



D-6775

Dubén Caule
613103.

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

" ANALISIS Y SELECCPQN DE LOS MATERIALES
DEL EQUIPO PRODUCTOR DE VACIO CF'ERNAS
BAROMETRICASJ DE LA REFINERIA
ESTATAL DE ESMERALDAS "

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO

Presentada por:

WASHINGTON LAN-CHANG G.

GUAYAQUIL - ECUADOR

1984

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a la E.S.P.O.L., y al Ing. Homero Ortiz A., director de tesis.

A la Refinería Estatal de Esmeraldas en especial a los Departamentos de Inspección Técnica y Mantenimiento, así como a la Sección de Planificación por su ayuda espontánea para la realización de este trabajo.

Agradezco a la Familia Reina Velez por su apoyo moral para conmigo.

DEDICATORIA

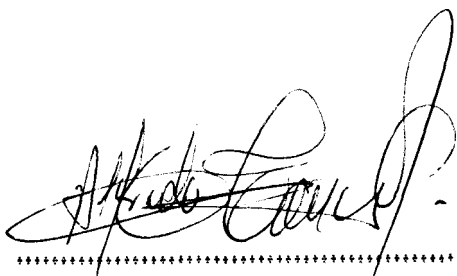
Esta tesis la dedico al Señor, a mi familia, en especial a mi abuela.



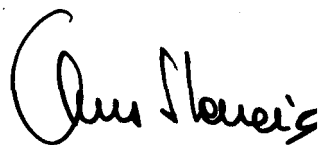
.....
ING. EDUARDO ORCES F.
DECANO DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA MECANICA



.....
ING. HOMERO ORTIZ A.
DIRECTOR DE TESIS



p. ING. ANTONIO VITERI M.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

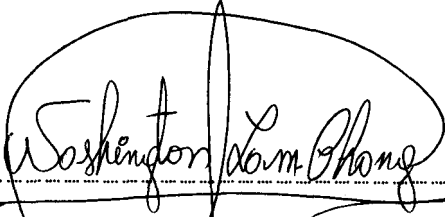


.....
ING. ALBERTO TORRES V.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en ésta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral ".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).


" "
WASHINGTON LAM-CHANG G.

RESUMEN

El presente trabajo fue hecho en virtud de los problemas que presentaba las Piernas Barométricas del equipo productor de vacío de la Refinería Estatal de Esmeralda.

Debido al desgaste por erosión de las tuberías, se dejó de operar la unidad de vacío para cambiar los tres afectados, con lo cual se agravaban los costos de producción.

En la parte experimental se utilizó 5 tipos de material tomando en consideración su resistencia a la corrosión, sus costos, facilidad de mantenimiento y tipo de fluido que transportaban.

También se utilizó un neutralizante para bajar la acidez del fluido transportado, con lo cual se bajaron las velocidades de corrosión.

Los ensayos que se realizaron fueron los de:

- Pérdida de peso
- Pérdida de peso para diferentes niveles de acidez (PH)
- Ensayos de recubrimientos orgánicos (pinturas)
- Ensayos de dosificación de neutralizante

- Ensayos de tracción de los cupones de prueba
- Análisis metalográfico de todos los cupones ensayados

Finalmente se hace un estudio de costos de todos los materiales ensayados y de costos de producción para indicar el promedio diario de producción.

INDICE GENERAL

	<u>Pag.</u>
RESUMEN	V
INDICE GENERAL	VIII
INDICE DE FIGURAS	XII
INDICE DE TABLAS	XVII
ABREVIATURAS	XIX
INTRODUCCION	21
CAPITULO 1	
Materiales	22
1.1 Clasificación de los materiales	22
1.2 Propiedades de los materiales	22
1.2.1 Propiedades químicas	23
1.2.2 Propiedades mecánicas de metales y aleaciones	23
1.3 Comportamiento de los materiales en ambientes corrosivos	24
1.4 Aceros ordinarios y de aleación resistentes a la corrosión	26
1.5 Aplicaciones	30
1.5.1 Factores que determinan la selección	30
1.5.2 Usos	30
CAPITULO 2	
PRINCIPIOS DE CORROSION	34
2.1 Definición e importancia de la corrosión	34
2.2 Clasificación de la corrosión	36
2.3 Formas de corrosión presentes en el equipo	36
2.3.1 Corrosión uniforme	36

2.3.2 Corrosión por picadura	38
2.3.3 Corrosión por erosión	39
2.3.4 Corrosión atmosférica	40
2.4 Medicición de la corrosión	43
2.4.1 Parámetros	44
2.5 Control de la corrosión	46
2.5.1 Variables del proceso	48
2.5.2 Selección de materiales	51
2.5.3 Recubrimientos	53
2.5.4 Inhibidores	57

CAPITULO 3

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

3.1 Generalidades	60
3.1.1 Capacidad nominal de la planta	60
3.1.2 Especificaciones de los productos y balance de materia	61
3.1.3 Equipo productor de vacío	61
3.2 Datos técnicos de las piernes barométricas	66
3.3 Características del fluido	66
3.4 Tiempo de servicio	68
3.5 Problemas observados	68

CAPITULO 4

ENSAYOS DE CORROSION

4.1 Ensayos de campo y ensayos de servicio	75
4.2 Selección de los materiales	76
4.3 Equipo de trabajo	76
4.4 Cupones de corrosión	78

4.4.1 Preparación de la superficie	78
4.4.2 Limpieza de los cupones luego del ensayo	81
4.5 Intervalo de exposición	82
4.5.1 Tiempo mínimo de ensayo	82
4.6 Ensayos de pérdida de peso	84
4.6.1 Determinación de la pérdida de peso	86
4.7 Ensayos de corrosión atmosférica de recubrimientos orgánicos	87
4.7.1 Preparación de la superficie	89
4.7.2 Aplicación del recubrimiento	89
4.8 Ensayos de dosificación de neutralizante	9
4.8.1 Características del neutralizante a utilizar	51
4.8.2 Características de la bomba de neutralizante	95
4.9 Ensayos de tracción de los cupones de prueba	97
4.10 Análisis metalográfico	97
CAPITULO 5	
COSTOS DE MANTENIMIENTO	
5.1 Mantenimiento preventivo	99
5.2 Mantenimiento correctivo	99
5.3 Costos	99
5.3.1 Costos directos	100
5.3.2 Costos indirectos	101
5.4 Costos de mantenimiento del equipo de vacío	102
5.5 Costos de los materiales	102
5.6 Producción	112
CAPITULO 6	
DISCUSION Y ANALISIS DE RESULTADOS	
	124

CONCLUSIONES	.....	257
APENDICES	.....	159
BIBLIOGRAFIA	.....	161

INDICE DE FIGURAS

<u>N</u>	<u>TITULO</u>	<u>Pag.</u>
1	Corrosión uniforme	38
2	Corrosión por picado	39
3	Corrosión por erosión	45
4	corrosión atmosférica	42
5	Diagrama de Pourbaix	55
6	Sistema productor de vacío	64
7	Análisis semanales de condensado de la unidad de vacío [V-V-2]	
8	Pierna barométrica N°1	72
9	Pierna barométrica N°2	73
10	Pierna barométrica N°3	74
11	Pesquímetro	79
12	Espectroscopio	80
13	Conductímetro	85
14	Balanza analítica	83
15	Limpieza del cupón	83

16	Solución de ácido clorhídrico inhibido limpiando el cupón	83
17	Medidas de los cupones de prueba	85
18	Velocidad de corrosión vs. tiempo	88
19	Velocidad de corrosión vs. Ph	93
20	Inyección de neutralizante	96
21	Medición de Ph	96
22	Curvas de costos directos indirectos y total	103
23	Porcentaje de horas-hombre utilizadas 1.982	104
24	Porcentaje de horas-hombre utilizadas 1.983	105
25	Costo de mantenimiento de la unidad de vacío años 1.982-1.983	106
26	Costo de mantenimiento desglosado por tipo de servicio de años 1.982-1.983	107
27	Costo de mantenimiento por hora 1.982	108
28	Costo de mantenimiento por hora 1.983	109
29	Producción semanal de vacío de los meses Febrero-Abril-Mayo 1.984	110
30	Producción semanal de SECRA de los meses Febrero-Abril-Mayo 1.984	111
31	Estado de la microestructura del acero al carbono A-53 sometido a ensayo de pérdida de peso 15 días	114
32	Estado de la microestructura del acero al carbono A-53 sometido a ensayo de pérdida de peso 30 días	134
33	Estado de la microestructura del acero al carbono A-53 sometido a	

ensayo de pérdida de peso 40 días	.....	135
34 Estado de la microestructura del acero al carbono A-53 sometido a ensayo de pérdida de peso 50 días		135
		136
		136
		137
		137
39 Estado de la microestructura del acero A-335 P-5 sometido a ensayo de pérdida de peso 15 días	.....	138
40 Estado de la microestructura del acero A-335 P-5 sometido a ensayo de pérdida de peso 30 días	.....	138
41 Estado de la microestructura del acero A-335 P-5 sometido a ensayo de pérdida de peso 40 días	.....	139
42 Estado de la microestructura del acero A-335 P-5 sometido a ensayo de pérdida de peso 50 días	.....	139
43 Estado de la microestructura del acero A-312 tipo 304 sometido a ensayo de pérdida de peso 15 días	.....	140
44 Estado de la microestructura del acero A-312 tipo 304 sometido a ensayo de pérdida de peso 30 días	.....	140
45 Estado de la microestructura del acero A-312 tipo 304 sometido a ensayo de pérdida de peso 40 días	.....	141
46 Estado de la microestructura del acero A-312 tipo 304 sometido a ensayo de pérdida de peso 50 días	.....	141

47	Estado de la microestructura de la fundición gris austenítica sometida a ensayo de pérdida de peso 15 días	142
48	Estado de la microestructura de la fundición gris austenítica sometida a ensayo de pérdida de peso 30 días	142
49	Estado de la microestructura de la fundición gris austenítica sometida a ensayo de pérdida de peso 40 días	143
50	Estado de la microestructura de la fundición gris austenítica sometida a ensayo de pérdida de peso 50 días	143
51	Estado de los cupones de la fundición gris austenítica sometida a ensayo de pérdida de peso 15, 30, 40 y 50 días	144
52	Estado de los cupones del acero A-53 sometido a ensayo de pérdida de peso 15, 30, 40 y 50 días	144
53	Estado de los cupones del acero A-335 P11 sometido a ensayo de pérdida de peso 15, 30, 40 y 50 días	145
54	Estado de los cupones del acero A-335 F5 sometido a ensayo de pérdida de peso 15, 30, 40 y 50 días	145
55	Estado de los cupones del acero A-312 tipo 304 sometido a ensayo de pérdida de peso 15, 30, 40 y 50 días	146
56	Estado de los cupones de los aceros A-53, A-335 P-11, A-335 F5, A-312; sometidos a ensayo de pérdida de peso 15, 30, 40 y 50 días	146
57	Estado de los cupones de acero A-53 sometido a ensayo de dosificación de neutralizante; a diferentes Ph; 4, 5, 6 y 7	147
58	Estado de los cupones de acero A-335 P-11 sometidos a ensayo de dosificación de neutralizante; a diferentes Ph; 4, 5, 6 y 7	147
59	Estado de los cupones de acero A-335 P-5 sometidos a ensayo de dosificación de neutralizante; a diferentes Ph; 4, 5, 6 y 7	148
60	Estado de los cupones de acero A-312 tipo 304 sometidos a ensayo de	

dosificación de neutralizante; a diferentes Ph; 4, 5, 6 y 7	.....	148
61 Tuberia de inyección de neutralizante Nalco 192	.....	149
62 Columna de vacío	.....	149
63 Bajante del domo de vacío a los eyectores	.....	150
64 Primera etapa de eyectores	.....	150
65 Segunda etapa de eyectores	.....	151
66 Tercera etapa de eyectores	.....	151
67 Brida de las piernas barométricas	.....	152
68 Medición de espesores	.....	152
69 Piernas barométricas	.....	153
70 Piernas barométricas, parte superior	.....	153
71 Ensayos de tracción de los cupones de prueba	.....	155

INDICE DE TABELAS

<u>N</u>	<u>TITULO</u>	<u>Pag.</u>
1	Materiales para líneas de tuberías	33
11	Clasificación de la corrosión	37
111	Valores de K	46
IV	Especificaciones de los productos	62
V	Balance de materia	63
VI	Características de las piernas barométricas	67
VII	Propiedades mecánicas y composición química	77
VIII	Velocidades de corrosión	87
IX	Velocidades de corrosión a diferentes Ph	92
X	Costo de materiales desglosados	114
XI	Costo total de materiales	116
XII	Costo total	117
XIII	Producción semanal de vacío	118
XIV	Producción semanal de SECRA	119
XV	Lista de precios de derivados del petróleo	120

XVI	Producción promedio diaria de vacío	121
XVII	Producción promedio diaria de Secra	122
XVIII	Costo diario de la producción de vacío	123
XIX	Ensayos de tracción de cupones de corrosión	154

ABREVIATURAS

A	= área
A.C.L.	= aceite cíclico liviano
A.C.P.	= aceite cíclico pesado
BPD	= barriles de petróleo por día
CA	= caldereros
C. Cont.	= cera contaminada
CL	= complementario
°C	= centígrados
cm.	= centímetros
c.c.	= centímetros cúbicos
D.R.	= densidad relativa
	= densidad
e	= electrón
F.V. a A.	= fondos de vacío a asfaltos
F.V.F.O.	= fondos de vacío de fuel oil
F.V. Visbr.	= fondos de vacío a visbreaking
F.V.T.	= fondos de vacío a tanques
G.E.	= gravedad específica
G.O.L.	= gasóleo liviano
G.O.P.	= gasóleo pesado
h	= hora
K	= constante de caracterización de los crudos
Kl.	= kilogramos
Lt.	= litros

LPG	= gas licuado de petróleo
M.	= material
M	= masa
\dot{M}	= flujo másico
MPY	= milésimas de pulgada por año
mm	= milímetros
n	= número
OM	= orueros
A	= porcentaje
P	= peso
Q	= caudal
SO	= soldadores
S.S.	= acero inoxidable
SECRA	= sección de craqueamiento
T	= temperatura
V	= velocidad

INTRODUCCION

El esfuerzo que actualmente se realiza para controlar la corrosión en la industria en general y, en especial en las refinerías de petróleo, persigue la disminución de los elevados costos que producen las pérdidas por corrosión.

El tratar de controlar y minimizar la corrosión implica una serie de factores tales como seguridad, económicos, humanos, etc.

En el presente trabajo, se hace un estudio de las diferentes formas de corrosión que atacan al equipo en mención; luego se llevan a cabo ensayos con la finalidad de disminuir las velocidades de corrosión.

Se hace además, un estudio económico del equipo, tanto en la parte de los costos de los materiales ensayados, así como de la producción.

CAPITULO 1

MATERIALES

1.1 Clasificación de los materiales

En general los materiales pueden ser clasificados como metálicos y no metálicos y de aquí subdividirse en varias partes según el cuadro siguiente:



1.2 Propiedades de los materiales

Estas son las características básicas de los materiales; con ellas se dan los procesos para obtenerlos así como sus principales usos.

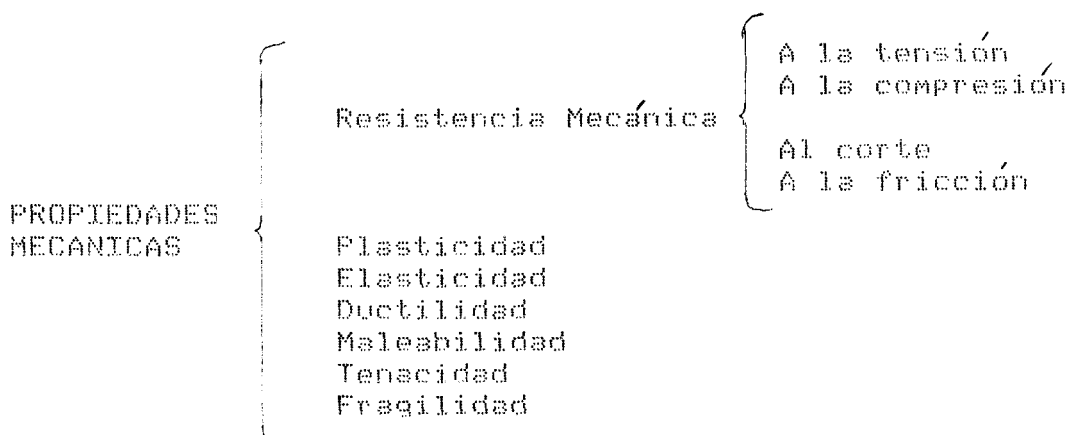
1.2.1 Propiedades Químicas

La composición química indica la proporción de los elementos en los compuestos y aleaciones.

La resistencia a la corrosión es una propiedad importante de los materiales que indica su susceptibilidad a la acción del medio y sus elementos. La consecuencia de la corrosión puede ser la destrucción inmediata y continua del metal por la formación de una película que puede ser protectora o transitoria. Esta última ayuda a la concentración de pilas o celdas de corrosión.

1.2.3 Propiedades mecánicas de metales y aleaciones

Entre las principales propiedades mecánicas se tiene a:



3 Comportamiento de los materiales en ambientes corrosivos

Dependiendo del mecanismo de corrosión, y de los factores de operación tales como presión, temperatura y naturaleza del fluido que maneje, los materiales van a ser susceptibles a corroerse en mayor o menor grado.

Los materiales van a ser atacados de modo y grado diferente; en la mayoría de las condiciones de exposición, los productos de la corrosión consisten en óxidos más o menos hidratados, carbonatos y sulfuros, según la naturaleza del metal y del medio corrosivo.

De acuerdo al ambiente corrosivo que se tiene los materiales se comportarán de la siguiente manera:

De acuerdo a la solubilidad de la sal formada, si ésta produce un compuesto soluble, la corrosión continúa de manera indefinida; si el compuesto es insoluble, puede suceder dos casos: que el compuesto forme una película adherente que impide que la corrosión continúe; y, que la película no sea adherente y en éste caso la corrosión continúa.

En cuanto a la concentración del catión y conductividad de la solución, debido a que la corrosión es un fenómeno de carácter electroquímico éstos factores determinan la mayor

o menor facilidad con que se puede efectuar el intercambio de los electrones.

El medio corrosivo debe ser conductor de las corrientes de acción local, y generalmente hay una relación directa entre la conductividad de los ácidos o de los agentes corrosivos y la velocidad de corrosión.

Los cambios de concentración originados por el proceso corrosivo, dependen de la velocidad de difusión de los iones formados; ésta aumenta con la temperatura, con la circulación de la solución y con la viscosidad de la misma. Igualmente la velocidad de difusión del oxígeno influye sobre el proceso de corrosión. La temperatura altera los potenciales de los metales así como la solubilidad de las sales.

La naturaleza del anión presente en la solución influye sobre el proceso de la corrosión en conexión con algunos de los factores antes mencionados. Entre los aniones que más favorecen a la corrosión se tiene a los halógenos.

La naturaleza de los productos de la corrosión está muy relacionada con el comportamiento de la superficie o de los óxidos e indica que, cuando la superficie metálica es atacada por el oxígeno y se forma el óxido respectivo, puede constituir una película insoluble y adherente que

protege el metal del avance de la corrosión. Por ésto el aluminio y el cobre resisten bien a la corrosión a pesar de sus potenciales negativos.

Aceros ordinarios y de aleación resistentes a la corrosión

La dureza y resistencia de los aceros dependen de su composición química y del tratamiento térmico.

Los aceros al carbono exhiben propiedades mecánicas en los siguientes rangos aproximados:

Tensión 0.0282 a 141 Kg/mm²

Dureza 100 a 300 BHN

Elongación 5 a 50 %.

Los aceros al carbono, que constituyen el 90 % de los utilizados en construcción, se clasifican por varios métodos:

Por el método de manufactura, tenemos el acero Bessemer de hogar abierto, de horno abierto, de horno eléctrico, de crisol, etc.

Por su uso, generalmente se refiere al uso final que se le dará al acero, como aceros para máquinas, para resortes

para calderas, estructural o acero para herramientas.

Por su composición química, es el método de clasificación más conocido; el cual indica la composición química del acero por medio de cuatro o cinco dígitos; por ejemplo, las designaciones SAE, AISI, etc.

La resistencia a la corrosión de los aceros ordinarios es mínima por cuanto en su composición química no hay presencia de níquel o cromo que son los principales elementos que mejoran ésta propiedad.

Aceros aleados son aquellos cuyas propiedades mejoradas resultan de la adición de uno o más elementos de aleación diferentes del carbono, exceden en uno o más de los siguientes límites: manganeso 0.8 %; silicio 0.6 %; cobre 0.66 %; o cuando se requiere una mínima cantidad definida de cualquiera de los elementos que siguen: cromo, cobalto, niobio, molibdeno, níquel, titanio, tungsteno, vanadio, etc, para obtener la propiedad deseada.

Los propósitos de una aleación son:

- Aumentar templabilidad
- Mejorar la resistencia a temperaturas comunes
- Aumentar la resistencia química
- Mejorar las propiedades magnéticas

- Aumentar la resistencia a la corrosión y al desgaste
- Mejorar las propiedades mecánicas tanto a altas como a bajas temperaturas.

Los aceros de aleación se clasifican de acuerdo a su composición química y se tienen los siguientes:

ACEROS ALEADOS	{	Aceros al Níquel (serie 2XXX)
		Aceros al Cromo (serie 5XXX)
		Aceros al Níquel Cromo (serie 3XX)
		Aceros al Manganeso (serie 11XX)
		Aceros al Molibdeno (serie 4XXX)
		Aceros al Silicio (serie 92XX)
		Aceros al Vanadio
		Aceros al tungsteno
Aceros inoxidables		

Dentro de los aceros de aleación se encuentran los aceros inoxidables, cuya principal propiedad es la resistencia a la corrosión.

Además, la variedad de tipos de aceros inoxidables admite características de fabricación que permiten construir el equipo resistente a la corrosión. El elemento que hace inoxidable a los aceros es el cromo, cuya progresiva oxidación significa reducción de la susceptibilidad a la corrosión de los aceros de bajo

carbono; a partir de 11.5 % de cromo se lo considera como inoxidable.

Los aceros inoxidables se dividen en: Martensíticos, Ferríticos, Austeníticos y Endurecibles por Precipitación.

Los martensíticos (serie 4XX-5XX), éstos tienen entre 11 y 18 % de cromo, son magnéticos, tienen buena tenacidad, gran resistencia a la corrosión atmosférica y al desgaste.

Los ferríticos (serie 4XX), contienen aproximadamente de 14 a 27 % cromo. Estos aceros contienen poco carbono pero generalmente más cromo que los martensíticos; no se pueden endurecer por tratamiento térmico, son no magnéticos, pueden trabajarse en frío o en caliente y tienen buena resistencia a la corrosión bajo esfuerzos.

Los austeníticos aceros al cromo-níquel (3XX) y al cromo-níquel-manganeso (2XX), son esencialmente no magnéticos no se pueden endurecer por tratamiento térmico. El contenido total de cromo y níquel es por lo menos 23 %; éstos aceros son muy resistentes al impacto y difíciles de maquinar, además tienen la mejor resistencia a altas temperaturas; su resistencia a la corrosión suele ser mejor que la de los martensíticos o ferríticos.

Los endurecibles por precipitación se pueden obtener en estado de recocido. Después de formados, se envejecen para aumentar el valor de dureza y resistencia deseada. Estos aceros tienen menor contenido de níquel, reduciendo de ésta manera la estabilidad de la austenita. Además del incremento en resistencia y ductilidad, el envejecimiento también mejora la tenacidad así como la resistencia a la tensocorrosión

5 Aplicaciones

Para el presente estudio se indaga la forma de como seleccionar los materiales para diversos usos en refinerías, haciendo énfasis en los utilizados para tuberías.

1.5.1 Factores que determinan la selección

Debe de tomarse en cuenta los parámetros a los que van a estar trabajando los equipos por ejemplo: presión, temperatura, tipo de fluido utilizado, la economía y seguridad.

1.5.2 Usos específicos

Las tuberías con arrieras que conectan los equipos instalados en plantas de proceso. Los materiales con

que son fabricados son: cemento, plomo, cobre y sus aleaciones, hierro fundido, hierro forjado, acero al carbono, acero de aleación, acero inoxidable, plásticos, etc.

Para nuestro estudio nos limitaremos a:

Tubos de plomo, tienen alta resistencia a la corrosión y pueden ser doblados en cualquier forma, pero no pueden soportar altas temperaturas ni presiones.

Tubos de cobre, bronce y latón, resisten mejor la corrosión que el hierro y el acero, pero son más caros y pocos adecuados para altas temperaturas. El cobre está limitado a 226°C , el latón y bronce a 273°C .

Tubos de hierro fundido, usados ampliamente a bajas presiones (hasta 0.176 Kg/mm^2), y temperaturas hasta 411°C , son más frágiles que los tubos de hierro forjado, pero menos atacados por la corrosión.

Tubos de hierro forjado, ofrece mejor resistencia a la corrosión que el acero, pero menos que el hierro fundido.

Tubos de acero al carbono, ya sean soldados o sin costuras son mas ampliamente usados ya que soportan altas presiones y altas temperaturas (417°C).

Tubos de acero de aleación, con o sin costura, pueden trabajar a elevadas temperaturas (611°C) dependiendo de la aleación.

Tubos de acero inoxidable, con distintos porcentajes de cromo y níquel, se hacen sin costura para usarse en diversos procesos industriales con temperaturas límite de 667°C y condiciones severas de presión.

Tubos de alta resistencia a la corrosión, son capaces de soportar considerables presiones internas, estos son hechos de compuestos orgánicos.

En la tabla 1 se enumera la tubería que más se utiliza en la refinería.

Tabla I

MATERIALES PARA LINEAS DE TUBERIA

Designación	Características
STM A - 53	Tubo de acero al carbono soldado sin costura.
STM A - 106	Tubo de acero al carbono sin costura para servicios de alta temperatura.
STM - 120	Tubo de acero soldado o sin costura para usos ordinarios.
STM A - 312	Tubo soldado o sin costura de acero inoxidable austenítico.
STM A - 333	Tubo de acero soldado o sin costura para servicios a bajas temperaturas.
STM A - 335	Tubo de acero de aleación ferrítica sin costura para servicios a altas temperaturas.
API 5L	Tubería de línea en general.

CAPITULO 2

DEFINICION DE LA CORROSION

1. Definición e importancia de la corrosión

La corrosión es el deterioro de una sustancia (usualmente un metal), o de una de sus propiedades debido a la reacción con el medio ambiente.

También se la puede definir en forma general, como la destrucción de un metal ya sea por una acción química o una acción electrolítica entre el metal y el medio que lo rodea. Se debe sustancialmente a que la mayoría de los metales no son estables en el medio en que se emplean, sino que tienden a formar compuestos más estables como son los minerales tal como se hallan en la naturaleza.

La gran importancia que tiene la corrosión en la industria en general, y muy especialmente en la industria petrolera, se debe a los elevados costos que producen las pérdidas por corrosión.

Para efectos prácticos, es casi imposible eliminar la corrosión y, la efectividad de la ingeniería, en éste caso radica más en su control que en su eliminación, siendo

necesario tomar en cuenta el fenómeno corrosivo desde el diseño de las instalaciones y no después de ponerlas en operación.

Los paros de las plantas pueden ocurrir y ocurren como un resultado de la corrosión, provocando gastos directos e indirectos de aspecto económico y humano.

Dentro de los aspectos económicos tenemos:

- Reposición del equipo corroído
- Coeficientes de seguridad y sobrediseño para soportar la corrosión
- Mantenimiento preventivo, por ejemplo: uso de recubrimientos
- Paros de producción debido a fallas por corrosión
- Pérdidas de productos valiosos.

Dentro de los aspectos humanos y sociales tenemos:

- La seguridad, ya que por fallas violentas pueden ocurrir incendios, explosiones y liberación de productos tóxicos
- Condiciones insalubres, por ejemplo: contaminaciones debido a productos del equipo corroído o bien un producto de la corrosión misma.

Además, los estudios de la corrosión son importantes

debido a dos factores:

- Factor económico, que comprende la reducción de la pérdida de material que se produce por el desgaste progresivo o rotura repentina de tuberías, recipientes, componentes metálicos de máquinas, etc; y,
- Factor de conservación de los recursos naturales, pues la reserva mundial de los metales es limitada y su consumo incluye las correspondientes pérdidas de reserva de energía que acompañan a la producción.

2.2 Clasificación de la corrosión

Existen muchas clasificaciones de acuerdo a diferentes autores. En la tabla II se muestran las divisiones de la corrosión.

2.3 Formas de corrosión presentes en el equipo

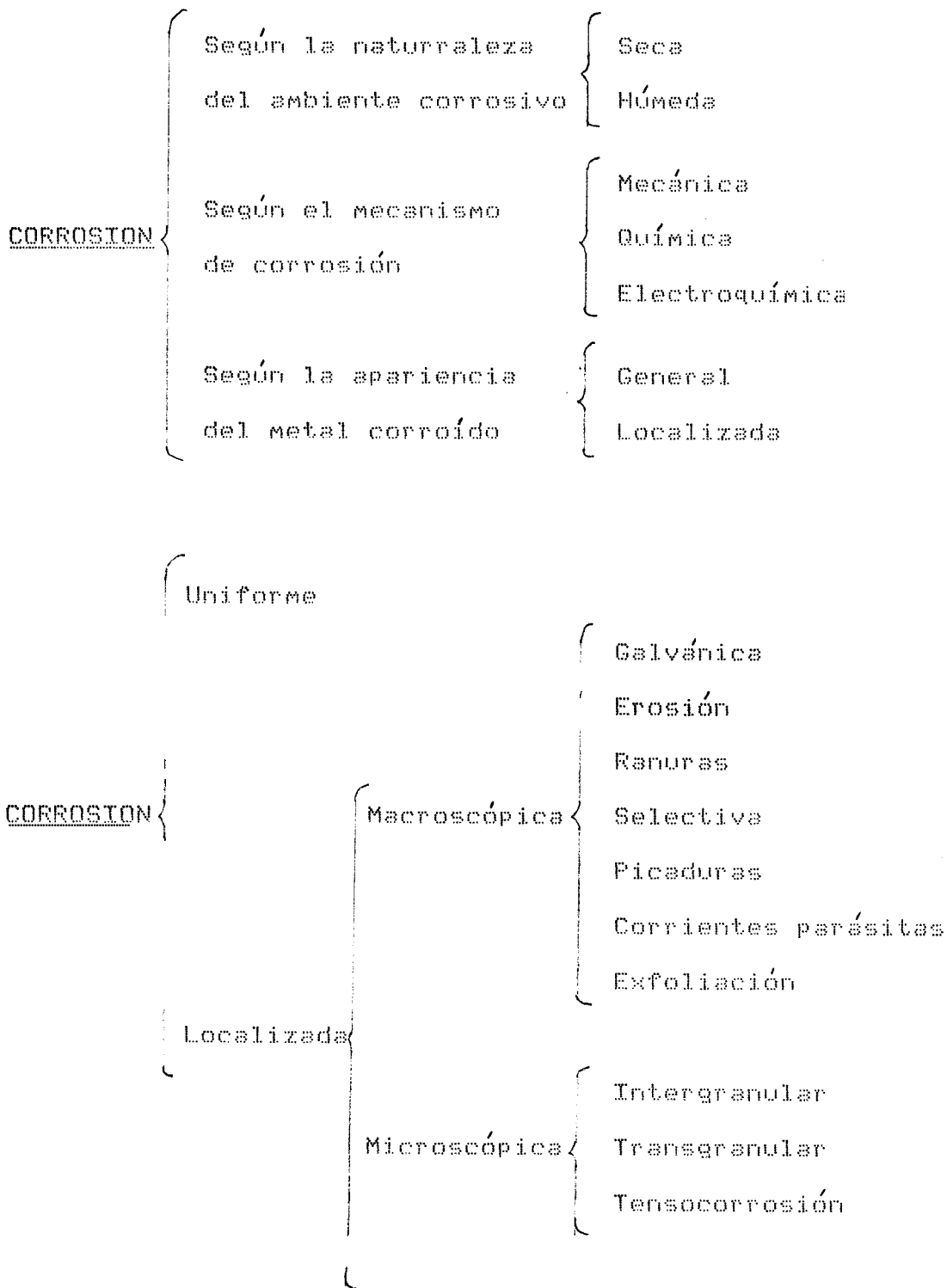
En el equipo existen cuatro formas de corrosión:

2.3.1 Corrosión uniforme

Es la forma más común de corrosión y normalmente está caracterizada por reacciones químicas o electroquímicas sobre la superficie. Este tipo de

TABLA II

CLASIFICACION DE LA CORROSION



corrosión se encuentra en toda la superficie de las Piernas Barométricas y se presenta según la fig. 1

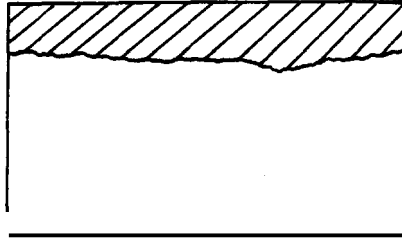


Fig. N°1 Corrosión uniforme.

2.3.2 Corrosión por picado

Estas son cavidades que toman la forma cóncava o hemisférica. Es la forma más peligrosa de corrosión y que se presenta generalmente en superficies metálicas revestidas donde el revestimiento falla dejando áreas pequeñas en contacto con el medio corrosivo (electrolito).

Se da principalmente en los metales enterrados o sumergidos, aunque también se presentan en la atmósfera.

Una picadura puede ser descrita como una cavidad o agujero con diámetro superficial del mismo tamaño que la profundidad. A menudo se dificulta la detección de agujeros porque son de pequeño tamaño y

porque están a menudo recubiertos con productos de corrosión.

El picado puede ser considerado como una etapa intermedia entre la corrosión total y la resistencia completa a la corrosión según se muestra en la fig. 2.

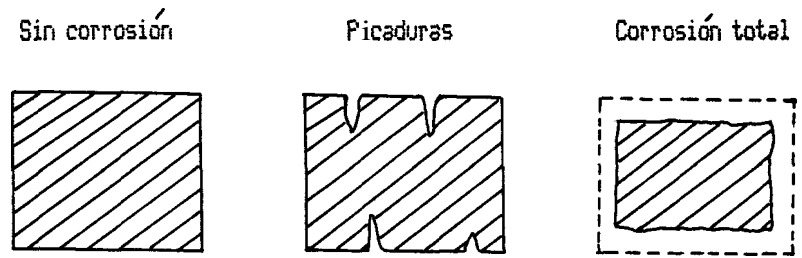


Fig. N°2 Corrosión por picado.

Este tipo de corrosión se presenta tanto externa como internamente en las Piernas Barométricas.

2.3.3 Corrosión por erosión

Cuando el medio corrosivo actúa sobre la superficie metálica, aumenta su velocidad de ataque debido al desgaste metálico y corrosión; el resultado se conoce con el nombre de corrosión por erosión.

El papel de la erosión se atribuye a la remoción de las películas superficiales protectoras. Su apariencia generalmente es en forma de agujeros poco

profundos con el fondo alisado, el ataque puede seguir una forma en relación con la dirección de la ruta que el agente de corrosión sigue al moverse sobre la superficie del metal (ver fig. 3).

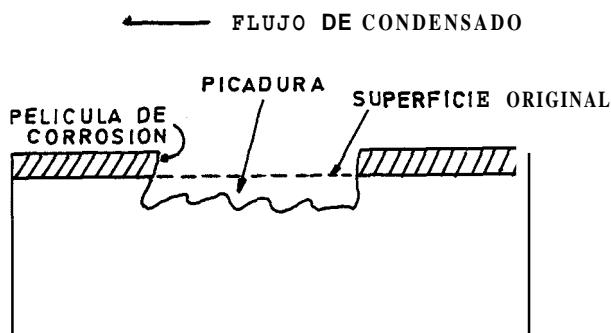


Fig. N 3 Corrosión por erosión.

Este tipo de corrosión está presente a todo lo largo de las Piernas Barométricas, por cuanto el fluido siempre se encuentra circulando por el interior de éstas.

2.3.4 Corrosión atmosférica

El acero expuesto a la atmósfera en ausencia de humedad se corroe a una velocidad despreciable; es necesario indicar que para que se establezca el proceso de corrosión se requiere la presencia de un electrolito, de aquí que en climas con temperaturas muy bajas o superiores a la de la condensación

acuosa, la oxidación sea despreciable. Pero la incidencia de la corrosión por la atmósfera depende también del contenido de polvo y otras impurezas.

Las atmósferas se clasifican en diferentes tipos siendo las principales: marina, industrial, urbana, rural, y combinaciones de éstas.

Existen factores que influyen en la corrosividad de la atmósfera como son el contenido de polvo, gases y humedad condensada.

El polvo es el principal contaminante de muchas atmósferas. El aire normal de la ciudad contiene aproximadamente 2 mg/m^3 , mientras que en las atmósferas industriales alcanza a 1000 mg/m^3 o más.

Las atmósferas industriales pueden mantener en suspensión partículas de carbón y de sus compuestos, óxidos metálicos, cloruro de sodio y otras sales.

En la atmósfera hay pequeñas cantidades de dióxido de carbono (CO_2), el cual disminuye la corrosión probablemente porque favorece a la formación de una película de óxido más protectora. El componente corrosivo más importante de las atmósferas industriales es el ácido sulfídrico (SH_2), que tiene

su principal origen en la combustión del carbón, fuel oil y gasolina; debido a esto en las atmósferas industriales y urbanas se acorta la vida de las estructuras metálicas.

Se ha encontrado que los valores experimentales de la humedad relativa crítica están comprendidos en general entre el 50 y 70 % para el acero, cobre, níquel y zinc. En la fig. 4 se muestra éste tipo de ataque.

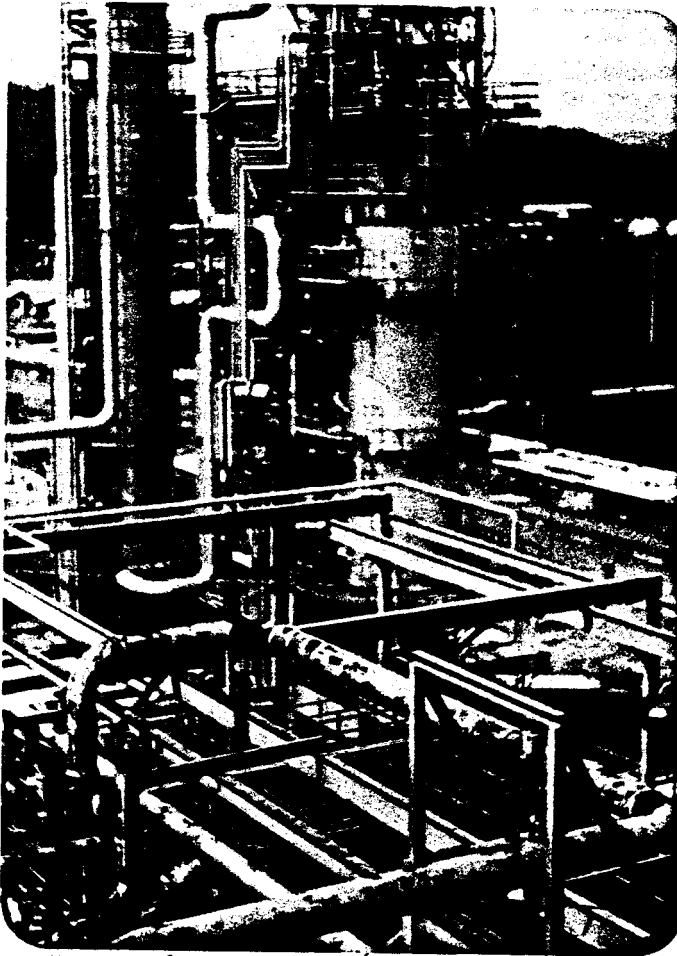


Fig. N°4 Corrosión atmosférica

La corrosión atmosférica se encuentra presente en

todo el equipo, debido a las condiciones climáticas y medio donde se encuentra ubicada la refinería, por lo que se hace necesario proteger todos los equipos contra este tipo de corrosión.

4 Medición de la corrosión

Las principales razones para medir la corrosión son:

- Controlar la corrosión de la planta
- Evaluar materiales y efectos ambientales para usos futuros
- Estudiar mecanismos de corrosión.

Las pruebas corrosimétricas se pueden dividir en tres grupos:

- Pruebas de servicio en corrientes de proceso o medios ambientales naturales
- Pruebas de servicio simulado en las cuales se trata de reproducir las condiciones que se van a encontrar en la planta
- Pruebas aceleradas en las que el medio de prueba puede estar o no relacionado con el problema.

2.4.1 Parámetros

Existen ciertos parámetros de utilidad para evaluar o cuantificar los fenómenos corrosivos. Entre ellos tenemos la velocidad, química y electroquímica de la corrosión.

Las pruebas de pérdida de peso son las más comunes de todas las pruebas de medición de la velocidad de corrosión y se efectúan utilizando un cupón limpio con medidas y pesos bien conocidos, expuesto al medio corrosivo durante un tiempo determinado. Al terminarse la prueba, el cupón es limpiado para eliminar los productos de la corrosión y se pesa nuevamente. La velocidad de la corrosión se puede calcular por la fórmula:

$$R = KW / AT \quad (2.1)$$

en donde

K : constante

T : tiempo de exposición medidas en horas con aproximación de una centésima de hora

W : Pérdida de peso en gramos con aproximación a décimas de miligramos y corregida por la pérdida de peso durante la limpieza del cupón.

A : área del cupón en cm^2 .

D : densidad del material en gr/cm^3 .

Se tiene varias formas de expresar la velocidad de corrosión (R) de tal manera que utilizando las unidades mencionadas para T, A, W, D, la velocidad de corrosión se calcula utilizando un valor apropiado de K tal como se indica en la tabla III.

TABLA III

VALORES DE K

UNIDAD DESEADA	DIMENSIONES	CONSTANTE K
MPY	mils/año	3.45×10^b
IPY	pies/año	3.45×10^3
TPM	pies/mo	2.87×10^a
mm/yr	m/año	8.76×10^4
Mm/yr	Mm/año	8.76×10^7
pm/seg	pm/seg	2.78×10^6
g/(m ²)(hr)	g/(m ²)(hr)	1.00×10^4
mm/d	mg/(m ²)(día)	2.40×10^6
mg/(m ²)(seg)	Mg/(m ²)(seg)	2.78×10^6

La densidad no es necesaria para calcular la velocidad de corrosión en éstas unidades. La densidad está incluida en la constante K que automáticamente cancela la densidad en la ecuación (2.1).

La química de la corrosión indica por medio de fórmulas el modo de cómo se van a realizar las reacciones químicas que dan como resultado los productos de corrosión.

Una reacción electroquímica se define como una reacción química en la cual hay una transferencia de electrones, es decir, una reacción que comprende el fenómeno de oxidación y reducción.

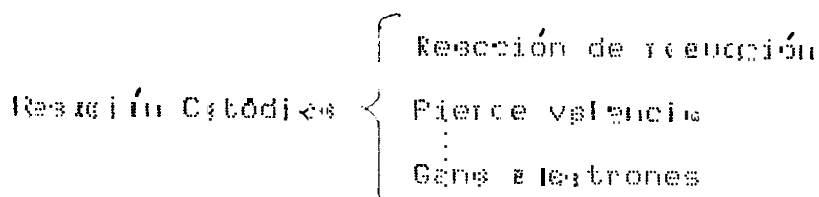
En términos de corrosión: +

La reacción de oxidación se denomina Anódica

La reacción de reducción se denomina Catódica

Corrosión = reacción anódica + reacción catódica

Reaccion Anódica	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Reacción de oxidación} \\ \text{Gana valencia} \\ \text{Pierde electrones} \end{array} \right.$



Las reacciones de corrosión son combinaciones de una o más de las reacciones catódicas unidas a una reacción anódica. Durante el ataque a una aleación se complica el mecanismo según los elementos constitutivos de la aleación que originan varias reacciones anódicas.

2.5 Control de la corrosión

Un conocimiento claro de los procesos de la corrosión complementado con el de los procesos de producción de las plantas y, en términos generales, las características de los materiales que constituyen los equipos, nos darían una base sólida para comprender y aplicar en forma adecuada los principios del control de la corrosión.

2.5.1 Control de variables de proceso

Algunas de las variables más comunes que tienen influencia en la corrosión son:

- El control de la temperatura es uno de los principales medios para reducir la velocidad de corrosión. Esto se explica por la relación directa que existe entre reacción y temperatura causado por el aumento de energía cinética.

En algunos casos, la elevación temperatura puede ser favorable al proceso por ejemplo: cuando se elimina oxígeno mediante temperatura en los tratamientos térmicos.

- El Ph es función de la concentración de iones hidrógeno (H^+).

$$Ph = - \log (H^+)$$

Mientras mayor es la concentración de iones hidrógeno, mayor será la acidez y menor el Ph.

Una de las aplicaciones más comunes es la neutralización de soluciones ácidas con álcalis para elevar el Ph y reducir la corrosividad. Muchos o casi todos los materiales son resistentes a los álcalis, pero atacados violentamente por los ácidos. En éste caso tienen completa aplicación los diagramas de Pourbaix, según se aprecia en la fig. 5.

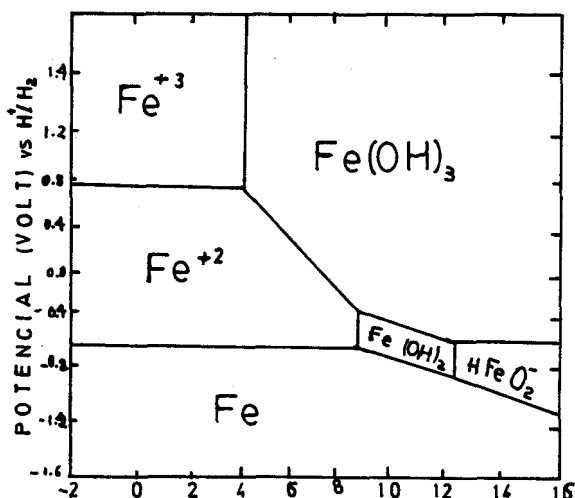


Fig. N 5 Diagrama de Pourbaix.

- El grado de aereación explica cómo pequeños excesos de oxígeno pueden incrementar, disminuir o no tener ningún efecto sobre la corrosión. Los metales pueden o no mostrar pasivación. Aquellos que no demuestren pasivación, como el cobre, se corroerán rápidamente con el incremento de oxígeno.

Aquellos que sí demuestren pasivación, como el hierro, incrementarán la corrosión si en ellos se ha iniciado la actividad corrosiva.

- Velocidad del fluido, los efectos de la corrosión pueden ser controlados mediante la polarización de los ánodos y cátodos bien sea por activación o por concentración. Cuando la polarización es controlada por concentración, la velocidad del

fluido tiene gran efecto sobre la velocidad de corrosión por activación de la remoción de los productos de corrosión.

- Muchos de los problemas por corrosión, son originados frecuentemente por irregularidades en los procedimientos de arranque o parada de una unidad.

En los arranques, debido a los incrementos de temperatura varían las concentraciones de los agentes corrosivos, los inhibidores mantienen distribuciones inadecuadas y la remoción de oxígeno es incompleta.

En los períodos de parada, se relaciona con las limpiezas inadecuadas para evitar residuos. Las temperaturas de servicio que han sido suficientemente altas pueden cambiar las estructuras cristalinas de los materiales haciéndolos más susceptibles de corroerse.

5.2 Selección de materiales

Cuando se selecciona materiales para plantas de procesos o refinerías, es importante considerar la resistencia de los mismos a la corrosión, pero esto

no es lo único; el escoger correctamente un material es resultado de analizar un conjunto de propiedades técnicas y económicas como disponibilidad, resistencia, manejabilidad, apariencia, costos y durabilidad.

Cuando se selecciona materiales, usualmente se requiere tres pasos:

1. Listado de requerimientos:

- Propiedades: corrosión, mecánicas, físicas, apariencia
- Fabricación: facilidad de formarlo, soldabilidad, maquinabilidad
- Compatibilidad con el equipo existente
- Facilidad de mantenimiento
- Condiciones específicas
- Consideraciones de diseño.

2.- Selección y evaluación de los materiales:

- Vida total de la planta de proceso
- Vida estimada de servicio del material
- Consecuencias de seguridad y economía en caso de falla
- Costos de fabricación

- Costos de mantenimiento e inspección.

3. Bases técnicas de selección (por corrosión):

- Parámetros de corrosión: composición química, impurezas, temperatura, pH, presión, velocidad.
- Tipos de aplicación: problemas derivados del desgaste general, naturaleza corrosiva del medio y de los productos a manipular, vida deseada.
- Experiencias: resultados del uso del material en situaciones idénticas, pruebas de laboratorio, experiencias en plantas piloto, literatura disponible.

5.3 Recubrimientos

Es el método más común para combatir la corrosión, sus principios se basan en el aislamiento de los materiales y su medio ambiente.

Por la característica de los recubrimientos se los clasifica en: inorgánicos, metálicos y orgánicos.

Recubrimientos inorgánicos, tenemos anodización,

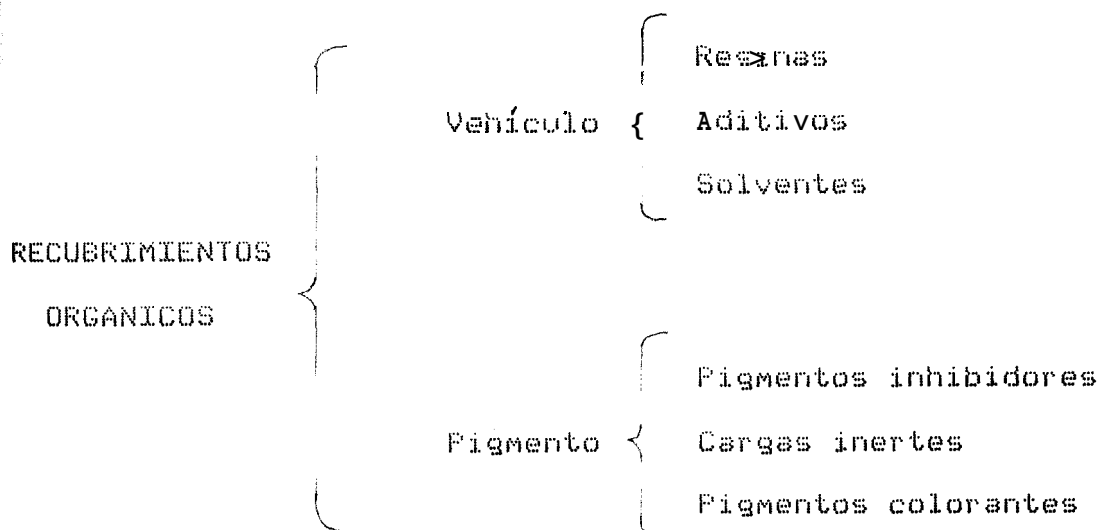
fosfatización, recubrimientos a base de cromatos, cementos hidráulicos, cerámicas.

Recubrimientos metálicos, tenemos cromados, zincados, níquelados, etc. Estos pueden ser anódicos, catódicos, clads. Los clads son materiales que poseen películas delgadas de metal resistente a la corrosión, usualmente acero inoxidable, cobre, titanio, aleaciones de níquel y otros materiales caros, que sin aplicarse sobre aceros al carbono u otro material, obteniéndose de esta manera un clad con buena resistencia a la corrosión.

Recubrimientos orgánicos, son las pinturas, y se definen como una dispersión relativamente estable de un pigmento finamente dividido en una solución de una resina y aditivos; la película resultante debe representar una barrera flexible, adherente y una máxima eficiencia de protección contra la corrosión.

Los recubrimientos orgánicos se pueden subdividir en:

COMPONENTES DE



Las resinas son compuestos orgánicos o inorgánicos formadores de película, cuya función es la de fijar el pigmento, dar una buena adherencia y formar una barrera flexible durable e impermeable a los agentes corrosivos del medio ambiente, así tenemos las siguientes resinas: alquídica, epóxica, vinílica, acrílica, fenólica y silicón.

Los aditivos son compuestos metálicos u órgano-metálicos, usados en pequeñas cantidades y tienen influencia sobre la viscosidad y estabilidad del recubrimiento líquido. Se conocen agentes secantes, oxidantes y estabilizadores.

Los solventes son líquidos orgánicos de base aromática, cuya función principal es la de disolver las resinas y aditivos y dar un medio adecuado para

la dispersión del pigmento, se eliminan del recubrimiento luego del secado.

Los pigmentos son sustancias sólidas orgánicas o inorgánicas de tamaño inferior a 25 micras, los cuales están dispersas en el vehículo, y dan las propiedades de resistencia a la corrosión, resistencia mecánica, a la vez protege a la resina de la acción de los rayos ultravioletas del sol.

Los pigmentos inhibidores, evitan la corrosión impidiendo el acceso de agentes corrosivos al sustrato metálico por obstrucción de los poros presentes. Entre ellos tenemos: cromato básico de zinc, polvo de zinc, sulfato básico de plomo, óxido de zinc.

Las cargas inertes son usadas cuando la cantidad de pigmento necesario para inhibir la corrosión y proteger la pintura de los rayos ultravioleta, no cubre la formulación. Se rellena la diferencia con cargas inertes como silicatos de magnesio, mica, talco.

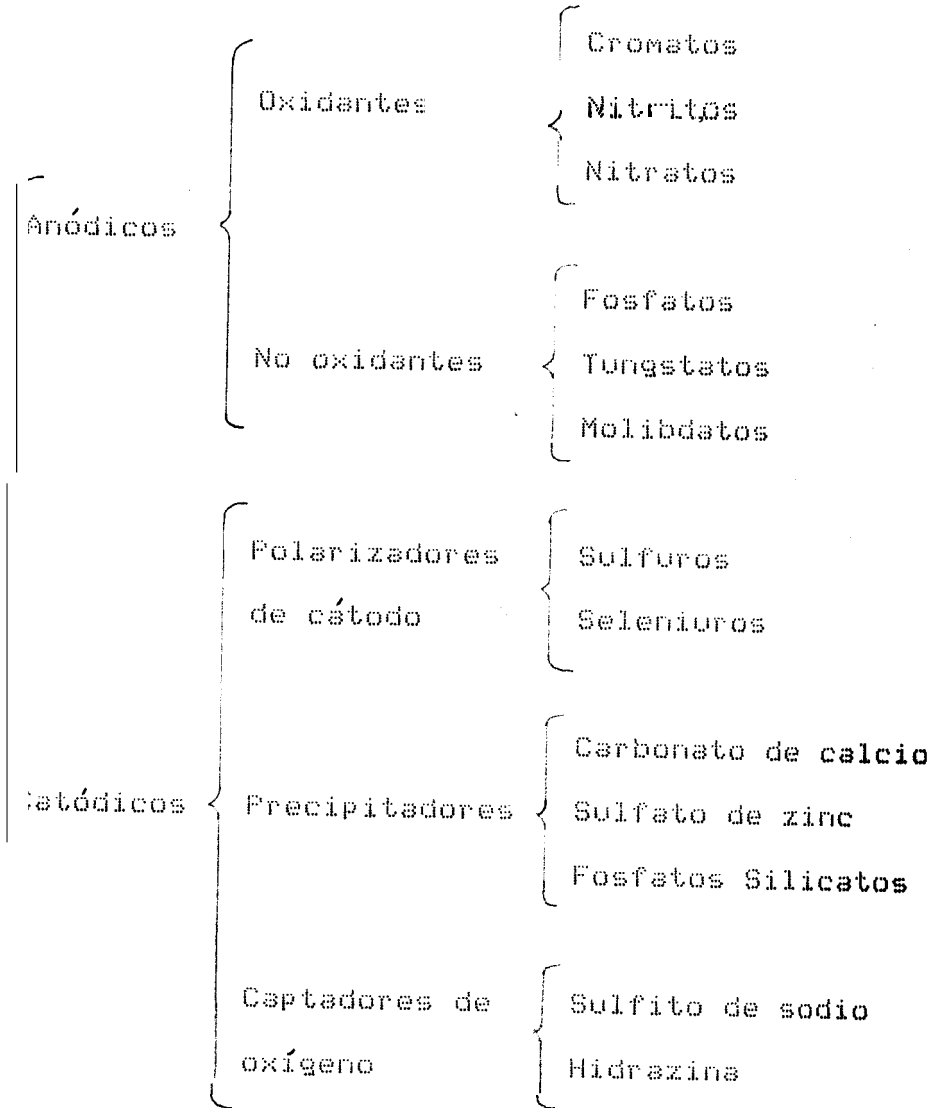
Los pigmentos entonadores son compuestos solubles en el vehículo que sirven para lograr diferentes tonos a colores en el recubrimiento.

corrosión.

- Inhibición anódica es el incremento de la polarización del ánodo.
- Inhibición catódica es el incremento de la polarización del cátodo depositados sobre la superficie del metal debido a un incremento de la resistencia eléctrica del circuito.

En el siguiente cuadro sinóptico se da la clasificación de los inhibidores.

INHIBIDORES



CAPITULO 3

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

1 Generalidades

El propósito es maximizar la producción de combustibles ligeros a partir del crudo. La destilación del crudo reducido se realiza a baja presión para minimizar la temperatura de operación y así evitar la descomposición térmica.

3.1.1 Capacidad nominal de la planta

La Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE), Refinería en Esmeraldas, está equipada con una unidad de destilación al vacío, diseñada para procesar 28.517 barriles por día (BPD) de los fondos de la columna de destilación atmosférica.

La función de la sección de alto vacío es la de procesar 28.517 BPD de residuo de 15.3 API a 33.3°C y una constante de caracterización de los crudos (K) de 11.7, a una temperatura de entrada de la carga a los límites de la batería de 354°C.

3.1.2 Especificaciones de los productos y balance de materia

En las siguientes tablas IV y V observamos los productos que se obtienen de la destilación al vacío así como su balance de materia.

3.1.3 Equipo productor de vacío.

El vacío puede ser producido utilizando bombas de gas reciprocantes o rotatorias, pero en la refinería se usa bombas de vacío de chorro de vapor más comúnmente llamados eyectores.

En un eyector la energía del vapor no se transfiere hacia el vástago o eje de las bombas, sino que es inyectado a altas velocidades a través de una boquilla especialmente diseñada y transfiere suficiente energía a los gases desde el cabezal de succión para entrar luego a través del difusor. En la primera etapa del cabezal de cascara es más alta la presión que en el cabezal de succión, pero si la velocidad del vapor a través de la garganta del difusor es bastante alta, el gas no puede regresar al cabezal de succión. En la fig. 6 se muestra el sistema de vacío.

TABLE IV

Especificaciones de los productos

Especificación	G.O.L.	G.O.P.	C. Cont.	Residuo
API	28.5	24.5	18.9	7.6
K (UOP)	11.85	12.0	12.0	11.55
p. Molecular	330	420	560	-----
% S en Peso	-----	1.0	0.6-1.2	1.82
G. E.	0.832	0.79	0.715	0.785
T. °c	93.3	190	3.49	379,5
D. R.	0.884	0.91	0.941	1.017

TABLA V

Balance de materia

Productos	B/D	Kg/h	M /D
Cargas	28.517	102.031	4.532
Gases	—	896	—
G.O.L.	2.555	14.975	406
G.O.P.	10.220	61.380	1.624
C: Cont.	660	4.113	104
Residuo	14.950	100.657	2.377

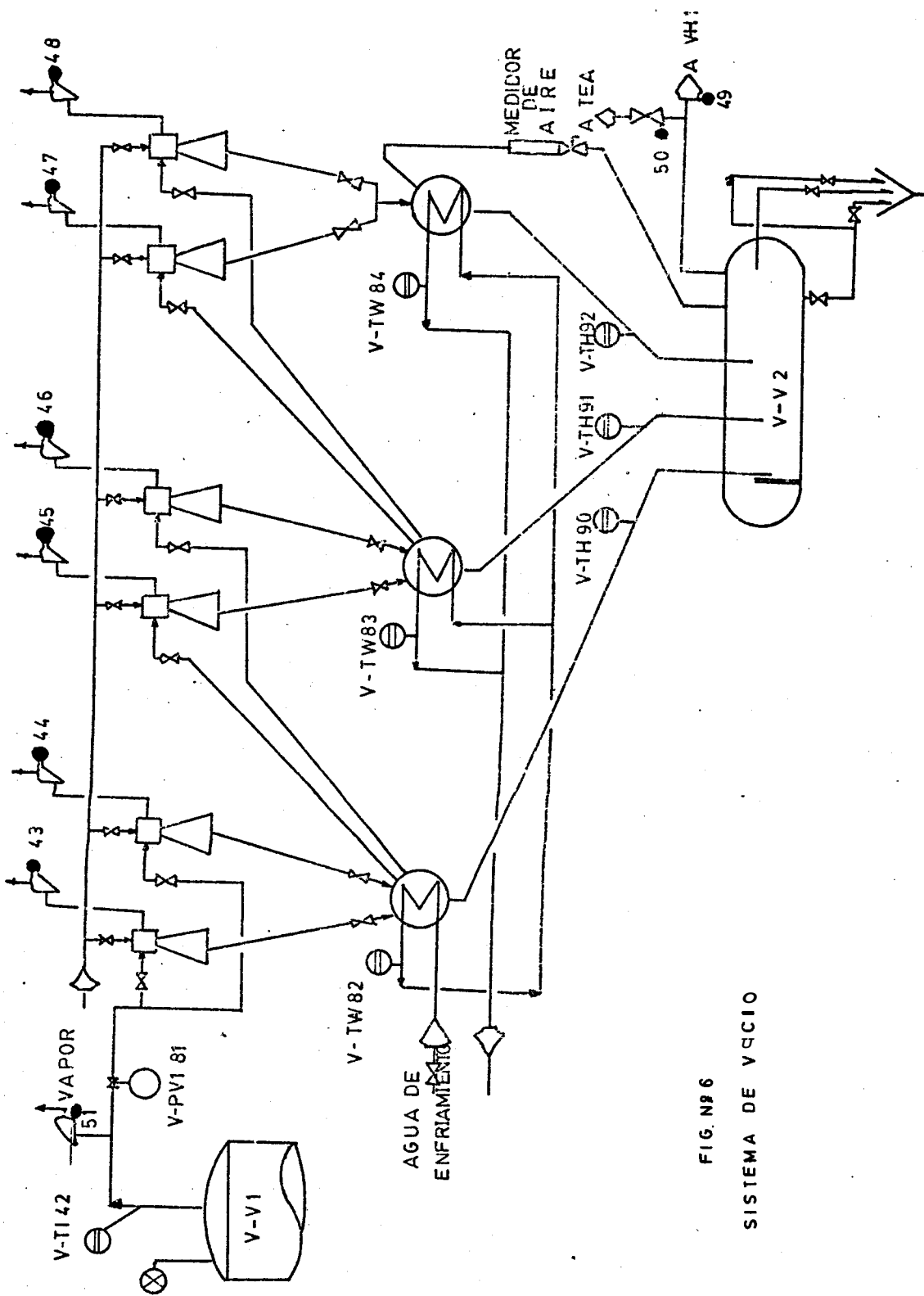


FIG. Nº 6
SISTEMA DE VCCIO

Si un eyector es incapaz de elevar los gases a la presión atmosférica a la cual pueden ser venteados, el vapor es condensado y se requerirá de etapas adicionales de eyectores que succionen los gases incondensables elevándolos a mayor presión. En la figs. 62, 63, 64, 65 se muestran la columna de vacío, bajante del domo de vacío y etapas de los eyectores.

Los intercondensadores son utilizados para mantener el vacío y condensar los vapores del eyector y así asegurar un buen vacío. En las figs. 66 y 67 se observa los intercondensadores y las bridas de las piernas barométricas.

Las piernas barométricas (fig. 69 y 70) son tuberías que conectan los intercondensadores con un acumulador. Cabe destacar que las piernas barométricas continúan dentro del acumulador de condensado debido a que debe de existir un determinado nivel para asegurar el vacío deseado.

El equipo consta entonces de tres juegos de eyectores, tres intercondensadores y tres piernas barométricas. La fig. 68 muestra el acumulador V-V2.

3.2 Datos técnicos de las piernas barométricas

En la tabla VI se muestran los resultados críticos de éstas.

3.3 Características del fluido

Los vapores que fluyen del domo de las columna de vacío hacia los eyectores, consisten en aire de fuga, vapor inyectado de la columna de vacío, hidrocarburos livianos, compuestos de azufre y nitrógeno formados por la descomposición térmica en el horno y cualquier hidrocarburo más ligero que el gasóleo que no ha sido recogido desde la carga.

El fluido corrosivo en el equipo de vacío se caracteriza por las siguientes condiciones:

Ph = 3.70	ppm	Cl ⁻ = 24	ppm
NH ₃ = 8.7	ppm	Fe = 5.9	ppm
CO ₂ = 22	ppm	SO ₄ ²⁻ = 14	ppm
SH ₂ = 0.0682	ppm	T = 60 °C	

Se tiene entonces un electrolito ideal para una corrosión severa.

TABLA VI
CARACTERISTICAS DE LAS
PIERNAS BAROMETRICAS DE VACIO

P1ERNA	NOMINACION	LONGITUD [m]	D1AMETRO [mm]	MATERIAL	TEMPERATURA [°c 1
1	P-VO40	16.776	101.6	A-53 Grado B	40
2	P-V041	15.427	76.2	A-53 Grado B	40
3	P-V042	14.283	76.2	A-53 Grado B	60

Tiempo de servicio

La unidad productora de vacío tiene un tiempo de servicio de 7 años, fecha en que se inicio el refinamiento de petróleo.

El tiempo que ha trabajado la unidad de vacío hasta la fecha del 14 de Agosto de 1.984 es de 2.408 días.

5 Problemas observados

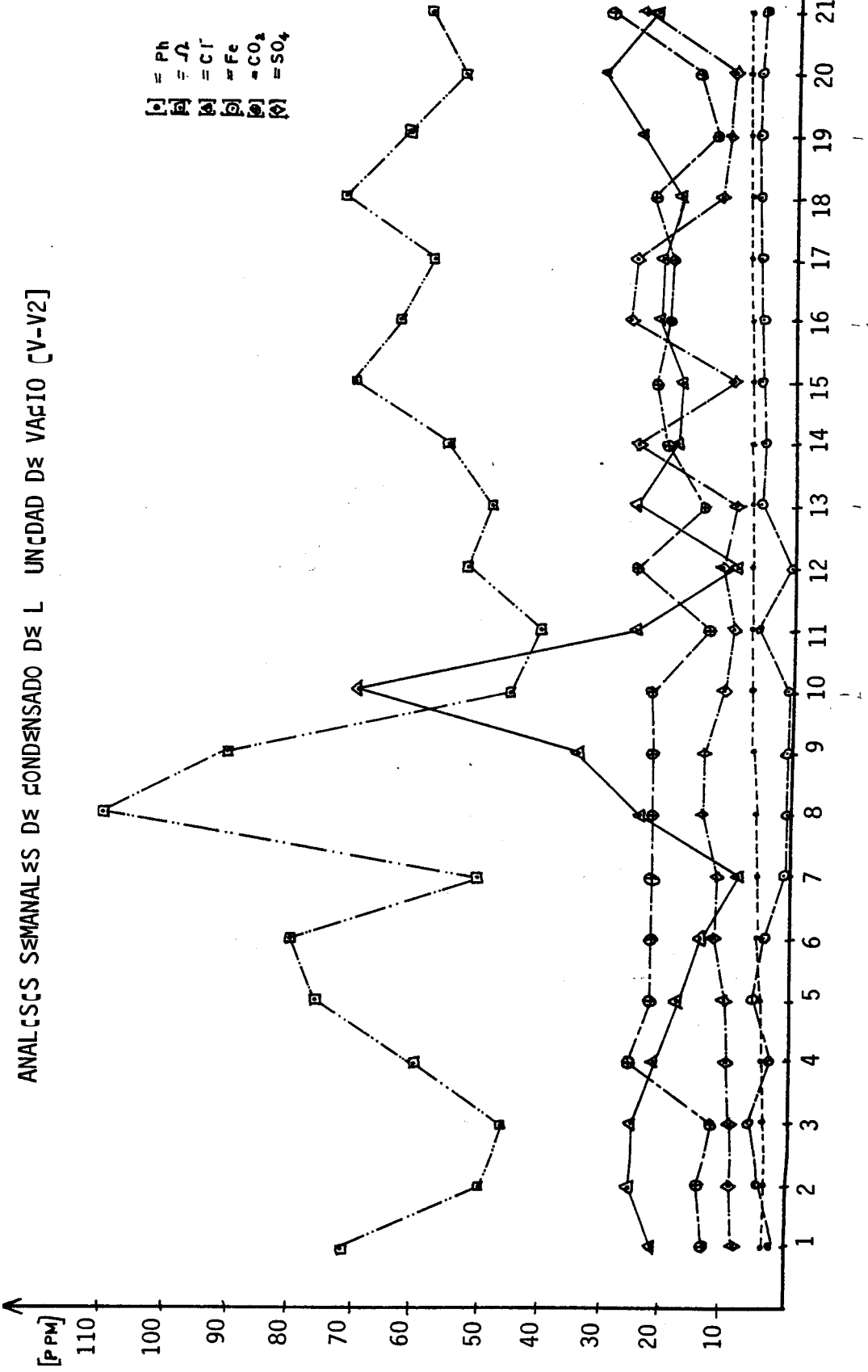
El principal problema del equipo de vacío es la corrosión de las piernas barométricas así como también de los eyectores e intercondensadores.

Se ha realizado análisis del condensado del acumulador de la unidad de vacío (V-V2), que recoge el condensado de los tres intercondensadores.

Estos análisis han sido realizados cada 7 días y se observa como están variando estos elementos. Se tiene que el condensado posee características corrosivas, debido a la presencia de: cloruros, sulfatos, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno; los cuales hacen un electrolito ideal para una corrosión severa en todo el equipo, en especial de las piernas barométricas, ocasionando la parada de la planta para reparaciones. En la fig. 7 se

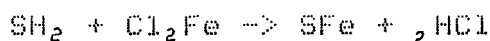
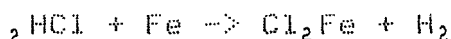
FIG Nº 7

ANÁLISIS SEMANALES DE CONDENSADO DE LA UNIDAD DE VACÍO [V-V2]



observa los análisis realizados.

Debido al Ph bajo y a la presencia de cloruros, sulfatos, dióxido de carbono, se tiene un condensado con una mezcla de ácidos diluidos, monóxido de carbono, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico. El ácido sulfúrico hace más crítico el problema, pues además genera un producto corrosivo (ácido clorhídrico), que da como resultado un ciclo de reacciones que incrementan la actividad dañina del condensado.

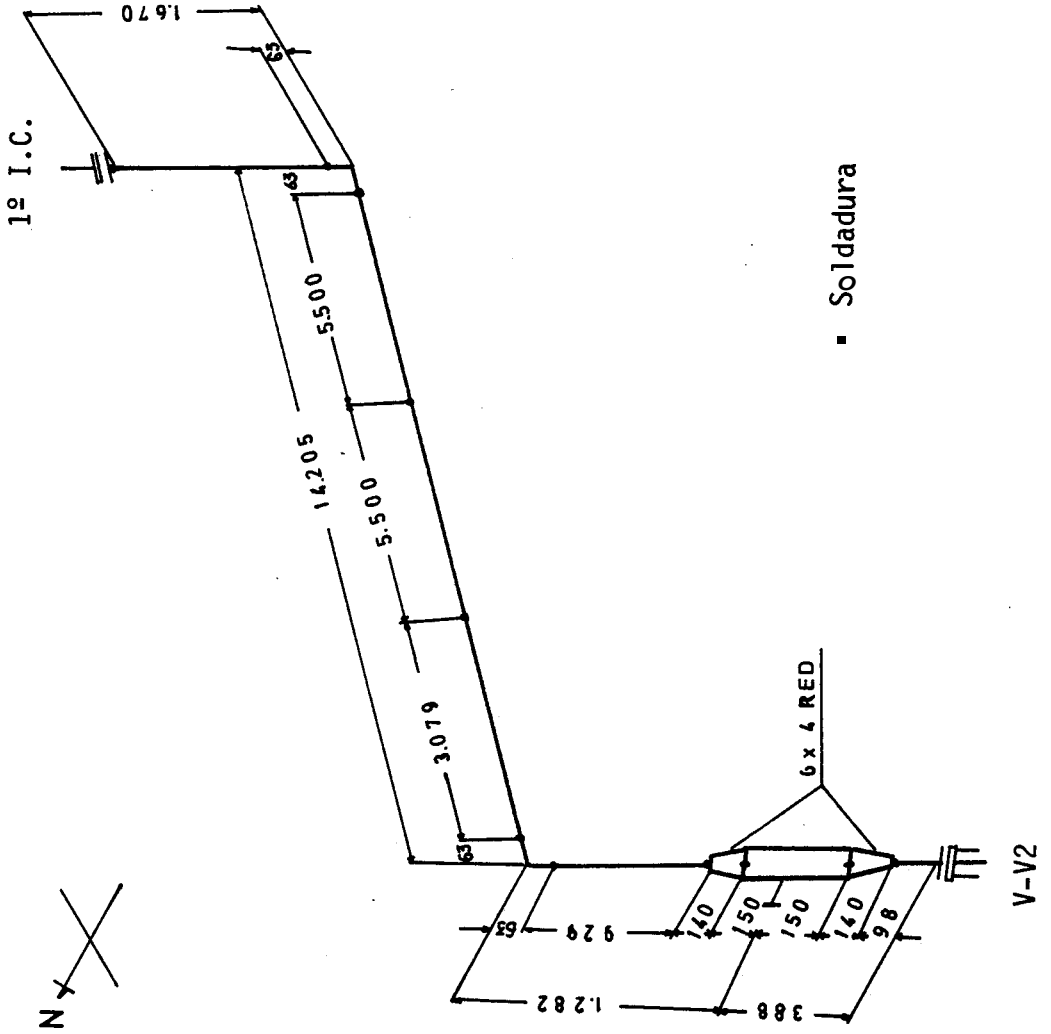


Nótese que la formación de ácido clorhídrico en la segunda reacción es el resultado del ataque de ácido sulfúrico al producto de corrosión Cl_2Fe formado en la primera reacción.

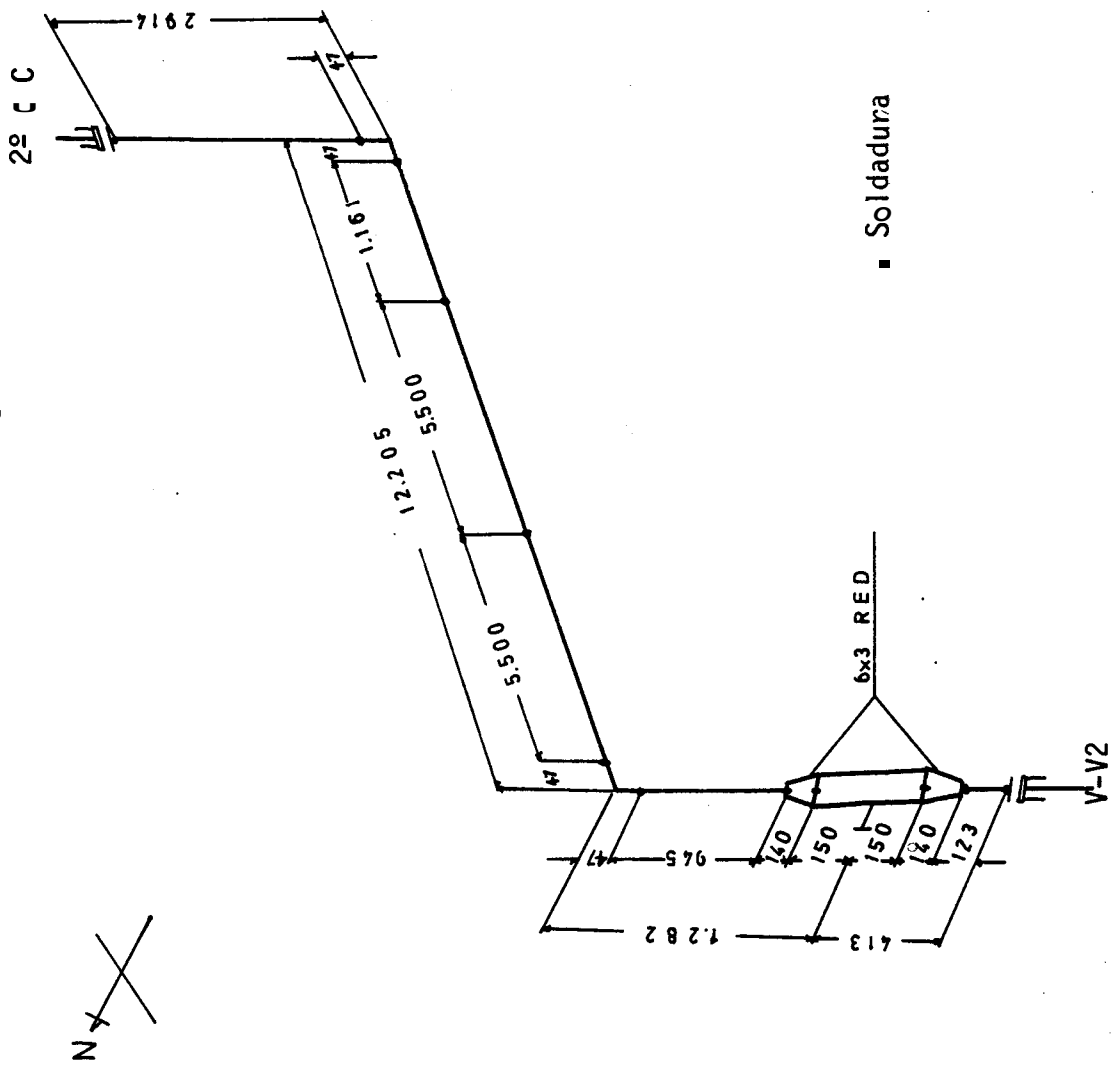
* A los parámetros corrosivos mencionados se suma las que el vapor utilizado en el sistema de vacío trae consigo dióxido de carbono y oxígeno libre; las condiciones en que trabaja el equipo contribuirán a causar el deterioro de los mismos, en especial el oxígeno que ocasiona corrosión localizada dando origen a picaduras profundas en las piernas barométricas.

En las figs. 8, 9 y 10 se observan los planos de las ,
piernas barométricas.

PERNA BAROMETRICA Nº 1

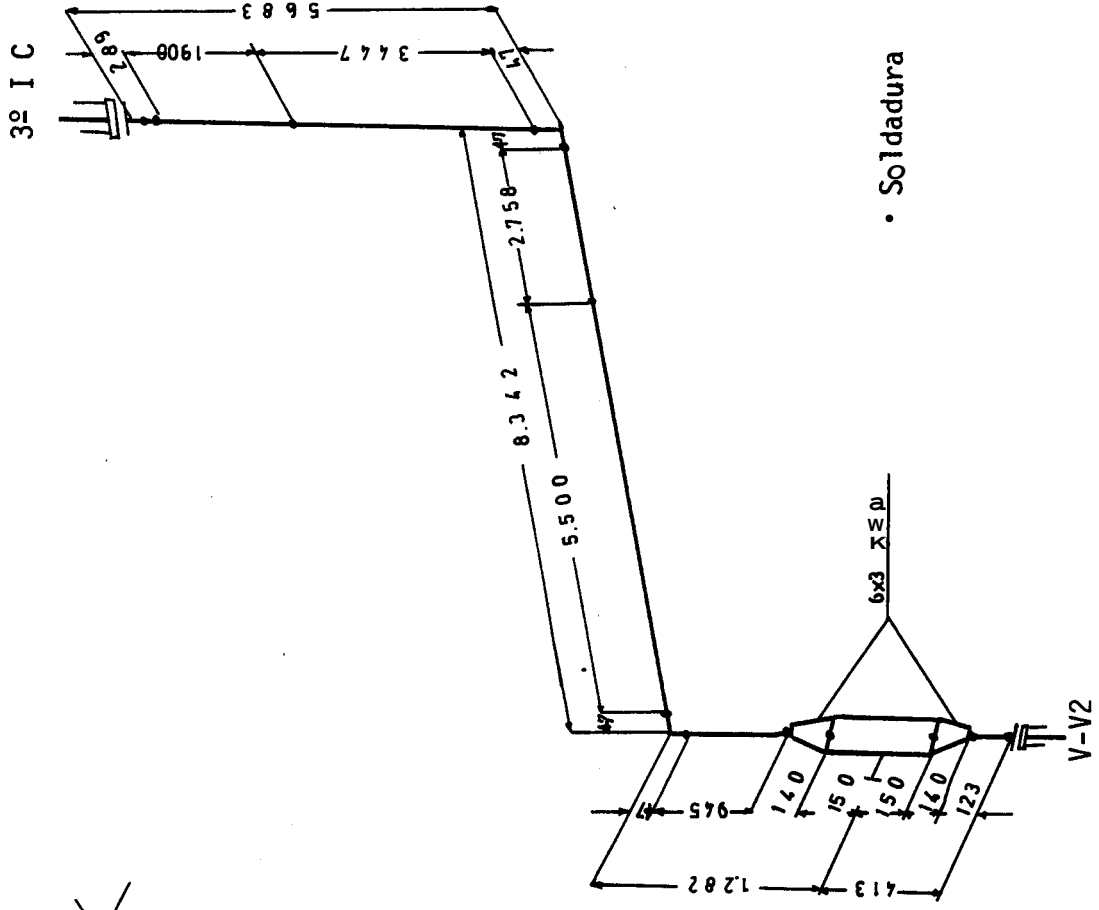


PCERNA BAROMETRCCA № 2



PIERNA BAROMETRICA Nº 3

24 X



CAPITULO 4

ENSAYOS DE CORROSION

Ensayos de campo y ensayos de servicio

Los ensayos de campo son aquellas pruebas en que los cupones son sometidos a condiciones de exposición que se aproximan en lo posible a las que se dan en servicio, a vez que garantizan la similitud de dichas condiciones para todas las muestras.

Los ensayos de servicio son los que se pueden hacer de la siguiente manera:

- Insertando un conjunto de muestras de determinados metales en una planta de producción.
- Sustituyendo parte de la planta original por otras hechas del metal que se experimenta.

Haciendo que el metal que se experimenta forme parte del material de construcción de la planta piloto, o bien, porque el proceso que se estudia se esté desarrollando en dicha planta, o por medio de modificaciones en la planta.

Selección de los materiales

Los materiales han sido seleccionados considerando las características del condensado, presión, temperatura, así como lo referente a costos y facilidad de mantenimiento.

Los materiales son:

A 53 Tubo de acero al carbono

A 335 III Tubo de acero aleado, ferrítico

A 335 15 Tubo de acero de flexión ferrítico

Acero inoxidable A - 312 tipo 304

Ni Resist tipo 2 (hierro gris austenítico).

En la tabla VII se muestran las principales características de los materiales ensayados.

> Equipo de trabajo

El equipo utilizado se va a dividir de acuerdo al lugar de uso, así tenemos:

Planta: termómetro, cronómetro, papel indicador de Ph, instrumento de medición de espesores por ultrasonido (fig.

TABLA VII

PROPIEDADES MECANICAS Y COMPOSICION QUIMICA DE LOS MATERIALES DE PRUEBA

ESPECIFICACION	RESISTENCIA A LA TRACCION	LIMITE DE FLUENCIA	COMPOSICION					QUIMICA			
			C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Cu
ASTM	(PSI)	(PSI)									
A-53	60000	35000	a.30	1.20	0.05	0.06					
A-335-P11	70000	40000	0.10-0.20	0.30-0.60	0.03	0.03	0.5-1.0		1.00-1.50	0.44-0.65	
A-335-P5	70000	40000	0.15	0.30-0.60	0.03	0.03	0.5	0.5	4.00-6.00	0.45-0.65	
A-312 TP 304	75000	30000	0.08	2.00	0.04	0.03	0.15	8.00-11.00	18.00-20.00		
Ni Resist TIPO 2	25000-30800	12000	3	0.5-1.5		0.32	1.0-2.8	18.0-22.0	1.5-2.5		0.5

Taller: cepillo, esmeril, taladro, papel lija # 120, marcadores de metal.

Laboratorio: balanza analítica, horno, peschímetro, conductímetro, lupa, microscopio, palpador de picaduras, determinador de carbono y azufre. (figs. 11, 12, 13 y 14).

4 Cupones de corrosión

El uso de los cupones de corrosión es quizás el más común de los métodos de ensayo de corrosión de sistemas en operación.

Los cupones son muestras pequeñas de metal, los cuales son pesados antes de su instalación; luego de un intervalo, se remueven y se limpian con un procedimiento normalizado y se vuelven a pesar.

La pérdida de peso es calculada en términos de cantidades de corrosión ocurridas durante el tiempo de exposición.

Los cupones de corrosión no solamente proveen información sobre las velocidades de corrosión, sino que también permiten identificar el tipo de corrosión que se presenta.

4.4.1 Preparación de la superficie

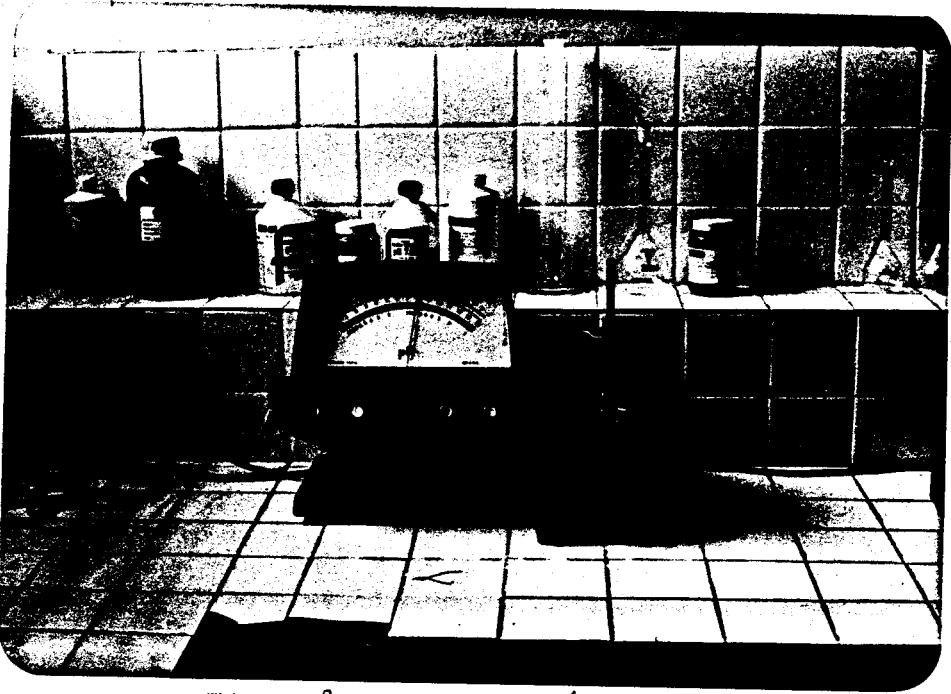


Fig. N^o 11.- Peachímetro.

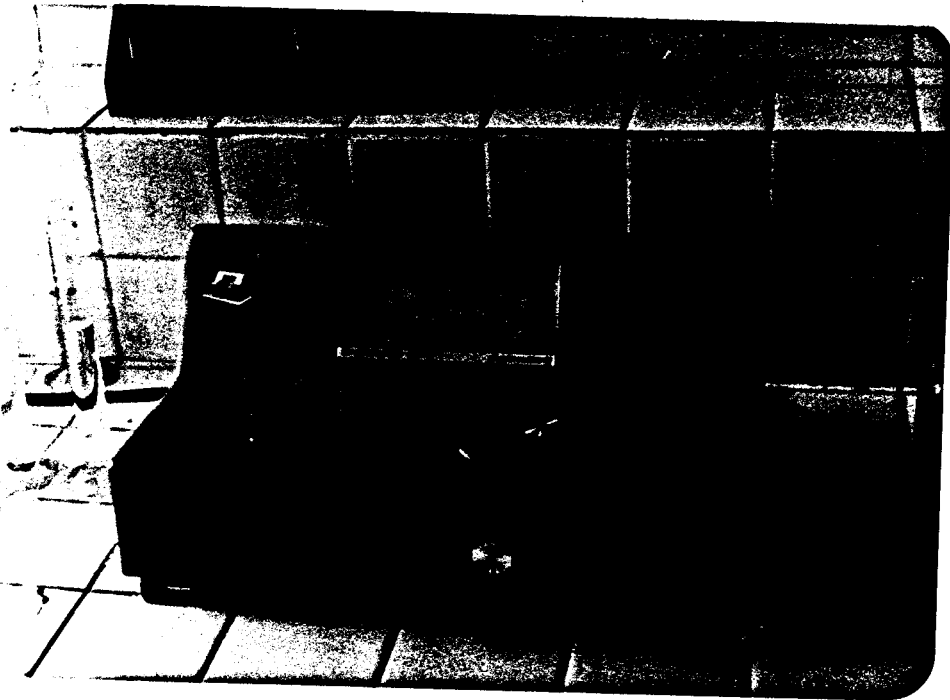


Fig. N^o 12.- Espectroscopio.



Fig. N^o 13.- Conductímetro.



Fig. N^o 14.- Balanza analítica.

Idealmente la superficie del cupón de prueba será idéntico a la superficie real del equipo. Sin embargo esto es virtualmente imposible, porque la superficie de los metales y aleaciones comerciales varía en producción como en fabricación. Una superficie estandar es necesaria para así facilitar la comparación de resultados.

Es común usar lija abrasiva # 120 para producir una superficie terminada; además los filos y puntas de los cupones serán limados o redondeados para facilitar el pulido. Los tratamientos de limpieza son utilizados para descontaminar la superficie del metal.

La preparación de la superficie tiene más importancia cuando se trata de pruebas en soluciones corrosivas.

Se utiliza ácido clorhídrico inhibido para la limpieza de los cupones. Esta solución debe desecharse cuando se torne permanentemente amarilla.

1.2 Limpieza de los cupones luego del ensayo

Esta es una de las partes más importantes en los ensayos de corrosión y se dan los procedimientos más

adecuados. Ante de describir los métodos, es importante examinar los cupones de ensayo; en muchos casos, la inspección visual de los cupones da información importante concerniente a las causas o mecanismos de la corrosión. Para la limpieza de los cupones se utiliza la solución de ácido clorhídrico inhibido. En las figs. 15 y 16 se muestra la limpieza de los cupones.

5 Intervalo de exposición

La selección propia del tiempo y números de períodos de exposición, son importantes e introducen errores en los resultados si éstos factores no se toman en cuenta. Las velocidades de corrosión se incrementan, decrecen o se mantienen constantes con el tiempo. A menudo la velocidad de ataque inicial es elevada, debido a que el cupón está limpio y éste reacciona con el medio, se recubre de una capa de óxido con lo que después decrece la velocidad de corrosión.

9.1 Tiempo mínimo de ensayo

Existe una regla para verificar los resultados con respecto al mínimo tiempo de ensayo:

$$2000/MPY = \text{torque} \times (\text{tiempo de ensayo})$$

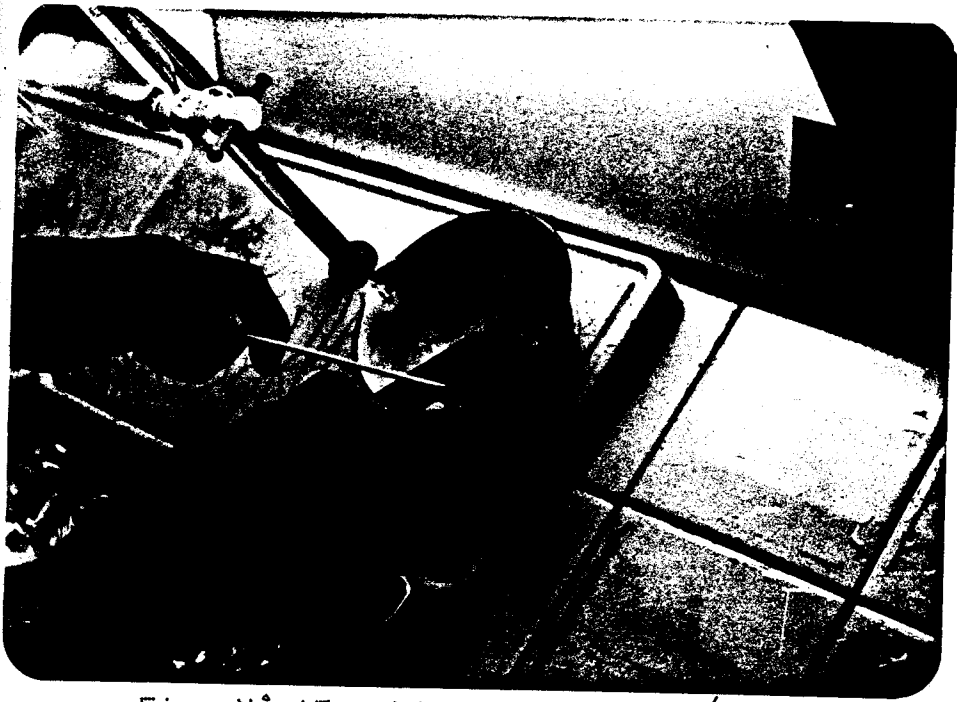


Fig. N° 15.- Limpieza del cupón.

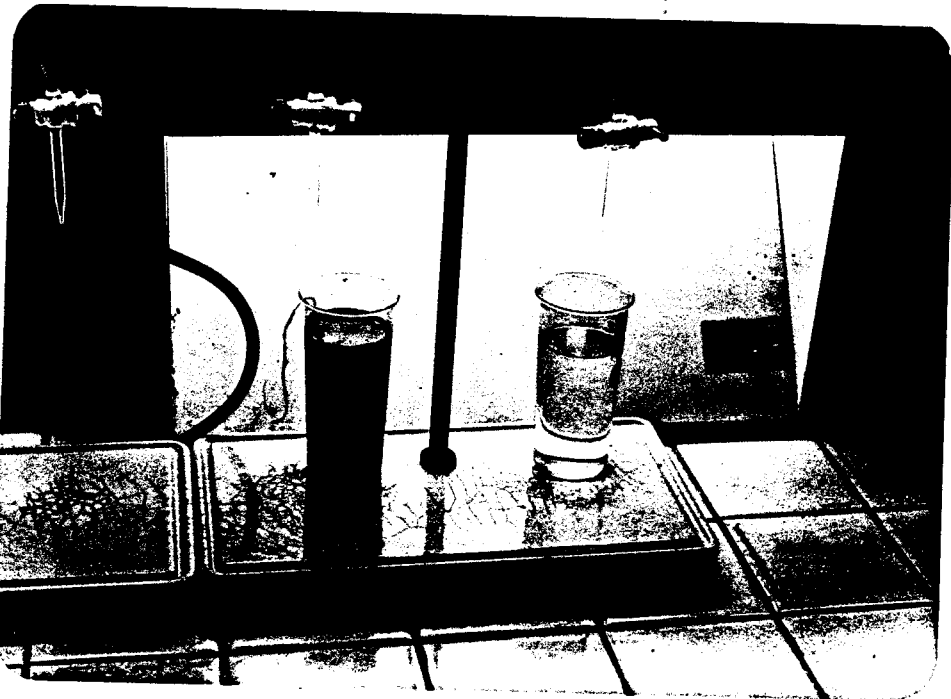


Fig. N° 16.- Solución de ácido clorhídrico inhibido limpiendo el cupón.

Esta regla establece que mientras menor es la velocidad de corrosión, mayor será el tiempo de ensayo. Para ensayos en planta, se recomienda una duración de ensayo de por lo menos 30 días.

Ensayos de pérdida de peso

Son los más comunes de todas las pruebas de medición de la velocidad de corrosión.

Es importante tomar la velocidad de corrosión calculadas como un valor absoluto. Además los cupones deben ser cuidadosamente examinados, (preferentemente con aumento de 10 a 15 veces, así como a simple vista), antes y después de la prueba y también después de haberse limpiado.

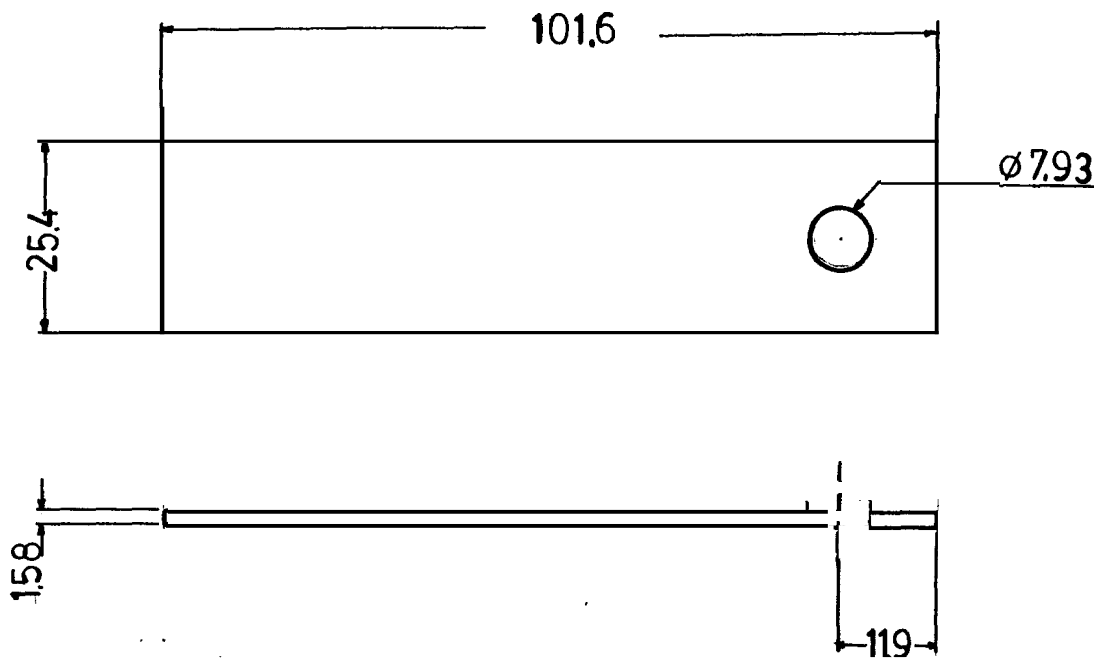
En las figs. 51, 52, 53, 54 y 55 se observan los cupones luego del ensayo.

Los cupones tienen las siguientes dimensiones:

$$\begin{array}{ll} L = 101.6 \text{ mm.} & W = 25.4 \text{ mm.} \\ t = 1.5875 \text{ mm.} & A = 54.6554 \text{ cm}^2. \end{array}$$

La fig. 17 muestra las medidas de los cupones.

MEDIDAS DE LOS CUPONES DE PRUEBA



4.6.1 Determinación de la pérdida de peso

Usando la ecuación 2.1 se hacen los cálculos de las velocidades de corrosión de los diferentes materiales.

En la tabla VIII se dan las velocidades de corrosión, y por último en la fig. 18 se observan las velocidades de corrosión vs. tiempo.

Ensayos de corrosión atmosférica de recubrimientos orgánicos

Estos son llevados a cabo con el fin de proteger las piernas barométricas externamente, debido a que en la actualidad se encuentran sin ningún tipo de protección externa.

Por lo tanto es necesario tenerlas pintadas, para lo cual vamos a utilizar dos tipos de pinturas y observar el comportamiento de éstas a un cierto tiempo para después determinar la más conveniente.

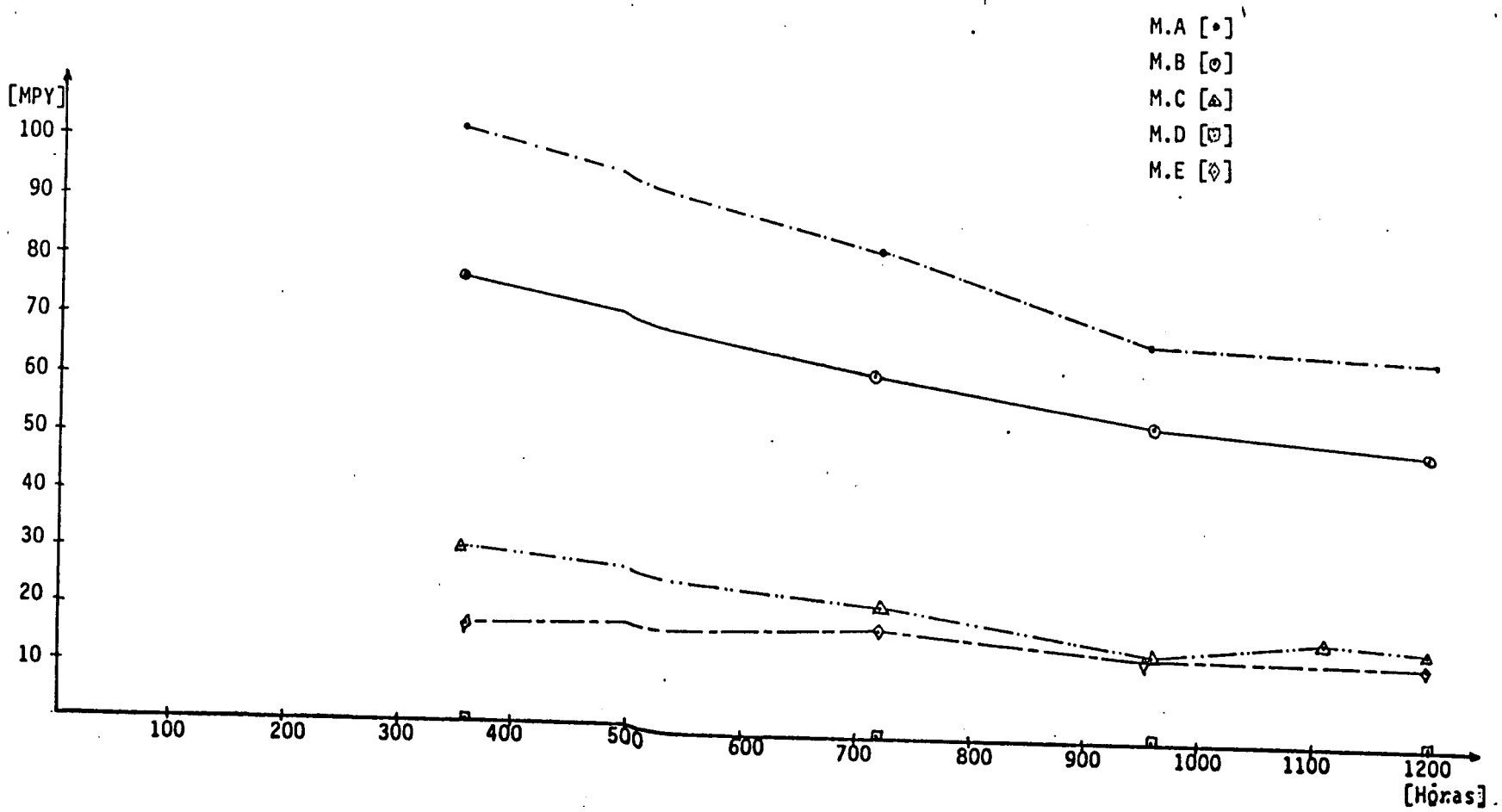
También se debe tener en cuenta el factor económico para determinar cual de los tipos de protección se utilizará.

TABLA VIII

VELOCIDADES DE CORROSION

CUPON	TIEMPO (HORAS)	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	PERDIDA PESO (gr)	AREA (cm ²)	VEL. DE CORROSION (MPY)
A1	354	29.7655	25.2807	4.4848	54.6554	101.7
A2	722	29.6022	22.0450	7.5572	54.6554	84.1
A3	955	29.4128	21.1507	8.2623	54.6554	69.5
A4	1204	29.5371	19.5185	30.0186	54.6554	66.8
B1	355	53.3781	49.9608	3.4173	55.0612	76.7
B2	736	55.1472	49.5142	5.6330	55.0612	62.7
B3	963	55.5507	48.9378	6.6129	55.0632	54.7
B4	3200	54.3183	46.6480	7.6703	55.0632	51.0
C1	354	36.7682	35.4055	1.3627	54.6554	31.0
C2	720	35.8736	33.8356	2.0374	54.6554	22.7
C3	963	35.3320	33.5439	1.8281	54.6554	15.3
C4	3117	37.0438	34.5317	2.5121	54.6554	18.3
D1	360	28.9439	28.9274	0.0146	54.6554	0.3238
D2	722	28.2883	28.2598	0.0285	54.6554	0.3184
D3	957	28.4768	28.4423	0.0345	54.6554	0.2895
D4	1200	28.5333	28.4899	0.0423	54.6554	0.2833
E1	360	43.3115	41.6753	0.5638	41.1313	36.7
E2	739	44.3947	45.6963	1.3016	42.2171	38.8
E3	955	45.0829	46.3598	1.2769	39.2283	14.9
E4	1203	42.8345	44.2916	1.4571	36.9763	34.4

VELOCIDAD DE CORROSION vs. TIEMPO



4.7.1 Preparación de la superficie

Las superficies van a ser preparadas según las normas internas o su equivalente en las normas americanas.

Norma sueca, (SIS 055900) raspado con rasquetas de metal duro y cepillado con cepillo de alambre, muy correctamente.

El raspado debe realizarse en primer lugar en una dirección; después en sentido perpendicular. Una vez eliminado el polvo la superficie debe mostrar un pronunciado aspecto metálico.

4.7.2 Aplicación del recubrimiento

La experiencia demuestra que los mejores resultados se obtienen cuando las capas de imprimación se aplican a broche o pistola sin aire, pudiendo utilizar rodillo con la pistola convencional para las capas de acabado.

Es aconsejable recubrir la primera capa de imprimación o con una pintura de fondo, a fin de evitar la aparición prematura de puntos de oxidación.

Cuando se pinta a brocha, la aplicación debe realizarse mediante movimientos perpendiculares a fin de extender bien la pintura en todos los sentidos.

Debe prestarse especial atención a las superficies muy rugosas, que presentan picaduras, cantos vivos, cordones de soldadura.

Recubrimientos a usarse:

Fondo: Hempalin Red Lead Q.D 1237

Acabado: Hempalin 5157

Fondo: Hempel'S Galvosil 1561

Acabado: Hempatex Enamel 5636

La superficie a recubrir es la parte inferior de las piernas barométricas de una longitud de un metro de altura.

8 Ensayo de dosificación de neutralizante

Para controlar la corrosión en el sistema mencionado es necesario la modificación de las características del condensado con la adición de un neutralizante.

El Ph del condensado está entre 3.5 y 4.0 aproximadamente, el cual nos indica que el medio es muy ácido.

Se tiene un promedio de condensado de 3276 Lt/h.

En el apéndice A se dan los cálculos respectivos; y se obtiene que la cantidad necesaria de neutralizante es de 1.472 Lt/h, o sea, aproximadamente 1.5 Lt/h.

En la tabla IX se muestra las velocidades de corrosión para diferentes Ph (tiempo de exposición 504 horas). En la fig. 19 se observa las velocidades de corrosión a diferentes Ph.

4.8.1 Características del neutralizante a utilizar

El Nalco 192 está diseñado para reducir la corrosión en equipos de refinerías, y plantas de procesos petroquímicos.

Este producto protege contra tipos de corrosión caracterizada por picaduras localizadas ordinariamente en la primera o segunda parte superior de los intercambiadores de las unidades de destilación, donde el condensado acuoso empieza y baja el Ph (1 - 2), se encuentra dando como resultado velocidades de corrosión elevadas.

TABLA IX

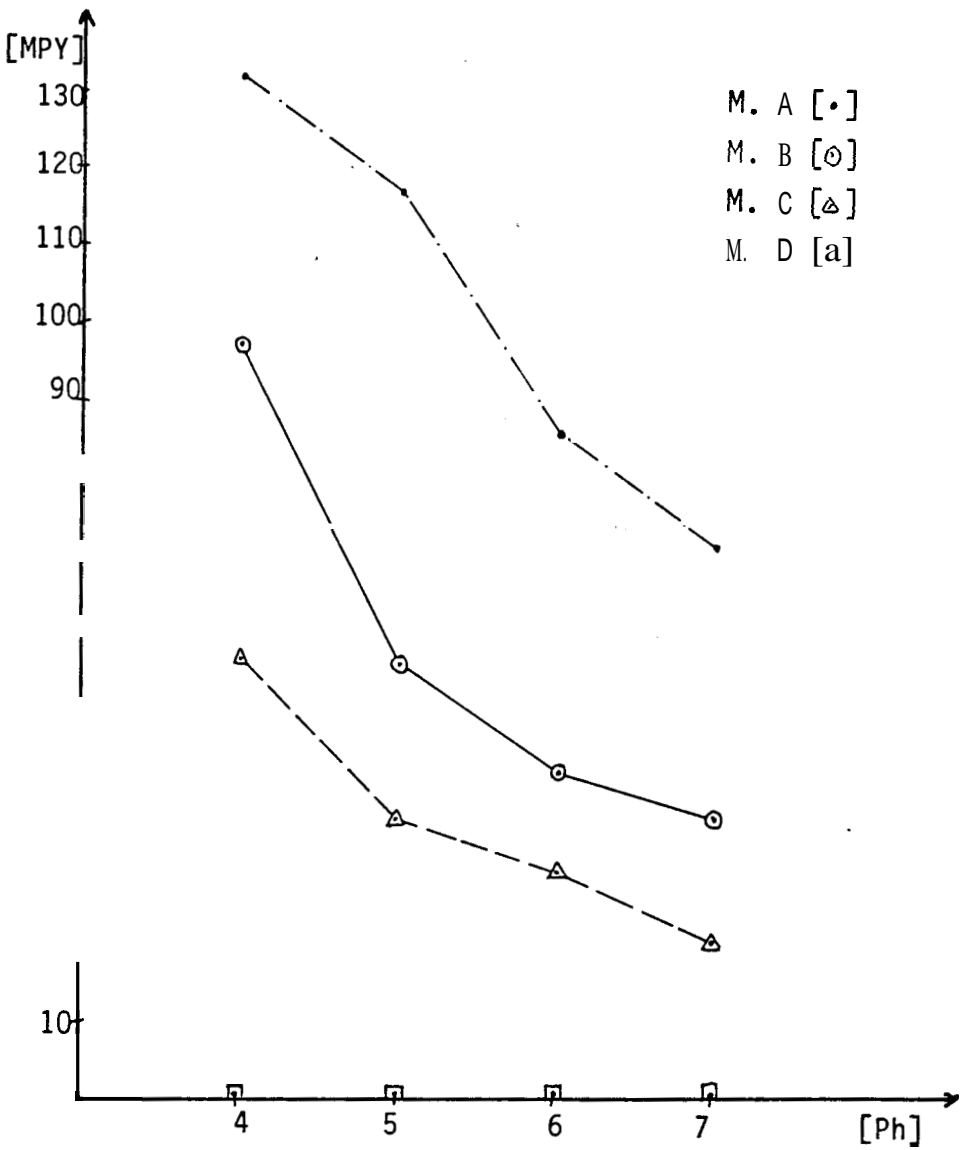
VELOCIDADES DE CORROSION PARA DIFERENTES Ph

(Tiempo de exposición 504 h)

MATERIAL	Ph=4	Ph=5	Ph=6	Ph=7
A-53	131.7	116.8	86.3	70.6
A-335 P-11	97.7	57.3	42.3	35.8
A-335 P-5	57.3	35.7	28.8	20.3
A-312 TYP0 (304) 55	0.3817	0.3735	0.3074	0.2781
Ni Resist	-	-	-	16.8

FIG. Nº 19

VELOCIDAD DE CORROSION vs. Ph



El Nalco 192 es usado normalmente para formar una película inhibidora y trabajar con una dosificación económica y en ciertos casos reducir la corrosión suficientemente por si misma.

El Nalco 192 es una amina altamente concentrada y volátil en forma líquida, características físicas:

$$G. E. = 1.035$$

$$\rho = 8.63$$

$$Ph = 11.6$$

Solubilidad: misible con agua en cualquier proporción

Estabilidad térmica: estable a temperaturas sobre los 505°C

Punto de encendido: no

Punto de congelamiento: -4°C.

4.8.2 Características de la bomba de inyección de neutralizante

Modelo	CP 250 D 225
Salida [Lt/h]	2.2
Presión de descarga [Bares]	345
Presión de suministro [Bares]	1.8 - 4.5
Carreras por minuto	1 - 45
Relación de amplificación	75 : 1
Diámetro del pistón [mm]	57.2
Longitud de carrera [mm]	25.4
Diámetro de carrera [mm]	6.35
Volumen/Carrera completa	0.8 c.c.
Material del pistón	316 o 440 S.S.
Material de la bomba	303 S.S.
Modelo de controlador	MK II

La bomba es desplazamiento positivo y de émbolo aspirante impelente que inyectan cantidades exactamente controladas de productos químicos en la corriente del producto de proceso.

En la figs. 20 y 21 se muestran el sistema de inyección de neutralizante y la medición del Ph.

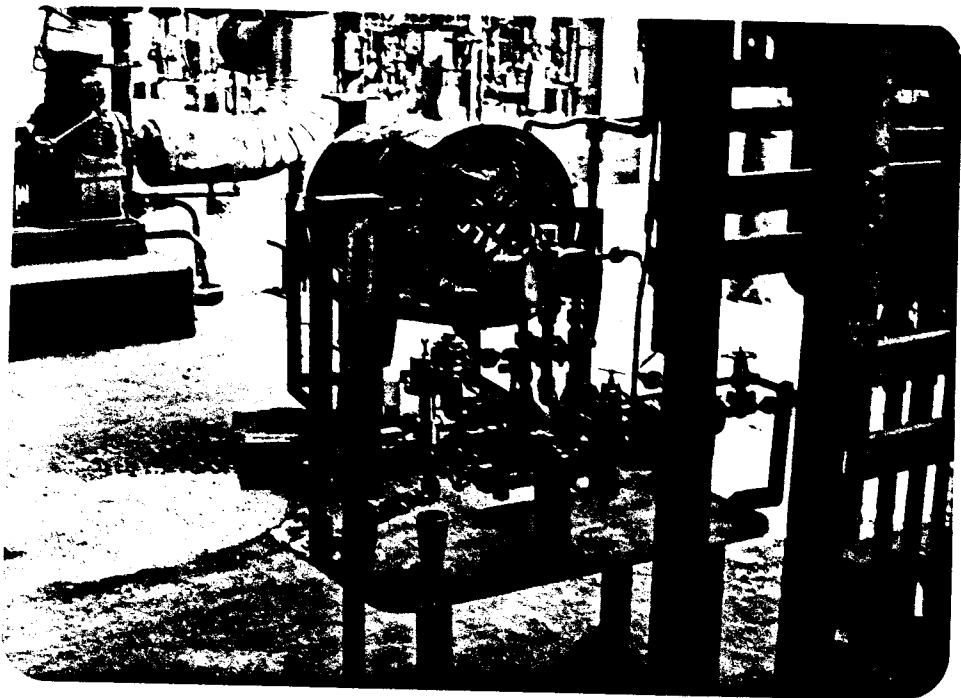


Fig. N^o 20.- Inyección de neutralizante.



Fig. N^o 21.- Medición de Ph.

9 Ensayos de tracción de los cupones de prueba

La pérdida de las propiedades mecánicas, como consecuencia de la corrosión puede ser útil como método de investigación, ya que cuando dicha pérdida es grande comparado con la corrosión visible, éste dato acusa de una manera patente la presencia de la corrosión estructural.

El principio fundamental que rige la determinación de la pérdida de las propiedades de tracción, es sencillo, y se basa en comparar las propiedades de muestras similares corroídas y no corroídas.

La pérdida de las propiedades mecánicas depende en alguna extensión de la distribución de la corrosión, lo cual es origen de variaciones en los resultados experimentales que no se pueden controlar sin perturbar el proceso de corrosión natural.

En tabla XIX se dan los valores obtenidos y en la fig. 71 se muestra el gráfico de los ensayos de tracción de los cupones de prueba.

10 Análisis metalográfico

El análisis metalográfico proporciona alguna indicación

sobre la asociación entre la corrosión y otros factores del mismo, pero por regla general no sirve para proporcionar información detallada y de garantía sobre éstos aspectos.

Se han utilizado muestras delgadas con el objeto de dejar la corrosión reducida a un punto de modo que pueda seguirse en el microscopio el avance de la formación de herrumbre. Es recomendable tomar como el aspecto del metal controlado con el del metal sin corroer para permitir la valoración del efecto de los factores del mismo tales como irregularidades de la superficie.

CAPITULO 5

COSTOS DE MANTENIMIENTO

5.1 Mantenimiento preventivo,

Consiste en elaborar un plan funcional de inspecciones para los diferentes equipos de una planta industrial a través de una planificación, programación, ejecución y control.

Se hace mantenimiento preventivo para mantener el equipo y sus accesorios en buenas condiciones de funcionamiento y prever así accidentes, daños, averías y paros que alteren el normal desarrollo de la producción de la planta industrial.

La finalidad del mantenimiento preventivo es entonces, conseguir que los equipos de una planta industrial den su máximo rendimiento en las mejores condiciones de funcionamiento.

5.2 Mantenimiento correctivo

Es la corrección o reparación de las averías o daños que sufren las máquinas y equipos cuando no se ha llevado un

plan de mantenimiento preventivo, o cuando por azares de la naturaleza misma del trabajo de las máquinas y equipos, éstos sufren desperfectos en un momento imprevisto.

3 Costos

El objetivo primordial en un sistema de costos es proporcionar al departamento de operación la información requerida para el control y evaluación de su funcionamiento; los elementos básicos que originan los costos son: equipo, repuestos, mano de obra, servicios exteriores. La meta de éste es de llegar a un costo total de mantenimiento en términos de alguna unidad (trabajo, departamento o tipo de servicio).

5.3.1 Costos directos

Los elementos básicos que originan los costos directos son:

- Equipos, se considera normalmente constituido por aquellos artículos adquiridos como unidades o fabricados en el taller de la planta como un sólo conjunto, y cuyo costo se obtiene normalmente de la factura que entrega el vendedor.
- Repuestos, son aquellos que se obtienen en la

bodega de la planta con el objeto de reemplazar las piezas gastadas que no sea posible reparar.

- Mano de obra, se considera a la mano de obra como el tiempo empleado por el trabajador en un trabajo específico.
- Servicios exteriores, se los llama al uso o contratación de mano de obra (técnicos y/o equipos) para realizar un trabajo que no es posible hacerlo con los elementos de que se dispone en la planta.

-3.2 Costos indirectos

En general, el costo indirecto en un proyecto o trabajo determinado es aquel que no puede ser imputado a actividades individualmente, sino a un grupo de actividades o a todo el proyecto.

Se puede considerar como costos indirectos, a los gastos de administración del proyecto: ingenieros, superior, asistente de planificación, secretarías, contabilidad, pago de intereses, multas, seguros, etc. Se deberían incluir también en los costos indirectos las pérdidas de producción, inflación etc.

Las características del costo indirecto son importantes por cuanto mientras mayor es la duración de un proyecto, mayor es su costo indirecto.

El costo indirecto está representado por una curva que, en una primera aproximación podría semejarse a una recta; sin embargo, la experiencia determina que conforme el tiempo es mayor, la pendiente crece.

En la fig. 22 se indica la forma usual de las curvas de costo total, costo directo y costo indirecto.

4 Costos de mantenimiento del equipo de vacío

En las figs. 23, 24, 25, 26, 27 y 28; se va a indicar el porcentaje de horas-hombre utilizada de los años 1.982 y 1.983, costo de servicio de mantenimiento, costo de servicio de mantenimiento desglosado por tipo de servicio, y costo de mantenimiento por hora; éstos costos son tomados desde el mes Mayo de 1.982 fecha en que se incorpora el servicio de computación en la Refinería de Esmeraldas.

Costo de los materiales

Aquí se dan los valores totales de los materiales

CURVAS DE COSTOS DIRECTOS, INDIRECTOS Y TOTAL

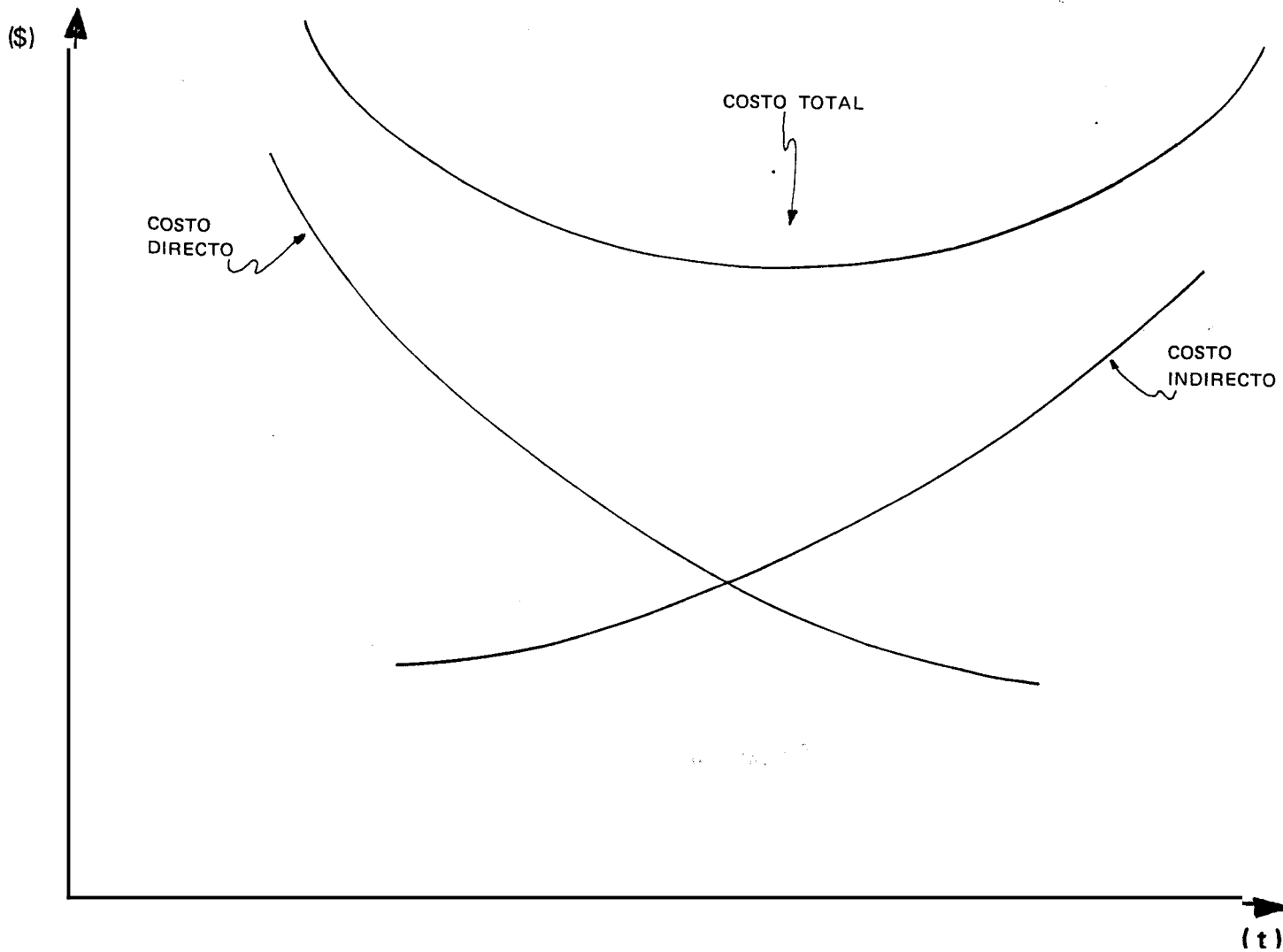


FIG. N° 23

PORCENTAJE DE HORAS-HOMBRE UTILIZADAS AÑO 1.982

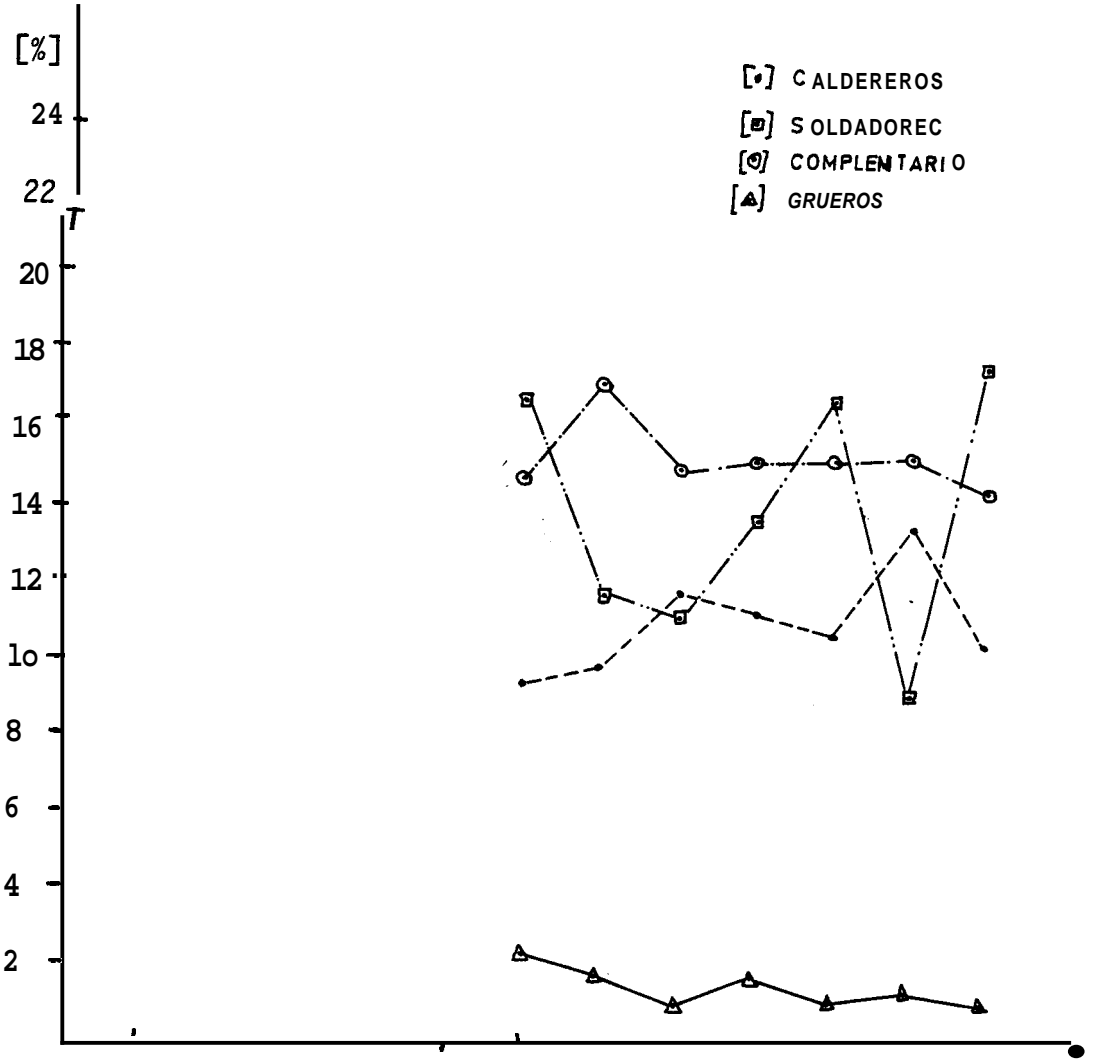
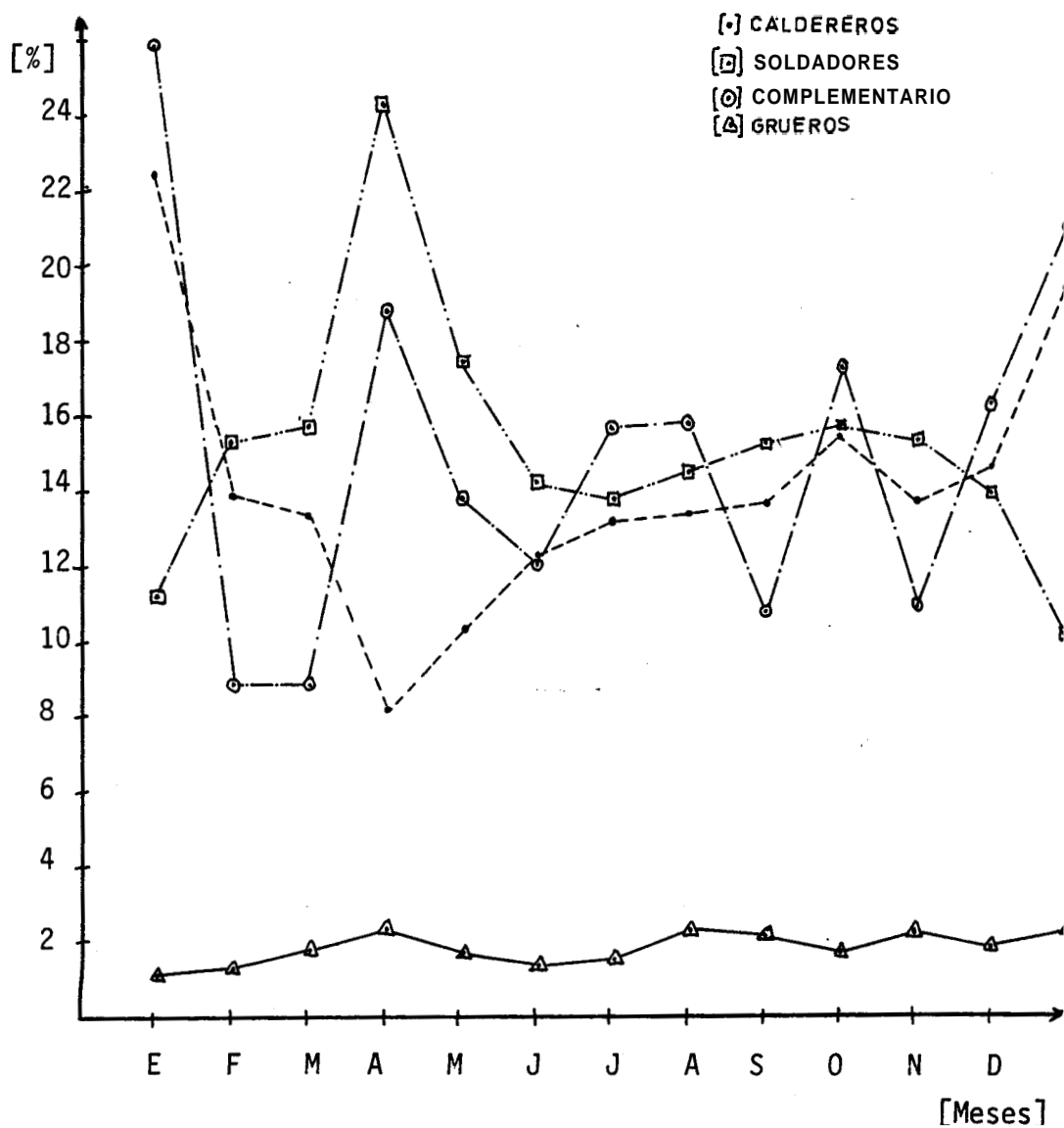
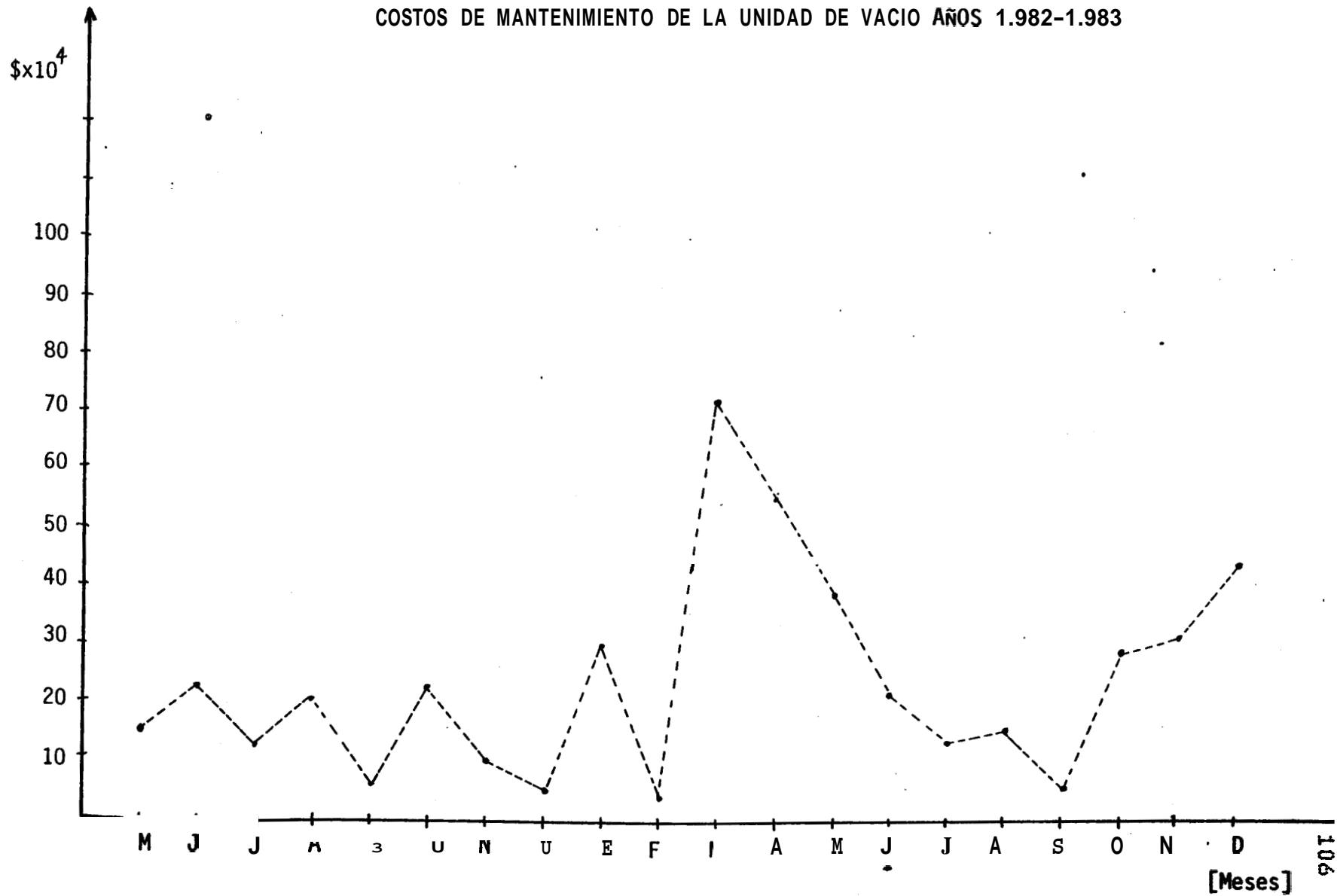


FIG. Nº 24

PORCENTAJE DE HORAS-HOMBRE UTILIZADAS AÑO 1983



COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LA UNIDAD DE VACIO AÑOS 1.982-1.983



COSTOS DE MANTENIMIENTO DESGLOSADOS POR TÍPO DE SERVICIO DE AÑOS 1.982-1.983

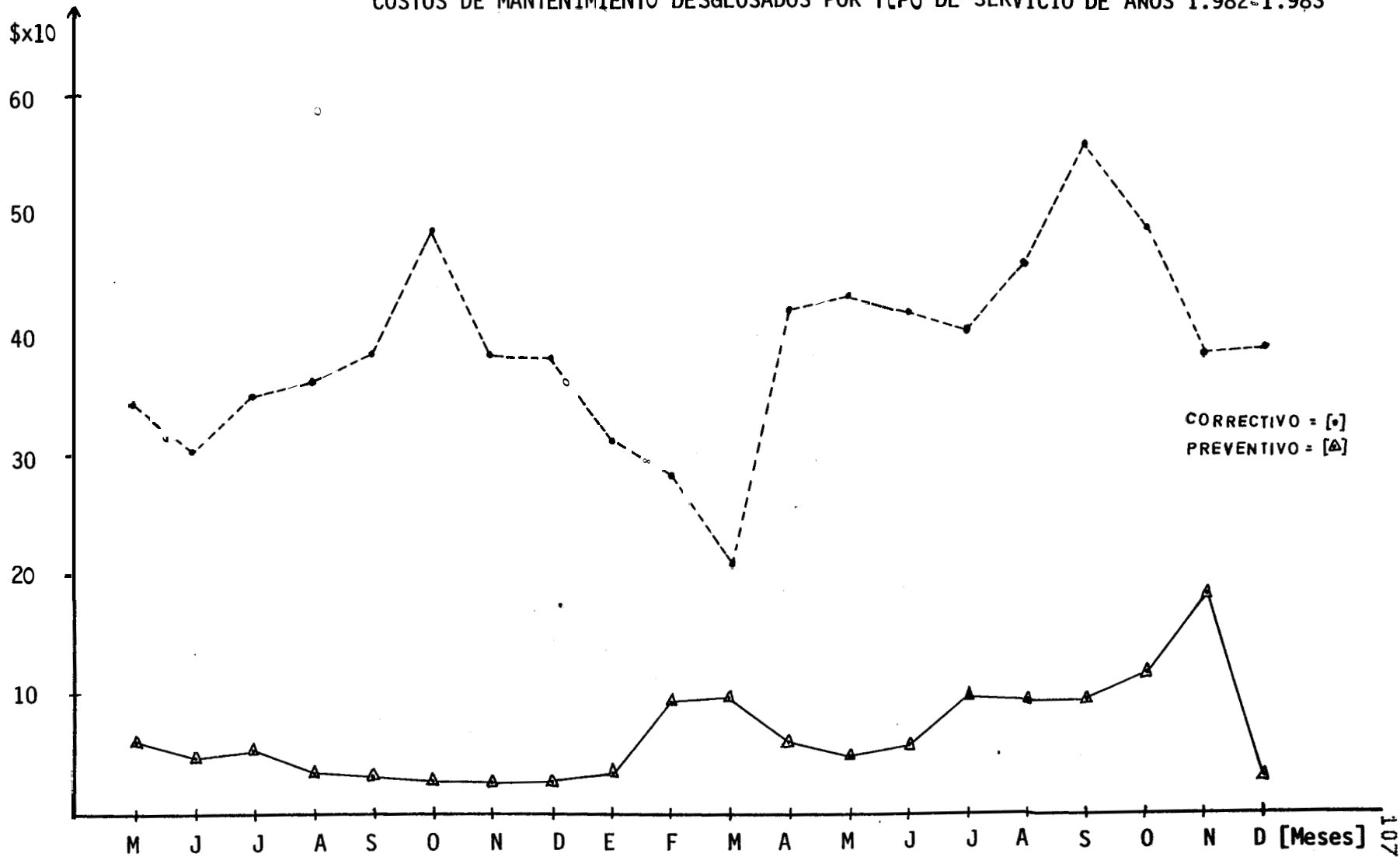


FIG. N° 27

COSTO DE MANTENIMIENTO POR HORA DEL AÑO 1982

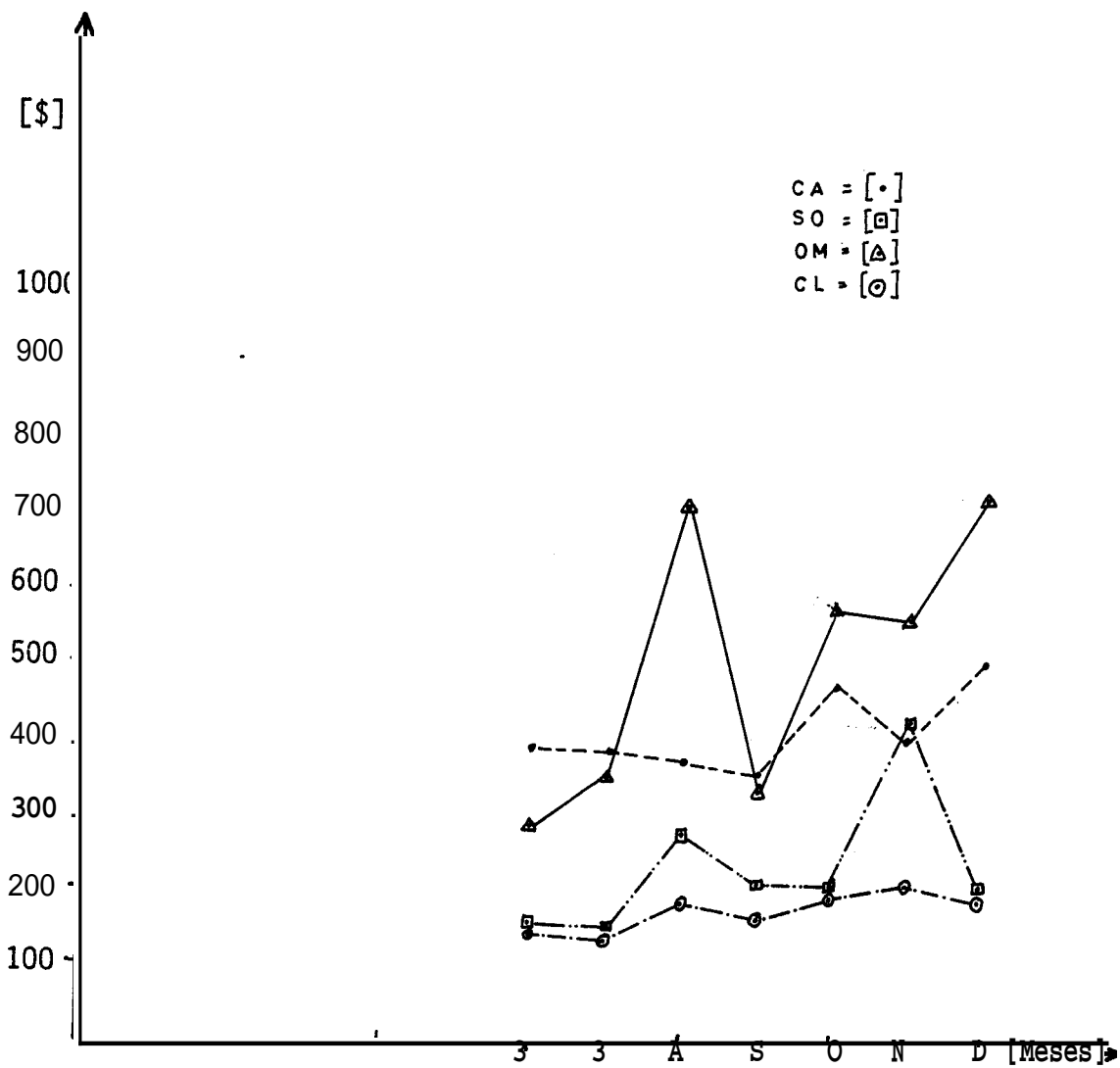


FIG. Nº 28

COSTO DE MANTENIMIENTO POR HORA DEL AÑO 1.983

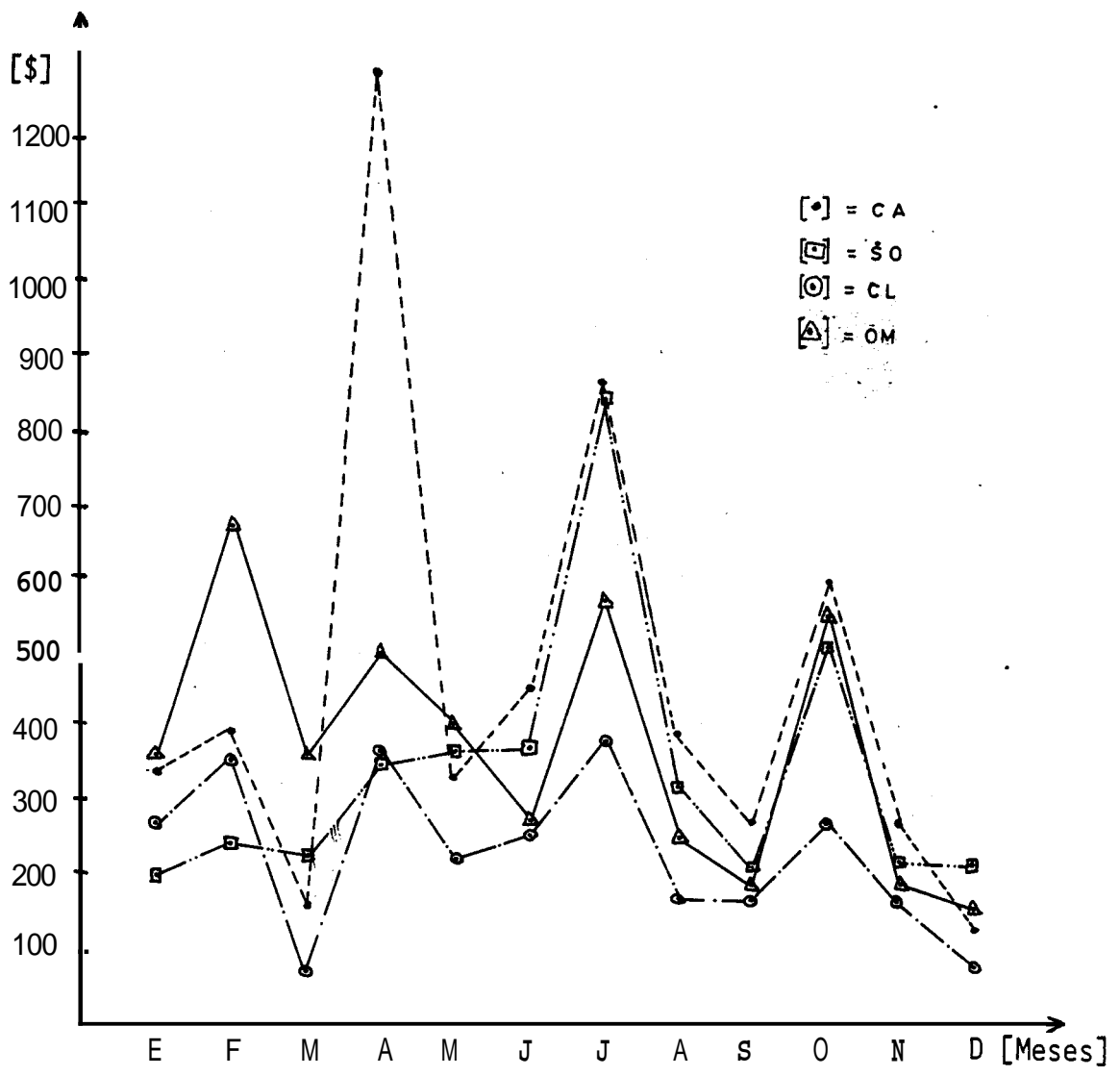
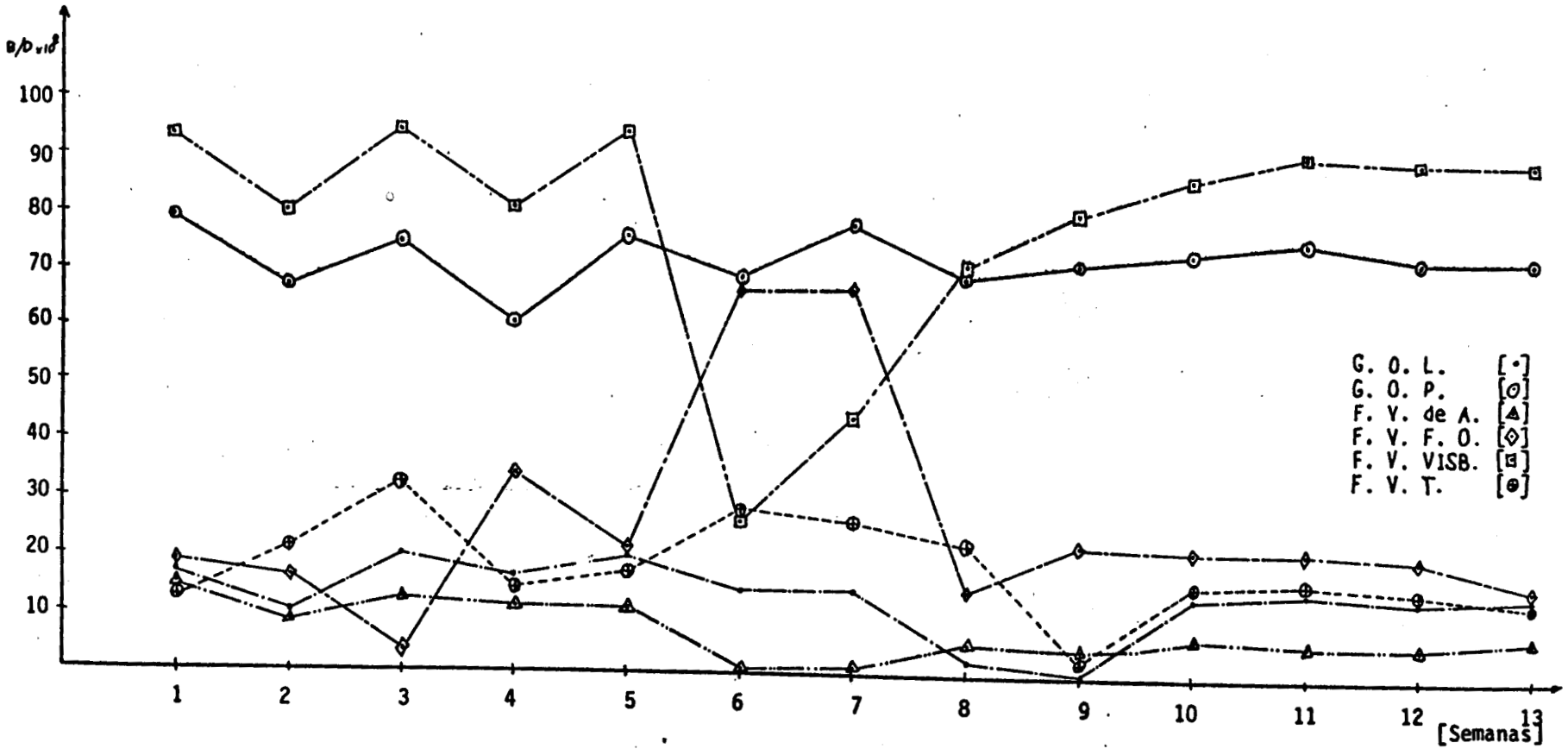
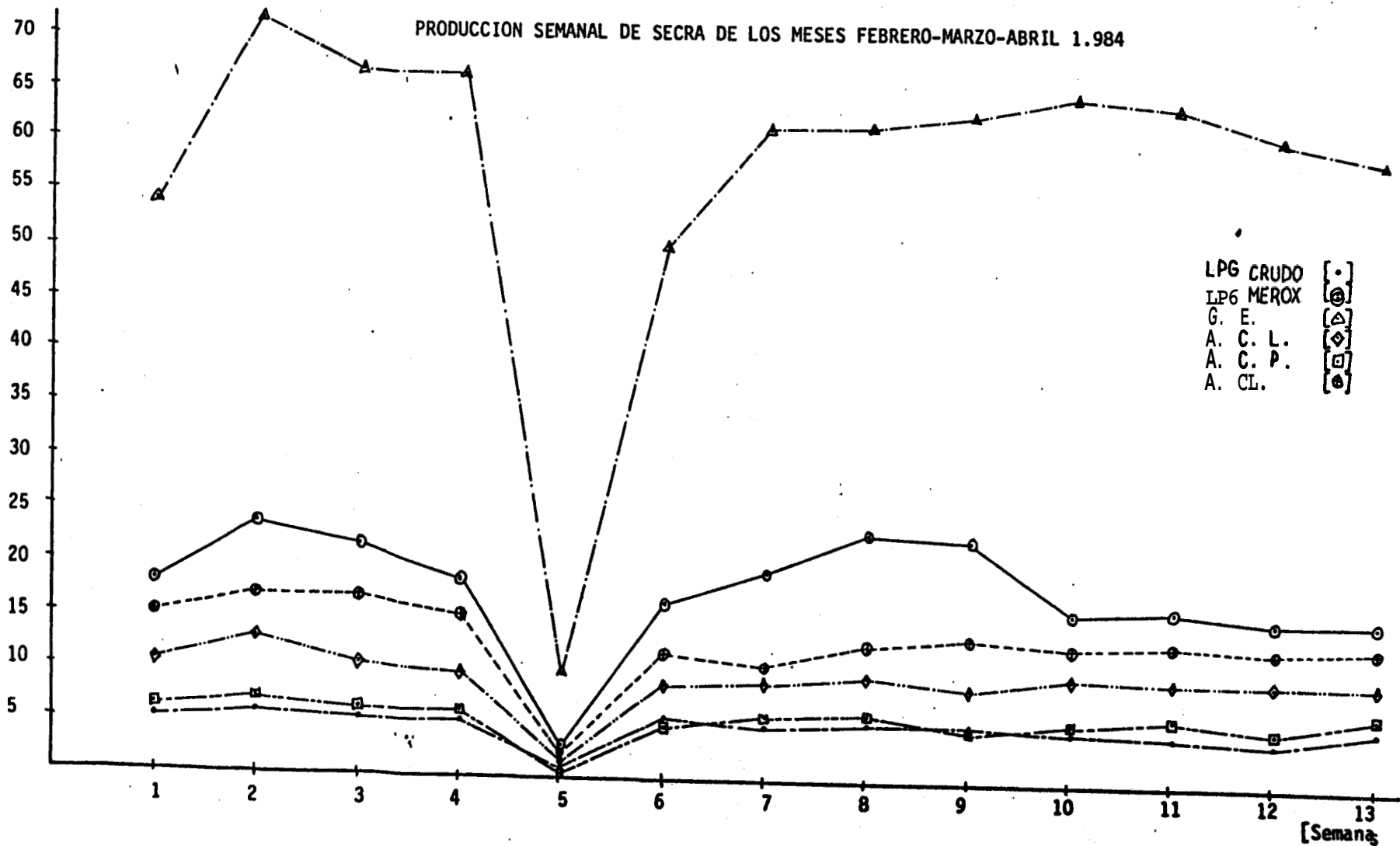


FIG. Nº 29

PRODUCCION SEMANAL DE VACIO DE LOS MESES FEBRERO-MARZO-ABRIL 1.984



PRODUCCION SEMANAL DE SEGRA DE LOS MESES FEBRERO-MARZO-ABRIL 1.984



ensayados, y poder recoger así con seguridad el material más conveniente.

En la tabla X se da el costo de los materiales desglosado; en la tabla XI se da el costo total de los materiales, y en la tabla XII se da el costo total, por cualquier material incluido, la mano de obra directa e indirecta.

6 Producción

En esta parte se hace un estudio de la producción semanal, mensual y trimestral de la producción de la unidad de vacío.

En la tabla XIII se muestra la producción semanal de la unidad de vacío desde el mes de Febrero al mes de Mayo del año 1.984. En la tabla XVI se da la producción promedio diaria de vacío para éstos meses.

En la tabla XIV se muestra la producción semanal de SECRA desde el mes de Febrero hasta el mes de Mayo del año 1.984. Y en la tabla XVII se da la producción promedio diaria de SECRA para éstos meses.

En la tabla XV se muestra el valor de los productos que se obtienen de la unidad de vacío, en la tabla XVIII se

indica el costo diario de la producción de vacío, para así conocer lo que se pierde por dejar de producir un día.

En las figs. 29 y 30 se observa la producción semanal de vacío y de SECRA.

TABLA X

COSTO DE MATERIALES DESGLOSADOS

MATERIALES	CEDULA	TUBERIA						C O D O S				
		∅ 3" (\$/m)	CANT. (m)	∅ 4" (\$/m)	CANT. (m)	6" (\$/m)	CANT. (m)	∠ °	∅ 3" (\$/m)	CANT. (un.)	∅ 4" (\$/m)	CANT. (un.)
A53	40	427.13	18	624.26	30	341.3	0.3	45°	976.34	4	3163.88	2
A335 P-11	40	9560.25	18	30847.31	30	4610.56	0.3	45°	2783.47	4	318Q.58	2
A335 P-5	40	14086.67	18	15940.56	30	5246.39	0.3	45°	4138.13	4	5578.12	2
A312 TP 304	40	15984.87	18	17041.37	30	6935.71	0.3	45°	6200.30	4	7830.10	2
Ni Resist	40	99000.60	18	42700.40	30	907.00	0.3	45°	5204.10	4	2230120	2

TABLA X (continuación)

MATERIALES	REDUCCIONES				BRIDAS				SOLDADURA			
	6"x3" (\$)	CANT. (un.)	6"x4" (\$)	CANT. (un.)	∅3" (\$)	CANT. (un.)	∅4" (\$)	CANT. (un.)	ELECTR. #	" pulg.	\$/Kg (\$)	CANT. (Kg)
A53	200	4	250	2	650	2	900	4	E-6011 ES01 1	1/8	396.16	16
A335 P-11	745	4	900	2	1830	2	2470	4	E8016-B2	1/8	2710.47	16
A335 P-5	1640	4	1730	2	3235.21	2	3882.42	4	E309-16	1/8	5040.31	16
A312 TP 3Q4	1820	4	1985	2	4091.73	2	5672.42	4	INCONEL	1/8	8345.05	16
Ni Resist	1000	4	1375	2	1177.50	2	1290	4	E309-16	1/8	5040.31	16

TABLA XI

COSTO TOTAL DE MATERIALES

MATERIAL	TUBERIA	CODOS	RED	BRIDAS	SOLDADURA	TOTAL
A-53	24391.88	6233.12	1300	4400	6336	42661.00
A-335 P-11	486669.64	17487.04	4780	12260	43367.52	564564.20
A-335 P-5	714776.57	27708.76	10020	20705.68	80644.96	853855.97
A-312 TP 3Q4	792426.47	40461.40	11250	30911.76	133520.80	1'008570.43
Ni Resist	142,608	7434.3	6750	7290	80644.96	179082.3

TABLA XII

C O S T O T O T A L

MATERIAL	COSTO DE MATERIALES	M.O. DIRECTA	M.O. INDIRECTA	COSTO TOTAL
A-53	42,661 ,00	42134.4	8.250 ,00	93045.40
A-335 P-11	564.564,20	42134.4'	8.250,00	614948.60
A-335 P-5	853.855,97	42134.4	8.250,00	904240.37
A-312 TP 304	1'008,570,43	42134.4	8.250,00	1'058954.83
Ni Resist	179,082,30	42134.4	8.250 ,00	229466.70

TABLA XIII

PRODUCCION SEMANAL VACIO (B/D)

PRODUCTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G.O.L.	1821.2	1112.9	2324.0	1765.7	2148.5	1542.3	1499.0	366.0	158.5	1420.6	1520.4	1500.2	1440.3
G.O.P.	8085.3	6866.2	7623.4	6209.2	7708.0	6977.1	7934.7	7083.8	7285.9	7415.3	7620.8	7738.3	7345.2
F.V.A.	1609.1	1110.3	1346.5	1202.4	3209.3	339.5	255.8	598.9	577.5	701.2	631.4	653.0	672.7
F.V.F.O.	1865.2	1710.1	464.3	3490.7	2276.4	6918.8	686Q.6	1593.2	2366.1	2248.2	2236.1	2348.2	2151.6
F.V.V.	9439.3	8177.1	9545.1	8240.5	9568.0	2740.6	4558.1	7194.9	8154.8	8758.4	8160.9	8920.3	9005.3
F.V.T.	3497.4	2281.8	3302.4	1621.7	1891.7	2735.2	2724.0	2354.5	403.1	1630.9	1733.1	1881.8	1479.3
% PRODUCCION	88.90	79.28	85.83	77.24	87.03	77.01	95.39	69.61	67.63	80.85	8Q.55	75.80	85.70

TABLA XIV

PRODUCCION SEMANAL SECRA (B/D)

PRODUCPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	12	33
LPG CRUD.	538,3	600,3	570,7	545,9	77,42	570,9	527,1	552,1	503,5	501,2	463,3	421,3	542,8
LPG REF.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LPG MEROX 3QQ	1818.8	2428.7	2276.9	1883.9	291.37	1738.9	2006,2	2378.3	2374,4	1650,6	1703,8	1663.1	1610.6
GAS. EST.	5480.5	7292.6	6737.5	6765,0	986.05	5138,0	6280.4	6285.4	6382,0	6631,6	6470,1	6268.1	6062.8
A. C. L.	1041,1	1330,7	1074,7	982,0	352.9	858.4	945.3	1005,7	919,1	1001,2	972,8	980,1	992,3
A.C.P.	615,1	733.9	621.1	578,9	94.9	537,2	661,0	595,2	501.3	535,5	635.4	561.7	670,8
A. C.	1504,3	1951,4	3737.7	1550.3	207.9	1230,6	1112,2	1290,0	3378.Q	3320.1	1358,1	1301,9	1338,3

TABLA XV

LISTA DE PRECIOS DE DERIVADOS DEL PETROLEO

Precios internacionales del Petróleo Junio 184

MDO = Diesel	S/. 3265,26/Barril
int. Fuel Oil 2500	" 2506,58/Barril
Int. Fuel Oil 1500	" 2554,00/Barril

PRECIOS NACIONALES RUTA INTERNACIONAL ABRIL-JUNIO/84

	PRECIO BASE	PRESTACION DE SERVICIOS	6% ITM INTERNACIONALES	PRECIO TOTAL
Diesel	834,12/Barril	2.25	47.88	884,25.
Bunker	511,14/Barril	2.25	34.86	548.25
F.O. 2500	524,06/Barril	2.25	35.38	561.69
F.O. 1500	543,44/Barril	2.25	36.16	581.85

TABLA XVI

PRODUCCION PROMEDIO DIARIA DE VACIO

Producto	t/d
G.O.L.	1473.69
G.O.P.	7458.75
F. de V. a AMF	1776
F. de V. a F. O.	3295.57
F. de V. a Vial	8173.19
F. de V. a Tanques	2018.96

TABLA XVII

PRODUCCION PROMEDIO DIARIA DE SECRA

Producto	E/D
L.P.G. de Crudo	537.92
L.P.G. de Merox 300	1648.34
Gasolina	6318.84
A.C.L.	1007.60
A.C.F.	603.70
A.C.I.	1466.10

TABLA VIII

COSTO DIARIO DE LA PRODUCCION DE VACIO

<u>Productos de Vacio</u>	<u>QAD</u>	<u>\$/E</u>	<u>Total</u>
Fuel Oil	8932.44	2554.00	22'813451.76
Gasol Ina	6318.84	1205.40	7'616729.73
Airfil tot	872.73	612.60	534634.40
* F G de Mer: 1300	1648.34	728.52	1'200848.66
			32'165664.55

* venta en Kg.

CAPITULO 6

DISCUSION Y ANALISIS DE RESULTADOS

Ensayos de pérdida de peso

La observación a simple vista de la superficie del material que se prueba, es el método más racional, sencillo y consecuentemente, el más empleado. De este tipo de observación hemos establecido lo siguiente:

En la fig. 52 se observa los cupones del material A (acero A-53 Gr. B), los cupones son A1, A2, A3 y A4 respectivamente y corresponden a tiempos de 15, 30, 40 y 50 días respectivamente.

A1. Presenta corrosión por erosión y picaduras en bordes, el promedio del diámetro de las picaduras es de 0.3-0.4 mm.

A2. La erosión es más pronunciada en los bordes y superficie del cupón, las picaduras tienen diámetro entre 0.3-0.5 mm.

A3. El ataque es generalizado por erosión, se observa una

superficie alisada y hay pérdida de espesor visible.

A4. Fuerte ataque por erosión en los bordes, las picaduras son en menor número, pero de diámetro entre 0.5-0.6 mm.

En la fig. 53 se presenta el material B (acero A335 P-11), los tiempos de exposición siguen como en el material anterior.

B1. Tiene ciertas picaduras en la parte inferior del cupón y en las regiones cercanas a los bordes.

B2. El número de picaduras aumenta con relación al anterior, promedio de las picaduras es de 0.2-0.4 mm.

B3. Se observa desgaste por erosión y las picaduras aumentan de diámetro, 0.4-0.5 mm.

B4. El número de picaduras aumenta de diámetro, 0.5-0.6 mm; hay erosión en parte inferior del cupón.

En la fig. 54 se tiene el material C (acero A-335 P-5). Los cupones C1, C3, C4 y C2; son de 15, 30, 40 y 50 días respectivamente.

C1. Presenta ciertas picaduras en parte cercana al agujero; el resto de la superficie no presenta efectos de

corrosión.

C3. Posee picaduras en los bordes; diámetro aproximado 0.1-0.2 mm.

C4. También presenta picaduras en los bordes; diámetro entre 0.3-0.4 mm.

C2. Fuerte ataque por picaduras; diámetro entre 0.5-0.7 mm.

En la fig. 55 se tiene al material D (acero A-312 tipo 304). Todos los cupones muestran una experiencia excelente, no presentan picaduras ni erosión, han resistido bien a los ensayos.

En la fig. 51 se encuentra el material E (Ni-Resist, tipo B), éstos cupones solo presentan ligero ataque de erosión, no presentan picaduras, han resistido al ensayo.

Ensayos de dosificación de neutralizante a diferentes Ph

En el apéndice A se indica que para tener un Ph = 7 es necesario utilizar una dosificación de 1.5 Lt/h. de neutralizante Nalco 192 con lo que la velocidad de corrosión disminuye en un gran margen. El ensayo se lo ha realizado para un tiempo de 504 h.

Fig. 57 se observa el material A, los cupones son A7 y A8 para Ph entre 4, 5, 6 y 7 de nivel de acidez.

A5. Presenta fuerte ataque por erosión y por picaduras, se observa que hay pérdida de espesor considerable.

A6. Se mantiene la condición del anterior cupón.

A7. El número de picaduras disminuye y la erosión se atenúa en forma bien definida.

A8. El nivel de picaduras es mínima pero en cuanto a la erosión se observa ciertas regiones atacadas (parte inferior).

En la fig. 58 se tiene a los cupones del material B, para Ph de 4, 5, 6 y 7.

B5. Este cupón presenta fuerte ataque por picaduras y erosión en la parte inferior. Las picaduras tienen un promedio de 0.6-0.7 mm.

B6. Este cupón presenta picaduras y erosión en partes inferior y bordes. Las picaduras tienen un diámetro aproximado de 0.4-0.6 mm.

B7. Se observa una disminución de las picaduras, en cuanto a la erosión se mantiene ésta en los bordes y parte inferior.

B8. La superficie del cupon es menos atacada por picaduras, su promedio esta entre 0.2-0.3 mm.

En la fig. 59 se tiene a los cupones del material C, el orden es el siguiente: C8, C6, C5 y C7, para Ph de 4, 5, 6 y 7, respectivamente.

C8. Se observa presencia de picaduras en la superficie del cupón, erosión leve en bordes del mismo.

C6. Presenta picaduras en la parte superior y bordes del cupón, el promedio es de 0.2 mm, cierto desgaste por erosión en la parte central del cupon.

C5. Este cupón tiene picaduras en la parte central del mismo, y erosión en los bordes.

C7. Se observa que el índice de picaduras ha disminuído considerablemente, la erosión está presente en parte inferior del mismo.

En la fig. 60 se tienen los cupones del material D; éstos

cupones no han sufrido ataque ni por erosión, ni por picado.

3 Ensayos de recubrimientos orgánicos

Las piernas barométricas fueron pintadas con dos tipos de pinturas: Hempalin Red Lead 1237 de fondo y Hempalin 5157 de acabado; la otra es Hempel's Galvosil 1561 de fondo y de acabado la Hempatex Enamel 5636.

Después de una observación de 3 meses se tiene que la primera se encuentra en buenas condiciones, pero la segunda ha empezado a descascarse debido a que la temperatura de funcionamiento es máxima de 60°C, entonces se concluye que la primera es la mas conveniente y a su vez la mas económica.

4 Ensayos de tracción

En estos ensayos se utiliza un cupón de prueba que no ha sido ensayado en el medio, tenemos que en el material A se tienen los mayores porcentajes de caída de la tracción, así tenemos:

A1 en 11.3 %.

A2 en 11.7 %.

A3 en 12.3 %.

A4 en 16.5 %.

B1 en 11.6 %.

B2 en 12.0 %.

B3 en 12.5 %.

B4 en 13.9 %.

C1 en 0.5 %.

C2 en 6.9 %.

C3 en 7.2 %.

C4 en 7.6 %.

Los cupones del material D mantienen sus propiedades sin ninguna variación, el porcentaje de caída de la tracción es cero.

6.5 Analizador de carbono y azufre

Este instrumento indica si los materiales utilizados tiene la composición química que se dá en las especificaciones.

Estos ensayos se realizaron para corroborar las especificaciones de composición química de la tabla VII

Material	% C	% S
A	0.2877	0.0477
B	0.1434	0.0265
C	0.1407	0.0222
D	0.0834	0.0274
E	* 2.5000	0.1315

* Límite máximo del rango de trabajo del equipo.

6 Análisis Metalográficas

Para evaluar los efectos de permanencia de los materiales en el fluido, se realizaron observaciones en la sección transversal de las muestras, en las zonas aledañas a los bordes.

En las figuras 31, 32, 33 y 34 se tiene la microestructura del acero A-53, sometidas a 15, 30, 40 y 50 días respectivamente, el material está constituido por una matriz de ferrita y perlita.

En la primera observamos una zona en la cual hay desprendimiento en los límites del metal, los cuales son el inicio del ataque corrosivo; en la fig. 32 se presenta

un desgaste por erosión en los bordes; siguiendo la secuencia tenemos que a los 40 días de exposición el material presenta fallas por erosión, pero su estructura esta invariable; a los 50 días de exposición el material presenta fallas de picaduras y erosión, se establecen productos de corrosión.

Las figuras 35, 36, 37 y 38 pertenecen al acero A-335 F-11 sometidas a 15, 30, 40 y 50 días respectivamente, el material tiene una microestructura conformada por una matriz de ferrita y perlita, pero mayor cantidad de perlita que en el material anterior.

En la fig. 35 se observa el inicio de una picadura; a los 30 días de exposición el número de picaduras se a multiplicado, pero su microestructura sigue invariable; la fig. 37 indica ataque por erosión, al cumplir los 50 días de exposición se observa que continúan desarrollandose las picaduras, no hay cambios en la microestructura.

Las figuras 39, 40, 41 y 42 pertenecen al acero A-335 F-5, su microestructura esta formada por una matriz de ferrita y carburos de aleados.

La fig. 39 muestra el inicio de una picadura, en la fig. 40 se observa el desarrollo peligroso de una picadura, a los 40 días de exposición se establecen productos de

corrosión, además se ha iniciado la destrucción estructural, por último en la fig. 42 se observa el desarrollo de las picaduras y es más notoria las alteraciones en la microestructura.

Las figuras 43, 44, 45 y 46 muestran la microestructura del acero inoxidable tipo 304, su matriz es austenítica, éstas no han sufrido cambios en su microestructura, ni en los bordes.

Las figuras 47, 48, 49 y 50 muestran la microestructura de la fundición gris austenítica tipo 2, su matriz está constituida por austenita con láminas de grafito y lagunas de carburo de calcio, micelas circulares de sulfuro de manganeso, este material no tiene cambios en su microestructura.



Nital 3%

x200

Fig. N° 31.- Estado de la microestructura del acero al carbono A-53 sometido a ensayo de pérdida de peso 15 días.



Nital 3%

x200

Fig. N° 32.- Estado de la microestructura del acero al carbono A-53 sometido a ensayo de pérdida de peso 30 días.



Nital 3%

x200

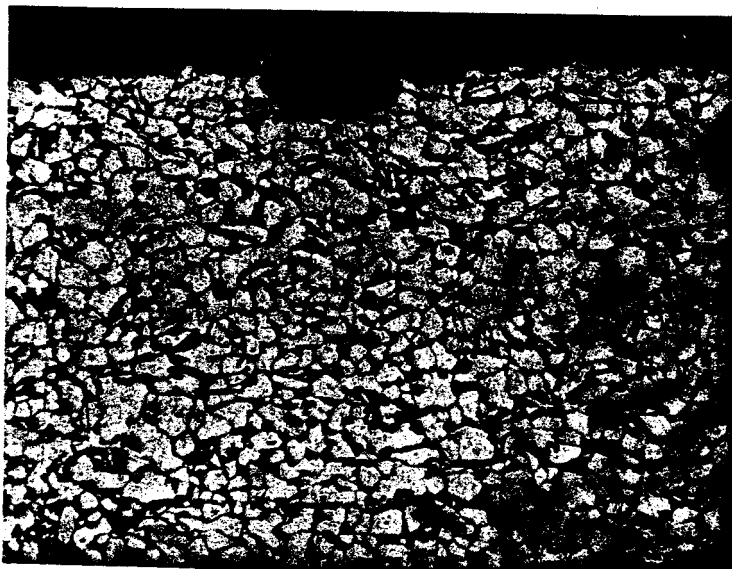
Fig. N° 33.- Estado de la microestructura del acero al carbono A-53 sometido a ensayo de pérdida de peso 40 días.



Nital 3%

x200

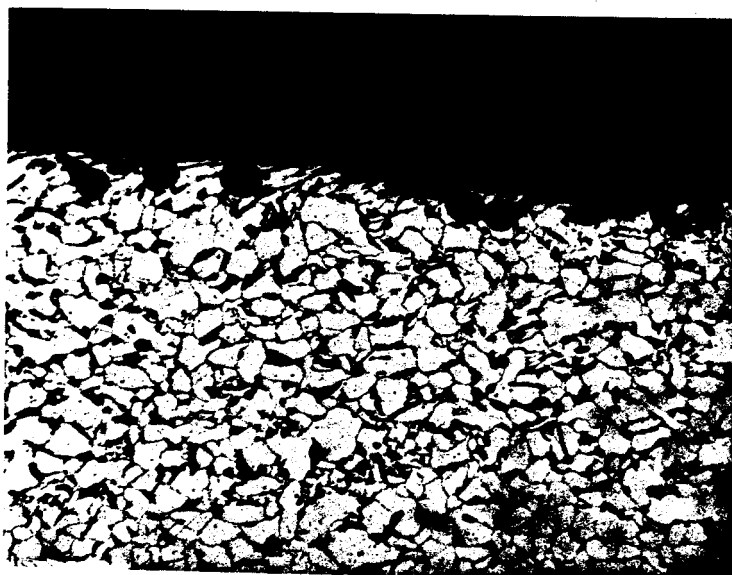
Fig. N° 34.- Estado de la microestructura del acero al carbono A-53 sometido a ensayo de pérdida de peso 50 días.



Nital 3%

×200

Fig. N^o 35.- Estado de la microestructura del acero A-335 P-11 sometido a ensayo de pérdida de peso 15 días.



Nital 3%

×200

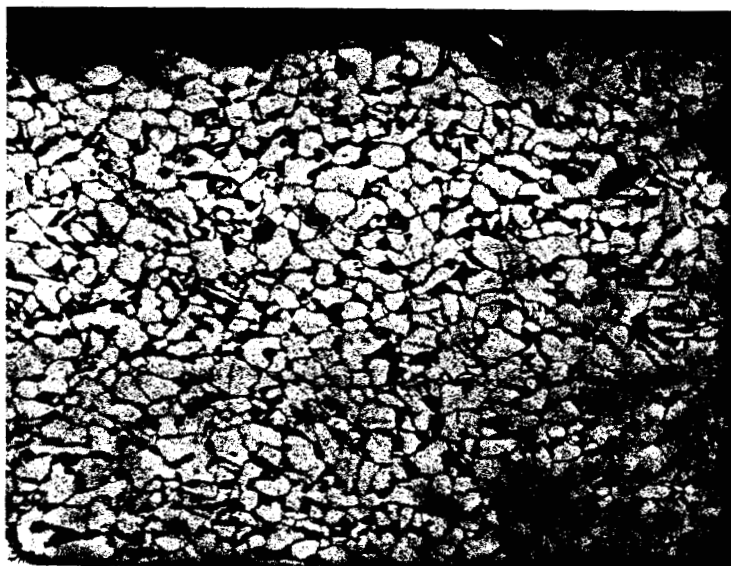
Fig. N^o 36.- Estado de la microestructura del acero A-335 P-11 sometido a ensayo de pérdida de peso 30 días.



Nital 3%

x200

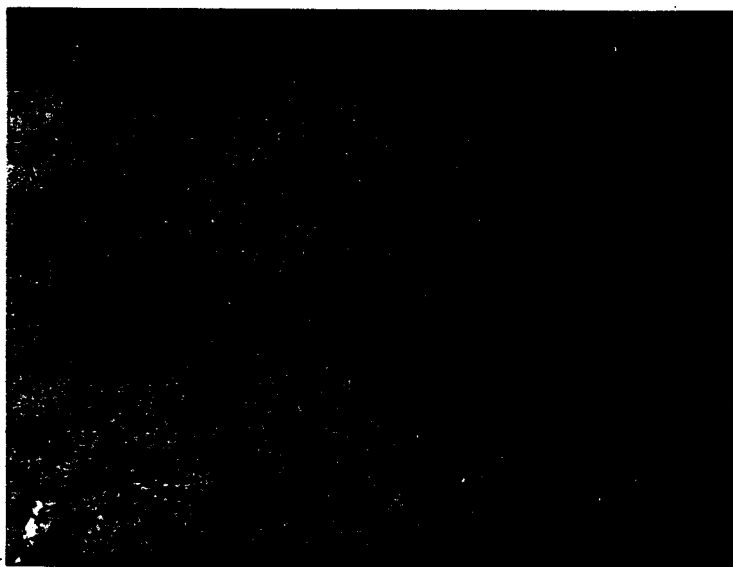
Fig. N° 37.- Estado de la microestructura del acero A-335 P-11 sometido a ensayo de pérdida de peso 40 días.



Nital 3%

x200

Fig. N° 38.- Estado de la microestructura del acero A-335 P-11 sometido a ensayo de pérdida de peso 50 días.



Nital

x200

Fig. N° 39.- Estado de la microestructura del acero A-335 F-5 sometido a ensayo de pérdida de peso 15 días.



Nital

x200

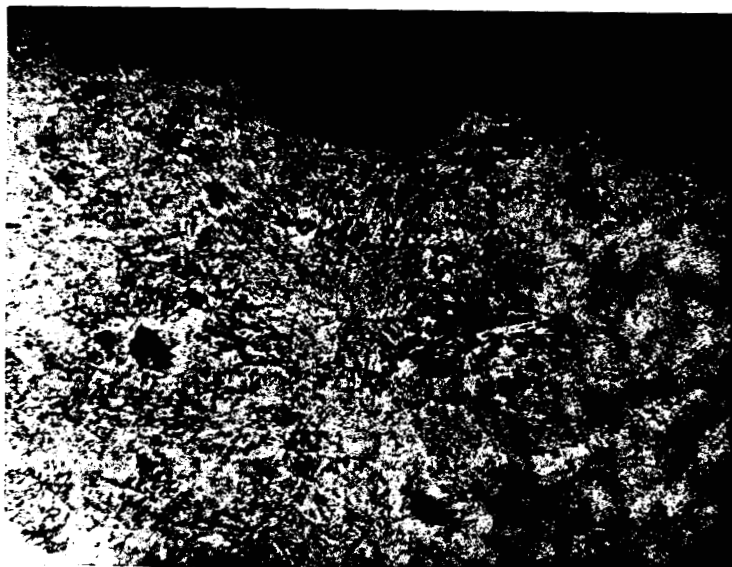
Fig. N° 40.- Estado de la microestructura del acero A-335 F-5 sometido a ensayo de pérdida de peso 30 días.



Nital

x200

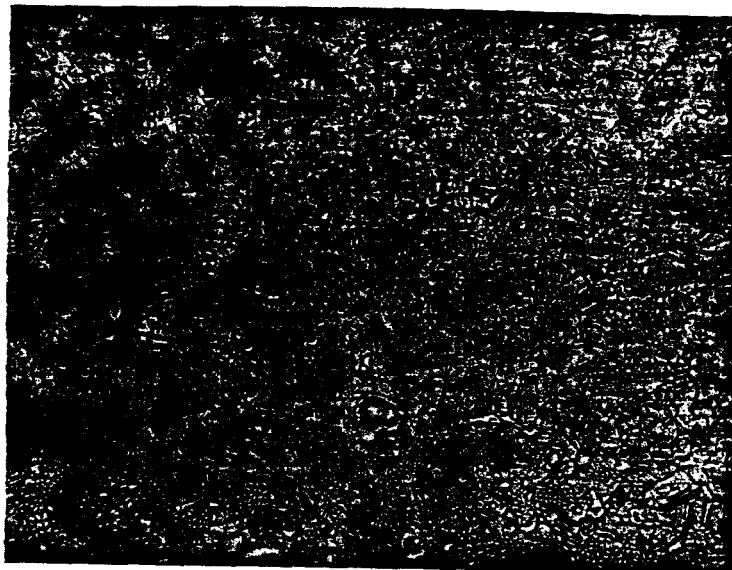
Fig. N° 41.- Estado de la microestructura del acero A-335 P-5 sometido a ensayo de pérdida de peso 40 días.



Nital

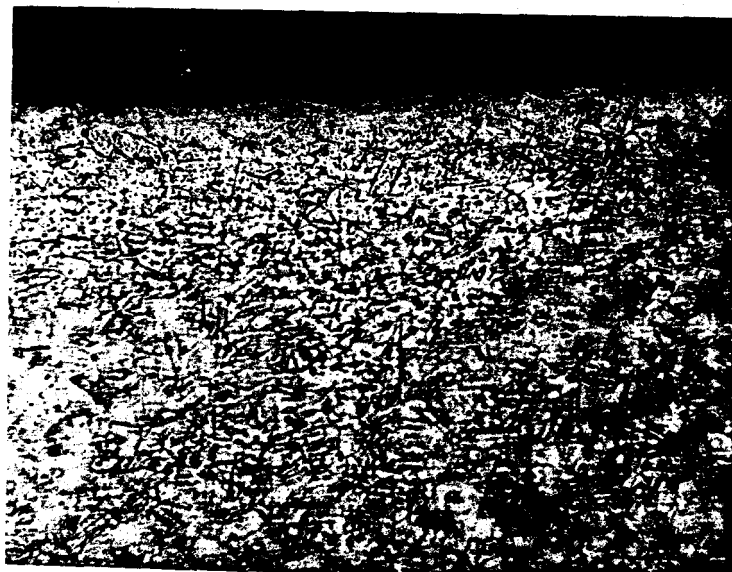
x200

Fig. N° 42.- Estado de la microestructura del acero A-335 P-5 sometido a ensayo de pérdida de peso 50 días.



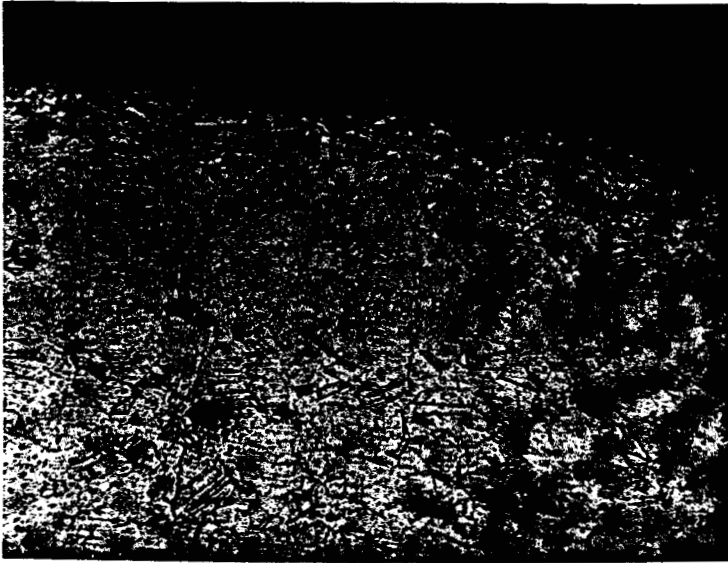
HN03-Acetic-HCl-Glicerol x200

Fig. N^o 43.- Estado de la microestructura del acero A-312 tipo 304 sometido a ensayo de pérdida de peso 15 días.



HN03-Acetic-HCl-Glicerol x200

Fig. N^o 44.- Estado de la microestructura del acero A-312 tipo 304 sometido a ensayo de pérdida de peso 30 días.



HNO3-Acetic-HCl-Glicerol x200

Fig. N° 45.- Estado de la microestructura del acero A-312 tipo 304 sometido a ensayo de pérdida de peso 40 días.



HNO3-Acetic-HCl-Glicerol x200

Fig. N° 46.- Estado de la microestructura del acero A-312 tipo 304 sometido a ensayo de pérdida de peso 50 días.



Picral

x200

Fig. N° 47.- Estado de la microestructura de la fundición gris austenítica sometida a ensayo de pérdida de peso 15 días.



Picral

x200

Fig. N° 48.- Estado de la microestructura de la fundición gris austenítica sometida a ensayo de pérdida de peso 30 días.



Picral

x200

Fig. N° 49.- Estado de la microestructura de la fundición gris austenítica sometida a ensayo de pérdida de peso 40 días.



Picral

x200

Fig. N° 50.- Estado de la microestructura de la fundición gris austenítica sometida a ensayo de pérdida de peso 50 días.

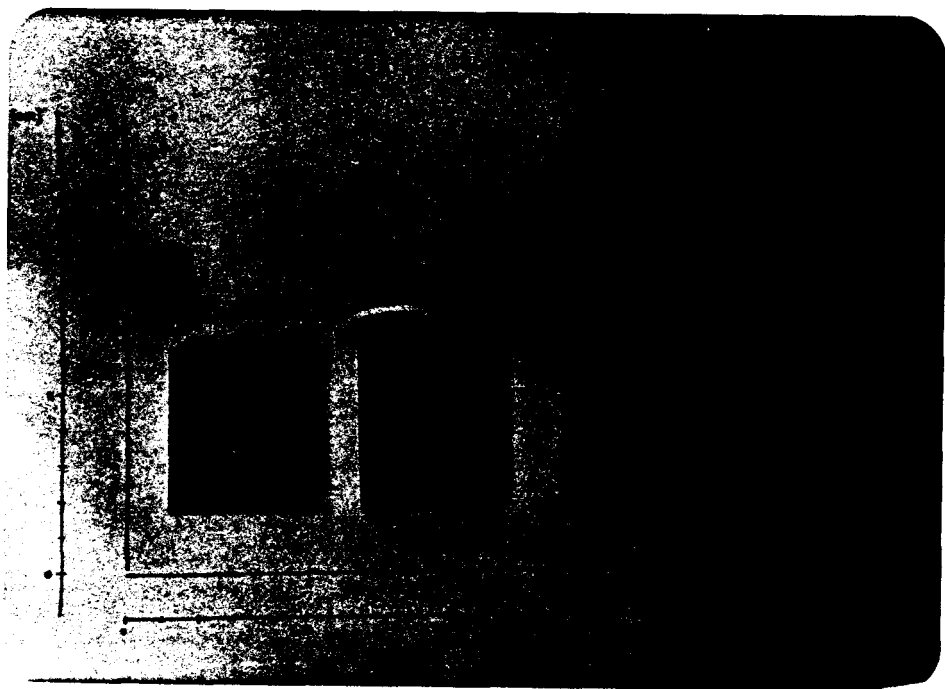


Fig. N° 51.- Estado de los cupones de la fundición gris austenítica sometida a ensayo de pérdida de peso 15, 30, 40 y 50 días respectivamente.

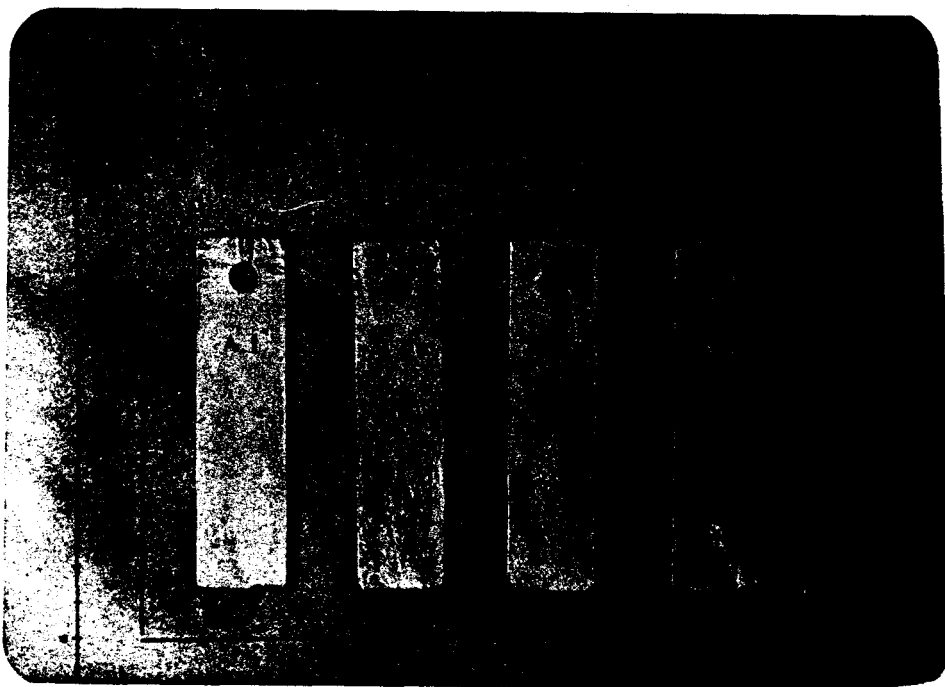


Fig. N° 52.- Estado de los cupones del acero A-53 sometido a ensayo de pérdida de peso 15, 30, 40 y 50 días respectivamente.

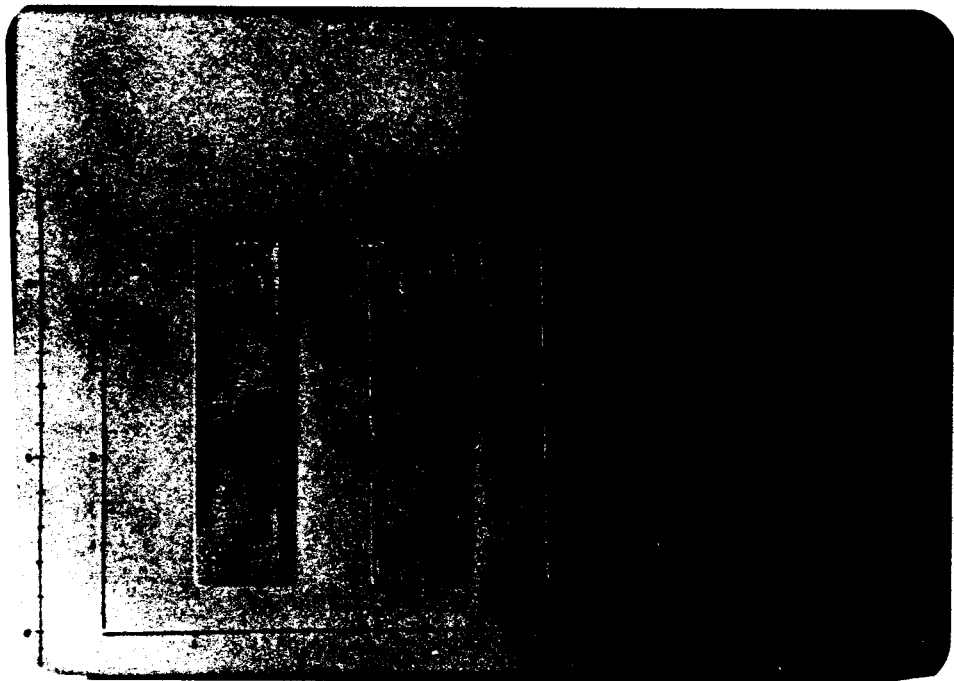


Fig. N° 53.- Estado de los cupones del acero A-335 P-11 sometido a ensayo de pérdida de peso 15, 30, 40 y 50 días respectivamente.

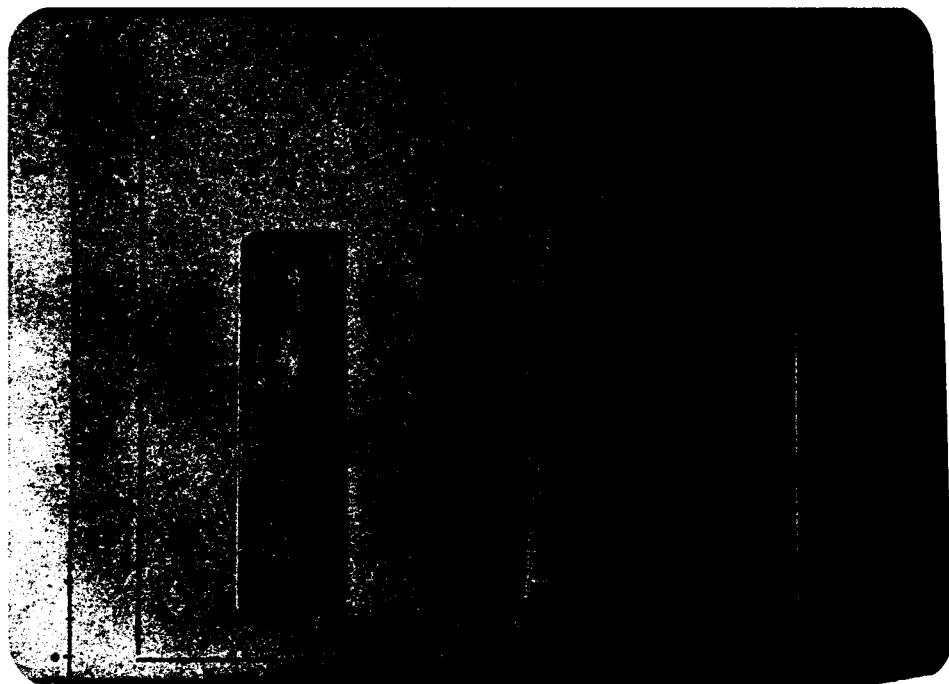


Fig. N° 54.- Estado de los cupones del acero A-335 P-5 sometido a ensayo de pérdida de peso 15, 30, 40 y 50 días respectivamente.

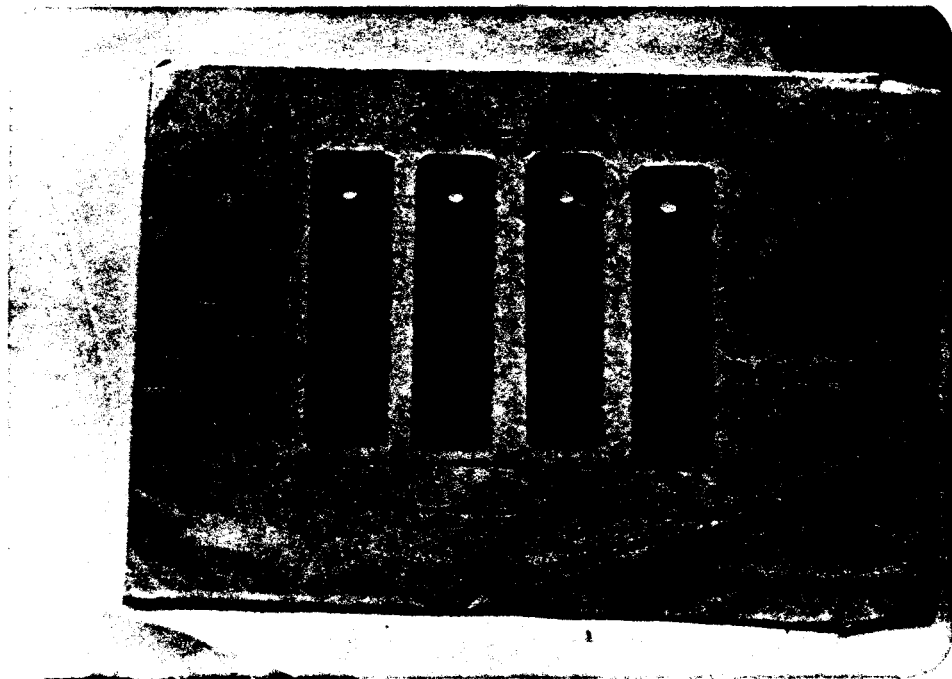


Fig. N° 55.- Estado de los cupones del acero A-312 tipo 304 sometido a ensayo de pérdida de peso 15, 30, 40 y 50 días respectivamente.

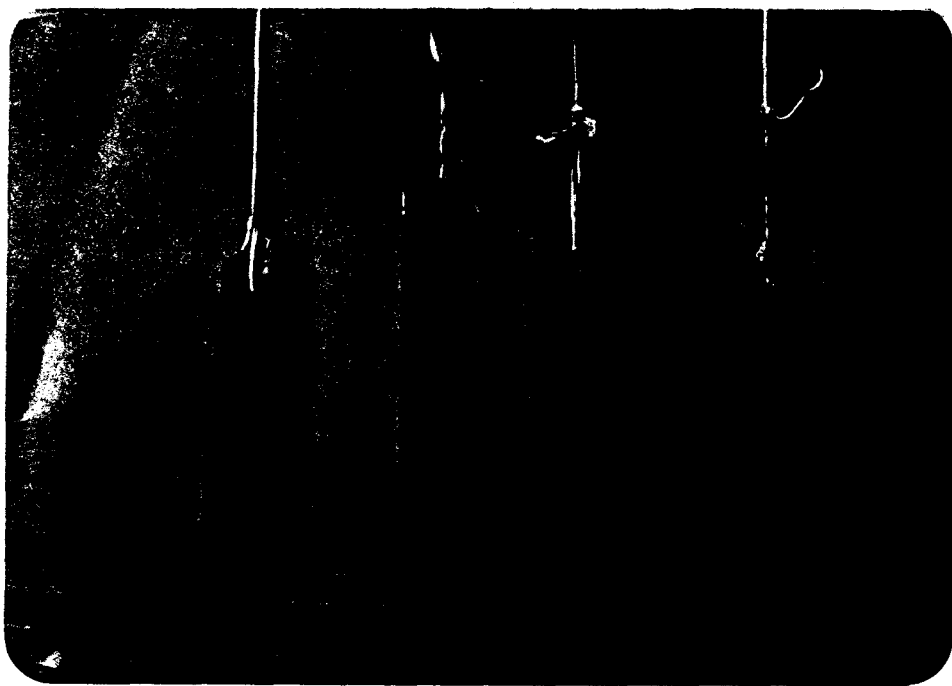


Fig. N° 56.- Estado de los cupones de los aceros A-53, A-335 F-11, A-335 F-5, A-312; sometidos a ensayo de pérdida de peso 50 días.

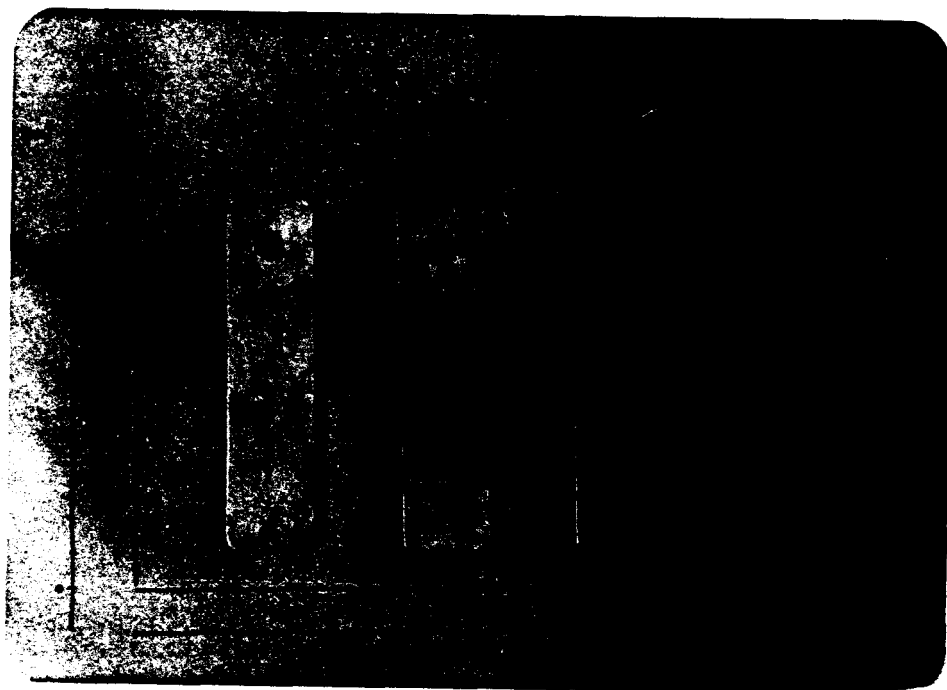


Fig. N° 57.- Estado de los cupones del acero A-53 sometido a ensayo de dosificación de neutralizante; a diferentes Ph; 4, 5, 6 y 7 respectivamente.

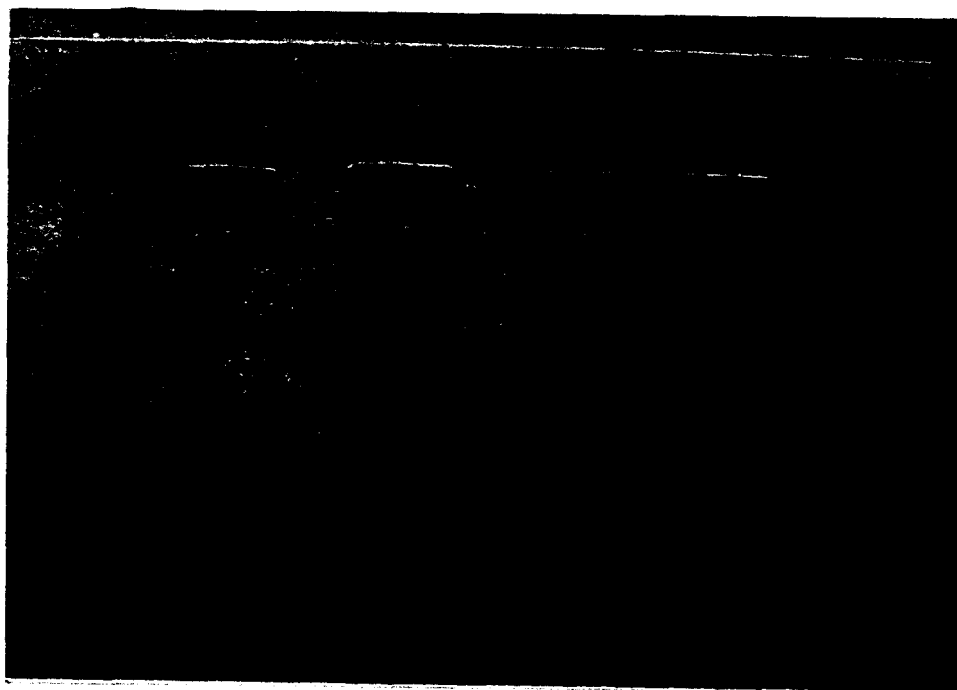


Fig. N° 58.- Estado de los cupones del acero A-335 P-11 sometidos a ensayo de dosificación de neutralizante; a diferentes Ph; 4, 5, 6 y 7 respectivamente.

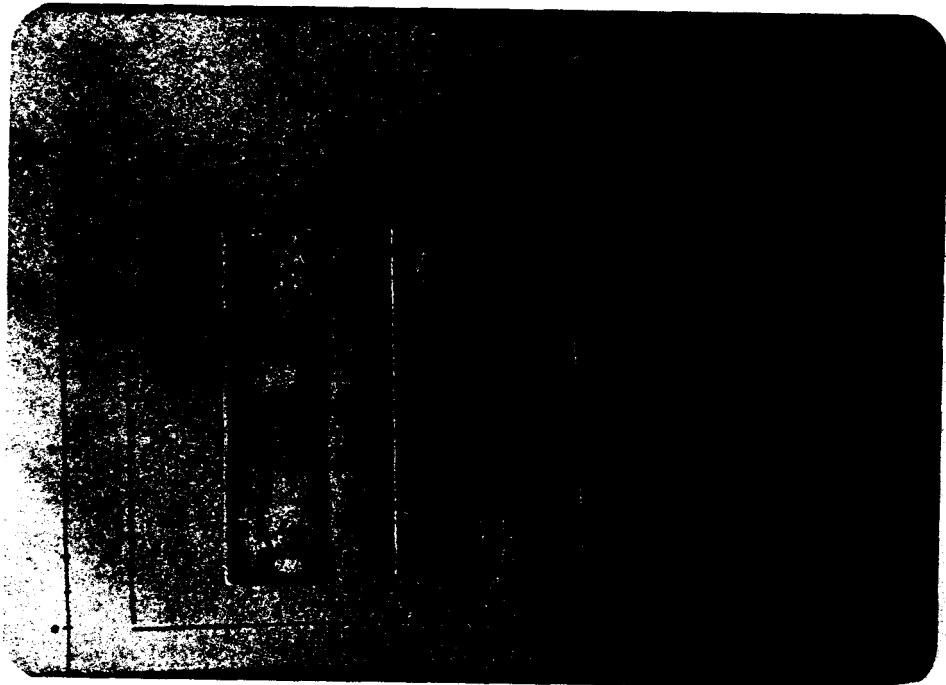


Fig. Nº 59.- Estado de los cupones del acero A-335 F-5 sometido a ensayo de dosificación de neutralizante; a diferentes Ph; 4, 5, 6 y 7 respectivamente.

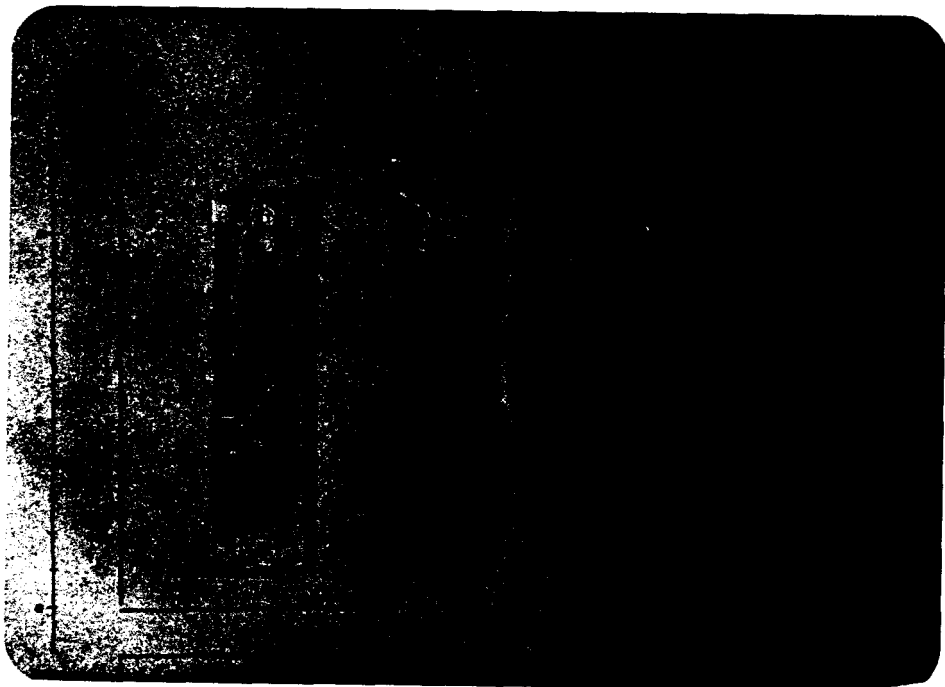


Fig. Nº 60.- Estado de los cupones del acero A-312 tipo 304 sometidos a ensayo de dosificación de neutralizante; a diferentes Ph; 4, 5, 6 y 7 respectivamente.



Fig. N^o 61.- Tubería de inyección de
del neutralizante Nalco 192.



Fig. N^o 62.- Columna de Vacío.

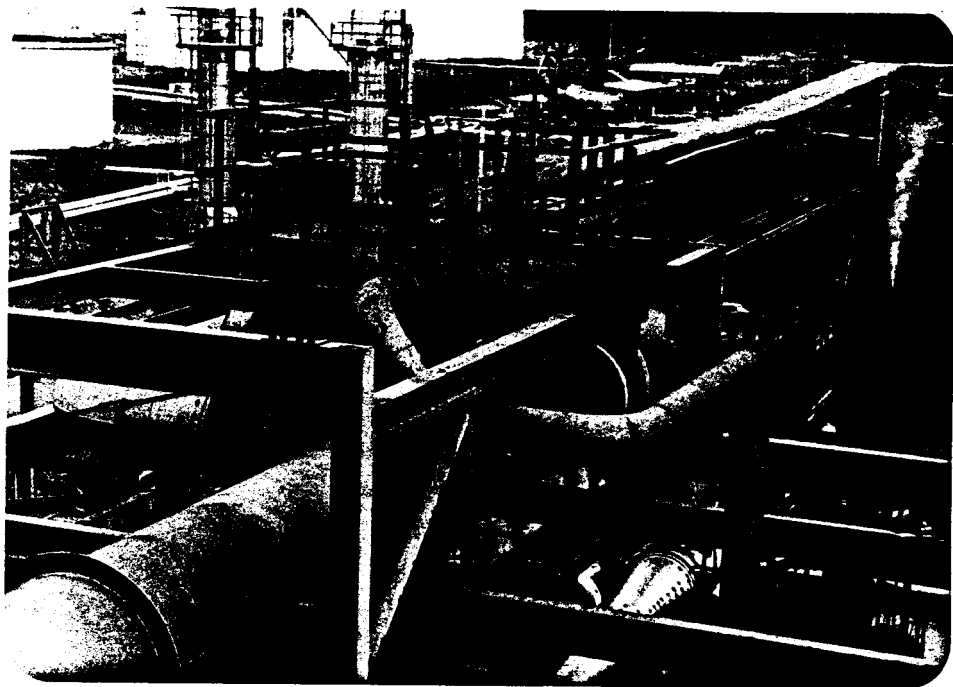


Fig. N° 63.- Bajante del domo de Vacío a los eyectores.

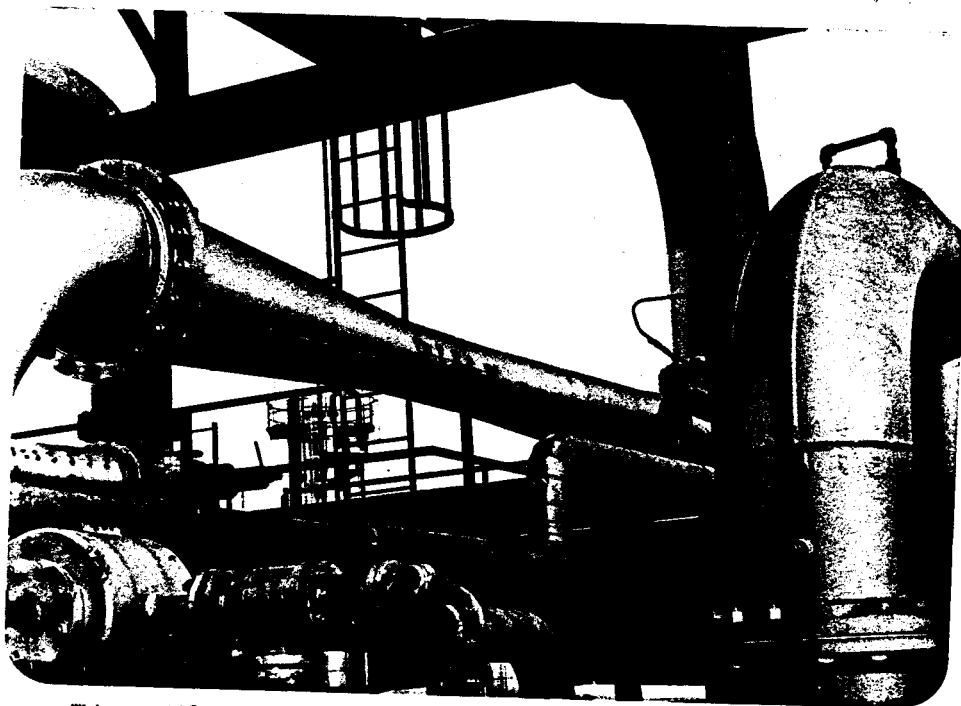


Fig. N° 64.- Primera etapa de Eyectores.

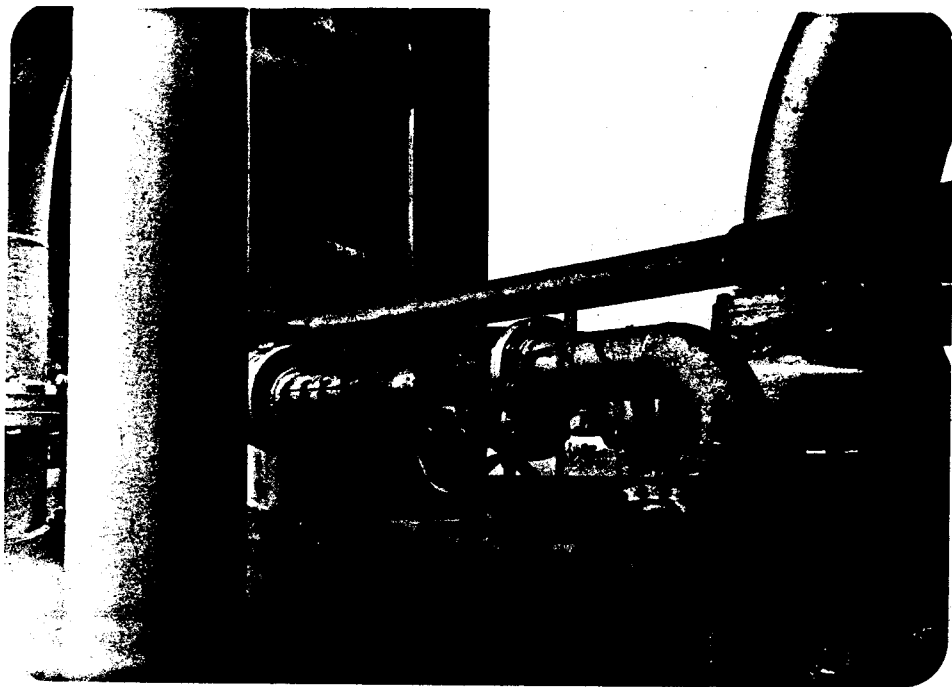


Fig. N° 65.- Segunda etapa de los Eyectores.

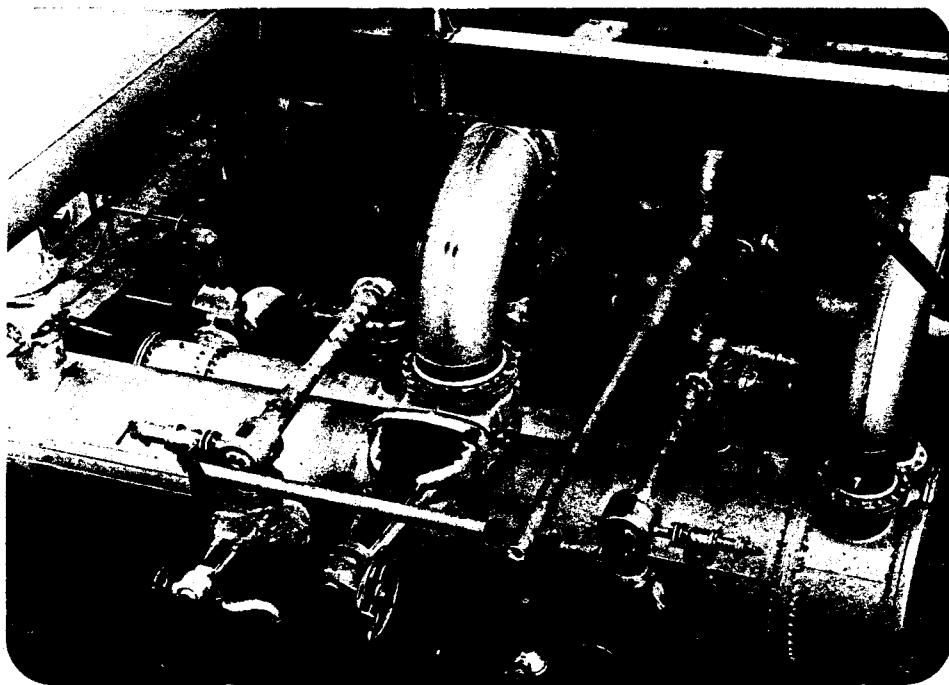


Fig. N° 66.- Tercera etapa de Eyectores e Intercondensadores.

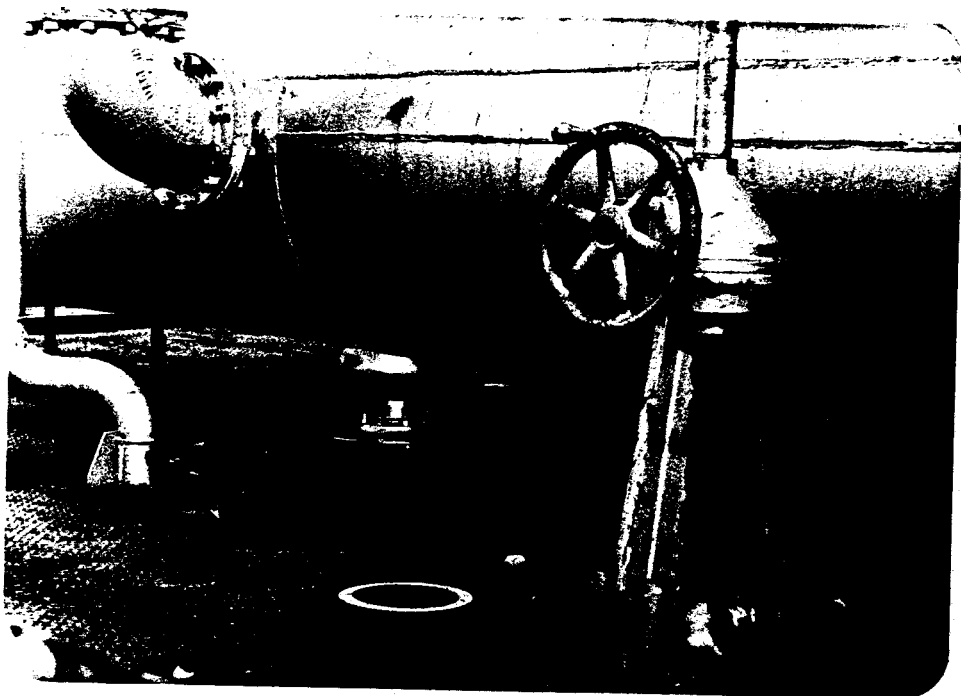


Fig. N° 67.- Brida de las Piernas Barométricas.

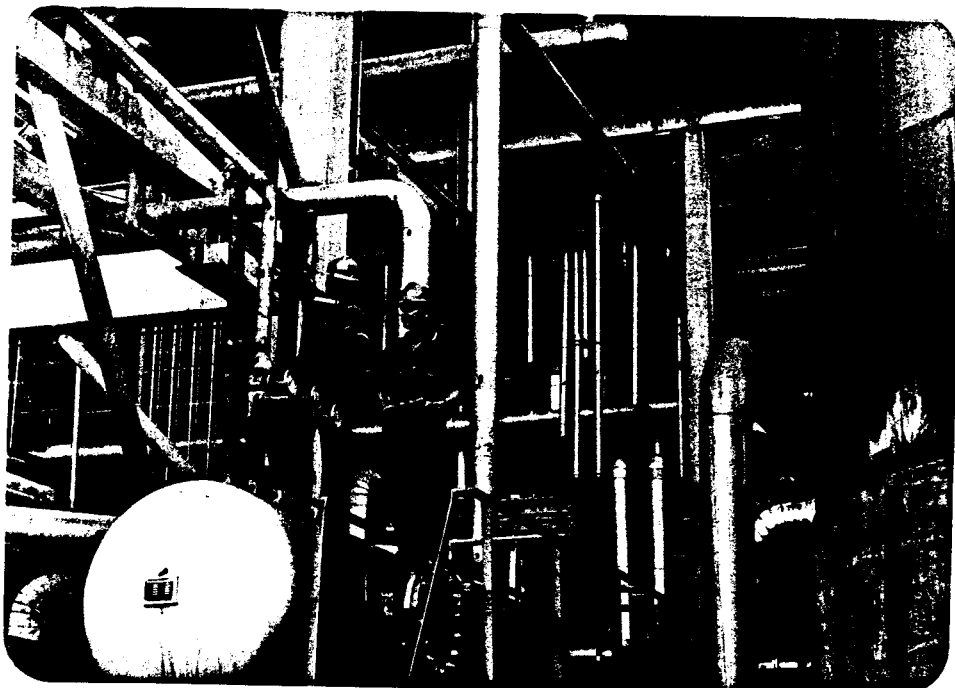


Fig. N° 68.- Medición de espesores.



Fig. Nº 69.- Piernas Barométricas.



Fig. Nº 70.- Piernas Barométricas
Parte superior.

TABLA XIX

ENSAYOS DE TRACCION DE CUPONES DE CORROSION

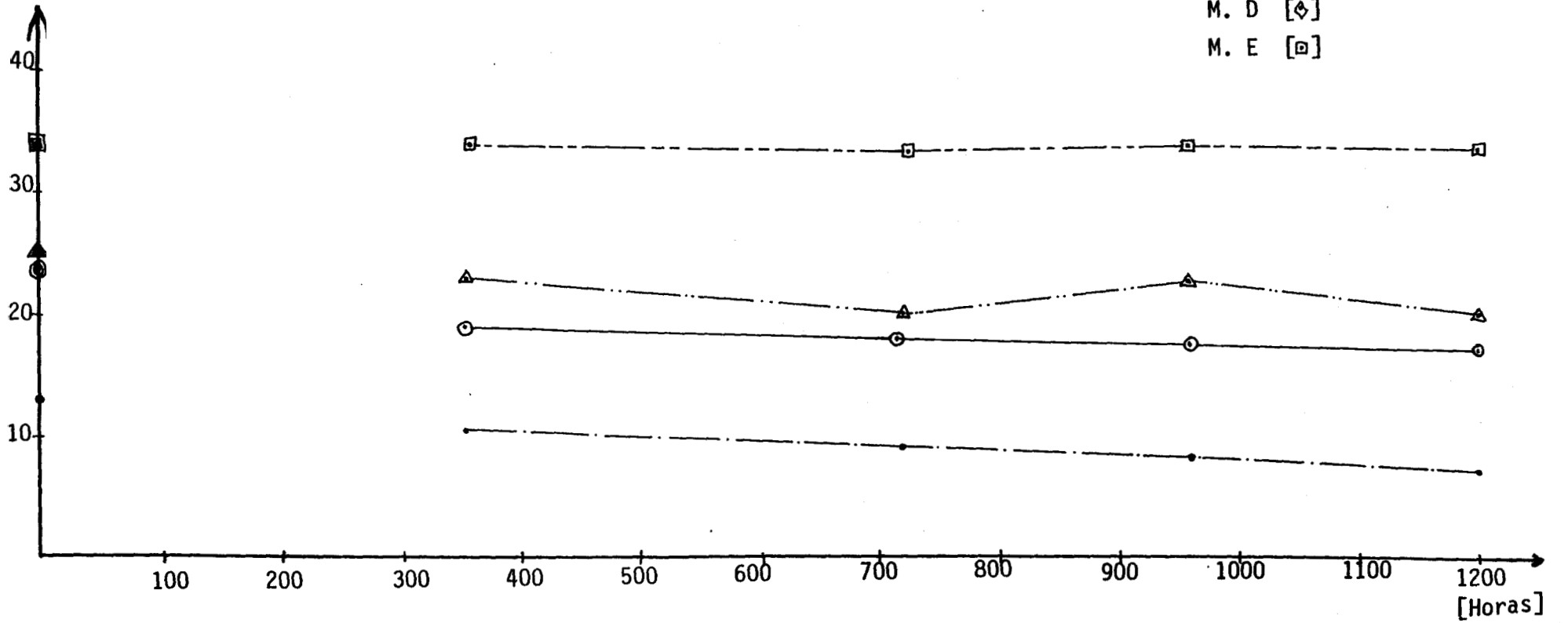
MATERIAL	RESISTENCIA A LA TRACCION	LIMITE DE FLUENCIA	% DE CAIDA DE LA TRACCION
	kg/mm ²	kg/mm ²	%
A3	30.7	23.5	11.3
A2	29.0	23.0	11.7
A3	28.8	25.0	11.9
A4	27.3	21.6	16.5
A*	32.7	25.5	
B1	38.8	23.5	11.6
B2	38.6	23.7	12.0
B3	38.3	19.1	12.5
E4	37.8	20.5	13.9
B*	43.0	22.0	0
C1	43.2	25.0	0.5
c2	40.4	24.3	6.9
c3	42.7	23.3	7.2
c4	40.2	23.8	7.4
C*	43.4	24.3	a
D1	54.0	23.3	0
D2	53.6	23.6	0
D3	53.8	23.7	0
D4	53.8	23.8	0
D*	53.6	23.0	0

* CUPON DE REFERENCIA

FIG. Nº 71

ENSAYOS DE TRACCION DE LOS CUPONES DE CORROSION vs. TIEMPO

M. A [•]
M. B [⊙]
M. C [△]
M. D [◇]
M. E [⊠]



CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

- 1.- El material actual (A-53), pierde su límite de seguridad para trabajar, en corto tiempo (su velocidad de corrosión es = 131.7 MPY), con lo cual se originan las paradas de la planta.
- 2.- El material A-312 tipo 304, presenta mayor resistencia a la corrosión por erosión, su velocidad de corrosión es 0.3 MPY; luego sigue la fundición gris austenítica con una velocidad de 15 MPY, lo cual se debe a sus elevados contenidos de níquel y cromo.
- 3.- Los recubrimientos más apropiados son el Hempalin Read Lead 1237 de fondo y el Hempalin 5157 de acabado con lo cual la corrosión atmosférica es controlada.
- 4.- La dosificación óptima del neutralizante Nalco 192 para llegar a un Ph igual a 7 es 1.5 Lt/h.
- 5.- Si se desea reemplazar al material actual los costos de los materiales son:

<u>Material</u>	<u>** Costo (\$)</u>
*A-53	\$ 93045.40
A-335 P-11	\$ 614948.60
A-335 P-5	\$ 904240.37
A-312 tipo 304	\$ 1'058954.83
Ni-Resist tipo 2	\$ 229466.70

* material actual.

** éstos costos incluyen al material, costo directo y costo indirecto.

6.- La producción promedio diaria en los meses de Febrero, Marzo y Abril de 1.984 fue de:

<u>Producto</u>	<u>B/D</u>
G.O.L.	1473.69
G.O.P.	7458.75
F. de V. a Asf.	827.76
F. de V. a F.O.	3295.57
F. de V. a Visb.	8073.19
F. de V. a Tanques	2018.96

7.- La parada de la planta ocasiona una pérdida de \$ 32'165664.55 por dejar de producir un día.

Recomendaciones

En base a las investigaciones que se llevaron acabo se puede establecer las siguientes recomendaciones.

- 1.- Se debe evitar en lo posible la parada de la planta debido al elevado costo de producción.
- 2.- Se recomienda el cambio del material A-53 al acero inoxidable A-312 tipo 304, o en su defecto, usar la fundición gris austenítica tipo 2, la cual es de fabricación nacional.
- 3.- La inyección de neutralizante debe de ser en forma contínuo e ininterrumpida.
- 4.- Se recomienda pintar las Piernas Barométricas con Hempalin Read Lead 1237 de fondo y Hempalin 5157 de acabado.

APENDICE A

Para controlar la corrosión en el sistema de vacío es necesario la modificación de las características del condensado con la adición de neutralizante.

Se tiene que el promedio de condensado es de 3276 Lt/h.

$$Q = VA \rightarrow V = Q/A$$

$$Q = 0.00091 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$A = 0.00203 \text{ m}^2$$

$$V = 0.00091/0.00203 = 0.448 \text{ m/s}.$$

$$V = 0.448 \text{ m/s. (velocidad del fluido)}$$

$$Q = \dot{M}/\rho \rightarrow \dot{M} = Q \times \rho$$

$$Q = 0.00091 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\rho = 14.1240 \text{ Kg/m}^3.$$

$$\dot{M} = 0.00091 \times 14.124 = 0.01285 \text{ Kg/s}.$$

$$\dot{M} = 0.01285 \text{ Kg/s}.$$

$$\dot{M} = 46.27 \text{ Kg/h.}$$

$$\rho = M/V \rightarrow V = M/\rho$$

$$M = 46.27 \text{ Kg.}$$

$$\rho = 14.124 \text{ Kg/m}^3$$

$$V = 46.27/14.124 = 3.276 \text{ m}^3.$$

$$V = 3.276 \text{ m}^3.$$

$$V = 3276 \text{ Lt.}$$

Para 1.000 c.c. de condensado se necesitan 0.45 c.c. de neutralizante Nalco 192, y obtenemos un Ph = 7.

$$1.000 \text{ c.c.} \qquad 0.45 \text{ Nalco 192}$$

$$3'276.000 \text{ c.c.} \qquad X$$

$$x = 1472 \text{ c.c.}$$

La cantidad necesaria de neutralizante es 1.472 Lt/h.
(aproximadamente 1.5 Lt/h.).

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Mars G. Fontana y Norbert D. Greene, Corrosion Engineering, N.Y.: Mc. Graw-Hill 1.967.
- 2.- Universal Oil Products, Manual de Destilación al Vacío, Illinois 1.972.
- 3.- Universal Oil Products, Train Your Refinery Operation, Illinois 1.972.
- 4.- Edgar C. Bain and Harold W. Paxton, Alloying Elements in Steel, Ohio 1.966.
- 5.- Petróleos Mexicanos, La Corrosión en la Industria Petrolera, México 1.974.
- 6.- Petróleos Mexicanos, Corrosión y Métodos Generales para Combatirla, México 1.974.
- 7.- Alfredo Cabrera C., Corrosión, Ecuador 1.981.
- 8.- NACE, Basic Corrosion Course, Ohio 1.969.
- 9.- Refinería Esmeraldas, Materiales Usados en Refinerías, Ecuador 1.972.
- 10.- Herbert H. Uhlig, Corrosión y Control de Corrosión, España: Urmo 1.975.
- 11.- Antonio Viteri ., Curso Básico de Corrosión, Ecuador: Guayaquil, 1.982.
- 12.- Jose R. Galvele, Corrosión de Metales, Ecuador: Guayaquil 1.980.
- 13.- Wilson Enriquez C., Resistencia al Desgaste por Abrasion y Corrosión de Fundición Gris Austenítica,

Ecuador: Guayaquil 1.984.

- 14.- Annual Book of ASTM STANDARDS, Volumen 1,
Philadelphia 1.979.
- 15.- Annual Book of ASTM STANDARDS, Volumen 2,
Philadelphia 1.979.
- 16.- American Society for Metals, Atlas of
Microstructures of Industrial Alloys, Volumen Z,
Ohio 1.973.
- 17.- F. A. Champion, Ensayos de Corrosión, España Urmo
1.970.
- 18.- NALCO, Revista Technifax, Illinois Octubre 1.972.