

TITULO :

“ Diseño del Sistema de Protección Catódica para el Oleoducto Submarino en el Terminal Marítimo de Refinería Esmeraldas ”.

AUTORES :

Ing. Eduardo Alberto Valderrama Ruíz ¹

Ing. Julián Peña Estrella ²

¹ Ing. Mecánico Especialidad Metalurgia.

² Director de Tesis, Ing. Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral.

RESUMEN :

Como funcionario de la Refinería Estatal de Esmeraldas y como Esmeraldeño que soy me he visto en la necesidad de desarrollar una investigación que ayude a prevenir lamentables hechos como los acontecidos en Febrero de 1998 que cobraron la vida de 18 personas entre niños y adultos.

El tema de nuestro estudio está encaminado a evitar desastres similares o de mayores dimensiones. El impacto que tendría un derrame de gran magnitud en el Ecosistema de la ciudad de Esmeraldas sería irreversible.

Con el desarrollo de esta investigación, nos proponemos concientizar a las Autoridades de Petroecuador a tomar medidas de protección que precautelen el normal funcionamiento de las tuberías submarinas del Oleoducto Transecuatoriano.

La investigación desarrollada consiste básicamente en un estudio del agua de mar en donde se encuentran las tuberías, cálculos acerca del Sistema de Protección Catódica por Corriente Impresa, un Plan de Contingencia que en caso de ocurrir un desastre será de mucha ayuda para poder controlarlo, además existe un análisis económico que nos indica el costo de la implementación del Sistema de Protección Catódica versus las pérdidas que ocasiona la no exportación de petróleo.

INTRODUCCIÓN :

Desde los principios de la humanidad, cuando el hombre comenzó a utilizar los minerales extraídos de la naturaleza, la corrosión ha sido la causa más importante para el deterioro de estos materiales.

En los actuales momentos, ya existen sistemas de protección catódica que nos ayudan a controlar los procesos de corrosión.

En Esmeraldas y muy especialmente en el Terminal Marítimo de Balao, existen tuberías submarinas pertenecientes al Oleoducto Transecuatoriano

que se encuentran sin protección catódica alguna, he aquí el interés de mi parte por contribuir con estudio que permita despertar la atención de las autoridades competentes hacia los que pudiera ser el peor desastre ecológico de la costa del Pacífico Sur.

Cabe indicar, que dichas tuberías que se encuentran sin protección catódica hace ya un par de años, transportan diariamente miles de barriles de petróleo, por lo que se hace necesario e imperioso el diseño de un Sistema de Protección Catódica por Corrientes Impresas que nos permita de esta manera salvaguardar la flora y fauna de la zona y así mismo evitarle al Estado Ecuatoriano pérdidas económicas por la no exportación de petróleo.

CONTENIDO :

Identificación de Factores que ocasionan posibles daños a las Líneas Submarinas.

Entre los principales factores o causas que podrían afectar la integridad de las líneas submarinas del Terminal Marítimo de Balao y que ocasionarían una inminente rotura se encuentran los siguientes puntos:

- Sismos
- Cargas inducidas por Corrientes Marinas
- Carga por mala maniobra de embarcaciones

- Corrosión
- Mala Operación del Sistema de líneas
- Acto Terrorista

Los sismos y maremotos están íntimamente ligados y dan como resultado un deslizamiento de las tuberías y accesorios hasta un punto en que la resistencia del material del que están construidas las líneas ceden ante los esfuerzos de torsión y compresión, produciéndose el fraccionamiento con consecuencias ya identificadas.

La mala maniobra de un barco en lo referente al procedimiento de anclaje puede afectar de manera directa a las instalaciones submarinas, debido a que el ancla podría engancharse con la tubería y jalarla produciéndose un esfuerzo lateral que podría romper las tuberías.

La rotura del hormigón que recubre las tuberías, por cualquier factor que sea, lleva consigo en un futuro cercano la pérdida de espesor de la tubería como resultado de la acción corrosiva del agua de mar.

Propuestas de Acciones Inmediatas

Entre los daños con los que actualmente operan las tuberías submarinas está la rotura de un sector del revestimiento de hormigón de las tuberías, además el Sistema de Protección Catódica dejó de operar hace ya varios meses.

Entonces, las acciones inmediatas a tomar serían:

- Inspecciones Técnicas Periódicas
- Necesidad del Sistema de Protección Catódica



Figura 1 Tubería del Oleoducto Ecuatoriano
en Playa Balao

Tipos de Corrosión en Agua de Mar.-

Entre los diferentes tipos de corrosión que podemos encontrar en el agua de mar están:

- Corrosión Erosión

- Corrosión por Socavados
- Corrosión por Picaduras
- Corrosión por Corrientes Parásitas

Resistividad Eléctrica del Agua de Mar.-

Mediante la técnica de resistencias eléctricas, se determinó la resistividad eléctrica del agua de mar, los resultados fueron los siguientes:

TABLA I
RESISTIVIDADES ELÉCTRICAS DEL
AGUA DE MAR

Lugar de Toma De Muestra	Muestra N°	Resistividad Eléctrica (ohm-cm)
Playa Balao	1	55
Playa Balao	2	54
Playa Balao	3	56

ph del Agua de Mar.-

Los datos obtenidos mediante análisis químico son los siguientes:

TABLA II
ph DEL AGUA DE MAR

Muestras	Lugar de Toma de Muestra	pH
1	PLAYA BALAO	7.2
2	PLAYA BALAO	7.2
3	PLAYA BALAO	7.5
4	PLAYA BALAO	7.2
5	PLAYA BALAO	7.1
6	PLAYA BALAO	7.2

Contenido de Cloruros.-

TABLA III
CLORUROS DEL AGUA DE MAR

Muestras	Lugar de Toma de Muestras	Cloruros (ppm)
1	PLAYA BALAO	17881
2	PLAYA BALAO	17901
3	PLAYA BALAO	17758
4	PLAYA BALAO	17786
5	PLAYA BALAO	17801
6	PLAYA BALAO	17799

Comentario Respecto a la Agresividad del Agua de Mar.-

Las lecturas de resistividad eléctrica, de pH y de cloruros del agua de mar obtenidas, indican que se trata de un electrolito clasificado como altamente agresivo.

Los resultados que promedian los 55 ohm-cm, son indicadores de alta conductividad eléctrica de los iones metálicos por lo tanto el nivel de actividad de corrosión es elevado

Diseño del Sistema de Protección Catódica.-

TABLA IV
PARÁMETROS DE DISEÑO

Material de los Anodos	Grafito
Vida útil de los Anodos	13 Años
Densidad de Corriente	50,50 mA/Año
Intensidad de Corriente	125,72 A
Masa Anódica	2691,88 Lbs
Masa de cada Anodo	70 Lbs
Número de Anodos	39
Desgaste del Anodo	$D_{\min} = 0,4 \text{ Lb/A-Año}$ $D_{\text{med}} = 1,4 \text{ Lb/A-Año}$ $D_{\max} = 2,0 \text{ Lb/A-Año}$
Resistencia del Anodo	$2,00 \times 10^{-2} \text{ ohm}$
Resistencia del Cátodo	$2,22 \times 10^{-2} \text{ ohm}$
Resistencia del Cable	1,25 ohm
Corriente Nominal	150 A
Voltaje Nominal	225 Voltios

Materiales y Equipos a Utilizar.-

Los materiales y equipos a utilizar serían los siguientes:

TABALA V

INVENTARIO DE MATERIALES Y EQUIPOS

A UTILIZAR

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
001	Anodos de Grafito	39 U	Tipo : 4 x 80in Peso : 70 Lbs Vida Util : 13 Años
002	Cable para conexión al sistema Catódico	400 m	AWG 2/0 (25mm ²)
003	Eledctrodos permanentes de referencia Ag/AgCl	1 U	Modelo : Permacell 804 Vida Util : 15 Años
004	Pernos Ranurados	39 U	Cadweld Type Caha
005	Encapsulación Epóxica con resina autofundente	39 U	Tipo : 90-B1
006	Transformador-Rectificador	1 U	Caract.: Enfriamiento por aceite, Corriente de 150 A, y con un Voltaje de 240 V.
007	Kit de junta Aislante	2 U	--

Factibilidad Económica.-

El costo de la implementación del sistema de protección catódica para las tuberías sumergidas en el Terminal Petrolero de Balao, es despreciable en relación al gran beneficio conseguido, y extremadamente bajo, situándose entre el 0,33 y el 1% del costo total de la construcción de las tuberías submarinas. A continuación se detalla un análisis económico del diseño de protección catódica :

TABLA VI
DETALLE DE COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN
DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA

ITEM	Componente	Unidad	Cantidad	Costo Unitario US \$	Costo Total US \$
1	Transformador Rectificador	U.	1	15.000	15.000
2	Anodos de Grafito	U.	39	800	31.200
3	Cable AWG 2/0	MT	1.250	5	6.250
4	Caseta de 2MT x 1,5 MT	MT ²	3	300	900
5	Materiales Auxiliares	Global			5.000
6	Diseño del Sistema de Protección Catódica	Global			5.000
7	Kit de Junta Aislante	Global			500
8	Mano de Obra	Global			20.400
COSTO TOTAL				US \$	84.250

Estado de Pérdidas.-

Tomando como referencia los valores totales de las exportaciones de petróleo del mes de Febrero de 1998 que fue de **71'055.613,09 US \$**, que fue el mes en el que se produjo el derrame de petróleo y un incendio de gran magnitud en la ciudad de Esmeraldas, todo esto a consecuencia de la falla del material de la tubería debido a la Corrosión, podemos advertir que el costo de las pérdidas por la no exportación del producto, sería el siguiente:

TABLA VII

CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR NO EXPORTACIÓN DE PÉTROLEO

PÉRDIDA	US \$	US \$
Por día	2'537.736,182	--
Por hora	--	105.739,01

Conclusiones.-

1. El medio electrolítico debe ser considerado como altamente agresivo para las tuberías submarinas instaladas en el Terminal Petrolero de Refinería de Esmeraldas.

2. El material del ánodo utilizado será de Grafito, debido a las cualidades que posee para trabajar en medios altamente agresivos que contienen iones cloruros.
3. Las tuberías submarinas deben ser protegidas adecuadamente, de la manera como lo hemos propuesto, en caso contrario dichas líneas colapsarán de manera inevitable en muy poco tiempo.
4. Debe evitarse el anclaje de embarcaciones artesanales y de cualquier tipo en los alrededores de las instalaciones, para evitar problemas de deslizamiento de las tuberías.
5. El costo del diseño y de la instalación del S.P.C. no supera el 0,03% del costo total de las instalaciones submarinas.

Referencias.-

a) Tesis

E. Valderrama “ Diseño del Sistema de Protección Catódica para el Oleoducto Submarino de en el Terminal Marítimo de la Refinería de Esmeraldas” (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1999)

b) Libro con edición

Jhom Morgan, editor, Cathodic Protection (Second Edition).

c) Artículo de un libro

Guia HARCO , The complete source for corrosion control materials.