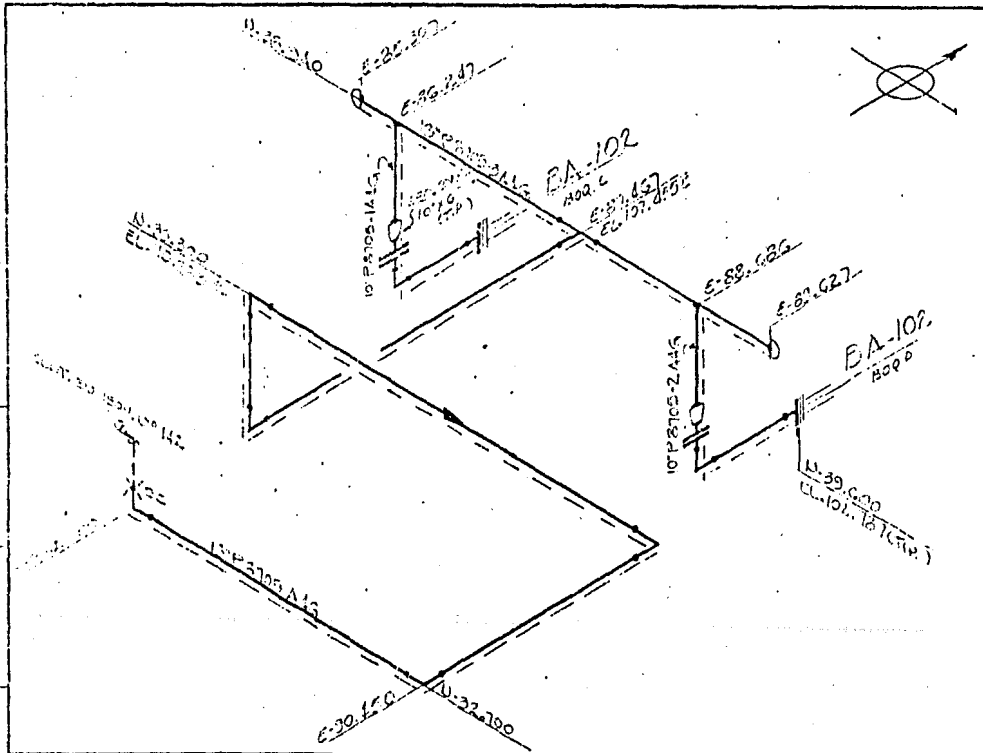
LINEA No.	ESP.	PROYECTO	TEMP. OF. PRES.	R.X.	ASL.
<p>NUMERO DE PROYECTO ISOMETRICO DE TUBERIA</p> <p>CONTENIDO DE LA CUENTA</p>					

ESTE DISEÑO ES PROPIEDAD DE LA EMPRESA Y DEBE SER MANTENIDO SECRETO. CUALQUIER REPRODUCCION O USO NO AUTORIZADO SERA PERSEGUIDO LEGALMENTE.



Fig. 23

LISTA DE MATERIAL



PARTIDA	IDENTIFICACION	CONT. POR UNIDAD	
		UNIDAD	CANT.
TUBO	Ø 20.000		
	Ø 20.000		
VALVULAS	COMPLETA		
BRIDAS	PANOS Y CAPA	TIPO	
CONEXIONES			
EMPQ			
TORNILLOS	CANT.	TAMANO	TIPO
MISC			

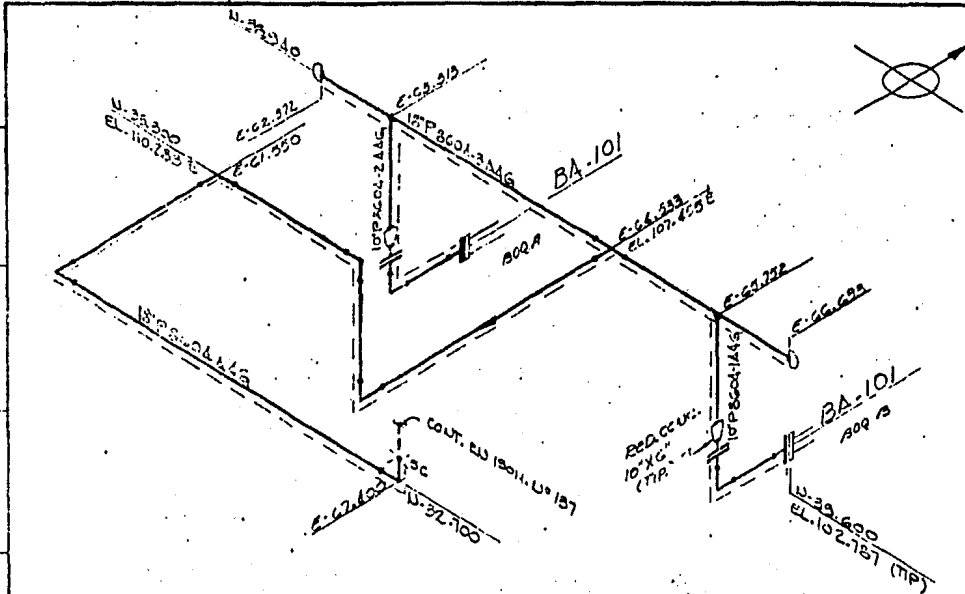
CONTORNILLAS						
CONEXIONES						
BRIDAS						
LINIA No.	ESP.	PRUEBA TEMP. OP. KG/CM²	TEMP. °C	PESO V. O. EPS	P.R.	ASL.
LINEAS INCLUIDAS				220-00087-2		
LUGAR DE EMBARQUE				CATEDRAL		
VER NOTA		VER NOTA		DIBUJO DE REFERENCIA		

DIBUJO DE REFERENCIA	REV.	DESCRIPCION	AN.	DI.	VER.	SUP.	V.	INS.	M.	RES.	UNID.	CANT.	UNIDAD

LINIA No.	ESP.	PRUEBA TEMP. OP. KG/CM²	TEMP. °C	PESO V. O. EPS	P.R.	ASL.
PLANTILLA DE PROYECTOS ISOMETRICO DE TUBERIA						
CONT. No.		CUENTA			FECHA	
CONT. No.	FECHA					

Fig. 24

LISTA DE MATERIAL



PARTIDA	IDENTIFICACION	CANT. POR TAMAÑO		PESO KG
VALVULAS	TIPO			
COMPUERTA				
BRIDAS	RANGO Y CERR.			
	TIPO			
CONEXIONES				
EMPALME				
TORNILLOS	CANT.	TAMAÑO	TIPO	JUNTA
MISC.				

OPERA-1	116																			
OPERA-1	116																			
OPERA-1	116																			
LINEA No	ESP	PROBES	TEMP OR	RELEVO	RK	ASL														
LINEAS INCLUIDAS																				
COLOR DE EMBARQUE										COLOR DE GRUPO										
VER NOTA										VER NOTA										

DIBUJO DE REFERENCIA	REV.	DESCRIPCION	NO	DIB.	VER.	TEMP.	NO	NO	NO	ESP.	APR.	FECH.

LINEA No	ESP.	PROBES	TEMP OR	RELEVO	RK	ASL	PESO KG

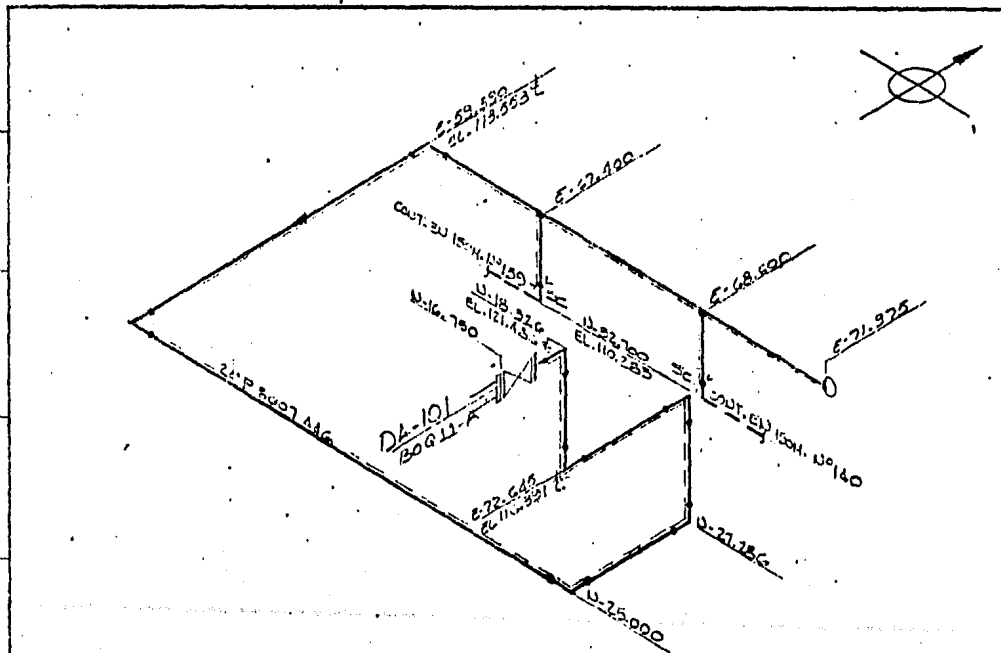
INGENIERA DE PROYECTOS
ISOMETRICA DE TUBERIA

CONT. No. CUENTA

INGENIERA DE PROYECTOS
 ISOMETRICA DE TUBERIA
 LISTA DE MATERIAL
 FIG. 24
 19-3-65-1

Fig. 25

LISTA DE MATERIAL



	PARTIDA	IDENTIFICACION	CANT POR TUBAC	ESQ	PG
TUBO	1	...	...
VOLVULAS	2	...	...
COMPUERTA	3	...	...
BRIDAS	4	...	...
CONEXIONES	5	...	...
EMPALME	6	...	...
TORNILLOS	7	...	...
MISC.	8	...	...

LINEA	No.	ESP	PROES	TEMP	OR	REL	TIPO	RK	ASL

LINEA	No.	ESP	PROES	TEMP	OR	REL	TIPO	RK	ASL

LINEA No.	ESP	PROES	TEMP	OR	REL	TIPO	RK	ASL	PG

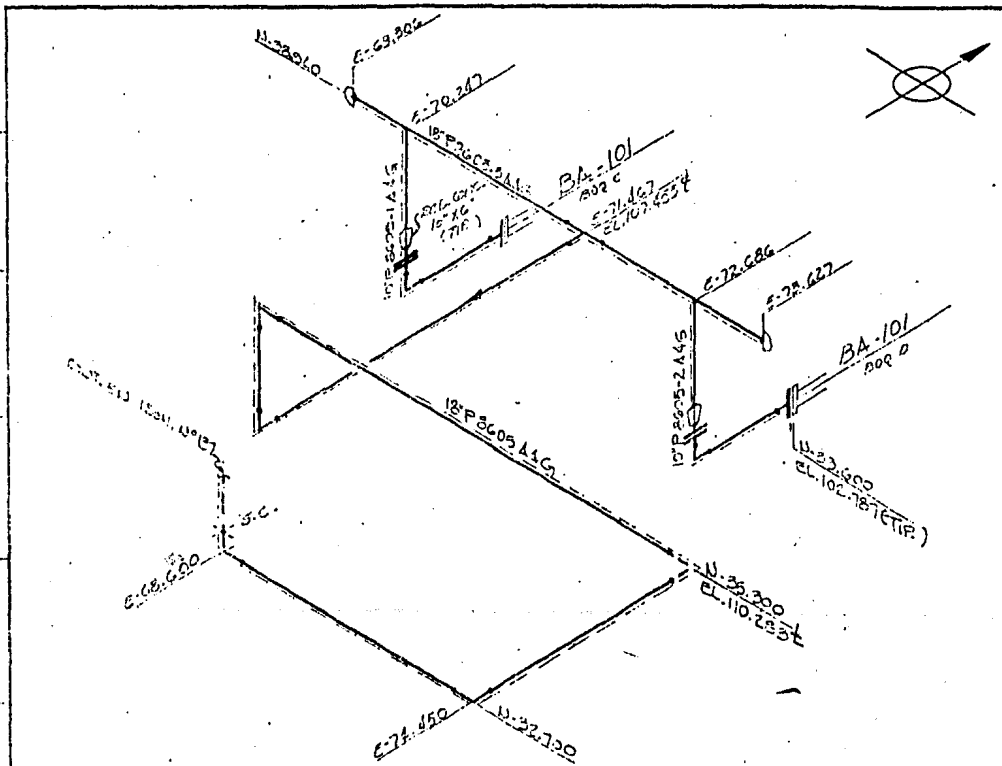
AGUERIA DE PROTECCION ISOMETRICO DE TUBERIA 137

CONT. No.	ACOT. EN	0.34.28
-----------	----------	---------

Vertical text on the left margin, including project details and a scale indicator (1:1).

Fig. 26

LISTA DE MATERIAL



PARTIDA	IDENTIFICACION	CANT. POR TAMAÑO		PRECIO
TUBO	EXT. 615	10	10	10
VALVULAS	COMPUERTA			
BIFIDOS	RANIO Y CARA			
	TIPO			
CONEXIONES				
EMPA				
TORNILLOS	CANT.	TAMAÑO	TIPO	JUSTA
BUSE				

ESP.	PROBES	TEMP.	DE	RELEVO	R.X.	ASL
LINEA	16	100	100	100	100	100
LINEAS INCLUIDAS						
TIPO DE EMERGENCIA						
COLOR DE TUBO						
VER NOTA						

GRUPO DE REFERENCIA	REV	D	B	C	A	P	C	I	S	D	B	D	B	V	H	M	P	L	V	W	M	G	M	C	E	D	P	A	M	T	E	C	H
---------------------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

INGENIERIA DE PROYECTOS
ISOMETRICO DE TUBERIA
 CUENTA

ACOT. EN

Para determinar la distancia que debe haber entre los apoyos se deberá determinar la pendiente máxima que tendrá el sistema de tuberías. Para determinar ésto, debemos conocer los siguientes parámetros:

Diferencia en elevación entre los extremos de la línea -
(Z).

Longitud total del tubo (B).

Observando los dibujos isométricos de la línea de transfer, vemos que los dibujos 142 y 137 son típicos, del mismo modo los dibujos 139, 140, 144 y 145 también son típicos.

Tomando en consideración lo anteriormente dicho, analizaremos un dibujo isométrico y en base a él obtendremos el análisis de los restantes puesto que el método es el mismo.

Veamos el isométrico No. 142.

DATOS:

D= 24"

Z= 7.933 m = 26 pies

B= 41 m = 135 pies

$$\text{Pendiente máxima} = \frac{Z \times 12 \text{ pulg/pies}}{B} = \frac{26 \text{ pies} \times 12 \text{ pulg/pies}}{135 \text{ pies}}$$

$$= 1 \text{ pulg en } 0.5 \text{ pies.}$$

Ahora este resultado lo aproximaremos a valores estandar, por lo tanto, tomaremos una pulgada en cinco pies que es el valor menor considerado en los estándares para poder usar la grá-

fica de deflexiones en tubería vacía (ver gráf. 1), vemos que corresponde una separación de 100 pies= 30 metros aproximadamente.

Volviendo con la fórmula para el análisis de la flexibilidad, observamos que tenemos ya calculados y conocidos los siguientes parámetros:

$$D = 24''$$

$$Y \text{ (deformación)} = 1.64''$$

$$U = 100 \text{ pies}$$

L_T = longitud del tubo + longitud equivalente de las conexiones y válvulas.

Para determinar la longitud L debemos determinar la longitud equivalente de cada accesorio y válvula.

Determinación de la longitud equivalente de los codos de 90° . En el dibujo observamos 7 codos de 90° , la cédula del tubo es estándar lo cual nos indica una cédula 40.

$$\frac{L}{D} = R_t + (n-1) \left(R_1 + \frac{R_b}{2} \right)$$

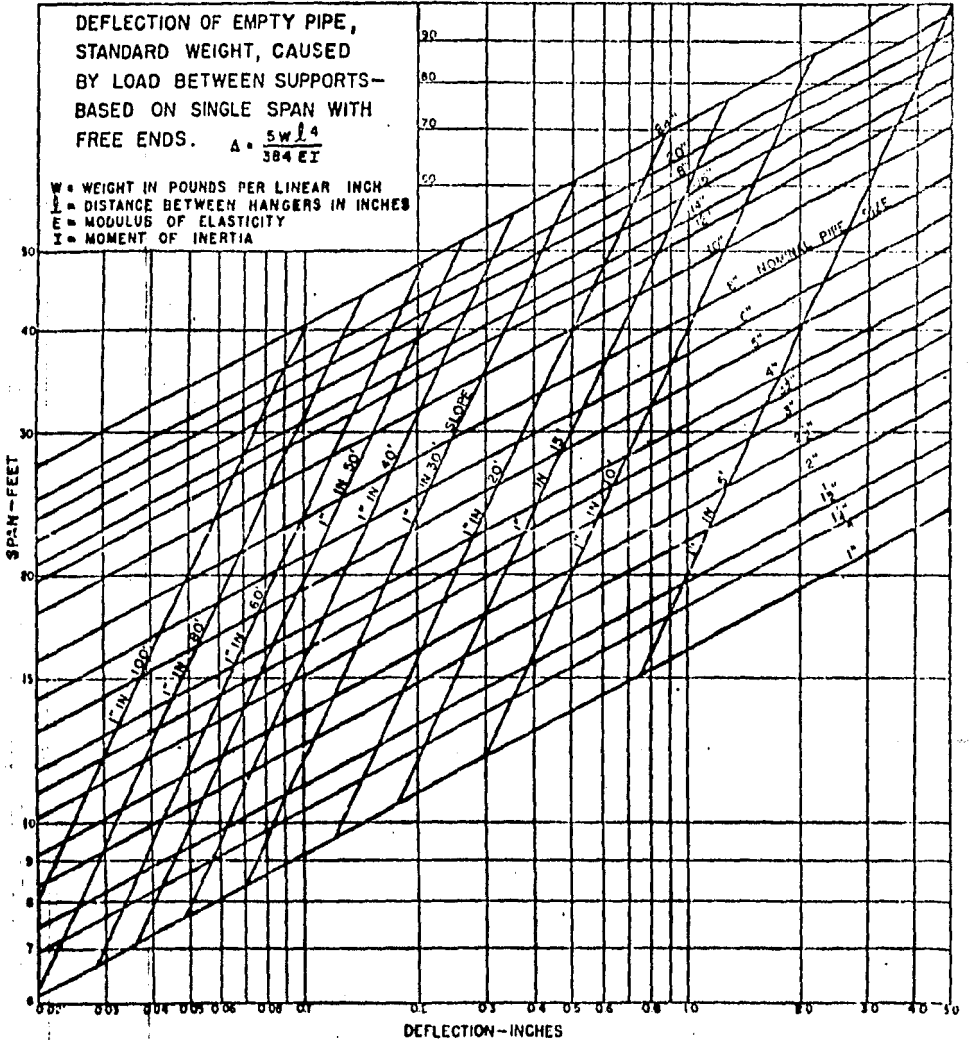
en donde:

n = número total de codos de 90°

R_t = resistencia total debida a un codo de 90°

R_1 = resistencia debida a la longitud del codo de 90°

R_b = resistencia de un codo de 90°



Values are plotted for the pipes empty, since this more nearly approaches the condition that exists for pocketing of condensation. Although the weight of fluid carried by the pipe will cause an increase in the deflection of the pipe between supports, this increased sag disappears during drainage. Therefore, the deflection produced by the weight of empty pipe should be considered in determining slope for drainage.

GRAFICA 1

Para usar la gráfica de la resistencia en codos (ver fig. 27), necesitamos el radio relativo r/D , éste lo determinamos - midiendo el radio del codo entre el diámetro de la tubería, - así, viendo los estándares de ingeniería, A-EABB-1.051 "ACCESORIOS SOLDABLES SIN COSTURA", determinamos el radio del codo:

$$\begin{aligned} \text{Codo de 24"} \quad A=r &= 914.40 \text{ mm} = 0.915 \text{ m} = 91.5 \text{ cm} = 36.02" \\ D &= 24" \end{aligned}$$

Por lo tanto el radio relativo es:

$$r/D = 36.02"/24" = 1.5$$

Recopilando datos:

$$n = 7$$

$$R_t = 12.5$$

$$R_l = 10.0$$

$$R_b = 2.0$$

Por lo tanto:

$$L/D = 12.5 + (7-1)(10.0 + 2/2) = 78.5$$

$L/D = 78.5$ diámetros de tubería (pipe diameters).

Con éste valor nos vamos al nomograma de longitud equivalente (ver fig. 28), tenemos que:

$L/D = 78.5$ diámetros de tubería

ésto corresponde a 148 pies de tubería.

$$L = 148 \text{ pies} = 1776" = 4511.04 \text{ cm} = \underline{45.1 \text{ m}}$$

Esto es lo que corresponde a codos.

A continuación determinaremos la longitud equivalente pa-

Resistance of Bends

Resistance of 90 Degree Bends²¹

The chart at the right shows the resistance of 90 degree bends to the flow of fluids in terms of equivalent lengths of straight pipe. Resistance of bends greater than 90 degrees is found using the formula:

$$\frac{L}{D} = R_t + (n - 1) \left(R_b + \frac{R_d}{2} \right)$$

n = total number of 90° bends in coil
 R_t = total resistance due to one 90° bend, in L/D
 R_b = resistance due to length of one 90° bend, in L/D
 R_d = bend resistance due to one 90° bend, in L/D

Problem: Determine the equivalent lengths in pipe diameters of a 90 degree bend and a 270 degree bend having a relative radius of 12.

Solution: Referring to the "Total Resistance" curve, the equivalent length for a 90 degree bend is 34.5 pipe diameters.

The equivalent length of a 270 degree bend is:
 $L/D = 34.5 + (3 - 1) [18.7 + (15.8 + 2)]$
 $L/D = 87.7$ pipe diameters

Note: This loss is less than the sum of losses through three 90 degree bends separated by tangents. For "resistance of bends theory", see page 2-12.

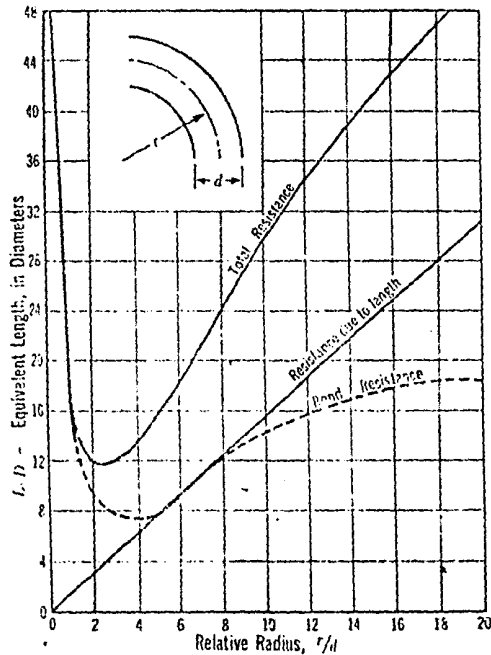


Chart for Resistance of 90 Degree Bends

From Pressure Losses for Fluid Flow in 90 Degree Pipe Bends by K. U. Bajj. Courtesy of Journal of Research of National Bureau of Standards, Vol. 21, July, 1938.

Resistance of Miter Bends⁴

The chart at the lower right shows the resistance of miter bends to the flow of fluids. The chart is based on data published by the American Society of Mechanical Engineers (ASME).

Problem: Determine the equivalent length in pipe diameters of a 40 degree miter bend.

Solution: Referring to the "Total Resistance" curve in the chart, the equivalent length is 12 pipe diameters.

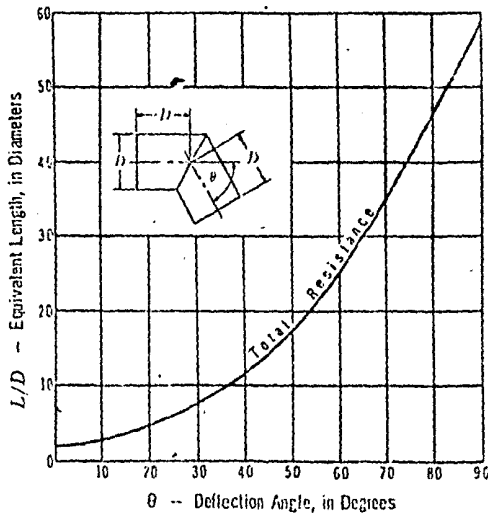
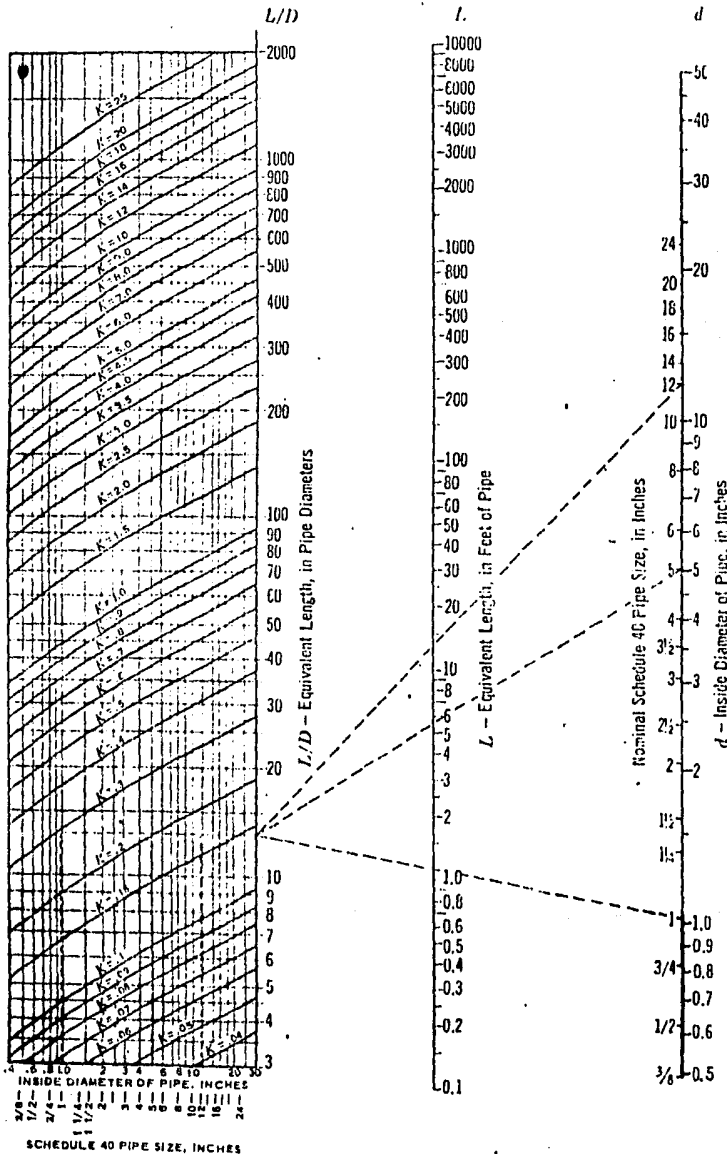


Chart for Resistance of Miter Bends

Fig. 27

*Equivalent Lengths L and L/D and Resistance Coefficient K



Problem: Find the equivalent length in pipe diameters and feet of Schedule 40 pipe, and the resistance factor K for 1, 5, and 12-inch fully-opened gate valves

*For limitations, see page 2-11.

Solution

Valve Size	1"	5"	12"	Refer to
Equivalent length, pipe diameters	1.1	1.1	1.1	Page A-30
Equivalent length, feet of Sched. 40 pipe	1.1	1.5	1.3	Dotted lines
Resist. factor K , based on Sched. 40 pipe	0.10	0.20	0.17	on chart

Fig. 28

ra la válvula. Para determinar la longitud equivalente para una válvula, se hace referencia a la tabla que nos muestra el valor en diámetros de tubería. En este caso se trata de una válvula de compuerta de 150 libras cara realzada de 24" de diámetro, la característica que tomaremos en cuenta es - que la válvula se usará totalmente abierta, ésta cualidad - nos da la pauta para utilizar la tabla y determinar su valor (ver tabla 1).

Por lo tanto, de la tabla determinamos el siguiente valor:

$$L/D = 13$$

Con éste valor usamos el nomograma y obtenemos:

$$L = 20 \text{ pies de tubería}$$

$$L = 609.6 \text{ cm} = 6.096 \text{ m}$$

Con estos datos podemos obtener la longitud equivalente total:

$$L_T = 41 + 45.1 + 6.096 = \underline{92.196 \text{ m}}$$

$$L_T = \underline{302.48 \text{ pies}}$$

Con todos los datos recopilados, podemos evaluar la flexibilidad del diseño realizado utilizando la fórmula de Kellog's.

DATOS:

$$D = 24''$$

$$Y = 1.64''$$

$$U = 100 \text{ pies} = 1200''$$

$$L = 302.48 \text{ pies} = 3629.72''$$

$$\frac{D Y}{(L-U)^2} \leq 0.03$$

$$\frac{(24)(1.64)}{(3,629.72-1,200)^2} \leq 0.03$$

$$\underline{0.0000066} \leq 0.03$$

Con lo cual comprobamos que el diseño tiene una buena - flexibilidad. Así, siguiendo esta metodología se analizaron los restantes trazos de los isométricos, obteniéndose el cuadro de análisis de flexibilidad.

Schedule (Thickness) of Steel Pipe Used in Obtaining Resistance Of Valves and Fittings of Various Pressure Classes by Test*

91

Valve or Fitting ANSI Pressure Classification		Schedule No. of Pipe Thickness
Steam Rating	Cold Rating	
250-Pound and Lower	500 psig	Schedule 40
300-Pound to 600-Pound	1440 psig	Schedule 80
900-Pound	2160 psig	Schedule 120
1500-Pound	3600 psig	Schedule 160
2500-Pound	1/2 to 6"	xx (Double Extra Strong) Schedule 160
	8" and larger	

*These schedule numbers have been arbitrarily selected only for the purpose of identifying the various pressure classes of valves and fittings with specific pipe dimensions for the interpretation of flow test data; they should not be construed as a recommendation for installation purposes.

Representative Equivalent Length¹ in Pipe Diameters (L/D) Of Various Valves and Fittings

Description of Product			Equivalent Length In Pipe Diameters (L/D)
Globe Valves	Stem Perpendicular to Run	With no obstruction in flat, bevel, or plug type seat	Fully open 340
		With wing or pin guided disc	Fully open 450
	Y-Pattern	(No obstruction in flat, bevel, or plug type seat)	
		- With stem 60 degrees from run of pipe line	Fully open 175
		- With stem 45 degrees from run of pipe line	Fully open 145
Angle Valves	With no obstruction in flat, bevel, or plug type seat		Fully open 145
	With wing or pin guided disc		Fully open 200
Gate Valves	Wedge, Disc, Double Disc, or Plug Disc		Fully open 13
			Three-quarters open 35
			One-half open 160
			One-quarter open 900
	Pulp Stock		Fully open 17
			Three-quarters open 50 One-half open 260 One-quarter open 1200
Conduit Pipe Line Gate, Ball, and Plug Valves			Fully open 3**
Check Valves	Conventional Swing		0.51 Fully open 135
	Clearway Swing		0.51 Fully open 50
	Globe Lift or Stop; Stem Perpendicular to Run or Y-Pattern		2.01 Fully open Same as Globe
	Angle Lift or Stop		2.01 Fully open Same as Angle
	In-Line Ball		2.5 vertical and 0.25 horizontal Fully open 150
Foot Valves with Strainer		With poppet lift type disc 0.31 Fully open 420	
		With leather-hinged disc 0.41 Fully open 75	
Butterfly Valves (8-inch and larger)			Fully open 40
Cocks	Straight-Through	Rectangular plug port area equal to 100% of pipe area	Fully open 18
	Three-Way	Rectangular plug port area equal to 80% of pipe area (fully open)	Flow straight through 44 Flow through branch 140
Fittings	90 Degree Standard Elbow		30
	45 Degree Standard Elbow		16
	90 Degree Long Radius Elbow		20
	90 Degree Street Elbow		50
	45 Degree Street Elbow		26
	Square Corner Elbow		57
		Standard Tee	With flow through run 20 With flow through branch 60
Close Pattern Return Bend			50
Pipe	90 Degree Pipe Bends		See Page A-27
	Miter Bends		See Page A-27
	Sudden Enlargements and Contractions		See Page A-26
Entrance and Exit Losses			See Page A-26

**Exact equivalent length is equal to the length between flange faces or welding ends

¹Minimum calculated pressure drop (psd) across valve to provide sufficient flow to lift disc fully

¹For limitations, see pages 2-11. For effect of end connections, see page 2-10.

¹For resistance factor "K", equivalent length in feet of pipe, and equivalent flow coefficient "C", see pages A-31 and A-32.

TABLA No. 1

Número y nombre del Isométrico.	Longitud total Equivalente (pulgadas).	Resultado del Análisis.
142 24" P 8707 A4G	3,629.72	0.0000066 \leq 0.03
144 18" P 8704 A4G	2,301.96	0.0000086 \leq 0.03
145 18" P 8705 A4G	1,908.26	0.0000188 \leq 0.03
137 24" P 8607 A4G	3,629.75	0.0000066 \leq 0.03
139 18" P 8604 A4G	2,183.85	0.0000106 \leq 0.03
140 18" P 8605 A4G	1,908.96	0.0000108 \leq 0.03

Como se ve, todos los dibujos analizados cumplen con la desigualdad y por lo tanto tienen buena flexibilidad. El resultado del análisis, dicho en palabras significa que la flexibilidad de la línea debe ser menor o igual al 3% de la longitud del tubo. Así, el isométrico 142 no debe sobrepasar el 3% de la longitud total del isométrico. Por lo tanto tenemos:

El 3% de 86.196 m es 2.58 m.

La flexibilidad de ésta línea (isométrico 142), tiene un 0.0000124% de 86.196 m, esto es 0.00106 m, o sea tiene aproximadamente una expansión total en la línea (que comprende el dibujo) de 1mm. Por lo cual podemos concluir que debi-

do a la buena flexibilidad de la línea, éste puede soportar todos los esfuerzos y absorber bien la expansión de la tubería, que sólo permite una expansión total de 1 mm en la línea.

3.2 ANALISIS ECONOMICO DEL TRAZO ACTUAL.

NOMBRE DE LA PIEZA	DIAMETRO Ø (PULG)	LIBRAJE #	MATERIAL	PRECIO * UNITARIO	PRECIO TOTAL
TUBO	24	150	Acero al cromo-molibdeno A335 Gr P5.	\$ 286,288.00 (por metro)	\$ 23'475,616.0
TUBO	18	150	"	174,844.00 (por metro)	13'288,144.0
TUBO	10	150	"	149,441.00 (por metro)	4'782,112.0
TUBO	6	150	"	106,744.00 (por metro)	853,952.0
VALVULAS DE COMPUERTA	24	150	"	3'470,933.00	6'941,866.0
BRIDAS DE CUELLO SOLDABLE	24	150	"	399,800.00	799,600.0
BRIDAS DE CUELLO SOLDABLE	6	150	"	18,917.00	454,008.0
CODOS DE 90° R.L. CED. EST.	24	150	"	459,375.00	6'431,250.0

CONTINUA . . .

CONTINUACION

NOMBRE DE LA PIEZA	DIAMETRO Ø (PULG)	LIBRAJE #	MATERIAL	PRECIO * UNITARIO	PRECIO T O T A L
CODOS DE 90° R.L. CED. EST.	18	150	"	305,086.00	6'101,720.0
CODOS DE 90° R.L. CED. EST.	6	150	"	18,917.00	151,336.0
TAPON CACHU- CHA CED. EST.	24	150	"	137,267.00	274,534.0
TAPON CACHU- CHA CED. EST.	18	150	"	69,494.00	555,952.0
TE, RECTA, CED. EST.	18	150	"	183,750.00	735,000.0
EMPAQUES EN GENERAL	6 y 24	150	Semimetálica	—	32,272.0
TORNILLOS - TIPO ESPARRA GO	3/4 x 3 3/4	150	Acero al - carbón	630.00	161,280.0
TORNILLOS TI PO ESPARRAGO	1 1/4 x 6 3/4	150	"	2,952.00	236,160.0

CONTINUA ...

CONTINUA

NOMBRE DE LA PIEZA	DIAMETRO Ø (PULG)	LIBRAJE #	MATERIAL	PRECIO * UNITARIO	PRECIO T O T A L
REDUCCION CONCENTRICA CED. EST.	10 x 6	150	Acero al cromo-molibdeno A335, Gr P5.	17,426.00	139,408.0

VALOR TOTAL

DEL ARREGLO

ACTUAL.....\$ 65'414,210.0

* LOS PRECIOS SE DETERMINARON A VALOR PRESENTE, CON LA FORMULA:

$$P = C(1 + i)^n$$

EN DONDE:

P= Valor presente.

C= Capital dado en tiempo pasado

i= Nivel de inflación (%)

n= Lapso de tiempo (años, meses, etc.)

Debemos tener presente que los precios que se usaron son de junio de 1985, así que cuando se esté leyendo esta Tesis, lógicamente los precios se habrán incrementado.

Para que se puedan dar una idea del precio actual, utilicen la fórmula referida, ahora con un nivel de inflación del 80% anual.

3.3 JUSTIFICACION O RECHAZO DEL ARREGLO. Existen dos factores importantes en los cuales se basa la aceptación o rechazo total de los arreglos de tuberías. Esos factores son, la flexibilidad (y el económico) la economía.

El arreglo en estudio, como se pudo ver, se acepta en cuanto a la flexibilidad más no así en lo que se refiere a lo económico. Se nota, según el análisis económico, que el costo total del arreglo es sumamente elevado y esto fue provocado en gran parte por la cantidad de tubo y conexiones que utilizaron en el arreglo. Así, en el capítulo siguiente se optimizarán estos componentes del arreglo y su operación, por lo tanto se rechaza económicamente pues es demasiado el costo de \$ 65'414,210.00.

Se podrían alegar muchos factores como son:

- Que el material es acero aleado y por lo tanto resulta muy caro.
- Que se trata de la línea más crítica de la planta.

- Que se deben cuidar las normas de diseño que rigen a esta especialidad.

Yo estoy de acuerdo con esto, pero en ningún momento se pensó en como se podría lograr la optimización, lo que se refleja en el costo total del arreglo actual.

Como se podrá ver en el próximo capítulo, ese costo disminuirá y la eficiencia de operación aumentará, todo esto logrado a través de un análisis efectuado mediante el Método del Camino Crítico aplicado a la especialidad del diseño de sistemas de tuberías en plantas de refinación.

CAPITULO IV

OPTIMIZACION DEL ARREGLO MEDIANTE

EL EMPLEO DE LA TECNICA

4.1 OPTIMIZACION DEL ARREGLO ORIGINAL. Del arreglo original obtendremos el arreglo mejorado, esto se realizará llevando a cabo las modificaciones necesarias como se verá a continuación.

Observemos la fig. 16, aquí vemos el recorrido actual del arreglo de tuberías. Los dibujos isométricos 142, 145, 144, 137, 139 y 140 componen la ruta descrita en la fig. 16.

A continuación debemos ver si tenemos otra ruta por donde pueda pasar la tubería, esto lo sabremos observando el pla

no de las líneas en el Rack.

Según los planos de tuberías sobre soportes elevados se pueden distinguir ocho líneas que podrían estorbar para poder encontrar otra ruta de la línea de transfer. Cuatro líneas corresponden al horno BA-101 y las restantes al BA-102, lo cual nos indica que para cada horno el llegar a optimizar su línea de tranfer implicará salvar estos obstáculos, ya - que podría haber alguna interferencia de estas líneas con un nuevo diseño óptimo.

Identificación de las líneas aledañas a las líneas de transfer:

4" VM3-4249 B3A

6" P3-3016 B1A

6" P3-3015 B1A

4" VB3-4206 A2A

Estas parten del horno BA-102.

4" VB3-4248 A2A

6" P3-3014 B1A

6" P3-3013 B1A

4" VM3-4205 B3A

Estas parten del horno BA-101.

Como se ve, de cada horno sale una línea de transfer. - Ahora, veamos el recorrido del diseño actual (ver planos de tuberías sobre soportes elevados 04, 05, 07, 08 y 06).

Se nota perfectamente un recorrido demasiado sobrado de flexibilidad y un recorrido muy tenuoso. Esto nos acarrea - costos elevados.

Así, recordando el capítulo III, donde se menciona que el diseño de un sistema de tuberías, va en función de los requerimientos de ella para transportar un fluido, se basa en factores tales como la entrega de flujo volumétrico requerido, minimizando las caídas de presión y pérdidas de energía.

El diseño actual está basado principalmente en el diseño estructural de tuberías y por lo tanto existe un exceso - de flexibilidad, esto nos causa excesos de codos, metros de tubería y por consiguiente nos incrementa los costos, nos - trae pérdidas de energía por cambios de dirección, soportes adicionales, reducción de frecuencia natural de vibración o sea más susceptible a la fatiga.

Ahora, el diseño optimizado se observa en los planos de tuberías sobre soportes elevados 04-1, 05-1, 07-1, 08-1 y 06. Se nota a simple vista que se ha tomado en cuenta el principio funcional del diseño y el no caer en un exceso de flexibilidad, esto nos traerá beneficios tanto en la operación como económicos.

Para poder llegar a optimizar un arreglo de tuberías - de transfer, se debe seguir una metodología que consta de varios pasos, esto lo elabore tomando en cuenta las normas de

esta especialidad y las necesidades importantísimas de minimizar los costos.

A lo largo del capítulo, compararemos ambos diseños desde diferentes puntos de vista, los cuales nos marcarán la pauta para el método de optimización para arreglos de tuberías.

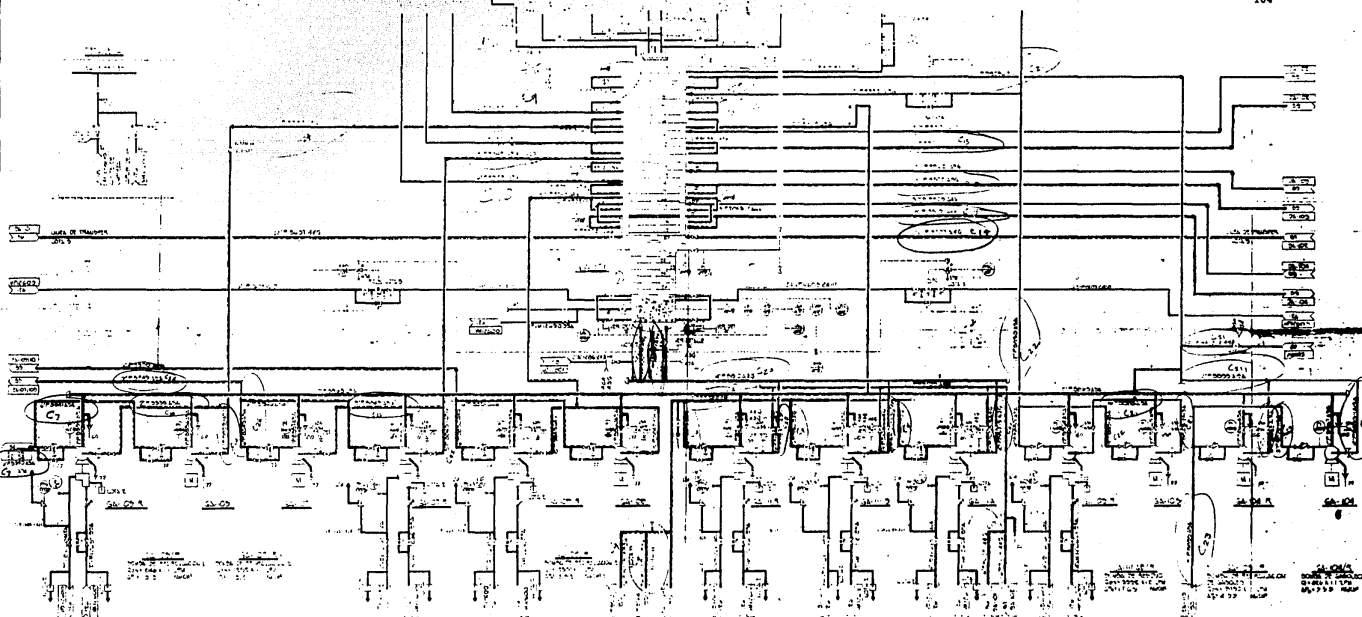
Ahora, determinaremos el recorrido (distancia en metros) del diseño óptimo.

Para poder determinar la distancia en metros del recorrido, se toman en cuenta las coordenadas; primero se restan y se van determinando los metros de tubo por tramos y se suman éstos metros hasta obtener el total de un mismo diámetro. Si el resultado de esta operación es en fracciones cerradas se redondea la cantidad al próximo número.

En la siguiente tabla observamos la distancia en metros del diseño actual y el arreglo óptimo.

DISEÑO ACTUAL		DISEÑO OPTIMO	
\emptyset (in)	DISTANCIA (m)	\emptyset (in)	DISTANCIA (m)
6	8	6	8
10	32	10	32
18	76	18	64
24	82	24	30

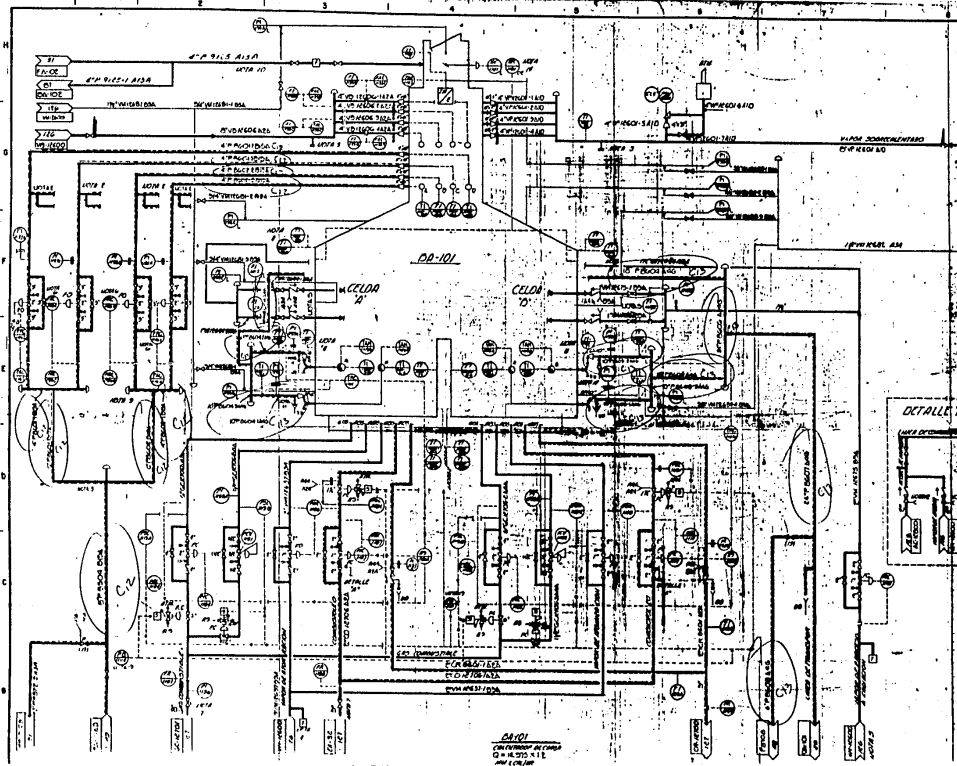
DIAGRAMAS DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL CONTRATO**1260 (UNIDAD REDESTILADORA DEL TREN DE LUBRICANTES)**



1. Este sistema de control está diseñado para el funcionamiento de una máquina de vapor.
 2. El sistema de control está dividido en dos partes principales: el control de la velocidad y el control de la posición.
 3. El control de la velocidad se realiza mediante un reductor de velocidad que permite ajustar la velocidad de la máquina de vapor.
 4. El control de la posición se realiza mediante un sistema de control de posición que permite ajustar la posición de la máquina de vapor.
 5. El sistema de control está diseñado para funcionar con una tensión de 220 V. AC.
 6. El sistema de control está diseñado para funcionar con una frecuencia de 60 Hz.
 7. El sistema de control está diseñado para funcionar con una potencia máxima de 10 kW.
 8. El sistema de control está diseñado para funcionar con una corriente máxima de 45 A.
 9. El sistema de control está diseñado para funcionar con una temperatura ambiente de 40°C.
 10. El sistema de control está diseñado para funcionar con una humedad relativa de 95%.

SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD Y POSICION									
PETROLEROS MEXICANOS									
DIVISION DE INVESTIGACION Y DESARROLLO									
EN EL AREA DE CONTROL									





105

NOTAS

1. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
2. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
3. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
4. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
5. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
6. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
7. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
8. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
9. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
10. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
11. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
12. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
13. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
14. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
15. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
16. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
17. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
18. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
19. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...
20. PARA ADQUISICION DE CABLES DE ALIMENTACION...

PECUDIENTES

EL SISTEMA DE PRECALCULAMIENTO DE...

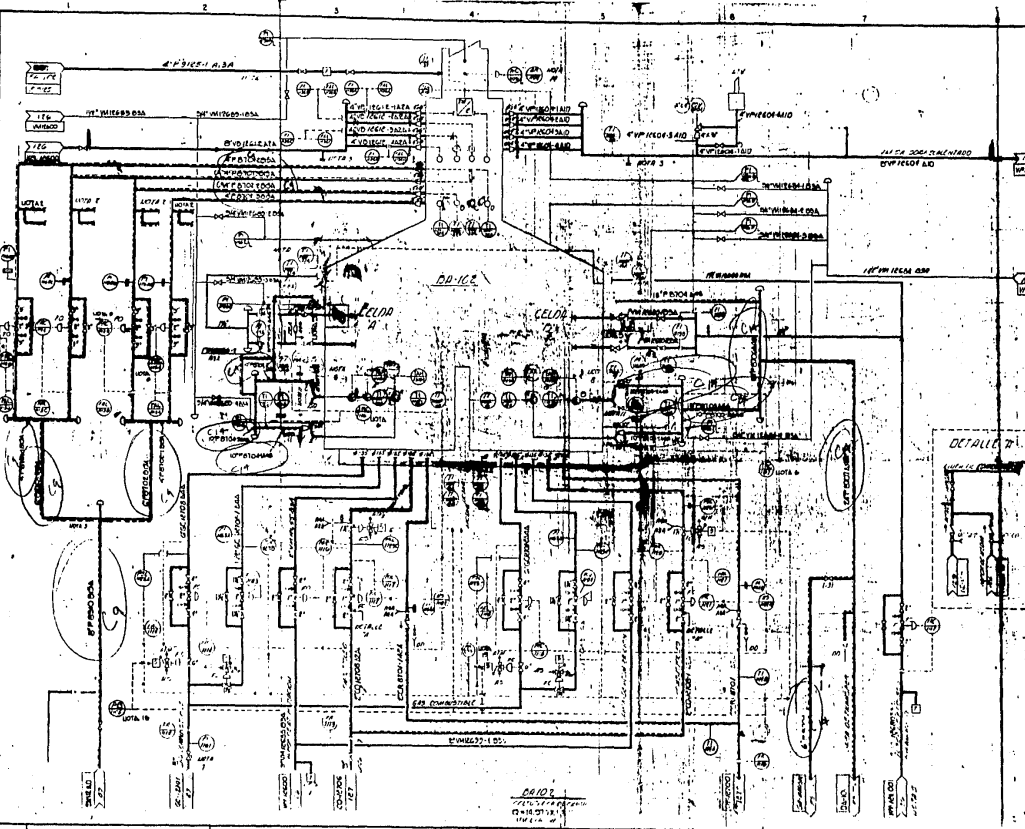


NOTAS

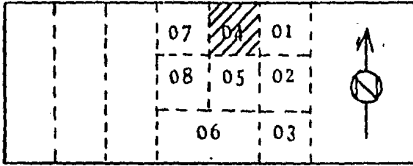
- 1 PAIN METAL SERVIDORES DENTRO DE INSTALACION
- 2 CUBOS DE LUBRICACION EN UBICACIONES INDICADAS
- 3 VELOCIDAD DE REVOLUCIONES EN: 400 RPM
- 4 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 5 VELOCIDAD DE REVOLUCIONES EN UN MODO DE PROTECCION
- 6 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 7 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 8 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 9 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 10 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 11 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 12 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 13 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 14 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 15 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 16 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 17 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 18 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 19 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 20 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 21 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 22 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 23 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 24 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION
- 25 SERVIDORES A MANEJAR EN UN MODO DE PROTECCION

RECOMENDACIONES

A. SISTEMA DE FRECCIONAMIENTO DE BARRAS

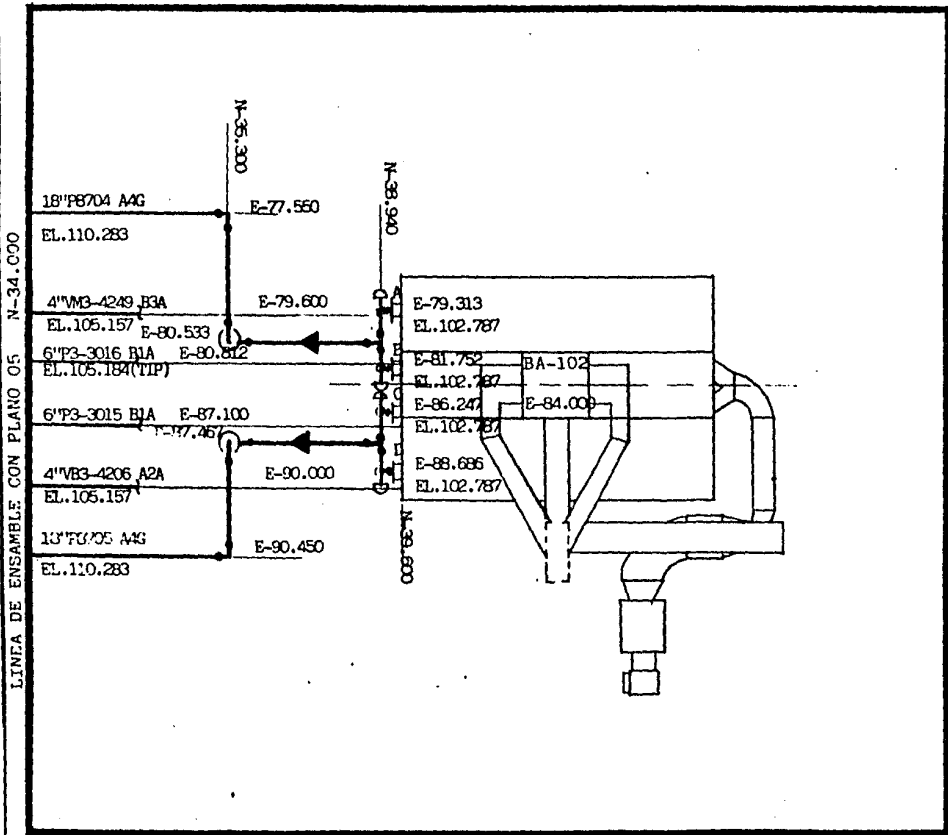
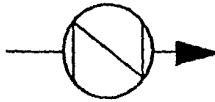


PLANOS DE TUBERIAS SOBRE SOPORTES ELEVADOS**(DISEÑO ACTUAL)**



108

CROQUIS
DE
LOCALIZACION



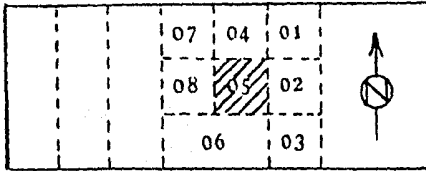
Acct. mm

E.N.E.P. ARAGON

Fecha: 17-X-85

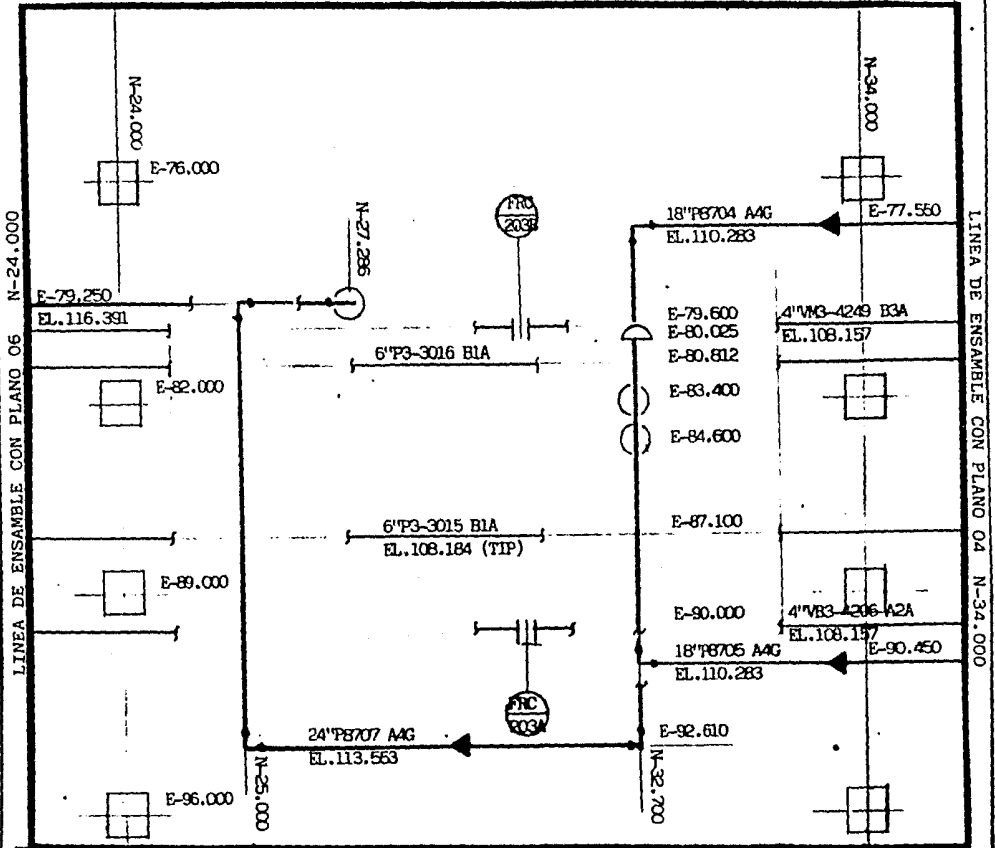
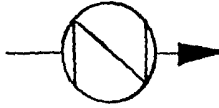
Dib. No. 04

PLANO DE TUBERIAS SOBRE SOPORTES
ELEVADOS PLANTA.



CROQUIS
DE
LOCALIZACION

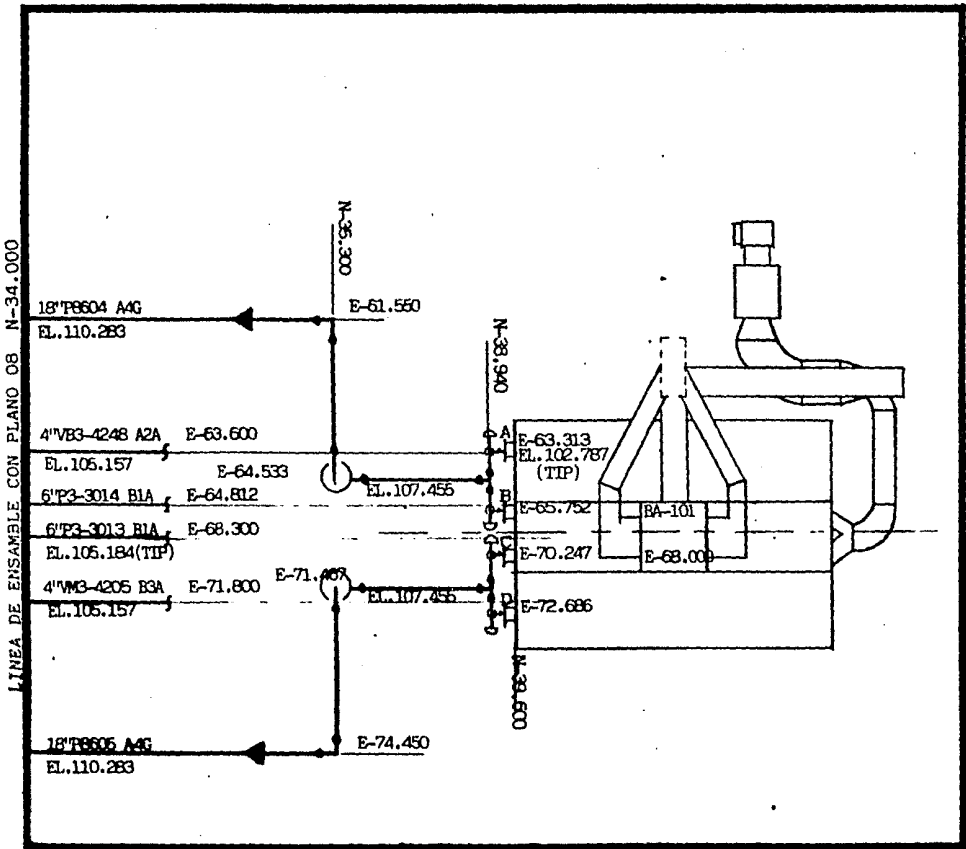
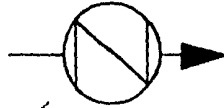
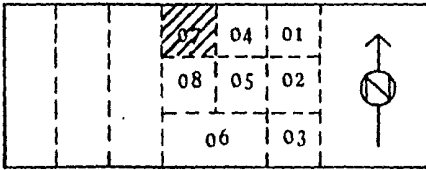
109



Acot. mm	E. N. E. P. ARAGON	Fecha: 17-X-85	Dib. No. 05
----------	--------------------	----------------	-------------

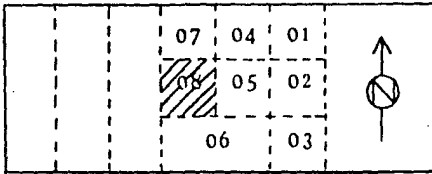
PLANO DE TUBERIAS SOBRE SOPORTES
ELEVADOS PLANTA.

CROQUIS
DE
LOCALIZACION



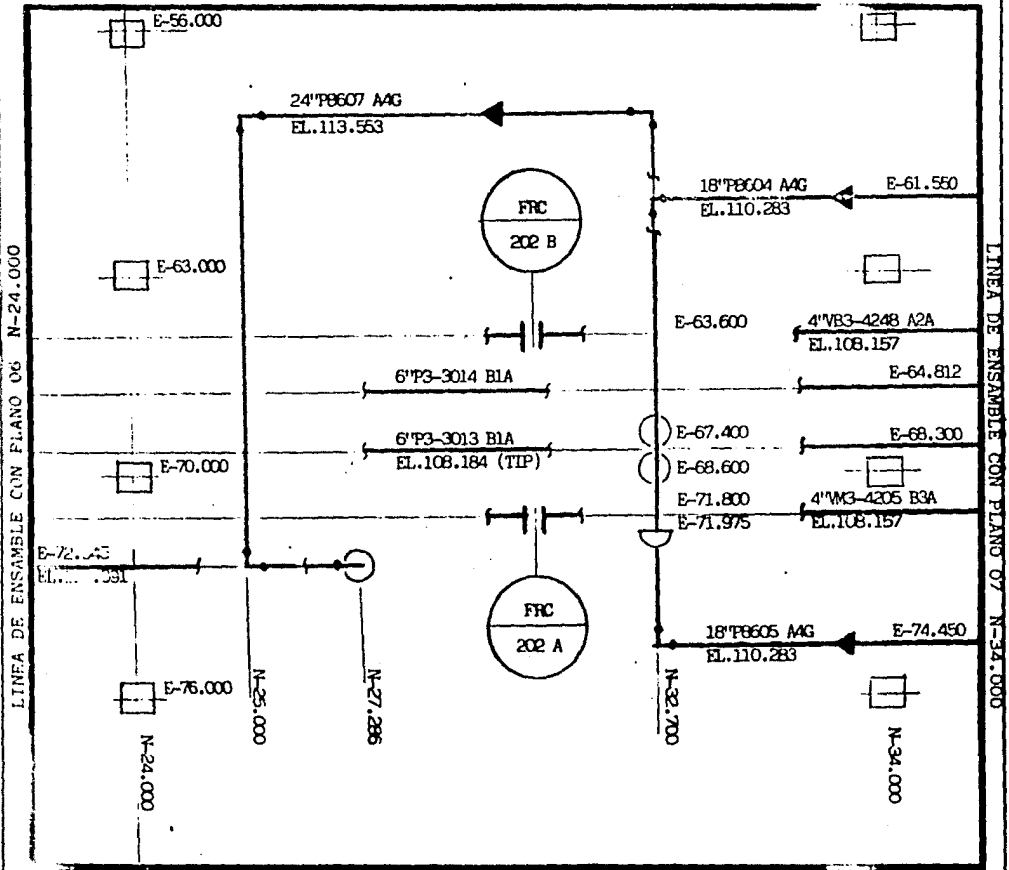
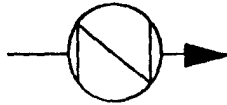
Aut. mm	E.N.E.P. ARAGON	Fecha: 17-X-85	Dib. No. 07
---------	-----------------	----------------	-------------

PLANO DE TUBERIAS SOBRE SOPORTES
ELEVADOS PLANTA.



111

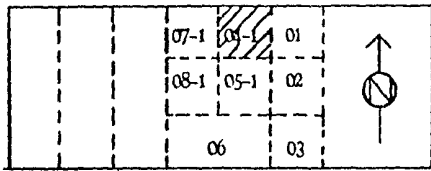
CROQUIS
DE
LOCALIZACION



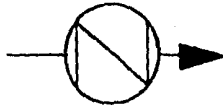
A.s.d. mm	E.N.E.P. ARAGON	Fecha: 17-X-85	Dib. No. 08
-----------	-----------------	----------------	-------------

PLANO DE TUBERIAS SOBRE SOPORTES
ELEVADOS PLANTA.

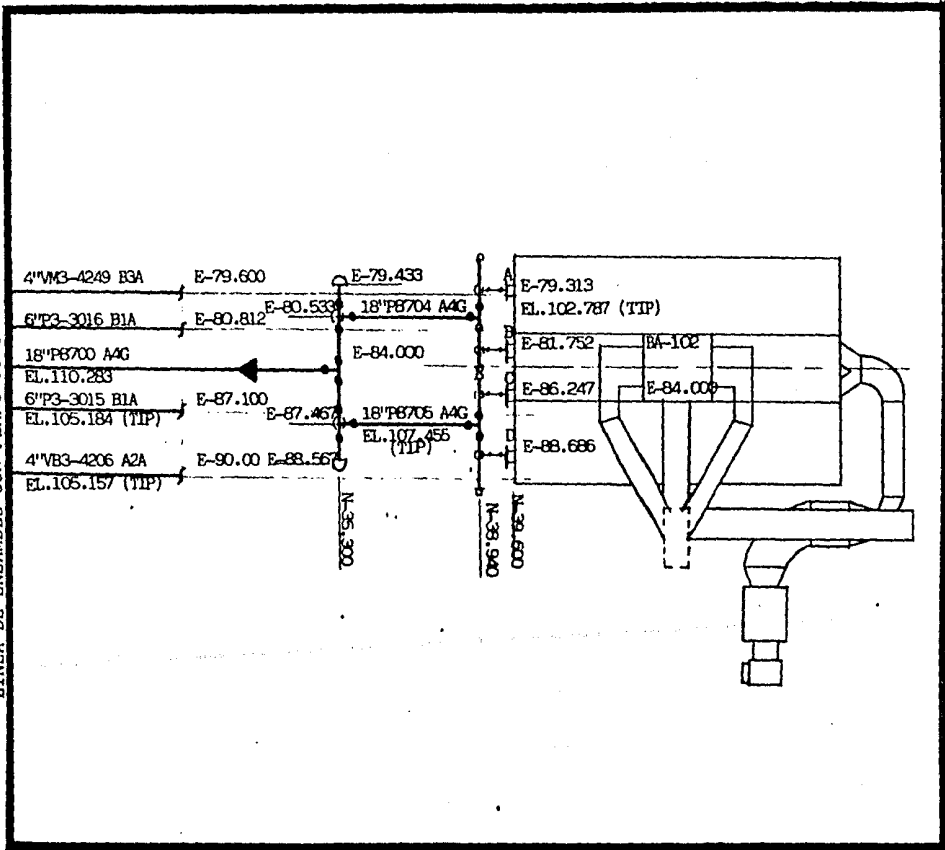
PLANOS DE TUBERIAS SOBRE SOPORTES ELEVADOS**(DISEÑO OPTIMO)**



113
 CROQUIS
 DE
 LOCALIZACION

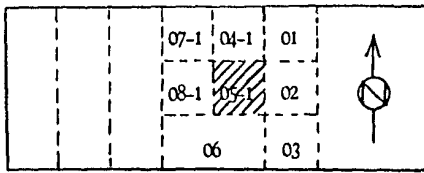


LINEA DE ENSAMBLE CON PLANO 05-1 N-34.000

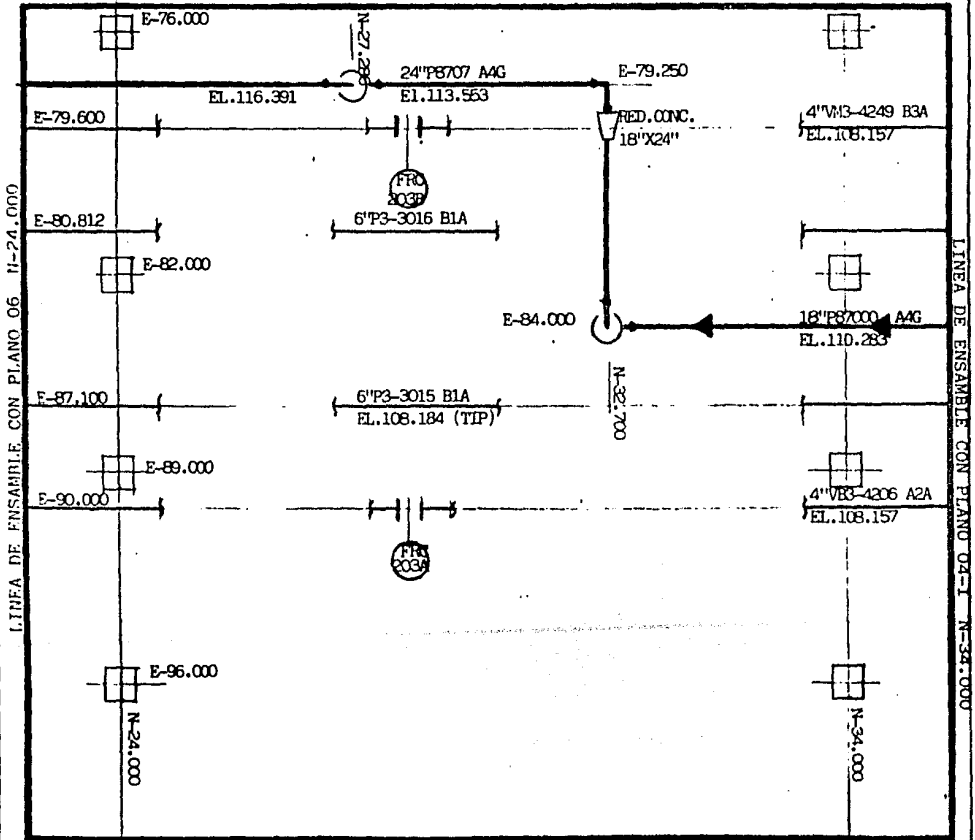
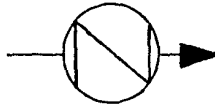


Aco. nm	E. N. E. P. ARAGON	Fecha: 17-X-85	Dib. No. 04-1
---------	--------------------	----------------	---------------

PLANO DE TUBERIAS SOBRE SOPORTES
 ELEVADOS PLANTA.

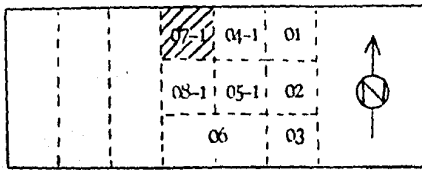


CROQUIS
DE
LOCALIZACION

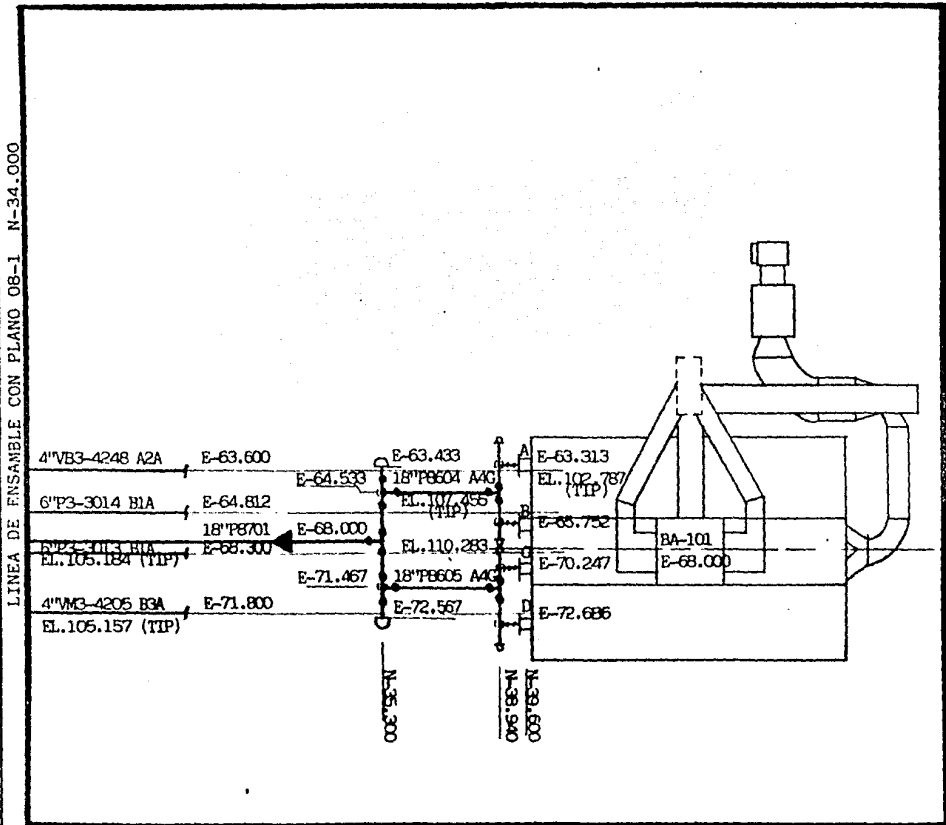
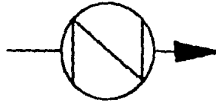


Acart. mm	E.N.E.P. ARAGON	Fecha: 17-X-85	Dib. No. 05-1
-----------	-----------------	----------------	---------------

PLANO DE TUBERIAS SOBRE SOPORTES
ELEVADOS PLANTA.



CROQUIS 115
DE
LOCALIZACION



Acc. mm

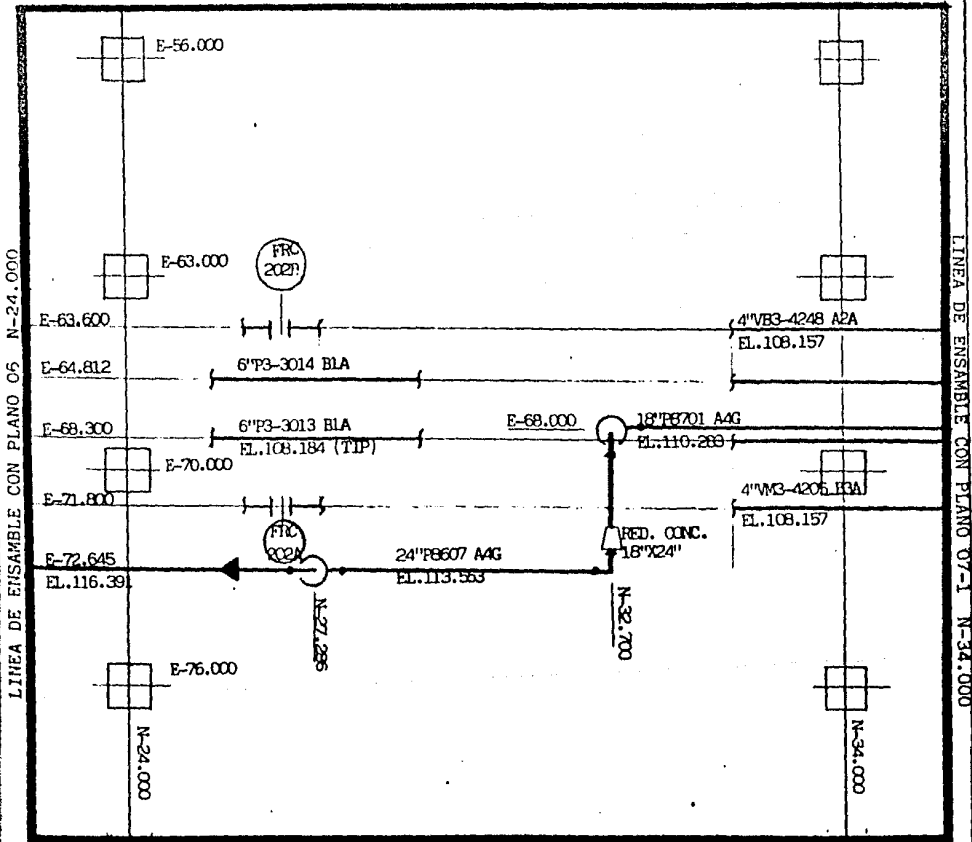
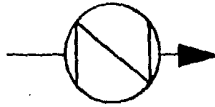
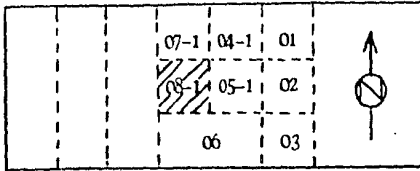
E.N.E.P. ARAGON

Fecha: 17-X-85

Dib. No. 07-1

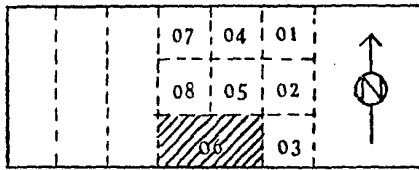
PLANO DE TUBERIAS SOBRE SOPORTES
ELEVADOS PLANTA.

CROQUIS
DE
LOCALIZACION



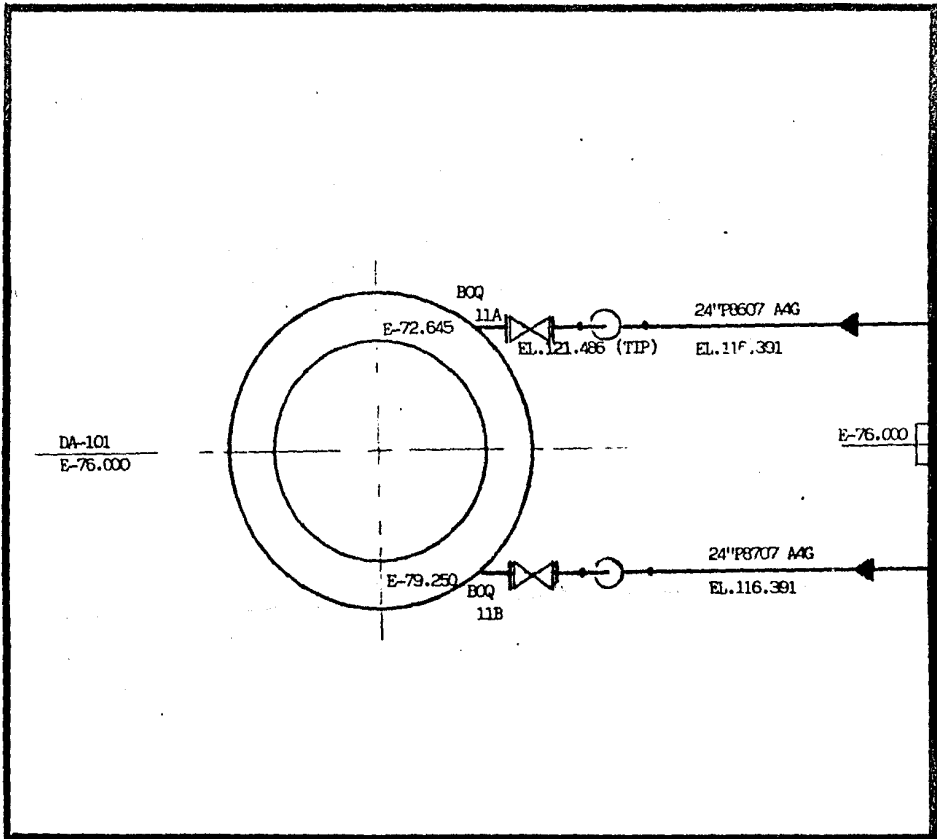
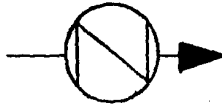
Acot. mm	E. N. E. P. ARAGON	Fecha: 17-X-85	Dib. No. 08-1
----------	--------------------	----------------	---------------

PLANO DE TUBERIAS SOBRE SOPORTES
ELEVADOS PLANTA.



117

CROQUIS
DE
LOCALIZACION



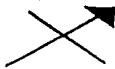
INSERIR EN PLANOS 08 Y 09 - H=24.000
INSERIR EN PLANOS 06 Y 07 - H=24.000

Acot. <u>mm</u>	E.N.E.P. ARAGON	Fecha: 17-X-85	Dib. No. 06
-----------------	-----------------	----------------	-------------

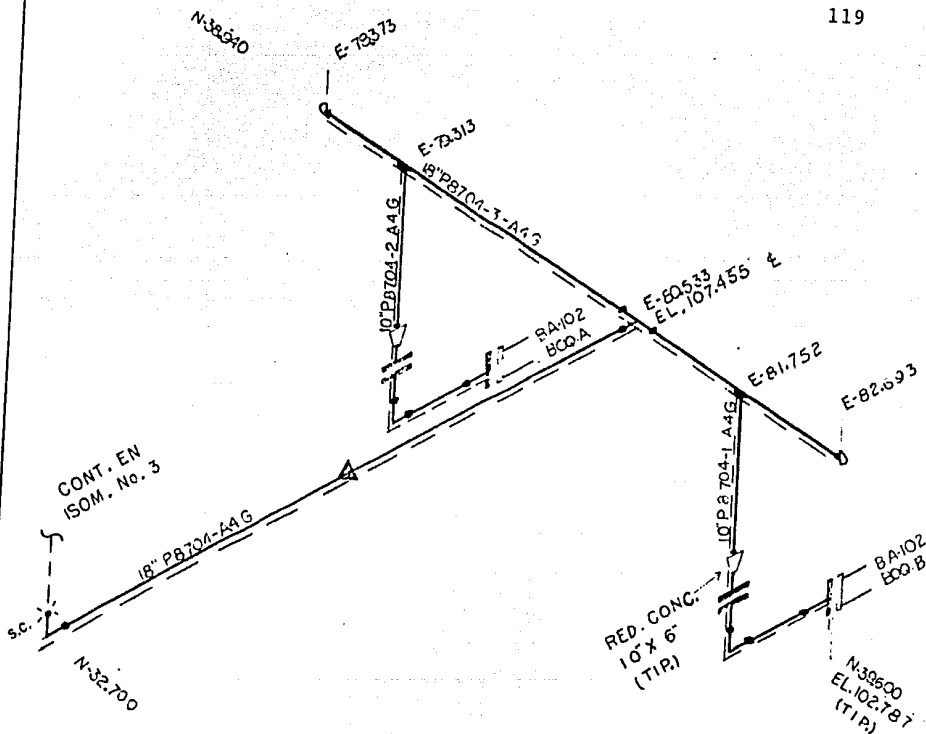
PLANO DE TUBERIAS SOBRE SOPORTES
ELEVADOS PLANTA.

DIBUJOS ISOMETRICOS

DEL DISEÑO OPTIMO



119



AREA DE TRABAJO NORMALIZADO A 240 x 188 M.M. HOJA 287 x 210 M.M.

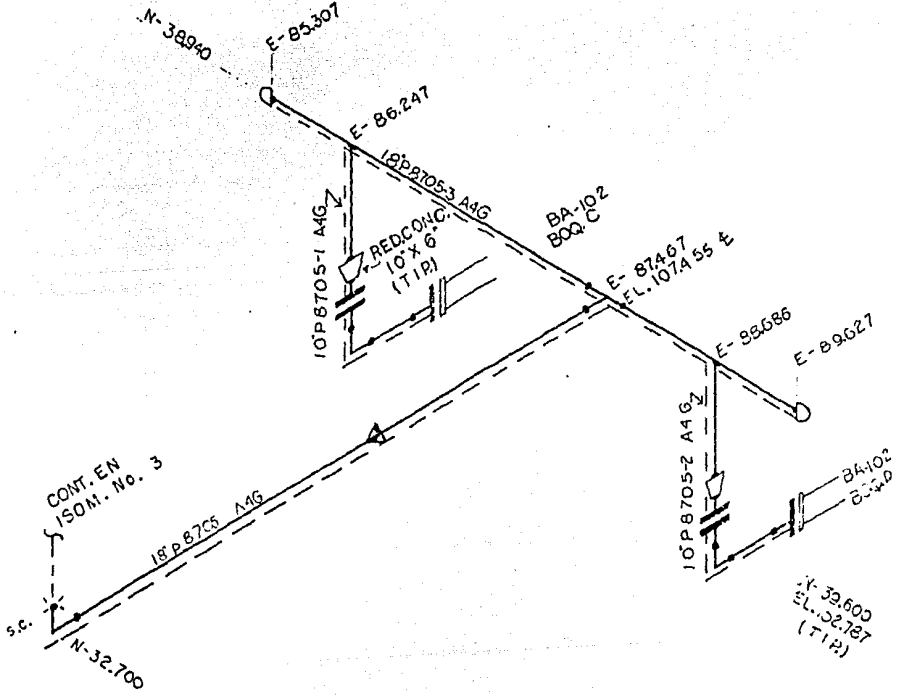
Acot. mm	E.N.E.P. ARAGON	FECHA: 17-X-85	DIB. No. 1
----------	-----------------	----------------	------------

ISOMETRICO DE TUBERIA
18" PB704-A4G

A-4



120



AREA DE TRABAJO NORMALIZADO A 250 x 180 M.M. HOJA 287 x 210 M.M.

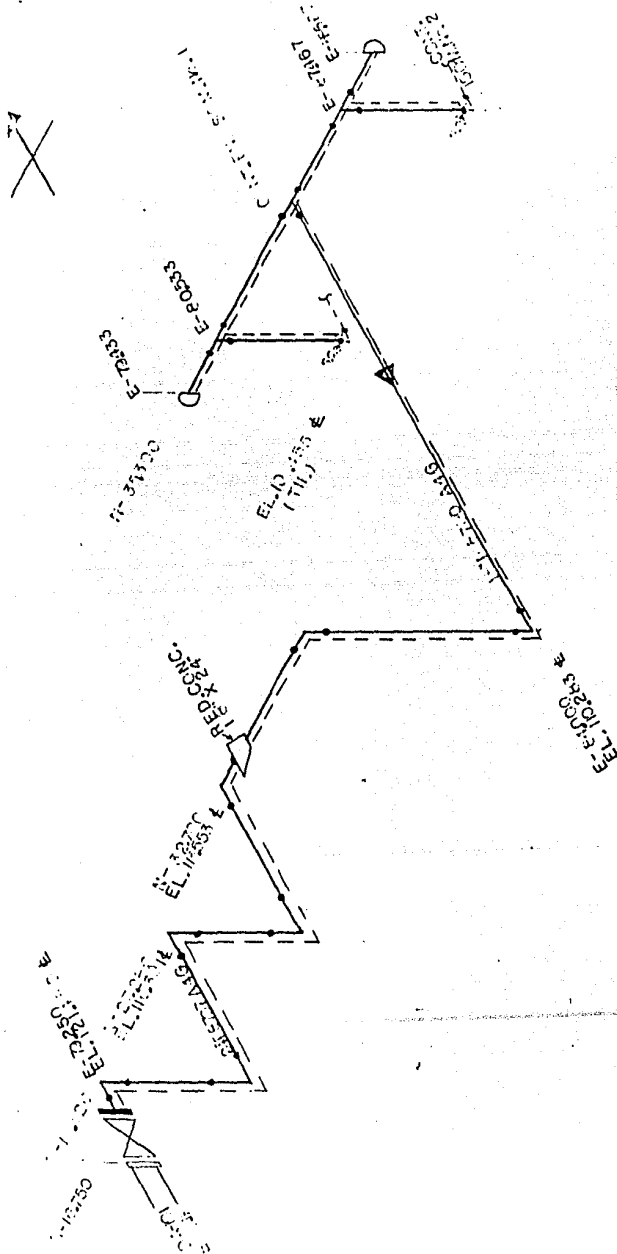
18788

A-4

Acot. mm	E.N.E.P. A R A G O N	FECHA: 17-X-85	DIB. No. 2
ISOMETRICO DE TUBERIA 18" P8705-A4G			

AREA DE TRAMIAO HIDROELÉTRICO A SNO. - 186 M.M. - HOJA 297 x 210 MM.

121



Acot. mm

E.N.E.P. ARAGON

FECHA: 17-X-85

DIB. No. 3

ISOMETRICO DE TUBERIA
 18" 8700-A4G/24" P8707-A4G

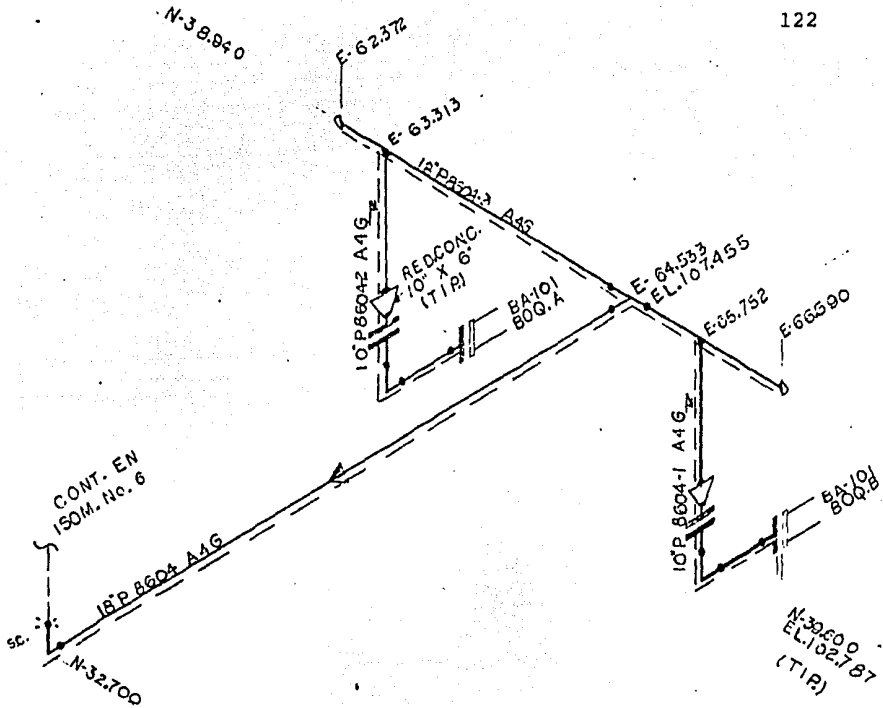
AREA DE TRABAJO NORMALIZADO A 210 x 185 M.M.

HOLJA 287 x 210 M.M.

A-4



122



Acot. mm

E.N.E.P. A R A G O N

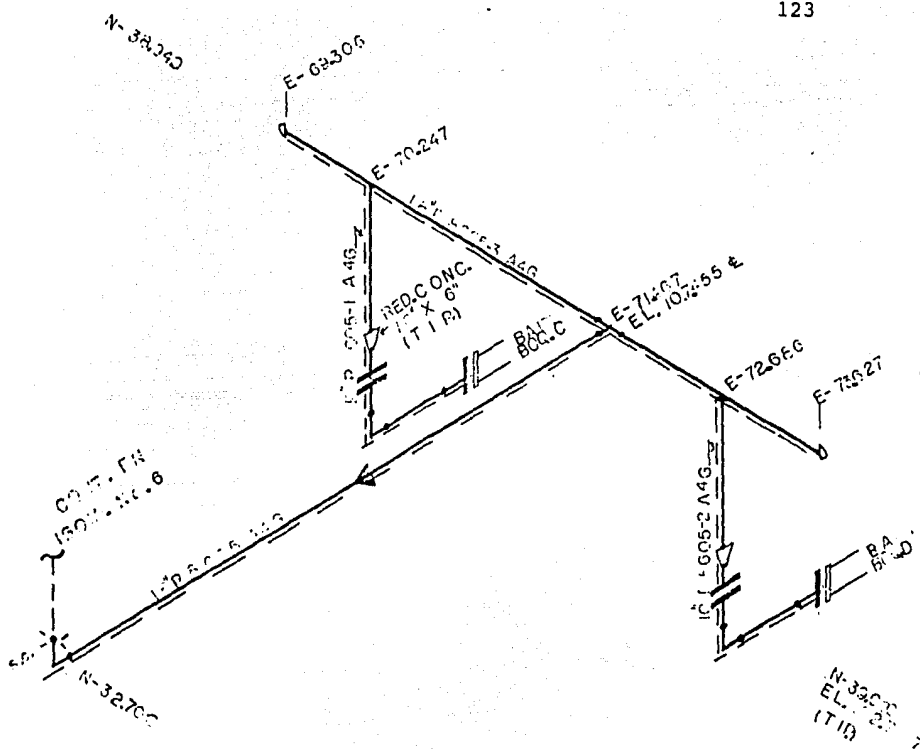
FECHA: 17-X-85

Dib. No. 4

ISOMETRICO DE TUBERIA
18" P8606-A4G



123



HOJA 297 x 210 MM

SELA DE TRABAJO APUNTALES 6 240 x 180 MM

PROYECTOS

A-4

Acot. mm	E.N.E.P. A R A G O N	FECHA: 17-X-85	Dib. No. 5
----------	----------------------	----------------	------------

ISOMETRICO DE TUBERIA
18" P8605-A4G

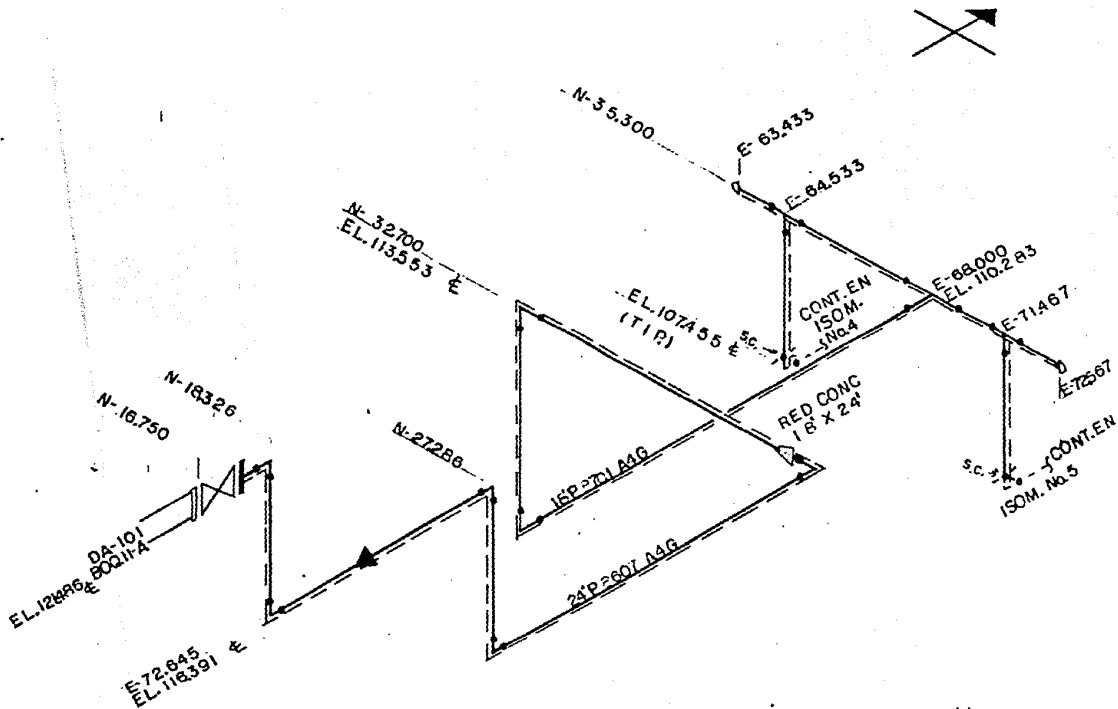
ACOT. mm

E.N.E.P. A R A G O N

FECHA: 17-X-85

Dib. No. 6

ISOMETRICO DE TUBERIA
18" PB701-AGC/24" PB607-AGC



Como se observa, el diseño óptimo nos trae un importantísimo ahorro en lo que a distancia en metros se refiere. Esta claro que dándole al arreglo la flexibilidad justa y necesaria esto nos acarreará una disminución en los metros de tubería y por lo tanto los costos se nos bajarán mucho, ya que a fin de cuentas se busca que la optimización repercuta en aumentar la eficiencia y reducir costos.

4.2 ANALISIS DE FLEXIBILIDAD Y DETERMINACION DE PERDIDAS. El análisis de flexibilidad del diseño óptimo se observa a continuación. Este fue realizado siguiendo la metodología descrita para este fin en el capítulo anterior, así pues tenemos:

Para la línea del diseño óptimo que conecta a BA-101 con la boquilla A de DA-101, la línea con 18" de diámetro tiene una flexibilidad (usando la fórmula de Kellogg's) de:

$$0.00000328 \leq 0.03 \text{ y } LT= 4,079.69''$$

y la línea de 24"

$$0.00000572 \leq 0.03 \text{ y } LT= 3,821.12''$$

Estos mismos resultados se obtienen para la línea del diseño óptimo que conecta a BA-102 con la boquilla B de DA-101, esto se debe a que son idénticas y tienen las mismas coordenadas y características.

Observando detenidamente el análisis de ambos diseños, el actual y el óptimo, vemos que prácticamente tienen la misma -

flexibilidad y las mismas longitudes equivalentes (LT), esto nos indica que el diseño actual fue realizado sin ninguna visión de optimizar el diseño, y que el diseñador quiso asegurar tanto la flexibilidad, lo cual hizo que él realizara un arreglo demasiado suntuoso sin importar el recorrido y la distancia en metros de tubería que se consumirían.

Ahora, con la optimización del diseño, se llegó a un arreglo sencillo, funcional, con la misma flexibilidad y con menos metros de tubería, menos codos, etc., lo que nos trae una disminución de costos como se verá en el siguiente punto.

A continuación se observa un programa de computo para determinar de una manera muy rápida y práctica la flexibilidad de la línea que se está diseñando. Este programa se utilizó para analizar el arreglo óptimo. Usando esto, se disminuye mucha pérdida de tiempo, por lo práctico que es.

JLOAD FLEXIBILIDAD

JLIST

```
10 PRINT TAB( 7);"ANALISIS DE FLEXIBILIDAD"
20 PRINT TAB( 7);"*****"
30 PRINT
40 PRINT
50 PRINT
60 PRINT "QUE DIAMETRO TIENES (EN PULGADAS)"
70 INPUT D
80 PRINT "CUAL ES LA DIFERENCIA DE ELEVACION ENTRE EXTREMOS (EN METROS)"
90 INPUT Z
100 PRINT "CUAL ES LA LONGITUD TOTAL DEL TUBO (EN METROS)"
110 INPUT B
120 Z1 = Z * 3.2808
130 B1 = B * 3.2808
140 K = Z1 * 12
150 K1 = B1 / K
160 GOSUB 997
170 PRINT "CUAL ES LA DEFORMACION (Y) EN PULGADAS"
180 INPUT Y
190 PRINT "DAME EL NUMERO TOTAL DE CODOS DE 90 GRADOS"
200 INPUT N
210 PRINT "DAME EL RADIO DEL CODO DE 90 GRADOS"
220 INPUT R
230 R1 = R * 0.03937
240 M = R1 / D
250 GOSUB 1777
260 P = RT + (N - 1) * (RL + RB / 2)
```

270 GOSUB 3000

280 ~~4~~ **SPERRY**

290 H1 = H * 3.2808

300 Q = H * 39.370

310 GOSUB 4000

128

320 S = (D * Y) / (Q - U1) ^ 2

330 PRINT

340 PRINT

350 PRINT

360 PRINT "LA FLEXIBILIDAD DEBE DE CUMPLIR CON LA DESIGUALDAD DE KELLOG'S
"

370 PRINT "LA EC. DE KELLOG'S ES $DY/(L-U)^2 \leq 0.03$ "

380 PRINT "POR LO TANTO EL RESULTADO ES ..."

390 PRINT TAB(10);S;"<=0.03"

400 PRINT TAB(10);"*****"

410 PRINT TAB(10);"@@@@@@@@@@@@@"

411 PRINT

412 PRINT

413 PRINT

414 PRINT

415 PRINT "DESEAS HACER OTRO CALCULO (S/N)"

420 INPUT G\$

421 IF G\$ = "S" THEN 10

425 IF G\$ = "N" THEN 500

500 END

997 PRINT

998 PRINT

999 PRINT

1000 PRINT "LA PENDIENTE MAXIMA ES UNA PULGADA EN";K1

1010 PRINT "*****"

1011 PRINT

1012 PRINT

1013 PRINT

```
1014 PRINT
1100 PRINT "SI LA PENDIENTE ES MENOR A 1 PULG. EN 5 PIES"
1110 PRINT "TOMA ESTE VALOR COMO MINIMO"
1200 PRINT "CON EL VALOR DE LA PENDIENTE VER LA GRAFICA NO. 1"
1210 PRINT "DAME EL VALOR CORRESPONDIENTE EN PIES"
1400 INPUT U
1405 U1 = U * 12
1500 RETURN
1777 PRINT
1778 PRINT
1779 PRINT
1800 PRINT "EL RADIO RELATIVO R/D ES IGUAL A ";M
1810 PRINT "*****"
1811 PRINT
1812 PRINT
1813 PRINT
1814 PRINT
1900 PRINT "CON ESTE VALOR USA LA GRAFICA DE RESISTENCIA EN CODOS"
2000 PRINT "DAME LOS VALORES QUE TE PIDO"
2100 PRINT "DAME (RT)"
2200 INPUT RT
2300 PRINT "DAME (RL)"
2400 INPUT RL
2500 PRINT "DAME (RB)"
2600 INPUT RB
2700 RETURN
3000 PRINT
3001 PRINT
3002 PRINT
3003 PRINT
3010 PRINT "EL VALOR L/D EN DIAMETROS DE TUBERIA ES ";P
3015 PRINT "*****"
3016 PRINT
```

3017 PRINT

3018 ~~PRINT~~ PERRY

3020 PRINT "CON ESTE VALOR BUSCA LA L EQUIVALENTE EN EL NOMOGRAMA"

3021 PRINT "DAME SU VALOR (EN PIES)"

3030 INPUT F

130

3040 F1 = F / 3.2808

3050 PRINT "DE LA TABLA DE LONGS. EQUI. PARA VALVULAS (L/D)2

3051 PRINT "BUSCA EL VALOR PARA EL TIPO QUE ESTES ANALIZANDO"

3052 PRINT "CON ESTE VALOR DETERMINA LA L EQUIVALETE"

3053 PRINT "DAME EL VALOR (EN PIES)"

3070 INPUT E

3080 E1 = E / 3.2808

3090 RETURN

4000 PRINT

4001 PRINT

4002 PRINT

4003 PRINT

4004 PRINT

4010 PRINT "LA LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE (MTS) LT=";H

4020 PRINT "(PULGS) LT=";Q

4030 PRINT "(PIES) LT=";H1

4040 PRINT TAB(12);"DATOS";"(EN PULGADAS)"

4050 PRINT TAB(12);"*****"

4060 PRINT "D=";D

4070 PRINT "Y=";Y

4080 PRINT "U=";U1

4090 PRINT "LT=";Q

4091 PRINT "*****"

4092 PRINT

4093 PRINT

4094 PRINT

4095 PRINT

4096 RETURN

A CONTINUACION SE MUESTRA LA CORRIDA DEL PROGRAMA ANALIZANDO ASI

LA FLEXIBILIDAD DEL DISEÑO OPTIMO

IRUN

ANALISIS DE FLEXIBILIDAD

QUE DIAMETRO TIENES (EN PULGADAS)

?18

CUAL ES LA DIFERENCIA DE ELEVACION ENTRE EXTREMOS (EN METROS)

?6.098

CUAL ES LA LONGITUD TOTAL DEL TUBO (EN METROS)

?64

LA PENDIENTE MAXIMA ES UNA PULGADA EN.874603695

SI LA PENDIENTE ES MENOR A 1 PULG. EN 5 PIES

TOMA ESTE VALOR COMO MINIMO

CON EL VALOR DE LA PENDIENTE VER LA GRAFICA NO. 1

DAME EL VALOR CORRESPONDIENTE EN PIES

?90

CUAL ES LA DEFORMACION (Y) EN PULGADAS

?1.64

133

DAME EL NUMERO TOTAL DE CODOS DE 90 GRADOS

?8

DAME EL RADIO DEL CODO DE 90 GRADOS

?686.8

EL RADIO RELATIVO R/D ES IGUAL A 1.50218422

CON ESTE VALOR USA LA GRAFICA DE RESISTENCIA EN CODOS

DAME LOS VALORES QUE TE PIDO

DAME (RT)

?12.5

DAME (RL)

?10

DAME (RB)

?2

EL VALOR L/D EN DIAMETROS DE TUBERIA ES 89.5

SPERRY

CON ESTE VALOR BUSCA LA L EQUIVALENTE EN EL NOMOGRAMA

DAME SU VALOR (EN PIES)

?130

134

DE LA TABLA DE LONGS. EQUI. PARA VALVULAS (L/D)2

BUSCA EL VALOR PARA EL TIPO QUE ESTES ANALIZANDO

CON ESTE VALOR DETERMINA LA L EQUIVALETE

DAME EL VALOR (EN PIES)

?0

LA LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE (MTS) LT=103.624482

(PULGS) LT=4079.69585

(PIES) LT=339.9712

DATOS(EN PULGADAS)

D=18

Y=1.64

U=1080

LT=4079.69585

LA FLEXIBILIDAD DEBE DE CUMPLIR CON LA DESIGUALDAD DE KELLOG'S

LA EC. DE KELLOG'S ES $DY/(L-U)^2 <= 0.03$

POR TANTO EL RESULTADO ES ...

$3.28066517E-06 <= 0.03$

@@@@@@@@@@@@@@@

135

DESEAS HACER OTRO CALCULO (S/N)

?S

ANALISIS DE FLEXIBILIDAD

QUE DIAMETRO TIENES (EN PULGADAS)

?24

CUAL ES LA DIFERENCIA DE ELEVACION ENTRE EXTREMOS (EN METROS)

?7.933

CUAL ES LA LONGITUD TOTAL DEL TUBO (EN METROS)

?30

LA PENDIENTE MAXIMA ES UNA PULGADA EN .315139292

SI LA PENDIENTE ES MENOR A 1 PULG. EN 5 PIES

TOMA ESTE VALOR COMO MINIMO

CON EL VALOR DE LA PENDIENTE VER LA GRAFICA NO. 1

DAME LA PENDIENTE EN PIES

?100

CUAL ES LA DEFORMACION (Y) EN PULGADAS

?1.64

136

DAME EL NUMERO TOTAL DE CODOS DE 90 GRADOS

?10

DAME EL RADIO DEL CODO DE 90 GRADOS

?914.40

EL RADIO RELATIVO R/D ES IGUAL A 1.499997

CON ESTE VALOR USA LA GRAFICA DE RESISTENCIA EN CODOS

DAME LOS VALORES QUE TE PIDO

DAME (RT)

?12.5

DAME (RL)

?10

DAME (RB)

?2

EL VALOR L/D EN DIAMETROS DE TUBERIA ES 111.5

ALBERTO

CON ESTE VALOR BUSCA LA L EQUIVALENTE EN EL NOMOGRAMA

DAME SU VALOR (EN PIES)

?200

137

DE LA TABLA DE LONGS. EQUI. PARA VALVULAS (L/D)2

BUSCA EL VALOR PARA EL TIPO QUE ESTES ANALIZANDO

CON ESTE VALOR DETERMINA LA L EQUIVALETE

DAME EL VALOR (EN PIES)

?20

LA LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE (MTS) LT=97.0568154

(PULGS) LT=3821.12683

(PIES) LT=318.424

DATOS(EN PULGADAS)

D=24

Y=1.64

U=1200

LT=3821.12683

LA FLEXIBILIDAD DEBE DE CUMPLIR CON LA DESIGUALDAD DE KELLOG'S

A. E. DE TERCOS 3 RE NY/(L-U)2(=0.03

REGISTRY ES ...

5.7270026E-06(=6.03

00000000000000000000

138

DESCAS HACER OTRO CALCULO (S/N)

PERDIDAS EN TUBERIAS.

- PERDIDAS PRIMARIAS:

ECUACION DE DARCY-WEISBACH

$$H_{rp} = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

DONDE: H_{rp} = pérdida de carga primaria. λ = coeficiente de pérdida de carga primaria.

L = longitud de la tubería.

D = diámetro de la tubería.

v = velocidad media del fluido.

CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL FLUIDO.

ECUACION DE CONTINUIDAD:

$$Q = vA$$

DONDE: Q = flujo

v = velocidad

A = área

por lo tanto $v = Q/A = v = 4Q/\pi D^2$

DATOS: (CONDICIONES NORMALES DE OPERACION).

Q = 87,670 cm³/seg.

D = 24" = 60.96 cm = 609.6 mm.

por lo tanto, con estos datos determinaremos la velocidad.

$$v = 4Q/\pi D^2 = 4(87,670)/\pi (60.96)^2 = 350680/11674.54$$

v = 30.03 cm/seg.

$$v = \underline{300.3 \text{ mm/seg}}$$

$$v = \underline{0.3003 \text{ m/seg}}$$

$$v = \underline{18.018 \text{ m/min}}$$

Cálculo del coeficiente de pérdida de carga primaria usando la ecuación de Karman-Prandtl

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log_{10} \frac{D}{2K} + 1.74$$

Ahora, tenemos que calcular el número de Reynolds para poder determinar el coeficiente:

$$R_e = \frac{VD}{\nu}$$

donde:

V= Velocidad

D= diámetro

ν = viscosidad cinemática (para este caso, el gasóleo a 373°C tiene una viscosidad cinemática de 0.34 mm²/seg)

$$R_e = (300.3)(609.6) / 0.34$$

$$R_e = \underline{538420.2}$$

Por lo tanto como el número de Reynolds $R_e \gg 12,000$, revansa el número crítico superior, lo cual nos demuestra una corriente necesariamente turbulenta.

$$\lambda = f(K, D, R_e)$$

K= 0.4 de tabla 9-2 "Coeficiente de rugosidad K, para tuberías comerciales".

TBLA 9-2 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD ABSOLUTA K

PARA TUBERIAS COMERCIALES

TIPO DE TUBERIA	Rugosidad absoluta - K (mm)	TIPO DE TUBERIA	Rugosidad absoluta - K (mm)
Vidrio, cobre o latón estirado	0,001 (o lisa)	Hierro galvanizado	0,15 a 0,20
Latón industrial	0,025	Fundición corriente nueva	0,25
Acero laminado nuevo	0,05	Fundición corriente oxidada	1 a 1,5
Acero laminado oxidado	0,15 a 0,25	Fundición asfaltada	0,1
Acero laminado con in-		Cemento alisado	0,3 a 0,8
crustaciones	1,5 a 3	Cemento bruto	hasta 3
Acero asfaltado	0,015	Acero roblonado	0,9 a 9
Acero roblonado	0,03 a 0,1	Duelas de madera	0,183 a 0,91
Acero soldado, oxidado	0,4		

$$\text{Rugosidad} = 0.4/D = 0.4/60.96 = 6.5616797 \times 10^{-3}$$

$$\text{Rugosidad} = 0.00656$$

Tomar la ecuación de Karman-Prandtl y determinar los coeficientes:

$$\lambda = f(K/D, R_e)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log_{10} \frac{60.96}{2(0.4)} + 1.74$$

$$\lambda = \underline{0.033} \quad (\text{valor para la tubería de 24"}).$$

Determinaremos los datos para la tubería de 18":

$$D = 18" = 45.72 \text{ cm}$$

Cálculo de la velocidad.

$$V = 4 Q / D^2 = 4(87,670) / (45.72)^2 = \underline{53.40 \text{ cm/seg}}$$

$$V = \underline{534.00 \text{ mm/seg}}$$

$$V = \underline{0.534 \text{ m/seg}}$$

$$V = \underline{32.04 \text{ m/min}}$$

De tablas $K = 0.4$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log_{10} \frac{45.72}{2(0.4)} + 1.74$$

$$\lambda = \underline{0.036} \quad (\text{valor para tubería de 18"})$$

Determinaremos los datos para la tubería de 10", siguiendo los mismos procedimientos tenemos que:

$$V = \underline{173.01 \text{ cm/seg}}$$

$$V = \underline{1730.18 \text{ mm/seg}}$$

$$V = \underline{1.730 \text{ m/seg}}$$

$$V = \underline{103.81 \text{ m/min}}$$

De tablas $K = 0.4$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log_{10} \frac{25.4}{2(0.4)} + 1.74$$

$$\lambda = \underline{\underline{0.044}}$$

Determinaremos los datos para la tubería de 6" siendo los mismos procedimientos:

$$V = \underline{480.60 \text{ cm/seg}}$$

$$V = \underline{4806.08 \text{ mm/seg}}$$

$$V = \underline{4.806 \text{ m/seg}}$$

$$V = \underline{288.36 \text{ m/min}}$$

De tablas $K = 0.4$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log_{10} \frac{15.24}{2(0.4)} + 1.74$$

$$\lambda = \underline{\underline{0.054}}$$

DETERMINACION DE PERDIDAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS

Usaremos el método que consiste en tomar las pérdidas secundarias como longitudes equivalentes, es decir longitudes en metros de un trozo de tubería del mismo diámetro que produciría las mismas pérdidas de carga que los accesorios en cuestión.

Así, cada codo, válvula, brida, etc., se sustituirá por su longitud de tubería equivalente, Le. A continuación se aplica la ecuación fundamental de las pérdidas primarias en la siguiente forma:

$$H_r = \frac{\lambda(L + \sum Le) v^2}{D \quad 2g}$$

(FORMULA DE LAS PERDIDAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS
EMPLEANDO LA LONGITUD EQUIVALENTE)

Donde:

H_r = suma total de pérdidas primarias y secundarias

λ = coeficiente de pérdidas

L = longitud

$\sum Le$ = suma de todas las longitudes equivalentes a los accesorios diversos

v = velocidad media en la tubería

Por lo tanto al aplicar esta fórmula obtendremos la suma total de pérdidas primarias y secundarias.

En el capítulo No. 3 se han determinado las longitudes equivalentes de todos los accesorios y válvulas empleados en el diseño, así pues, utilizaremos estos datos.

Ø	No. Codos	Long. total equiv. de codos 90° R.L.
24"	14	92.2 m
24"	10	60.96 m
18"	20	112.77 m
18"	8	51.81 m
6"	8	57.91 m

Longitud equivalente de la válvula de compuerta de 24" -
150 #.

$$L = 6.096 \text{ m} \times 2 = 12.192 \text{ m}$$

Longitud equivalente de Te recta.

$$L = 25.908 \text{ m}$$

Con estas longitudes equivalentes, coeficiente de pérdidas (que ya calculamos), longitudes de tubo y velocidades (también calculadas ya), aplicaremos la fórmula de las pérdidas primarias y secundarias descrita anteriormente.

$$H_r = 0.033 (82 + 90.2 + 12.192) (0.3003)^2 / (0.6096)^2 (9.81)$$

$$H_{r24"} = \underline{0.045 \text{ m}} \quad (\text{tubería de 24" diseño actual})$$

$$H_r = 0.033 (30 + 60.96 + 12.192) (0.3003)^2 / (0.6096)^2 (9.81)$$

$$H_{r24"} = \underline{0.025 \text{ m}} \quad (\text{tubería de 24" diseño óptimo})$$

$$H_r = 0.036 (76 + 112.77 + 103.632) (0.534)^2 / (0.4572)^2 (9.81)$$

$$H_{r18"} = \underline{0.334 \text{ m}} \quad (\text{tubería de 18" diseño actual})$$

$$H_r = 0.036 (64 + 51.81 + 259.08) (0.534)^2 / (0.4572)^2 (9.81)$$

$$H_{r18"} = \underline{0.429 \text{ m}} \quad (\text{tubería de 18" diseño óptimo})$$

$$H_r = 0.044 (32) (1.730)^2 / (0.254)^2 (9.81)$$

$$H_{r10"} = \underline{0.845 \text{ m}} \quad (\text{tubería de 10" ambos diseños})$$

$$H_r = 0.054 (8 + 57.91) (4.806)^2 / (0.1524)^2 (9.81)$$

$$H_{r6"} = \underline{27.49 \text{ m}} \quad (\text{tubería de 6" ambos diseños})$$

PERDIDAS TOTALES DEL DISEÑO ACTUAL

$$H_{\text{total}} = H_{r24} + H_{r18} + H_{r10} + H_{r6}$$

$$H_{\text{total}} = 0.045 + 0.334 + 0.845 + 27.49$$

$$H_{\text{total}} = \underline{28.714 \text{ m}}$$

PERDIDAS TOTALES DEL DISEÑO OPTIMO

$$H_{\text{total}} = H_{r24} + H_{r18} + H_{r10} + H_{r6}$$

$$H_{\text{total}} = 0.025 + 0.429 + 0.845 + 27.49$$

$$H_{\text{total}} = \underline{28.789 \text{ m}}$$

Se observa que las pérdidas del diseño actual es de 28.714 metros, esto significa que el fluido debido a las pérdidas, - perderá energía cinética y presión como si recorriera 28.714 metros más del recorrido total del arreglo.

Y el diseño óptimo tiene pérdidas de 28.789 metros, se nota que es mayor la pérdida, pero la diferencia es de 0.075 metros o sea 75 mm, lo cual se puede tomar como despreciable y - prácticamente tienen las mismas pérdidas a cambio de una gran - diferencia económica.

4.3 ANALISIS ECONOMICO Y CALCULO DEL CAMINO CRITICO. En este punto compararemos los diseños actual y óptimo desde el punto de vista económico. Comenzaremos con describir y realizar una lista de material de cada uno de los diseños.

DISEÑO ACTUAL					DISEÑO OPTIMO							
TUBO EXT. BIS. CED. EST. S/C.A335 Gr P5.					24"	18"	10"	6"	24"	18"	10"	6"
					82	76	32	8	30	64	32	8
VALVULA DE COMPUERTA 150# R.F.					2				2			
BRIDAS CUELLO SOLD. 150# R.F.					2			24	2			24
CODO 90° R.L. CED. EST.					14	20		8	10	8		8
TE RECTA CED. EST.						4				10		
TAP. CACH. CED. EST.					2	8				12		
EMPAQUE SEMIMETALICO 150# R.F.					4			16	4			16
TORNILLOS	CANT.	TAMAÑO	TIPO	JUNTA	CANT.	TAMAÑO	TIPO	JUNTA				
	80	11/4"x63/4"	ESPARRAGO	24"150#R.F.	80	11/4"x63/4"	ESPARRAGO	24"150#R.F.				
	256	3/4"x33/4"	ESPARRAGO	6"150#R.F.	256	3/4"x33/4"	ESPARRAGO	6"150#R.F.				
MIS.	CANT.	IDENTIFICACION			CANT.	IDENTIFICACION						
	8	10" x 6" CED.EST.RED.CONC.			8	10" x 6" CED.EST.RED.CONC.						
					2	24" x18" CED.EST.RED.CONC.						

Una vez obtenidos los datos del material utilizado en la optimización del diseño, se procede a determinar los costos. En la lista presentada, se hace muy notoria la diferencia existente de metros de tubería y codos entre el diseño actual y el óptimo.

En el capítulo anterior, hicimos el análisis económico del diseño actual. Ahora nos nos toca determinar los costos del diseño óptimo, así compararemos los resultados - y justificaremos la optimización del arreglo.

NOMBRE DE LA PIEZA	DIAMETRO Ø (PULG)	LIBRAJE #	MATERIAL	PRECIO * UNITARIO	PRECIO TOTAL
TUBO	24	150	Acero al cromo-molibdeno A335 Gr P5.	\$ 286,288.00 (por metro)	\$ 8'588,640.00
TUBO	18	150	"	174,844.00 (por metro)	11'190,016.00
TUBO	10	150	"	149,441.00 (por metro)	4'782,112.00
TUBO	6	150	"	106,744.00 (por metro)	853,952.00
VALVULAS DE COMPUERTA	24	150	"	3'470,933.00	6'941,866.00
BRIDAS DE CUELLO SOL-DABLE	24	150	"	399,800.00	799,600.00
BRIDAS DE CUELLO SOL-DABLE	6	150	"	18,917.00	454,008.00
CODOS DE 90° R.L. CED. EST.	24	150	"	459,375.00	4'593,750.00
CODOS DE 90° R.L. CED. EST.	18	150	"	305,086.00	2'440,688.00

CONTINUA . . .

CONTINUACION

NOMBRE DE LA PIEZA	DIAMETRO Ø (PULG)	LIBRAJE #	MATERIAL	PRECIO * UNITARIO	PRECIO TOTAL
CODOS DE 90° R.L.CED.EST.	6	150	"	18,917.00	151,336.00
TAPON CACHU- CHA CED.EST.	18	150	"	69,494.00	833,928.00
TE, RECTA, CED. EST.	18	150	"	183,750.00	1'837,500.00
EMPAQUES EN GENERAL	6 y 24	150	Semimetálica		32,272.00
TORNILLOS TIPO ESPARRA GO	3/4 x 3 3/4	150	Acero al - carbón	630.00	161,280.00
TORNILLOS TI PO ESPARRAGO	1 1/4 x 6 3/4	150	"	2,952.00	236,160.00
RED.CONC. CED. EST.	10 x 6	150	Acero al cro mo-molibdeno A335 Gr P5.	17,426.00	139,408.00
RED.CONC. CED. EST.	24 x 18	150	"	157,771.00	315,542.00

VALOR TOTAL DEL ARREGLO OPTIMO \$ 44'352,058.00

* LOS PRECIOS SE DETERMINARON A VALOR PRESENTE, CON LA FORMULA:

$$P = C(1 + i)^n$$

EN DONDE:

P= Valor presente.

C= Capital dado en tiempo pasado

i= Nivel de inflación (%)

n= Lapso de tiempo (años, meses, etc.)

Comparemos pues el valor del arreglo actual con el óptimo, el primero tiene un valor de \$ 65'414,210.00 y el óptimo - \$ 44'352,058.00.

Se observa una diferencia de \$ 21'062,152.00, lo cual nos muestra que el diseñar bajo el método de optimización y siguiendo las normas correspondientes a esta especialidad, se obtienen resultados que nos minimizan los costos.

Este ahorro obtenido con la optimización del diseño de la línea de transfer es bastante considerable. Pues bien, si esto sucede con la optimización de una línea, podemos imaginar lo - que se podría ahorrar aplicando el método en todo un contrato.

Ahora, tocaremos lo que corresponde al costo por mano de obra.

Bien, el diseño actual se realizó en un término de tres meses y la optimización se realizó en un mes. Realizaremos una relación de actividades que se llevaron a cabo en la elaboración de los diseños (actual y óptimo). En estas relaciones se comprenderán una secuencia nodal, tiempo (horas), costo (pesos), tiem-

po optimista, tiempo esperado y tiempo pesimista. Esto es para determinar el camino crítico, la longitud equivalente del camino crítico, costo total, la probabilidad de que el diseño se termine en menos tiempo (un tiempo razonable), y demás características que se mostraran posteriormente.

RELACION DE ACTIVIDADES
(DISEÑO ACTUAL)

- 1.- Búsqueda de información (en general).
- 2.- Localización general de la línea.
- 3.- Actividades imprevistas.
- 4.- Consultar los dibujos de equipos.
- 5.- Idear una ruta.
- 6.- Consultar las características de los materiales de la línea y de los accesorios.
- 7.- Trazar el arreglo.
- 8.- Analizar la flexibilidad del diseño.
- 9.- Realizar los cambios sugeridos por el análisis de flexibilidad.
- 10.- Elaborar los dibujos isométricos.

RELACION DE ACTIVIDADES

(DISEÑO OPTIMO)

- 1.- Búsqueda de información (en general).
- 2.- Localización general de la línea.
- 3.- Actividades imprevistas.
- 4.- Consultar los dibujos de equipos.
- 5.- Idear una ruta.
- 6.- Consultar las características de los materiales de la línea y de los accesorios.
- 7.- Trazar el arreglo.
- 8.- Analizar la flexibilidad del diseño.
- 9.- Realizar los cambios sugeridos por el análisis de flexibilidad.
- 10.- Elaborar los dibujos isométricos.
- 11.- Visualizar una mejor ruta.
- 12.- Verificar si hay cambios en los DTI'S.
- 13.- Consultar posibles cambios en los equipos.
- 14.- Calcular las pérdidas en el diseño mejorado.
- 15.- Verificar posibles cambios en las condiciones de operación.
- 16.- Actividades imprevistas.
- 17.- Minimizar longitudes de tubo y accesorios.
- 18.- Realizar el trazo óptimo.
- 19.- Realizar el análisis económico de ambos diseños (actual y óptimo).

- 20.- Analizar la flexibilidad del trazo óptimo.
- 21.- Comparar los análisis de ambos diseños.
- 22.- Elaborar los dibujos isométricos del arreglo óptimo.

MATRIZ DE SECUENCIAS
(DISEÑO ACTUAL)

ACTIVIDAD	SECUENCIA NODAL
1	1-2
2	2-3
3	2-5
4	2-4
5	3-5
6	4-5
7	5-6
8	6-7
9	7-8
10	8-9

MATRIZ DE SECUENCIAS
(DISEÑO OPTIMO)

ACTIVIDAD	SECUENCIA NODAL
1	1-2
2	2-3
3	2-5
4	2-4
5	3-5
6	4-5
7	5-6
8	6-7
9	7-8
10	8-9
11	9-10
12	10-11
13	10-12
14	10-13
15	11-14
16	12-14
17	13-14
18	14-15
19	15-16
20	16-17
21	17-18
22	18-19

MATRIZ DE TIEMPOS

(DISEÑO ACTUAL)

ACTIVIDAD	O	M	P	t	COSTOS (PARA TIEMPO ESTANDAR)
1	35	42	45	41.3	\$ 126,000.00
2	25	28	33	28.33	84,000.00
3	0	0	0	0	0
4	7	14	22	14.18	42,000.00
5	4	10	14	9.66	30,000.00
6	3	9	12	8.5	27,000.00
7	4	10	13	9.5	30,000.00
8	345	392	410	387.16	1'176,000.00
9	5	16	20	14,83	48,000.00
10	4	8	16	8.66	24,000.00

(Tiempo en horas)

El arreglo actual consumió un total de 529 horas, esto representa tres meses de trabajo aproximadamente.

Estas horas-hombre tienen un costo de \$ 1'587,000.00 este valor es considerando el salario \$ 3,000.00 la hora. Por lo tanto, el costo total del diseño es:

$$\begin{array}{r}
 \$ 65'414,210.00 \\
 + \quad \quad \quad 1'587,000.00 \\
 \hline
 \$ 67'001,210.00
 \end{array}$$

Así es que el gran costo total es:

$$\underline{\underline{\$ 67'001,210.00}}$$

MATRIZ DE TIEMPOS

(DISEÑO OPTIMO)

ACTIVIDAD	O	M	P	t	COSTOS (PARA TIEMPO ESTANDAR)
1	30	35	38	34.66	\$ 105,000.00
2	30	38	42	37.33	114,000.00
3	0	0	0	0	0
4	5	8	10	7.83	24,000.00
5	4	10	12	9.33	30,000.00
6	1	4	7	4	12,000.00
7	5	8	10	7.83	24,000.00
8	8	13	17	12.83	39,000.00
9	10	16	19	15.5	48,000.00
10	1	4	7	4	12,000.00
11	20	25	28	24.6	75,000.00
12	1	3	5	3	9,000.00
13	0	1	3	1.16	3,000.00
14	4	10	12	9.33	30,000.00
15	0	2	7	2.5	6,000.00
16	0	0	0	0	0
17	10	15	19	14.83	45,000.00
18	5	8	10	7.83	24,000.00
19	8	13	17	12.83	39,000.00
20	5	8	10	7.83	24,000.00
21	8	19	21	17.5	57,000.00
22	5	8	10	7.83	24,000.00

(Tiempo en horas)

El arreglo óptimo consumió un total de 248 horas, esto representa un mes de trabajo aproximadamente.

Estas horas-hombre tienen un costo de \$ 744,000.00 este valor es considerando el salario \$ 3,000.00 hora. Por lo tanto, - el costo total del diseño es:

	\$ 44'352,058.00
+	<u>744,000.00</u>
	\$ 45'096,058.00

Así es que el gran costo total es:

\$ 45'096,058.00

Con esta información podemos trazar el diagrama de flechas de cada uno de los proyectos y determinaremos su ruta crítica - utilizando un programa de computación, como se puede observar a continuación.

JPRINT CHR\$(9);"80N"

160

JLIST

```
10 REM CRITICAL PATH METHD (CPM)
20 REM A(=START AND END NODES FOR EACH ACTIVITY
30 REM S(=EARLY START TIMES FOR EACH ACTIVITY
40 REM F(=LATE FINISH TIMES FOR EACH ACTIVITY
50 REM E(=DURATIONS AND COSTS OF NORMAL ACTIVITIES
60 REM C(=DURATIONS AND COSTS OF CRASH ACTIVITIES
70 DIM A(100,2),S(100),F(100),E(100,2),C(100,2)
80 DEF FN R(Z1) = INT ((Z1 * 1000 + .5)) / 1000
90 PRINT "CRITICAL PAHT METHOD"
100 PRINT
110 PRINT "HOW MANY ACTIVITIES IN THIS NETWORK";
120 INPUT N
130 FOR I = 1 TO N
140 PRINT
150 PRINT "ENTER START, END NODES FOR ACT. ";I;" ";
160 INPUT A(I,1),A(I,2)
170 IF A(I,2) < = A(I,1) THEN 200
190 IF A(I,2) < N THEN 260
200 PRINT "START NODE MUST BE NUMBERED LOWER"
210 PRINT "THAN END NODE, AND END NODE MUST"
220 PRINT "BE LESS THAN THE NUMBER OF ACTIVITIES."
230 PRINT "      *** TRY EMTRY AGAIN ***"
240 PRINT
250 GOTO 140
```

```

260 PRINT "ENTER DURATION AND COST ";
270 INPUT E(I,1),E(I,2)
280 S(I) = 0
290 F(I) = 0
300 NEXT I
310 REM LOOP TO FIND EARLY START TIMES FOR NETWORK
320 FOR I = 1 TO N
330 IF S(A(I,2)) > = S(A(I,1)) + E(I,1) THEN 350
340 S(A(I,2)) = S(A(I,1)) + E(I,1)
350 NEXT I
360 F(A(N,2)) = S(A(N,2))
370 REM LOOP TO CALCULATE LATE FINISH TIMES FOR NETWORK
380 FOR I = N TO 1 STEP - 1
390 IF F(A(I,1)) = 0 THEN 420
400 IF F(A(I,1)) > F(A(I,2)) - E(I,1) THEN 420
410 GOTO 430
420 F(A(I,1)) = F(A(I,2)) - E(I,1)
430 NEXT I
440 C1 = 0
450 L = 0
460 PRINT
470 REM CALCULATE SLACK TIME IN S1
480 PRINT "START END EARLY LATE"
490 PRINT "NODE NODE START FINISH DUR. STACK COST"
500 FOR I = 1 TO N
510 PRINT A(I,1); TAB( 7);A(I,2); TAB( 12);S(A(I,1)); TAB( 18);
520 PRINT F(A(I,2)); TAB( 25);E(I,1); TAB( 30);
530 S1 = F(A(I,2)) - S(A(I,1)) - E(I,1)
540 IF S1 > 0 THEN 590
545 IF L > = F(A(I,2)) THEN 590
550 PRINT "CRIT.";
560 L = L + E(I,1)
570 GOTO 600

```

590 PRINT S1;

600 PRINT TAB(36);E(I,2)

610 C1 = C1 + E(I,2)

620 NEXT I

162

630 PRINT

640 PRINT "THE CRITICAL PATH LENGTH IS ";L

650 PRINT "TOTAL COST OF THIS NETWORK= ";C1

660 PRINT

670 PRINT "DO YOU WANT TO CHANGE ANY"

680 PRINT "ACTIVITY DURATIONS (Y/N) ";

690 INPUT A\$

700 IF A\$ = "N" THEN 870

710 IF A\$ < > "Y" THEN 660

720 PRINT

730 PRINT "WHICH ACTIVITY ";

740 INPUT I

750 IF I < 1 OR I > N THEN 720

770 PRINT "CURRENT DURATION IS ";E(I,1)

775 PRINT "COST = ";E(I,2)

780 PRINT "ENTER NEW DURATION AND COST ";

790 INPUT E(I,1),E(I,2)

800 PRINT "-----RECALCULATION NETWORK-----"

810 PRINT

820 FOR I = 1 TO N

830 S(I) = 0

840 F(I) = 0

850 NEXT I

860 GOTO 310

870 END

A CONTINUACION SE MUESTRA LA CORRIDA DEL PROGRAMA ANALIZANDO

Y RESOLVIENDO LA RUTA CRITICA

JRLN

164

CRITICAL PAHT METHOD

HOW MANY ACTIVITIES IN THIS NETWORK?10

ENTER START, END NODES FOR ACT. 1 ?1,2

ENTER DURATION AND COST ?42,126000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 2 ?2,3

ENTER DURATION AND COST ?28,84000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 3 ?2,5

ENTER DURATION AND COST ?0,0

ENTER START, END NODES FOR ACT. 4 ?2,4

ENTER DURATION AND COST ?14,42000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 5 ?3,5

ENTER DURATION AND COST ?10,30000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 6 ?4,5

ENTER DURATION AND COST ?9,27000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 7 ?5,6

ENTER DURATION AND COST ?10,30000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 8 ?6,7

ENTER DURATION AND COST ?392,1176000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 9 ?7,8

ENTER DURATION AND COST 216,48000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 10 28,9

ENTER DURATION AND COST 28,24000

START END EARLY LATE

NODE NODE START FINISH DUR. STACK COST

NODE	NODE	START	FINISH	DUR.	STACK	COST
1	2			42		126000 42
2	3			70		84000 28
2	5	38	42	80	0	0 0
2	4	15	42	71	42000	14
3	5			80		30000 10
4	5	15	56	80	27000	9
5	6			90		30000 10
6	7			482		1176000 392
7	8			498		48000 16
8	9			506		24000 8

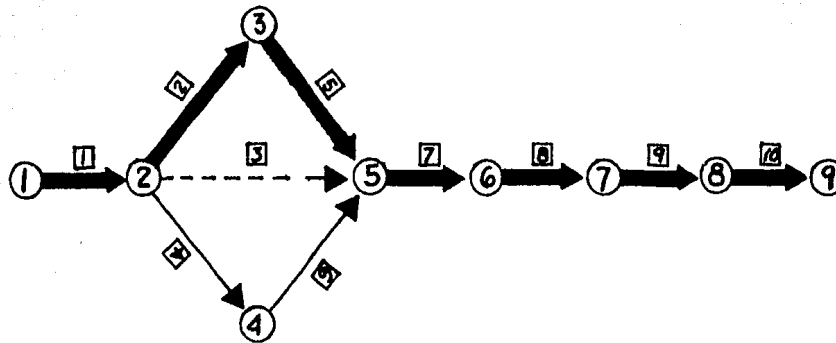
THE CRITICAL PATH LENGTH IS 506

TOTAL COST OF THIS NETWORK= 1587000

DO YOU WANT TO CHANGE ANY

ACTIVITY DURATIONS (Y/N) ?N

DIAGRAMA DE FLECHAS DEL PROYECTO DEL DISEÑO ACTUAL



- LOS NUMEROS ENCERRADOS CON UN CIRCULO REPRESENTAN LOS NODOS
- LOS NUMEROS ENCERRADOS CON UN CUADRO REPRESENTAN LAS ACTIVIDADES
- ➔ ACTIVIDAD CRITICA

JRUN

167

CRITICAL PATH METHOD

HOW MANY ACTIVITIES IN THIS NETWORK?22

ENTER START, END NODES FOR ACT. 1 ?1,2

ENTER DURATION AND COST ?35,105000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 2 ?2,3

ENTER DURATION AND COST ?38,114000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 3 ?2,5

ENTER DURATION AND COST ?0,0

ENTER START, END NODES FOR ACT. 4 ?2,4

ENTER DURATION AND COST ?8,24000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 5 ?3,5

ENTER DURATION AND COST ?10,30000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 6 ?4,5

ENTER DURATION AND COST ?4,12000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 7 ?5,6

ENTER DURATION AND COST ?8,24000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 8 ?6,2

START NODE MUST BE NUMBERED LOWER

THAN END NODE, AND END NODE MUST

BE LESS THAN THE NUMBER OF ACTIVITIES.

*** TRY ENTRY AGAIN ***

168

ENTER START, END NODES FOR ACT. 8 ?6,7

ENTER DURATION AND COST ?13,39000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 9 ?7,8

ENTER DURATION AND COST ?16,48000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 10 ?8,9

ENTER DURATION AND COST ?4,12000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 11 ?9,10

ENTER DURATION AND COST ?25,75000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 12 ?10,11

ENTER DURATION AND COST ?3,9000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 13 ?10,12

ENTER DURATION AND COST ?1,3000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 14 ?10,13

ENTER DURATION AND COST ?10,30000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 15 ?11,14

ENTER DURATION AND COST ?2,6000

ENTER START, END NODES FOR ACT. 16 ?12,14

ENTER DURATION AND COST ?0,0

10	11	20 149	172	9000	3
10	12	24 149	174	3000	1
10	13	CR179	159	30000	10
11	14	20 152	174	6000	2
12	14	24 150	174	0	0
13	14	CR159	174	45000	15
14	15	CR1174	182	24000	8
15	16	CR182	195	39000	13
16	17	CR1195	203	24000	8
17	18	CR173	222	57000	19
18	19	CR122	230	24000	8

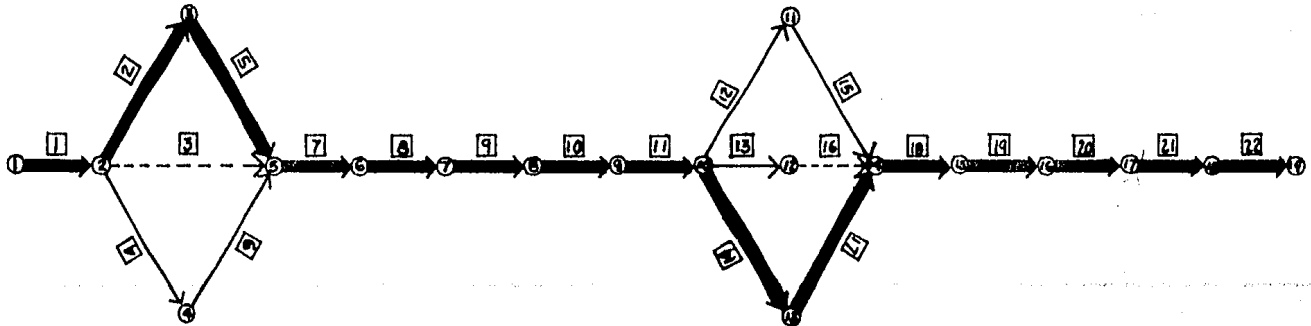
THE CRITICAL PATH LENGTH IS 230

TOTAL COST OF THIS NETWORK= 744000

DO YOU WANT TO CHANGE ANY

ACTIVITY DURATIONS (Y/N) ?N

DIAGRAMA DE FLECHAS DEL PROYECTO DEL DISEÑO OPTIMO



- LOS NUMEROS ENCERRADOS CON UN CIRCULO REPRESENTAN LOS NODOS
- LOS NUMEROS ENCERRADOS CON UN CUADRO REPRESENTAN LAS ACTIVIDADES
- ➔** ACTIVIDAD CRITICA

4.4 TOMA DE DECISIONES. Así, observamos que después de determinar la matriz de tiempos de cada uno de los diseños (actual y óptimo), se obtuvieron los costos de todas las actividades - que se realizaron para la elaboración de cada arreglo.

Existe una similitud de actividades en ambos diseños hasta la número diez, en ésta termina el proyecto del arreglo actual, sin haber aplicado el método de optimización empleado en el proyecto que realice.

Con mucho más pasos a seguir, el método de optimización - es sin embargo mucho más económico ya que el factor tiempo es el más importante puesto que la disminución de éste nos trae - un considerable ahorro económico.

El consumo de horas de cada proyecto es el siguiente:

(Este fue calculado en base a costos de hora-hombre del mes de septiembre de 1985).

EL DISEÑO ACTUAL CONSUMIO = 528 horas-hombre

y esto tiene un costo de = \$ 1'587,000.00.

EL DISEÑO OPTIMO CONSUMIO = 248 horas-hombre

y esto tiene un costo de = \$ 744,000.00.

Esto nos muestra una gran diferencia en horas lo cual nos da \$ 843,000.00 de ganancia comparado con el costo de mano de obra del diseño actual.

Ahora, agregados estos costos a los de materiales utilizados se saca el gran total de cada proyecto lo cual nos da:

PROYECTO DEL DISEÑO ACTUAL = \$ 67'001,210.00

PROYECTO DEL DISEÑO OPTIMO = \$ 45'096,058.00

y por lo tanto la diferencia es = \$ 21'905,152.00

Esta cantidad es lo que se ahorra al aplicar el método de optimización.

Así, los pasos a seguir para optimizar los arreglos de tuberías se muestran en la relación de actividades del diseño óptimo (Ver pág. 153).

Podemos decir que los dos diseños tienen una flexibilidad aceptable y prácticamente es la misma, lo podemos constatar - consultando los análisis realizados para cada diseño, así pues, el diseño óptimo cumplió con el requisito de flexibilidad.

En cuanto a pérdidas se refiere, el diseño óptimo tiene - 75 mm más de pérdidas totales, pero a cambio de eso se obtiene un ahorro en metros de tubo de 24" y de 18", así como disminución en el número de codos empleados. Esta diferencia en las - pérdidas se debe a que en el diseño óptimo se han utilizado - más tees rectas y en el análisis de pérdidas debido a su longitud equivalente es la diferencia de 75 mm.

Una vez observadas las diferencias, los pros y contras de cada proyecto se llega a la conclusión que el método de optimización empleado da los mejores resultados.

Por lo tanto al haber aplicado este método se obtuvo un - ahorro total de \$ 21'905,152.00

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- 1.- Se logró disminuir el tiempo empleado en el proyecto.
- 2.- Con el diseño óptimo se disminuyó la longitud total - de la línea, hablando en metros de tubería.
- 3.- El arreglo óptimo a comparación del actual es más directo.
- 4.- Se minimizaron los costos tanto de materiales como - de mano de obra.
- 5.- El método de optimización desarrollado sirve de apoyo en el campo del diseño de sistemas de tuberías industriales, esto se debe a su fácil aplicación, versati-

lidad y a la obtención práctica de los análisis requeridos en esta especialidad.

- 6.- Los programas de computadora disminuyen mucho los tiempos de análisis.
- 7.- Existe una buena confiabilidad en la aplicación de este método de optimización para poder dar decisiones acertadas.

GLOSARIO DE TERMINOS Y SIMBOLOS UTILIZADOS

- B.P.D.O., barriles por día ordinario.
- RACK, es la estructura metálica que sirve para sostener las camas de tuberías en una planta industrial.
- CAMAS DE TUBERIAS, conjunto de líneas de tuberías que se encuentran en los diferentes niveles del rack.
- ϕ , línea de centro (en una tubería).
- TIPICO, significa que existe otro elemento idéntico (dentro de un plano o dibujo) en magnitud o forma.
- R.L., radio largo.
- CED. EST., abreviaturas de cédula estándar.
- MACH, el número de MACH se define como la relación entre la velocidad efectiva o real del fluido y la velocidad del sonido:

$$M = \frac{V}{c} \quad (V = \text{velocidad efectiva o real del fluido} \\ c = \text{velocidad del sonido en el fluido} \\ M = \text{Mach})$$

Así, si $M > 1$ el flujo se dice que es supersónico.

si $M < 1$ se llama subsónico.

si $M = 1$ decimos que el flujo es sónico.

- Σ , sumatoria.
- g, aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2).
- #, libras
- ", pulgadas

- R.F., cara realizada.
- s/c, sin costura.
- EXT. BIS., extremos biselados.
- RED. CONC., reducción concéntrica.
- ARREGLO, entiéndase por arreglo, al diseño del sistema de tuberías.

BIBLIOGRAFIA

1. QUANTITATIVE MODELS FOR MAGNAGEMENT
Mc. Kewon & Daves.
2. OPERATION RESEARCH FOR MAGNAGEMENT
Samuel Richmond
Editorial Willey.
3. DECISION MACKING TRHOUG OPERATION RESEARCH
Robert Thierauf & Klailcamp
Editorial Willey.
4. OPERATION RESEARCH
Elwood & Buffa
Editorial Willey-and Sons.
5. APPLIED MAGNAGEMENT SCIENCE
Richard Wooldsey & Hesse
Editorial S.R.I., IBM Subsidiary.
6. FUNDAMENTOS DEL METODO DEL CAMINO CRITICO
F. K. Levy, G.L. Thompson y J.D. Wiest
Biblioteca Harvard de Administración de
Empresas.
7. AN ANALYSIS OF DESIGN CRITERIA FOR TRANSFER LINES
BETWEEN PETROLEUM RESIDUA HEATERS AND VACUUM
DESTILLATION COLUMNS
Torres y S.J.A., Anaya D.A.
I.M.P., Rev. Ins. Mex. Pet. Vol. 8 No. 1, (enero
1976).
8. PIPING HANDBOOK
Reno C. King
Fifth edition
Editorial Mc.Graw Hill.

9. A.N.S.I., B 31.3 (Expansion, flexibility and Support).
10. MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS
Claudio Mataix
Segunda edición
Editorial Harla.
11. FUNDAMENTOS DE TERMODINAMICA
Gordon J. Van Wylen y Richard E. Sonntag
Novena edición (1980)
Editorial Limusa.