

Universidad de Matanzas
Sede "Camilo Cienfuegos"
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Química e Ingeniería Química



TRABAJO DE DIPLOMA

Título: *Propuesta de soluciones a los problemas de corrosión en el área del Separador de Gas en el procesamiento de Crudo de la Empresa (EPEP-Centro)*

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico.

Autora: Milagros Lisandra Quintana Miranda

Tutor: MSc. Asael González Betancourt

Matanzas, 2019.

Pensamiento:



“En la sociedad, en la humanidad actual hay, por otro lado, una gran destrucción de recursos naturales. ... Todavía no está resuelto ni mucho menos cómo la humanidad va a encontrar fuentes sustitutivas de esa energía, y hoy se destruye el petróleo como antes se destruyeron los bosques.”

DECLARACION DE AUTORIDAD

Yo Milagros Lisandra Quintana Miranda declaro que soy la única autora de este Trabajo de Diploma Titulado: Propuesta de soluciones a los problemas de corrosión en el área del Separador de Gas en el procesamiento de Crudo de la Empresa (EPEP-Centro), realizado en la Universidad de Matanzas sede “Camilo Cienfuegos”, como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Química, por tanto autorizo que el mismo sea utilizado en la institución con la finalidad que estimen conveniente.

Firma: _____

Milagros Lisandra Quintana Miranda

Facultad de Ciencias Técnicas

Universidad de Matanzas sede “Camilo Cienfuegos”

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma:

Presidente del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro de Tribunal

Provincia: _____ Fecha: _____ Calificación: _____

Dedicatoria.

Dedico este trabajo de Diploma resultado de tantos años de estudio y sacrificio a:

A Dios por ayudarme a hacer realidad mis sueños.

A mi madre por sus consejos, por apoyarme en los momentos más difíciles y por hacer que todo valga la pena.

A mi padre por su esfuerzo y apoyo incondicional en todo momento.

A mi abuela Leticia que aunque no se encuentra físicamente sus enseñanzas me ayudaron a ser la persona que soy hoy.

A mis compañeros de estudios que tanto me apoyaron a María, Dialys y Karla.

A mis profesores por sus conocimientos impartidos, por ayudarme a superarme y por sacar lo mejor de mí.

A todos los que de una manera u otra hicieron posible que este sueño se convirtiera en realidad.

A mis compañeros de trabajo por su apoyo incondicional y sus palabras alentadoras .

Agradecimientos.

A todas las personas que me ayudaron y me dieron fuerzas para seguir hacia adelante.

A mi familia por su apoyo, por su dedicación y por su amor incondicional siempre que lo necesite.

A mi tutor Asael González Betancourt por confiar en mí, por su paciencia, entrega, dedicación y darme el privilegio de ser su diplomante, para usted mis respetos y admiración.

A todos mis profesores por el aprendizaje obtenido en todos estos años, y su contribución con mi formación profesional y moral.

A todos los trabajadores de la EPEP-Centro especialmente a Alejandro Díaz por su gran ayuda y cooperación en la información solicitada para la realización de este trabajo de diploma.

A todos los que me ayudaron a caminar la milla extra.

Resumen

El presente trabajo se realizó en el área del Separador de Gas del área de Procesamiento de Crudo de la Batería Central perteneciente a la empresa EPEP-Centro, la cual está constituida por instalaciones de tuberías, válvulas y separadores de gas los que en su gran mayoría son de acero. A partir del diagnóstico realizado se detectaron problemas de diseño anticorrosivos y corrosión, incorrecta preparación de las superficies metálicas, deficiencia en la aplicación de pinturas, falta de protección anticorrosiva y de conservación adicional, así como pérdidas económicas por corrosión. Estos problemas son debido a la agresividad de la atmósfera, a los deficientes métodos de protección anticorrosiva y a la falta de preparación del personal. Considerando lo anterior se propone un Manual de mantenimiento anticorrosivo mediante un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), con productos nacionales (DISTIN).

Abstract

The present I work EPEP Centro sold of to the company in Cruds area of Gas's Separator of Procesamiens area of the Central Battery perteneciente, which is composed of facilities of pipes, valves and gas separators them than they come from steel in your great majority. They detected designing antitrust problems and corrosion, incorrect preparation of the metallic surfaces, deficiency in the application of paints as from the accomplished diagnosis, you are absent of antirust protection and of additional conservation, as well as cost-reducing losses for corrosion. These problems are due to the aggressiveness of the atmosphere, to the deficient methods of antirust protection and to the staff's lack of preparation. A System of Antirust Protection and Conservation (SIPAYC), with national products proposes a Manual of antirust intervening maintenance itself considering the above (DISTIN).

Índice:

	Pág.
Introducción	1
Capítulo I: Análisis Bibliográfico	4
1.1 Fundamentos teóricos	4
1.1.1 Incidencias económicas de la corrosión	4
1.2 Caracterización del proceso tecnológico de la recolección, el tratamiento y la transportación del petróleo crudo y la utilización de los tanques de almacenamiento en la Planta de Procesamiento de Crudo de la Batería Central.	4
1.3 Corrosión Atmosférica en Cuba	6
1.3.1 Factores que influyen en la velocidad de corrosión.	7
1.3.2 Corrosión Atmosférica del Acero	8
1.3.3 Caracterización del Medio Corrosivo.	9
1.3.3.1 Características de Petróleo (Crudo)	9
1.3.4 Características y causas de la corrosión en instalaciones petroleras	10
1.3.4.1 Daños y pérdidas por corrosión en instalaciones petroleras	10
1.3.4.2 Agresividad corrosiva de la atmósfera	11
1.3.4.3 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.	13
1.4 Clasificación de la Corrosión. Tipo de Corrosión	14
1.5 Diseño Anticorrosivo	20
1.5.1 El diseño anticorrosivo y su influencia en la corrosión.	21
1.6.1 Sistemas de protección anticorrosiva con pinturas	24
1.6.2 Etapas del sistema de protección anticorrosiva con pinturas.	26
1.6.3 Recubrimientos Anticorrosivos	29
1.6.4 Protección anticorrosiva y conservación adicional	31
1.6.4.1 Materiales compuestos de matriz asfáltica	31
1.6.4.2 Grasas de Conservación	32
1.6.4.3 Cera abrillantadora e impermeabilizante	32
1.6.4.4 Disolución de Fosfatado	33
1.7 Conclusiones parciales del capítulo.	34

	Pág.
Capítulo II: Diagnóstico del Diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación.	35
2.1 Materiales y Métodos	36
2.2 Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivos y de corrosión	36
2.2.1 Separador de Gas	37
2.2.2 Manómetros	42
2.2.3 Válvulas	45
2.3 Conclusiones parciales del capítulo.	48
Capitulo III: Propuesta de tecnologías de protección anticorrosiva y conservación. Manual de mantenimiento anticorrosivo.	49
3.1 Materiales y Métodos	49
3.2 Propuesta de un sistema de protección anticorrosiva y conservación	50
3.2.1 Agresividad corrosiva de la atmósfera	51
3.2.2 Preparación superficial previa a los recubrimientos de pintura en la instalación.	51
3.2.3 Tratamiento y soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo.	53
3.2.3.1 Separador de Gas	53
3.2.3.2 Manómetros	57
3.2.3.3 Válvulas	59
3.2.4 Selección del recubrimiento de pintura para el sistema.	61
3.2.4.1 Esquema de pintado.	62
3.2.5 Protección anticorrosiva adicional y conservación. Fundamentación del Sistema.	63
3.3 Algunos resultados económicos esperados.	64
3.3.1 Aplicación de los productos DISTIN	65
3.3.2 Valor Actual Neto (VAN)	67
3.4 Conclusiones parciales del capítulo	71
Conclusiones.	72
Recomendaciones.	73
Bibliografía.	74
Anexos.	79

Introducción.

A fines del pasado siglo así como también durante el transcurso de este siglo la industria se desarrolló notablemente. Debido al desarrollo de sus equipos y el auge de este sector surgieron una serie de problemas de corrosión, los cuales se han intensificado en las condiciones de nuestro país con la presencia en la composición del crudo nativo, de compuestos corrosivos como el CO_2 , sulfhídrico y otros compuestos del azufre. Además es importante señalar que la industria se encuentra ubicada en un clima tropical húmedo donde en gran parte del territorio prevalece una fuerte salinidad que unido a la presencia de éstos gases, favorece y acelera el fenómeno de la corrosión.

En muchos países del mundo, la agresividad corrosiva de la atmósfera, elevados costos en la explotación de los medios de transporte, afectando seriamente la eficiencia en este sector tan importante, que tiene que convertirse en las actuales condiciones, en un bien duradero. Tanto los países desarrollados como los subdesarrollados luchan contra la corrosión y muchos lo han implementado utilizando estudios de factibilidad.

En la industria anteriormente mencionada se emplean equipos muy costosos por lo que se hace necesario realizar diferentes estudios para realizar un análisis del deterioro por corrosión que permita determinar el nivel de agresividad de los fluídos para poner en práctica un plan de protección anticorrosiva que permita disminuir las pérdidas por corrosión. Para realizar este plan se hace necesario realizar las siguientes cuestiones:

- La utilización de productos anticorrosivos.
- Recubrimiento mediante pinturas

La industria petrolera, a nivel mundial, utiliza una gran cantidad de válvulas, tuberías y manómetros los cuales presentan características diferentes que dependen de las especificaciones y condiciones de los productos.

El proceso de recolección del crudo, aunque es un sistema cerrado no escapa de la presencia de fugas de gas que escapan a la atmósfera contaminándola y haciéndole más corrosiva en la zona de las instalaciones petroleras trayendo este aspecto afectaciones económicas.

Por lo antes planteado se tiene como problema:

Problema Científico:

Deterioro por corrosión en el área del Separador de Gas de la Planta de Procesamiento de Crudo de la Empresa (EPEP-Centro).

Por lo que tenemos como Hipótesis

Hipótesis

Si se conocen las características técnicas en el Separador de Gas de la Planta de Procesamiento de Crudo y los factores que influyen en su deterioro se pueden proponer un sistema de protección anticorrosiva y conservación que alargue la vida útil de esta.

Objetivo General:

Proponer un sistema de protección anticorrosivo y conservación para solucionar los problemas por corrosión en el área del Separador de Gas de la Planta de Procesamiento de Crudo de la Empresa (EPEP-Centro).

Objetivos específicos:

- Diagnosticar los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación en el área de Separación de Gas de la Planta de Procesamiento de Crudo.
- Proponer tecnologías de protección anticorrosiva.
- Fundamentar técnica y económicamente la propuesta de tecnología de protección anticorrosiva.

Alcance del trabajo:

Este Trabajo de Diploma comprende el estudio del deterioro por corrosión en el área

del Separador de Gas de la Planta de Procesamiento de Crudo de la Batería Central de la EPEP-Centro situado en Guásimas, municipio Cárdenas.

En el mismo se aborda lo referente a problemas de diseño anticorrosivo; corrosión con sus causas, mecanismos y factores que influyen en el área del Separador de Gas, a la cual se le propone una serie de soluciones y el SIPAYC, con el objetivo de alargar el tiempo de vida útil del equipo.

Capítulo I: Análisis Bibliográfico.

1.1 Fundamentos teóricos

1.1.1 Incidencia económica de la corrosión.

Las pérdidas económicas que se producen a través de la corrosión provoca que muchos investigadores se sientan motivados y dediquen su esfuerzo al estudio y a la prevención de este tema. Además que actualmente las pérdidas económicas provocadas por corrosión superan los millones de dólares , clasificándose estas pérdidas como directas e indirectas .

Según (Echeverría, M. et al 2008) Un reporte del Buró Nacional de Normas de los Estados Unidos (2), estima que el total de costos anuales por corrosión en los Estados Unidos es de alrededor de 70 billones de dólares, lo que corresponde al 4% del Producto Nacional Bruto. Los costos por corrosión se encuentran en el orden del 3 al 4% del Producto Nacional Bruto por lo que se hace necesario tomar medidas anticorrosivas.

Según Domínguez J.2010 las pérdidas ocurridas por corrosión no solamente están enmarcadas a la economía, estas han alcanzado afectaciones relativas a la salud, la vida y el futuro de la humanidad.

Según Tomashov se estima que el 50% de los costos por corrosión corresponden a la corrosión atmosférica, planteamiento con el que coinciden varios investigadores del tema (Núñez, C.A.2014, Echeverría, C.A. et al. 2005; 2006; Echeverría, M. et al. 2007; González, A. et al. 2015, Lopez, I. 2008). Estos criterios tienen gran importancia si se tiene en cuenta que en las instalaciones estos equipos se encuentran sometidos a la acción atmosférica , no siendo la excepción la Planta de Procesamiento de Crudo de la Batería Central de la EPEP-Centro situado en Guásimas, municipio Cárdenas.

De las perdidas anteriormente citadas se podría ahorrar un 15% con un adecuado conocimiento y aplicación de la tecnología de la corrosión. (González, A. 2014)

1.2 Caracterización del proceso tecnológico de la recolección , el tratamiento y la transportación del petróleo crudo y la función del Separador de Gas en la Planta de Procesamiento de Crudo de la Batería Central .

El proceso tiene por objetivo la aplicación de un tratamiento adecuado a los crudos provenientes de los pozos en producción, de forma tal que se alcancen los índices de calidad requeridos para posteriormente enviarlos por el Oleoducto Magistral hacia la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas.

En el proceso de extracción, el petróleo llega a la superficie conteniendo gas, agua, sales minerales y otras impurezas que provocan serios problemas de corrosión, mediante bombas de profundidad (unidades de bombeo) o por surgencia, esta mezcla es recolectada en tanques individuales (en caso de pozos aislados) o mediante tuberías en los Centros Colectores.

En los Centros Colectores se realiza el tratamiento primario del crudo, consistente en la separación del gas del mismo, pasando por el separador de gas que trabaja a diferentes presiones. El gas separado, es enviado por gasoductos hacia los consumidores o hacia el flare para ser quemado. (Amaro, D. 2015)

El crudo, aún con un porcentaje de gas en su seno, es bombeado hacia las Estaciones de Rebombeo, donde tiene lugar otra etapa de separación y se añade la sustancia tenso activa necesaria para lograr romper la emulsión agua - petróleo.

En la EPEP-Centro existen siete Centros Colectores que recolectan la producción de 136 pozos activos. Existen además dos Estaciones de Rebombeo que reciben la producción de estos centros y mediante dos oleoductos se envía el petróleo a la Batería Central.

En la actualidad quedan pozos independientes para los cuales existe un sistema de recolección a través de los carros cisternas, realizándose el descargadero de la planta el cual está equipado de dos Piscinas de Recepción de 120 m³ de capacidad comunicadas entre sí.

Los oleoductos recorren aproximadamente 10 Km en el proceso de recolección del petróleo y una vez en Batería Central el crudo recibe un tratamiento termoquímico

para lograr la deshidratación, continuando la separación del petróleo y el gas (segunda Etapa de separación, Tratamiento dinámico). El petróleo sigue su recorrido hacia los tanques de tratamiento y de ahí, una vez que alcance los parámetros de calidad es enviado a la estación cabecera del oleoducto.

1.3 La corrosión atmosférica en Cuba.

La corrosión es el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno; es la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión. Otros materiales no metálicos también sufren corrosión mediante otros mecanismos. El proceso de corrosión es natural y espontáneo.

En la corrosión intervienen tres factores: la pieza manufacturada, el ambiente y el agua, o por medio de una reacción electroquímica.

Tomashovi y Feliú clasifican las atmósferas de acuerdo con el grado de contaminación y la naturaleza de los contaminantes, no considerando otros factores que impiden lograr en todos los casos una descripción acertada de la realidad.

Martel, y González, A. et al. 2018 (a), coinciden en que estas clasificaciones no necesariamente son una descripción acertada como reflejo de la agresividad de la atmósfera desde el punto de vista de la corrosión y expone que la agresividad de un lugar determinado está dada en primer lugar por las condiciones netamente climatológicas y en segundo lugar, por determinadas condiciones de contaminación .

(Gil, 2011), plantea que en términos técnicos simplificados, la corrosión ha sido definida como la destrucción de un metal por reacción química o electroquímica con el medio ambiente y representa la diferencia entre una operación libre de problemas, con gastos en operación muy elevados.

Según (Vázquez, 2013), La corrosión ha sido siempre un problema mayor en las industrias de procesos relacionadas con el gas y el petróleo. A medida que la industria ha ido creciendo y adoptando procesos modernos, los problemas de corrosión se han

vuelto más numerosos y complejos. El 56% de los casos de fallas se relacionan con ambientes corrosivos.

La atmósfera es uno de los medios corrosivos naturales que más se han difundido ampliamente y, es precisamente, en este medio donde ocurre la mayor parte del daño por corrosión a equipos y estructuras metálicas, además de que alrededor de un 80% de las estructuras metálicas están expuestas a la atmósfera y alrededor de un 50% de estas pérdidas por corrosión, se deben a la atmosférica, según plantean los estudios realizados por varios autores (Domínguez, J.1987; Ruiz, R. et al. 2010).

1.3.1 Factores que influyen en la velocidad de corrosión.

Según (Echeverría, CA. et al, 2006) los principales factores que operan en la corrosión atmosférica son los factores externos e internos, los cuales se explican a continuación:

Factores externos:

- ✓ Meteorológicos y de contaminación del aire.
- ✓ Condiciones de exposición que permitan el libre acceso del medio corrosivo a la superficie expuesta a la atmósfera, almacenamiento en caseta o bajo abrigo ventilado, en las cuales el metal sólo se humidifica por el rocío o el contacto accidental con la lluvia.

Factores internos:

- ✓ Como naturaleza y propiedades electroquímicas del metal, así como características de los productos de corrosión.

Los principales factores que se deben considerar en el estudio de las protecciones contra la oxidación y la corrosión son los siguientes:

a) Clase y estado del metal.

Evidentemente hay que tener en cuenta, en primer lugar, la clase de metal y el estado en que se encuentra. Para esto hay que conocer su posición química, su constitución, estructura, impurezas que contiene, procedimientos de elaboración, tratamientos térmicos a que ha sido sometido, tratamientos mecánicos, etc. Las heterogeneidades químicas, estructurales y las debidas a tensiones internas originan pares galvánicos que aceleran la corrosión.

b) Estado de la pieza.

Destaca el estado de la superficie (los surcos de mecanizado, rayas, grietas, orificios, etc., favorecen la corrosión; por el contrario, un pulido perfecto la dificulta), su radio de curvatura y orientación con relación a la vertical, naturaleza de las piezas en contacto y esfuerzos a que está sometida (los de tracción la favorecen).

c) Medio en que se encuentra.

El ataque al metal partirá del medio en que se encuentra y, por tanto, cuanto mejor lo conozcamos, más fácilmente será prever la clase de corrosión que se puede producir y los medios de evitarla. Sobre el medio conviene conocer su naturaleza química, su concentración, el porcentaje de oxígeno disuelto, el índice de acidez (pH), presión, temperatura, etc.

d) Clase de contacto entre el metal y el medio en que se encuentra.

El contacto entre el metal y el medio en que se encuentra queda definido por la forma de la pieza, estado de la superficie, condiciones de inmersión, etc.

En sistemas con flujo se deberán evitar, bien por diseño o cualquier otro método las zonas muertas, donde puedan estancarse el fluido, pues se formaran depósitos de productos de corrosión, debajo de los cuales pueden producirse una intensa corrosión localizada. (Domínguez, J, 2010).

Teniendo en cuenta cada uno de estos factores podemos resaltar que juegan un papel fundamental en la aparición y aceleración de la velocidad de corrosión, sin embargo las mayores pérdidas ocurren en el efecto que ocasionan cuando se combinan varios de ellos.

1.3.2 Corrosión atmosférica del acero.

Los aceros son los materiales más versátiles, menos caros y más ampliamente usados para la construcción de muchos sistemas ingenieriles. Sin embargo, una de sus principales limitaciones es su gran corrosividad (González, A. 2013)

La corrosión por efecto del bióxido de carbono ocurre cuando se moja CO_2 y el acero con el agua de formación. Si el porcentaje de agua se incrementa, la posibilidad de

corrosión se incrementará, por lo que la composición química del agua representa un papel importante en este efecto corrosivo. Cuando en el flujo de hidrocarburos se presenta la combinación de los compuestos del H₂S y CO₂, hacen que el efecto sea más corrosivo sobre el acero.

1.3.3 Caracterización del Medio Corrosivo.

1.3.3.1 Características del Petróleo (Crudo):

La hipótesis del origen inorgánico del petróleo sostiene que el petróleo natural se forma a partir del metano en las condiciones termodinámicas del manto superior. La ubicuidad de los hidrocarburos en el sistema solar se toma como evidencia de que puede que haya mucho más petróleo en la Tierra de lo que se piensa y ese petróleo puede tener origen en la emigración de los fluidos carboníferos hacia regiones superiores del manto. A palabra petróleo proviene del latín, *petra* que significa piedra y *óleum*, que significa aceite.

Es un mineral que en condiciones normales es un líquido bituminoso (pegajoso) que puede presentar gran variación en diversos parámetros como color y viscosidad, difundidos en la envoltura de la tierra, es un recurso natural no renovable. Es oleoso (graso, aceitoso), compuesto por diferentes sustancias orgánicas, por átomos de carbono e hidrógeno; además contiene oxígeno, azufre, agua, gas y minerales disueltos.

En la EPEP-Centro existen otros yacimientos menores llamados comúnmente satélites o asociados, contándose entre ellos a los denominados Varadero Sur, Guásimas, Cantel Serpentina, Cantel Caliza, Boca de Camarioca, Majaguillar, San Antón, Chapulín, Mar Bella, Cupey y Motembo, entre otros. Muchos de ellos producen crudo medio o pesado, aunque ante el crudo extra pesado del yacimiento Varadero, mayoritario en el compuesto, se le llama habitualmente crudo ligero.

Según informes internos realizados en la EPEP-Centro referente a las características del petróleo crudo comercial y gases de los Centros Colectores, se determinó que el petróleo crudo comercializado tiene las siguientes características: Ver Anexo 1 Tabla 1. (Amaro, D. 2015)

Los valores de carbón Conrad son, cenizas y el valor calórico se encuentran dentro de los rangos normales para este tipo de crudo.

El análisis elemental demuestra que el contenido de vanadio es bajo, el cual es un índice favorable debido a que la formación durante la combustión del pentóxido de vanadio es altamente perjudicial desde el punto de vista corrosivo, no siendo así en el caso del azufre el cual presenta valores elevados, lo que puede provocar además de la contaminación ambiental correspondiente, formación de ácidos corrosivos (sulfhídrico y sulfuroso) en zonas frías del sistema de salida de gases de la combustión de las calderas.

Según González, Y. 2015 corrobora lo anterior al determinar por análisis químicos (método del tolueno y lámpara) y cromatografía que el petróleo está compuesto por fracciones pesadas de petróleo, fracciones de keroseno, ciclo para finas, naftenos, asfáltenos y compuestos de azufre.

1.3.4. Características y causas de la corrosión en instalaciones petroleras.

Basados en las normas API 571, (2003) y API 581, (2008) los mecanismos de corrosión interna y externa más comunes en tanques, tuberías y recipientes se relacionan en la Tabla 2 Anexo 2 y en la Tabla 3 Anexo 3 respectivamente.

1.3.4.1 Daños y pérdidas por corrosión en instalaciones petroleras.

Los efectos de la corrosión sobre instalaciones y equipos industriales producen anualmente pérdidas que llegan a cifras muy importantes en los países industrializados, estas pérdidas se han valorado del 3 al 5% del PIB. De todas las fallas que ocurren en la industria del gas y del petróleo la más importante es la debida a la corrosión con el 33% de los casos, (Kerman y Harrop, 2002), según se puede apreciar en la Tabla 4, mostrada en el Anexo 4.

Se conoce que las fallas por corrosión en instalaciones petroleras pueden provocar gastos directos e indirectos de aspecto económico y humano. (Guerrero, 2012).

Dentro de los aspectos económicos:

- a. Reposición del equipo corroído.
- b. Coeficiente de seguridad y sobre diseño para soportar la corrosión.
- c. Mantenimiento preventivo como la aplicación de recubrimientos.
- d. Paros de producción debido a fallas por corrosión.
- e. Contaminación de productos.
- f. Pérdida de eficiencia debido a que los coeficientes de seguridad, sobre diseño de equipo y productos de corrosión por ejemplo, decrecen la velocidad de transmisión de calor en intercambiadores de calor.
- g. Pérdida de productos valiosos.
- h. Daño de equipo adyacente a aquel en el cual se tuvo la falla de corrosión.

Dentro de los aspectos humanos y sociales:(Orozco, et al., 2010)

- a. La seguridad, ya que fallas violentas pueden producir incendios, explosiones y liberación de productos tóxicos y colapso de construcciones.
- b. Condiciones insalubres por ejemplo, contaminaciones debido a la fuga de productos por el equipo o tubería corroídos o bien un producto de la corrosión misma.
- c. Agotamiento de los recursos naturales, tanto en metales como en combustibles usados para manufacturarlos.
- d. Apariencia, ya que los materiales corroídos generalmente no muestran buenas condiciones a simple vista. Naturalmente, estos aspectos sociales y humanos también tienen sus implicaciones económicas y podemos ver claramente que hay muchas razones para controlar la corrosión.

1.3.4.2 Agresividad corrosiva de la atmósfera.

Considerando los parámetros que intervienen en la velocidad de corrosión, mencionados anteriormente, queda demostrado que el mismo resulta decisivo en la clasificación de la agresividad corrosiva de la atmósfera, coincidiendo así la mayoría de los investigadores, sin dejar atrás otros factores de importancia como la humedad, los vientos y temperatura. La agresividad corrosiva de la atmósfera es un factor de

gran importancia cuando se proyectan y construyen nuevas inversiones, se realizan investigaciones sobre métodos de protección y se determinan sistemas de recubrimiento, entre otras aplicaciones. (González, A. et al. 2015), (Echeverría, C.A. et al. 2006, 2010, NC 12944 - 2: 2017), clasifica las atmósferas de acuerdo con el grado de contaminación y la naturaleza de los contaminantes, clasificándose en: industrial, marina, urbana, rurales, urbanas-marinas, industriales-marinas, urbanas industriales, rurales interiores y otras combinaciones de éstas. Donde se plantea que la atmósfera más corrosiva es la industrial altamente contaminada, y la menos corrosiva la atmósfera rural pura.

La determinación del nivel de la agresividad corrosiva de la zona donde está ubicada la instalación es un factor importante. En la Norma (NC 12944 - 2:2017) se establece la clasificación de la atmósfera, además del Mapa de Agresividad Corrosiva de la República de Cuba (Anexo 5, Tabla 5). La agresividad corrosiva determina las medidas a tomar para darle solución a los problemas de diseño anticorrosivo, así como la preparación superficial que se tiene que lograr, los espesores de la pintura que se debe aplicar y los productos para la protección anticorrosiva y conservación adicional que se apliquen y el tiempo en que resultan efectivos los mismos.

A continuación se expresan los factores que afectan la velocidad de la corrosión.

✓ **Influencia de los vientos.**

Según (González, A. et al. 2018 (a)) en Cuba el encargado de transportar los contaminantes es el viento. Destaca (Echeverría, C.A. et al. 2006) que la velocidad del viento puede promover un doble efecto, si se conjuga con la lluvia ya que en ausencia de esta, una alta velocidad del viento produce un efecto de secado sobre la superficie y por ende un decrecimiento en la velocidad de corrosión. Por su parte, un efecto combinado de la lluvia con el viento, da lugar al lavado de la superficie del metal, es decir una remoción de los contaminantes que aceleran el proceso corrosivo y por tanto también disminuye la velocidad de corrosión.

Según (González, A. et al. 2018 (b)) refiere que la velocidad de corrosión depende de la velocidad y dirección del viento.

El esclarecimiento de esta influencia resulta determinante en los niveles de

corrosividad que se reportan en Cuba para zonas consideradas libres de contaminación y donde las correlaciones entre las pérdidas por corrosión y el viento dan la medida de la influencia del aerosol marino.

✓ **Influencia del aerosol marino en la corrosión.**

El aerosol marino está constituido por agua de mar o sal de mar que en pequeñas partículas son arrastradas por los vientos desde la superficie del mar y transportado a grandes distancias y grandes alturas. Para los países costeros y las islas, este constituye uno de los factores que mayores influencias tiene en las elevadas pérdidas por corrosión que se producen en estas áreas. En las condiciones climáticas de Cuba, este factor resulta determinante, aspecto destacado por. (Echeverría, C.A. et al. 2006; 2010)

Por otra parte, en cuanto a las condiciones ambientales de Cuba se ha planteado que se distinguen 2 períodos cualitativamente diferentes en el año, uno es la temporada invernal o de seca (octubre a marzo), con gran influencia de los vientos del norte-nordeste que producen grandes concentraciones de aerosol marino en el aire y el otro es la temporada de lluvias o de verano (abril a septiembre), donde los vientos provenientes del sur son de poca envergadura (Echeverría, C.A. et al. 2006).

1.3.4.3) Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.

Los aspectos más considerables son la temperatura y humedad relativa del aire, la radiación solar, las precipitaciones, velocidad de vientos y su dirección predominante, los contaminantes (parámetros aeroquímicos), acciones mecánicas, acciones químicas por fuerzas naturales, partículas de polvo, entre otras vías. Estos factores pueden afectar la corrosión del metal expuesto en condiciones exteriores o interiores.

Los parámetros más importantes están relacionados por la combinación de:

- Temperatura (T) y Humedad Relativa (HR)
- Precipitación pluvial
- Tiempo de humectación (TDH)

1.4 Clasificación de la corrosión. Tipo de corrosión:

La corrosión existe desde que el hombre descubrió la forma de obtener los metales, a partir de sus respectivos minerales, proporcionándoles una determinada cantidad de energía para llevarlos hasta un estado activo o inestable y hacerlos útiles como materiales de construcción; sin embargo, la misma naturaleza les obliga a regresar a su estado original, la herrumbre u óxidos específicos, dependiendo del metal que se trate. Por mucho tiempo se aceptó pasivamente la existencia de la corrosión y se consideró como inevitable; en la actualidad, debido a consecuencias severas como accidentes y alteraciones económicas, se lleva a cabo un minucioso control de la corrosión y mediante diferentes métodos se trabaja en su prevención. (González, A. 2013).

La corrosión puede clasificarse atendiendo a diferentes criterios. Así pues tenemos.

Por su naturaleza la corrosión se puede clasificar en:

Según el mecanismo:

- a) Corrosión química.
- b) Corrosión electroquímica.

La corrosión química se produce en un mismo punto o zona de la interfase metal-medio corrosivo o metal óxido-medio corrosivo. Este medio corrosivo lo constituye un no electrolito que actúa fundamentalmente a altas temperaturas. Ej.: gases secos o gases a altas temperaturas. (Vera R, et al. 2012)

La corrosión electroquímica se produce en presencia de un medio corrosivo electrolítico, los procesos de oxidación de los átomos de metal y la reducción del agente corrosivo, ocurre en distintos puntos o zonas de la interfase. Esto implica una corriente de electrones por el metal de las zonas anódicas a las zonas catódicas lo que constituye un conjunto de micropilas galvánicas, el medio electrolítico contribuye a cerrar el circuito con el correspondiente movimiento de iones. (Vera R, et al. 2012)

De forma general se puede, entonces, plantear que la corrosión electroquímica se presenta en presencia de soluciones electrolíticas, por lo general acuosas, mientras que

la corrosión química se lleva a efecto en ausencia de dichas soluciones; generalmente a elevadas temperaturas, y si existe agua estará en forma de vapor. (Domínguez, J. (2010)).

Según la morfología del ataque:

- a) Corrosión uniforme o generalizada.
- b) Corrosión no uniforme o localizada.

Corrosión homogénea, uniforme o generalizada: En este tipo de corrosión la observación visual de la muestra presenta un ataque similar en toda su superficie . Se manifiesta como un ataque más o menos parejo de la superficie del metal, a nivel macroscópico, por lo que es muy difícil encontrar estos casos, según el mecanismo de la corrosión electroquímica.

Corrosión heterogénea, no uniforme, o localizada: En este tipo, el ataque se presenta de forma preferencial sobre algunas zonas, y no siempre puede ser apreciado el daño de manera visual. Se manifiesta como un ataque preferencial en ciertas zonas de la superficie del metal, algunas zonas funcionan siempre como ánodo, mientras que otras siempre lo hacen como cátodo. (Domínguez, J. (2010)).

Según (Echeverría, C. A. 2005), plantean que la corrosión heterogénea o localizada a su vez se subdivide en dos subgrupos:

a) **Sin influencia de factores mecánicos.**

- Por par metálico.
- Por celdas de concentración.
- Interfacial.
- Intersticial.
- Picadura.
- Inter-cristalina.
- Selectiva.

b) Con participación de factores mecánicos:

- Rotura por tensión.
- Fatiga.
- Erosión.
- Cavitación.
- Rozamiento.

Corrosión por par metálico:

Se presenta cuando dos o más materiales metálicos están en contacto eléctrico dentro de un medio corrosivo común. En la práctica productiva tal situación se da con frecuencia. Ejemplos de ello se ven en el empleo de remaches y cordones de soldadura de metales o aleaciones diferentes al del metal constructivo principal y en uniones embridadas o mandriladas como es el caso de los evaporadores de la industria azucarera cubana donde los tubos son de cobre y la placa a la cual se fijan de acero. Este deterioro es raro en las industrias desarrolladas, ya que resulta relativamente fácil de evitar. En este medio se observa con frecuencia por falta de rigor técnico en el diseño y construcción de aparatos. [Domínguez, J. 2010].

Corrosión intersticial:

Un fenómeno común en equipos industriales, crítico en metales de pasivación no extremadamente fuerte como son los diferentes tipos de inoxidable al cromo y cromo níquel, aluminio y sus aleaciones. Materiales metálicos como el titanio, zirconio, aleaciones níquel cromo, níquel molibdeno, son mucho más resistentes a este tipo de corrosión, ya que no pierden el estado pasivo a bajas concentraciones de los agentes oxidantes. Los metales que no se caracterizan por su pasividad como el cobre y sus aleaciones, así como los aceros al carbono (bajo aleado) lo sufren, pero con menos intensidad. Para que la corrosión intersticial ocurra de manera severa es necesario que el medio presente elevada agresividad (pH ácido, concentración de cloruros media, presencia de oxidantes rápidos como el Fe III, etc.) Un aspecto muy importante es el

espesor de la rendija o ranura. Si esta es lo suficientemente pequeña para evitar la introducción del electrolito, la corrosión es baja; pero si es muy ancha (más de 1 mm) también lo es. El pH dentro de la ranura baja por hidrólisis ácida de las sales del metal. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión picadura (pitting):

Se manifiesta como un ataque y disolución puntual que sufren muchos materiales metálicos en determinadas condiciones. En la práctica productiva a todo lo que ocasione una perforación puntual en la pared de un equipo se le llama picadura o pitera. La causa de ello puede ser variada por la presencia de impurezas más activas o nobles que el metal base; la corrosión bajo depósito en el interior de tuberías o recipientes, ya que desde el exterior se ve cómo un punto, aunque en el interior es un cráter o úlcera y es típica de los aceros al carbono o bajo aleados, la corrosión por choque en el cobre y sus aleaciones.

En realidad la picadura clásica es la que sufren los materiales metálicos en estado pasivo, cuando se ponen en contacto con soluciones que contienen iones o sustancias activadoras como cloruros, bromuros, yoduros, hipoclorito, bromo y otras. Hay materiales metálicos más o menos susceptibles; a este tipo de ataque y, es un problema frecuente, en los aceros inoxidable. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión intercrystalina:

Se produce, no en la superficie expuesta del material metálico, sino en su interior. Consiste en la disolución de los límites de granos o cristales metalográficos que avanza desde la superficie hacia las profundidades del material. Este fenómeno provoca el debilitamiento mecánico de la estructura del material y desemboca en la fractura de la pieza o instalación. Son diversos los materiales que pueden sufrir este tipo de corrosión. Es frecuente en aceros inoxidable austeníticos y ferríticos, en aleaciones de aluminio, de níquel y otras, pero para que ocurra el metal debe estar sensibilizado térmicamente. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión selectiva:

Es un tipo de deterioro que sufren algunas aleaciones cuando se produce la disolución u oxidación selectiva de uno de los componentes de la misma. Esto sólo ocurre cuando uno de los integrantes de la aleación es mucho más activo termodinámicamente que el otro, como es el caso de los latones (Cu-Zn), el hierro fundido (C-Fe) y algunas aleaciones de aluminio y metales nobles. En los aceros inoxidable, otras aleaciones pasivas, los bronce al estaño y otros, puede haber cierta oxidación selectiva de los componentes más activos, pero este proceso se detiene rápidamente al tender a igualarse las velocidades de disolución de sus componentes, debido a limitaciones difusivas en sólido o por la formación de capas de elevada capacidad protectora. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión rotura por tensión:

La grieta se desarrolla hacia el interior del metal en dirección perpendicular a las tensiones de tracción existentes, las cuales pueden ser aplicadas o residuales de conformación. El nivel de tensiones está por debajo del límite de fluencia del material, por lo que ellas solas no causan la rotura del material. Su función es transformar una posible corrosión generalizada o picadura en otra, en forma de grieta o rajadura que avanza mucho más rápidamente que otras formas y que concluye con la fractura del metal.

Los mecanismos propuestos para explicar este tipo de corrosión son múltiples y pueden verse en la literatura (texto), pero sin dudas ambos efectos tienen importancia: uno para abrir lentamente el fondo de la grieta y el otro para accionar sobre este vértice activo y deformado.

La corrosión rotura por tensión se caracteriza por la selectividad de los distintos materiales metálicos frente a los diferentes medios corrosivos. Así por ejemplo, los aceros inoxidable sufren este tipo de corrosión en soluciones de cloruros, pero no en soluciones amoniacales, mientras que los latones muestran un comportamiento totalmente opuesto. Los metales puros son muy poco susceptibles a este tipo de corrosión, que es más frecuente en aleaciones y metales técnicos. Además de las características del medio y del metal influyen otros factores, como el nivel de esfuerzo

aplicado y la temperatura. También es de destacar que las tensiones de compresión no sólo resultan peligrosas, sino que son beneficiosas. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión fatiga:

Esta, que al igual que en la SCC el material falla, por rajadura (resistencia), pero en donde las tensiones aplicadas no son estáticas, sino que varían cíclicamente. Esta característica distintiva provoca significativos cambios en el mecanismo de rotura.

Esta corrosión no es selectiva, y cualquier metal lo puede sufrir en cualquier medio corrosivo.

Debido al rozamiento entre las paredes de la grieta, las capas pasivas se deterioran y el efecto galvánico con el fondo es más débil, por lo que es menos rápida. La grieta en la corrosión fatiga, (CF) es generalmente transgranular y el número de ciclos hasta rotura depende del valor de σ máxima. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión erosión:

El caso típico se presenta cuando un líquido, con elevado contenido de sólidos en suspensión, se mueve a lo largo de una superficie metálica. En el caso de gases húmedos y corrosivos el % de sólidos que puede provocar este fenómeno es mucho menor. Esto es debido a que los líquidos funcionan como lubricantes y reducen la acción erosiva de las partículas en la superficie metálica.

La corrosión erosión consiste normalmente en un desgaste, a veces en forma de estrías en la dirección de flujo cuyo mecanismo general parece ser el de deteriorar las capas protectoras de óxido de los metales, permitiendo el ataque libre de la superficie descubierta por los agentes oxidantes del medio y así sucesivamente. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión cavitación:

Cuando un líquido con suficiente fluidez y presión de vapor se somete a un intenso régimen turbulento de movimiento como el presente en bombas centrífugas, propelas de barco, etc., puede provocar el socavamiento de las paredes del equipo o pieza en

contacto con perforación del material. Esto se conoce como cavitación o corrosión cavitación.

Todo es debido a que las elevadas turbulencias provocan fuertes caídas de presión y ocasionan vaporizaciones del líquido en forma de burbujas, las cuales colapsan sobre las paredes metálicas levantando las capas protectoras, e incluso provocando deformaciones plásticas puntuales en el material base. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión rozamiento o fricción:

Se presenta cuando en un ambiente corrosivo, dos superficies sólidas metálicas o una metálica y otra no, están en contacto y se mueven relativamente una respecto a la otra en forma cíclica, produciéndose el deterioro de una o de ambas superficies. Se conoce normalmente como fretting.

Normalmente se considera un efecto tribológico de naturaleza puramente mecánica de fricción o abrasión, pero en realidad participan los agentes químicos oxidantes del medio ambiente que rodea al equipamiento. (Domínguez, J. 2010).

1.5 Diseño anticorrosivo.

Según señalan (Echeverría, *et al*, 2008) los problemas de diseño anticorrosivo son por lo general los principales causantes de los problemas de corrosión y surgen desde la mesa del proyectista y el diseñador, siendo siempre las soluciones posteriores mucho más costosas.

La norma NC 12944-3: 2017, aborda cada tipo de problema de diseño anticorrosivo reconocido, estos son:

- Accesibilidad.
- Tratamiento de orificios.
- Prevención de la corrosión galvánica.
- Manipulación, transporte y montaje.
- Retención de humedad, depósitos y agua.
- Bordes.
- Imperfecciones en la superficie de las soldaduras.
- Conexiones con pernos.

- Áreas cerradas y componentes huecos.
- Refuerzos.

1.5.1) El diseño anticorrosivo y su influencia en la corrosión.

Para que se prolongue o no la vida útil de las estructuras es de vital importancia un diseño apropiado, que de conjunto con la selección de materiales compatibles, puede demorar o disminuir la ocurrencia de muchas formas de corrosión. Además las formas geométricas óptimas y procesos de unión disminuyen la corrosión junto con el empleo de medidas de control de la corrosión (Shifler, D. 2005).

Plantea (González, A. et al. 2018 (a)) que para conocer los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que presentan las instalaciones, hay que consultar de forma obligada las Normas Internacionales, en particular las Normas (NC 12944 – 3, 2017), (NC 12944 – 4, 2017) y la (NC 12944 – 5, 2017). Estas normas en su conjunto, establecen los criterios básicos de diseño, que deben cumplir como consideración técnica que: “El sistema protector debe ser efectivo por el tiempo de vida de la estructura”.

Es decir, cuando se presente un problema de diseño anticorrosivo, hay que garantizar mediante una protección adicional la durabilidad del sistema protector.

Según (González, A. et al. 2018 (a)) es posible encontrar en conjunto varios problemas de diseño anticorrosivo como son:

- ✓ **Accesibilidad:** Los componentes de acero deben diseñarse para que sean accesibles a la hora de aplicar, inspeccionar y mantener el sistema de pintura protector. Es muy importante cumplir con los criterios de lograr separaciones entre componentes superiores a 50 mm y profundidades menores de 100 mm, para garantizar todas las operaciones de preparación de superficie, aplicación de recubrimientos y mantenimiento.
- ✓ **Tratamiento de orificios:** Orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas son lugares potenciales para ser atacados por la corrosión procedente de la retención de humedad y suciedad, incluyendo cualquier abrasivo utilizado durante la preparación de la superficie. La corrosión de este tipo debe

normalmente, evitarse mediante el sellado. En los ambientes más corrosivos, el espacio debe ser rellenado con soldadura de acero que sobresalga alrededor de todas las secciones, y en las superficies en contacto sellarse con soldaduras continuas, para prevenir el atrapamiento de abrasivos y la entrada de humedad.

- ✓ **Prevención de la corrosión galvánica:** Cuando exista continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (electrolito), tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos.

La velocidad de corrosión depende, entre otros factores, de la diferencia de potencial entre los dos metales conectados, sus áreas relativas, la naturaleza y período de acción del electrolito.

- ✓ **Entallas:** Las entallas en refuerzos, almas o componentes de construcción similares deben tener un radio mínimo de 50 mm, para permitir la preparación adecuada de la superficie y la aplicación de un sistema de pintura protector.
- ✓ **Refuerzos:** Cuando se requieren refuerzos es esencial que la intersección entre el refuerzo y los componentes colindantes esté soldada a todo alrededor, para prevenir la formación de huecos. El diseño de refuerzos no debe permitir la retención de depósitos, ni agua, pero sí el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema de protector.
- ✓ **Manipulación, transporte y montaje:** Durante la etapa de diseño, debe considerarse la manipulación, el transporte y el montaje de la estructura. Cuando sea necesario, se prestará atención al sistema de elevación y a los puntos de anclaje para la elevación además debe considerarse la necesidad de prever mordazas para sostener los componentes, así como las precauciones necesarias para prevenir daños en el sistema de pintura protector.
- ✓ **Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua:** Deben evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y de este modo, en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos.

El diseñador también debe tener en cuenta los posibles efectos de contaminación por descuelgues, por ejemplo, de productos de corrosión de acero suave sobre aceros inoxidables que puedan provocar la corrosión de estos últimos.

- ✓ **Bordes:** Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado, las capas protectoras en los bordes agudos son más susceptibles al deterioro. Por lo que los bordes agudos deberían redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes deberían eliminarse.
- ✓ **Imperfecciones en la superficie de las soldaduras:** Las soldaduras deben estar libres de imperfecciones (por ejemplo: aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector.
- ✓ **Conexiones con pernos:**
 - **Conexiones antideslizantes con pernos de alta resistencia:** Las superficies de fricción en conexiones antideslizantes deben prepararse por chorreado, previo al montaje, hasta un grado de preparación mínimo de Sa 2 ½, tal y como se define en la norma, con una rugosidad acordada y en la superficie de fricción puede aplicarse un material protector con un coeficiente de rozamiento apropiado.
 - **Conexiones precargadas:** Se debe prestar una atención especial a la especificación de películas de pinturas para conexiones con pernos precargados (pernos, tuercas y arandelas), los pernos, las tuercas y las arandelas deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la protección de la estructura.
- ✓ **Áreas cerradas y componentes huecos:** Dado que las áreas cerradas (interior accesible) y los componentes huecos (interior inaccesible) minimizan la superficie expuesta a la corrosión atmosférica, constituyen una sección especialmente bien adaptada a la protección frente a la corrosión, siempre que se cumplan los

requisitos dados a continuación. Las áreas cerradas y los componentes huecos que estén expuestos a la humedad superficial, deben estar provistos de aberturas de drenaje y estar protegidos de un modo efectivo contra la corrosión.

Una protección efectiva a lo largo de la vida de servicio de las estructuras que están en explotación, no se garantiza solo con la aplicación de pinturas ya que requiere de otra protección adicional, señalada en la norma (NC 12944-5, 2017) pero no precisada con lo que concuerda (Echeverría, M. et al. 2009) y demostrado en la práctica.

Las posibles soluciones para eliminar o atenuar los problemas de diseño que son descubiertos cuando la estructura o equipo ya está en pleno funcionamiento son menores o a veces no existen posibilidades. Lo anterior es una causa de un mal proceder desde la etapa de planeación y diseño (Cook, D.C. 2005, Méndez, O. 2012).

Entre las soluciones propuestas se señala la aplicación de productos anticorrosivos, con o sin modificaciones del diseño existente, para los problemas que se detecten durante el servicio del equipo o estructura. Los productos que se proponen son recubrimientos anticorrosivos, diferentes a las pinturas, que confieren una protección adicional efectiva, y que permiten el uso de técnicas de ensamblaje mojado, para crear una barrera sellante que complementa al sistema de protección anticorrosiva con pintura. (González, A. 2011).

1.6) Enfoque en Sistemas de protección anticorrosiva con recubrimiento.

Un sistema de recubrimiento protector es la suma total de capas de materiales metálicos y/o pinturas o productos relacionados aplicados sobre un sustrato para protegerlo contra la corrosión. Es posible además aplicar medidas de protección adicionales u otras medidas. Esta definición constituye el enfoque más acabado sobre sistema de protección con recubrimientos, aunque la norma no incluye otros recubrimientos diferentes a las pinturas y no utiliza el término conservación.

En la actualidad muy pocos autores abordan el enfoque en sistema. Aspecto de interés que será desarrollado en la presente investigación.

El enfoque en sistema se basa en la solución de los diferentes problemas de diseño anticorrosivos que plantea la norma ISO y que fueron vistos con anterioridad. Para ello

hay que tener en cuenta que las soluciones pueden ser de dos formas, una de forma mecánica y la otra mediante la aplicación de productos anticorrosivos. (González, A., 2010).

Las soluciones de los diferentes problemas de diseño son las siguientes:

- ✓ **Accesibilidad:** Este problema se puede resolver convirtiendo el área inaccesible en otro problema de diseño anticorrosivo con mejores condiciones para la conservación como lo son las áreas cerradas y los componentes huecos. En el caso de las áreas cerradas deben estar previstos de agujeros de acceso y drenaje. En ambos casos se le aplican algún tipo de grasa anticorrosiva y se cierran de tal manera que no exista la entrada de los diferentes contaminantes.
- ✓ **Tratamiento de orificios:** Los orificios que surgen entre piezas que no se pueden separar se le aplican grasas de conservación líquidas y posteriormente debe ser sellado con algún tipo de masilla. En el caso de poder separar las partes, se le aplica algún tipo de masilla anticorrosiva que selle todo el orificio.
- ✓ **Prevención de la corrosión galvánica:** Para prevenir este tipo de problema hay que lograr separar las partes de los materiales de diferentes potenciales mediante algunas juntas con masillas anticorrosivas que eliminen los orificios. En el caso de no poder separar las partes se deben reforzar los esquemas de pinturas sobre los diferentes materiales.
- ✓ **Entallas y Refuerzos:** Deben estar preparados de tal forma que no queden retenidos los contaminantes.
- ✓ **Manipulación, transporte y montaje:** Este problema se crea por la no aplicación de recubrimientos de pinturas adecuados en las zonas que pueden sufrir este problema, además de no tener el cuidado especial para realizar estos trabajos.
- ✓ **Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua:** Una de las soluciones es la de favorecer una superficie inclinada que impida la retención de los diferentes contaminantes mediante la aplicación de alguna masilla anticorrosiva. La otra solución es la de practicar algún tipo de agujero que permita el drenaje de los contaminantes que se puedan depositar y otra solución puede ser

la de inclinar la superficie metálica.

- ✓ **Bordes:** Los bordes deben ser redondeados mediante la aplicación de algún método mecánico.
- ✓ **Imperfecciones en la superficie de las soldaduras:** Las soldaduras deben estar lo más lisas posibles para evitar la deposición de los contaminantes y para ello se aplica algún método mecánico. Si las soldaduras no son continuas se recomienda la aplicación de alguna grasa de conservación líquida en los orificios y posteriormente se debe aplicar la soldadura continua.
- ✓ **Conexiones con pernos:** Los pernos deben ser preparados superficialmente, se le debe aplicar algún recubrimiento de pintura anticorrosiva con el esquema de pintura recomendado para la zona donde se encuentre y posteriormente se aplica algún producto anticorrosivo que pueda eliminar los orificios que surgen entre ellos y las partes que serán unidas.
- ✓ **Áreas cerradas y componentes huecos:** Estos problemas a pesar de ser los que menos sufren la corrosión, se les debe aplicar alguna grasa anticorrosiva líquida. Para ellos hay que realizarle dos orificios tecnológicos, uno de acceso y otro de drenaje. Posteriormente se sellan.

1.6.1) Sistemas de protección anticorrosiva con pinturas.

Durante la década del 90 ocurrió un cambio radical en las tecnologías de pinturas que motivó la reformulación y aparición de nuevas variantes que no agredieran al medio ambiente. La aplicación de pinturas es un método de protección muy utilizado. (Almeida, E. et al. 2006).

1.6.2) Etapas del sistema de protección anticorrosiva con pinturas.

Posteriormente se abordaran las etapas del sistema de pintura que establece la norma, exceptuando aquellas que por el alcance del presente trabajo no son objeto de estudio.

- ✓ **Clasificación de ambientes.**

La determinación y clasificación de la agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona donde se va a ejecutar el proyecto de protección anticorrosiva resulta decisivo (González, A. et al. 2018 (b); Echeverría, C.A. et al., 2005; NC 12944-2. 2017; NC 11303: 2009). Debido a que determina las recomendaciones de diseño, tipos y preparación de superficies, posibles esquemas de pintura a seleccionar, tipos de ensayos a realizar en el laboratorio así como desarrollo de especificaciones para obra nueva y trabajos de mantenimiento. De manera que esta etapa determinará la durabilidad del sistema de pintura.

✓ **Consideraciones de diseño.**

Desde la etapa de elaboración del proyecto, los problemas de diseño anticorrosivo que se presentan son importantes tenerlos en cuenta pues son causantes de la mayoría de las fallas que se originan en los recubrimientos y que motivan el deterioro prematuro de estos.

La norma (NC 12944-3: 2017) que se toma como referencia, no propone soluciones a los diferentes problemas de diseño que relaciona, pues solo refiere aplicar una protección adicional sin especificar tipos de productos.

✓ **Tipos y preparación de superficies.**

Es necesario considerar el estado inicial de la superficie a proteger, el material de construcción, el grado de la suciedad y oxidación, para la elección del método de preparación de la superficie más apropiado. Además, se debe tener consideraciones económicas, tecnológicas, de ubicación y de disponibilidad de mano de obra especializada (NC 12944-4: 2017, NC 8501-1: 2018).

Para que un esquema de pintura logre el desempeño esperado la etapa de preparación superficial es una de las más importantes (Echeverría, C.A. et al. 2005), el cual obedece en un 90% de su eficiencia. Siempre que se pueda se debe utilizar el método a chorro, por ser el más efectivo, rápido y ofrecer mayor durabilidad.

Esta etapa tiene una doble misión: limpiar la superficie y conferir cierta rugosidad para favorecer el anclaje de la pintura, lo que potencia la adherencia del recubrimiento a la base metálica. (Ochoa, et al. 2005)

Mientras mejor es la preparación de superficie, mayor será la durabilidad del sistema (González, A. et al. 2018 (a); Herrera, A. 2012) con una superficie bien preparada se logra mejor comportamiento con un recubrimiento de pintura de “baja resistencia” que con uno de “alta calidad” si se aplican a superficies mal preparadas.

En la Batería Central, en el área del separador de gas; que es el área analizada se plantea que hay que aplicar un método manual mecánico para lograr una preparación superficial del tipo St2 y posterior aplicación de un método químico como el fosfatado para lograr una preparación cercana a las exigidas en las normas internacionales, debido a que no se pueden aplicar los métodos de choroado que son los más efectivos. (González, A. 2011)

✓ **Sistemas de pinturas protectores.**

La elección de las pinturas incluye varios aspectos, dentro de los más importantes están la durabilidad, extensión del trabajo a realizar, condiciones de pintado (temperatura, humedad relativa, pintura previa y tiempo disponible para el pintado) y precio unitario de la pintura. Habitualmente las pinturas no se aplican en una sola capa, sino que lo hacen en una serie de ellas, cada una de las cuales poseen características específicas (González, A. et al. 2015; González, A. et al 2018 (a)).

Un sistema de pintura está constituido por las siguientes capas.

Imprimación: capa en contacto directo con el sustrato metálico provocando la adherencia al sustrato metálico, el control de la corrosión y la adherencia a la capa intermedia.

Intermedia: se aplica a continuación de la capa de imprimación y su composición generalmente no difiere de ésta. Su principal función es aumentar el espesor total del sistema de pintura, por lo que es importante que tenga una elevada compatibilidad con las capas de imprimación y acabado.

Acabado: capa que está en contacto directo con el medio ambiente, por tanto, será la responsable de la resistencia a los agentes atmosféricos además de cumplir exigencias estéticas (González, A. et al 2018 (a) (b);Rodríguez, M.T. 2004; Schmidt, D.P. et al. 2006; NC 12944-5: 2017) .

La incompatibilidad entre las pinturas es un factor determinante en la calidad del recubrimiento (Echeverría, C.A. et al. 2005; 2010;Fragata, F. et al. 2006).

La Norma (NC 12944-5:2017) ofrece varios esquemas de pinturas en función de la agresividad corrosiva del medio, cada uno de los cuales define el grado de preparación superficial, tipo de pintura, número de capas, espesor y durabilidad. La durabilidad de un sistema de pintura protector depende de varios parámetros tales como: tipo de sistema de pintura, diseño de la estructura, condición del sustrato antes de la preparación, la efectividad de la preparación de superficie, la calidad de la aplicación y las condiciones de exposición antes y durante la aplicación. Por ello se establecen tres niveles de durabilidad:

Durabilidad Baja: Sistema sin afectación apreciable de 2 a 5 años.

Durabilidad Media: Sistema sin afectación apreciable de 5 a 15 años.

Durabilidad Alta: Sistema sin afectación apreciable por un período superior a 15 años.

En la actualidad, los sistemas que más se emplean en Cuba, sobre la base de la literatura consultada, son los de durabilidad Baja, en lo que incide la falta de cultura, experiencia y condiciones de agresividad existente. (Herrera, A. 2012)

1.6.3) Recubrimientos Anticorrosivos.

Los recubrimientos anticorrosivos son los principales componentes de los sistemas de protección anticorrosiva empleados actualmente en el mundo, teniendo como principio esencial de acción aislar o separar al metal del medio corrosivo, según (Sayre, M. L. 2015; Shixer, D.A. 2005).

Señala (Echeverría, C.A. et al. 2010), que es necesario estar familiarizado con al menos los principales tipos de recubrimientos, y a su vez entender cómo trabajan, ya sea individualmente o como parte de un sistema. Se deben conocer las características de aplicación y durabilidad (tanto negativas como positivas) para cada tipo de recubrimiento; pues solamente este conocimiento permitirá escoger el sistema correcto para determinada situación.

Refiere (Echeverría, C.A. et al. 2010) que los recubrimientos pueden ser de distinta

naturaleza: orgánicos, inorgánicos, metálicos, de conversión, entre otros.

✓ Recubrimientos orgánicos.

Estos son los más variados y difundidos, se caracterizan en general por su buena resistencia ante la acción de los electrolitos salvo los agentes oxidantes y fuertes y los ácidos y álcalis muy concentrados, prácticamente todos se destruyen por la acción prolongada del calor, por lo que no se utilizan a temperaturas elevadas.

Estos recubrimientos se usan muy ampliamente debido a que muestran un excelente comportamiento en los medios donde los metales fallan con mayor frecuencia y entre los más importantes encontramos: los asfálticos y bituminosos, las grasas, los aceites y otros compuestos de conservación, los plásticos y resinas, las gomas y elastómeros y las pinturas.

✓ Recubrimientos inorgánicos.

Estos se caracterizan por su elevada resistencia a la acción de los agentes químicos y por una extraordinaria resistencia al calor. Sus componentes principales son los óxidos metálicos pero especialmente la sílice; por esta razón son utilizados cuando se requiere operar con reactivos altamente corrosivos.

Como ejemplo de ellos se pueden citar los esmaltes vítreos, porcelanas y otras cerámicas como lozas antiácido, cementos comunes y especiales, masillas inorgánicas, ladrillos refractarios y de grafito.

✓ Recubrimientos metálicos.

Estos recubrimientos pueden dividirse en activos y nobles. Los primeros son aquellos que poseen un potencial estacionario más negativo que el del metal base (a proteger) en el medio corrosivo, mientras que los nobles son los que presentan una condición contraria.

Es válido destacar que a pesar de existir una amplia diversidad de recubrimientos anticorrosivos; para el caso específico de instalaciones sometidas a un ambiente marino, con presencia del aerosol marino, cambios de temperaturas, alta humedad relativa, influencia de vientos, entre otros factores; el método más utilizado para la protección contra la corrosión es la aplicación de las pinturas, debido a que las

dimensiones y sus diseños limitan la aplicación de otros métodos, según (Shixer, D.A. 2005, Echeverría, C.A. et al. 2010), el mismo protege con mayor efectividad de los cambios ambientales a más superficies y sustratos que cualquier otro sistema de prevención contra la corrosión.

Este sistema, para mitigar la corrosión, está basado en la aplicación de los recubrimientos orgánicos, específicamente las pinturas, las grasas de conservación y los mástiques asfálticos y los recubrimientos inorgánicos de protección temporal como la disolución de fosfatado. Con excepción de las pinturas todos los productos son de producción nacional y están amparados bajo la marca DISTIN.

1.6.4) Protección anticorrosiva y conservación adicional.

Los sistemas de pinturas no son totalmente resistentes a los medios agresivos y la presencia de problemas de diseño anticorrosivo obliga a emplear en los sistemas protectores una protección adicional.

1.6.4.1) Materiales compuestos de matriz asfáltica.

Los materiales compuestos están constituidos básicamente por matrices y rellenos. La matriz es, en esencia, el elemento aglomerante y sus propiedades determinan la resistencia a la fatiga, a los efectos del medio, a la temperatura de trabajo, adherencia (Echeverría, M. et al. 2009).

Los rellenos poseen altos valores de dureza, resistencia y módulo de elasticidad. La combinación adecuada de la matriz y el relleno origina unos materiales con mejores propiedades que las partes que los componen por separado. Algunos rellenos presentan un excelente comportamiento ante la corrosión y ataque de agentes ambientales, por otra parte, presentan buenas propiedades mecánicas frente a la tracción, como a compresión, flexión, cortadura y resistencia al impacto, lo cual justifica su utilización en estructuras (Echeverría, M. et al. 2009).

El DISTIN 404 L ofrece una capa protectora de la superficie por evaporación del solvente, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras, etc. la cual penetra en todas las cavidades e intersticios que puedan existir y protege contra la acción agresiva de la atmósfera. Especialmente preparado como

recubrimiento antigavilla para la protección inferior y exterior de los automóviles, contenedores y en estructuras o pisos en contacto con agua y humedad, impermeabilizando y protegiendo contra la acción microbiana. El Mástique asfáltico DISTIN 404 está especialmente preparado para usarlo en las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón, donde resiste vibraciones sin partir, evitando la penetración de los contaminantes. Sella orificios y protege superficies sometidas a la acción del agua y la humedad. Ofrece una capa protectora a la superficie, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras y a la acción agresiva de la atmósfera. Su espesor estará en dependencia de la aplicación específica que se requiera.

1.6.4.2) Grasas de conservación.

Por sus propiedades probadas durante muchos años en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, las grasas de conservación de consistencias semisólidas y líquidas, DISTIN 314 y DISTIN 314 L han ofrecido excelentes resultados. Un ejemplo de ello es su duración por más de 5 años en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas. Estos resultados no se han reportado por otras grasas de importación en evaluaciones realizadas en Cuba a la intemperie y bajo techo (Echeverría, C.A. et al. 2008).

Estas grasas presentan alta resistencia al agua, medios salinos, la no afectación a los recubrimientos de pintura y la formación de una capa protectora que se endurece con el tiempo por curado y no se cuarteo ni chorrea, resistiendo temperaturas superiores a 80° C sobre la superficie metálica (Echeverría, C.A. et al. 2010).

La grasa líquida de conservación DISTIN 314 L está especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas y equipos en general, proporcionando una barrera al agua y otros agentes. La capa que se forma por evaporación del solvente, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente.

Por lo analizado anteriormente, las grasas encuentran aplicación dentro de los sistemas de protección anticorrosiva y de conservación de la Batería Central.

1.6.4.3) Cera abrillantadora e impermeabilizante.

La cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L proporciona a los recubrimientos de pintura una mayor resistencia a la radiación ultravioleta. Puede ser aplicada sobre madera, hormigón, mortero, no teniendo reacciones adversas. Es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno, que junto con los contaminantes atmosféricos son los causante del deterioro de las pinturas.

1.6.4.4) Disolución de Fosfatado.

La disolución de fosfatado decapante DISTIN 504 para la preparación rápida de superficies metálicas. Proporciona una limpieza a fondo de la superficie, penetra en los intersticios, convierte el óxido, sella y forma una capa protectora. Produce un efecto inmediato al tratar superficies oxidadas, previo a la aplicación de recubrimientos. Puede ser aplicada sobre recubrimientos de pintura que muestren partes oxidadas, convierte el óxido y elimina la mancha en la pintura. Se recomienda aplicar recubrimiento después de las 72 horas.

La disolución de fosfatado no decapante DISTIN 505 para la preparación rápida de superficies metálicas no oxidadas, logrando los mismos efectos que la anterior.

Ambos productos garantizan la protección temporal de las superficies metálicas días, semanas e incluso meses, en las condiciones climáticas de Cuba en zonas de agresividad de alta a extrema, en dependencia de las condiciones de almacenamiento.

Conclusiones Parciales del Capítulo.

1. Se puede apreciar la influencia que tienen los problemas de diseño anticorrosivos sobre los problemas de corrosión. Se deduce que el conocimiento de estos parámetros son aspectos de gran importancia para poder emprender el combate contra este fenómeno.
2. Los efectos de los factores atmosféricos, los problemas de diseño anticorrosivo, el incorrecto uso de las normas y la incorrecta selección de materiales exige de soluciones con técnicas y productos con enfoque en sistemas de protección anticorrosiva y conservación, existiendo al respecto, muy pocas referencias en la bibliografía consultada.
3. Las pinturas constituyen un componente fundamental en los sistemas de protección con recubrimientos debido a su amplio campo de aplicación. Siendo su efectividad determinada por la correcta preparación de la superficie y por el adecuado control de los diferentes pasos a la hora de ser aplicadas, así como de su correcta selección.
4. Por las ventajas que ofrece y su fácil aplicación, las disoluciones de fosfatado son un buen complemento para la preparación superficial cuando no puede ser aplicado el método de chorreado.
5. Los productos DISTIN como las grasas de conservación temporal, los materiales compuestos de matriz asfáltica y las ceras impermeabilizantes encuentran utilización en la aplicación de los sistemas de protección anticorrosiva y de conservación para complementar la protección que ofrecen los esquemas de pinturas sobre los sustratos metálicos.

Capítulo II: Diagnóstico del diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación.

2.1) Materiales y métodos.

En este capítulo se hace una descripción detallada de los materiales y la metodología empleada para el análisis y solución del problema de corrosión que se nos presenta en la planta de Procesamiento de Crudo en la etapa de Separación de Gas ,el material que principalmente se emplea en la construcción de las instalaciones y equipos es el acero estructural de bajo contenido de carbono (AISI 1020), aunque se pueden encontrar los aceros aleados (AISI 403 12Cr).

Los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que presentan las instalaciones hay que dominarlos para poder proceder al trabajo, por lo que hay que revisar y trabajar con las Normas Internacionales, en particular las Normas NC ISO 12944 de la 1 - 8: 2017. Debido a la misma contiene en su conjunto el establecimiento de los criterios básicos de diseño que tienen que cumplirse para prevenir la corrosión como un fenómeno de estos tiempos. Es válido señalar que Cuba suscribe y aplica las Normas ISO.

Como método para la realización del diagnóstico tuvimos en cuenta los siguientes pasos

✓ Análisis visual.

Este análisis se realiza con el objetivo efectuar un adecuado análisis de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación, existentes en este trabajo .Lo primero que hay que realizar es un correcto diagnóstico de los equipos existentes. Para ello se desarrolla un análisis visual detallado para poder observar todos los problemas de diseño que existan en el área del Sep de Gas. La observación se realiza de adelante hacia a detrás, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

✓ Fotografía digital.

La fotografía visual se realiza después de la observación visual descrita anteriormente. Se continúa con la toma de las muestras fotográficas de todos los problemas

existentes en los equipos que posteriormente serán analizadas mediante el uso de las Normas NC 12944 de la 1 - 8: 2017 y NC 11303: 2009.

2.2) Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivos y de corrosión.

El primer paso en el tratamiento anticorrosivo y conservación es la identificación de los problemas de diseño anticorrosivo. Su eliminación atenúa en gran medida los efectos de la corrosión y evita que aparezcan algunos tipos específicos, lo que debe prolongar la vida útil de los equipos.

Además, es de gran importancia para el diagnóstico de los problemas de corrosión y en la búsqueda de la solución adecuada, así como la identificación de los tipos de corrosión, sus causas, mecanismos y factores que influyen.

Un factor ignorado frecuentemente es el cumplimiento de las normas internacionales de diseño anticorrosivo desde la etapa inicial del diseño de las construcciones metálicas. Esto decididamente favorece y acelera el proceso de la corrosión, lo que conlleva sin dudas a considerables pérdidas económicas.

Seguidamente se analizarán los diferentes equipos e instalaciones del área Sep de Gas (Ver Figura 2.1), mencionando los diferentes problemas de diseño anticorrosivo identificados como resultado del diagnóstico realizado, así como los tipos de corrosión que se originan en el área analizada.

Se encuentra una escalera para acceder a la parte superior con un pasillo aéreo donde aparecen barreras de protección y sujetadores como se observa en la figura.



Fig 2.1 Sep de Gas

2.2.1 Área de Sep de Gas

El área de Sep de Gas cuenta con el lazo de alimentación de la sala de caldera .Este gas viene desde Energas hasta la batería central y en el separador se separan las impurezas que trae por arrastre para no ser quemadas en el quemador.

Entre los problema de diseño anticorrosivo existentes en el área analizada se puede identificar en la figura 2.2 el problema representado por la accesibilidad representado con las flechas negras ,el mismo esta vinculado al acceso para las labores de aplicación del recubrimiento y los trabajos de mantenimiento de los operadores. En este caso la separación entre partes o estructuras, no puede ser menor de 30 mm de ancho y mayores de 80 mm en profundidad (Norma NC 12944: 3:2017).

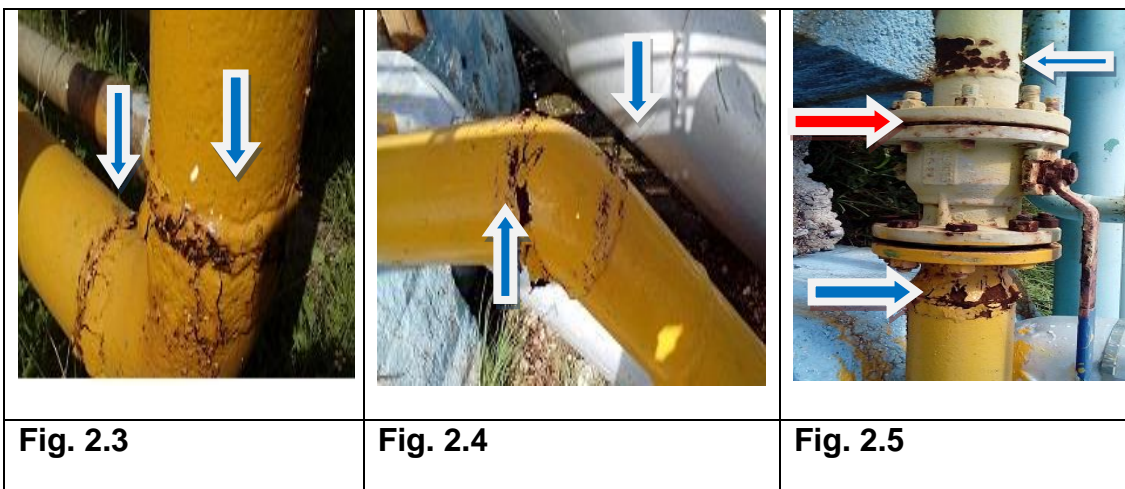
Todas las superficies de la estructura que han de ser protegidas deberían ser visibles y encontrarse al alcance del operario mediante un método seguro.

Como se puede observar en la figura 2.2 los componentes de acero deberían diseñarse para que sean accesibles a la hora de aplicar, inspeccionar y mantener el sistema de pintura protector.



En las figuras 2.3 ,2.4 y 2.5 se observan problemas de imperfecciones en la superficie de la soldadura representado con las flechas azules. En estas zonas es donde primero fallan los recubrimientos de pintura producto de una mala preparación superficial

Las soldaduras deberían estar libres de imperfecciones (por ejemplo: aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector.



En la figura 2.5 también podemos encontrar problemas con los resquicios representado con flechas rojas. La corrosión en estos casos ocurre frecuentemente en los espacios pequeños o resquicios en los que el medio corrosivo empieza a ser más agresivo, propiciando la corrosión en resquicios, que es del tipo electroquímica, no uniforme. El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de grietas, hendiduras y solapes, producida por la presencia del resquicio que se produce en general entre un metal y otro material, sin dejar de faltar los contaminantes y la humedad provenientes del aerosol marino.

La figura 2.6 y 2.7 muestra problemas de diseño con los bordes representadas con las flechas rojas. Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado sobre bordes agudos. Las capas protectoras en los bordes agudos también más susceptibles al deterioro. Por consiguiente, todos los bordes agudos deberían redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes deberían eliminarse.

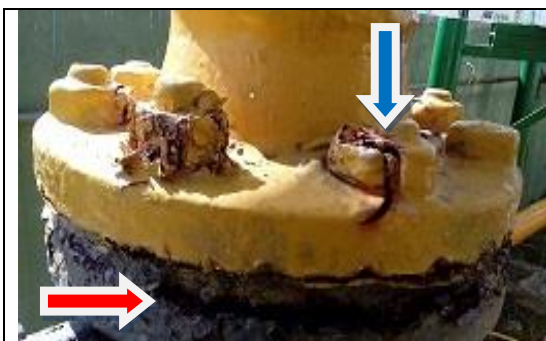


Figura 2.6



Figura 2.7.

En estas figuras también se encuentran problemas con los pernos los cuales se representan con flecha azul. Con respecto a las conexiones precargadas como los pernos, tuercas y arandelas se les debe prestar atención especial producto a que estos están sometidos a las cargas que ejercen ambas partes por lo que hay que tener cuidado en cuanto a la especificación de películas de pinturas, ya que deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la estructura. Lo anterior mencionado puede provocar resquicios entre las partes que los unen y entre ellos y las piezas. Además se observa la aparición de celdas de aireación diferencial causadas por el surgimiento de una grieta, hendidura, intersticio, desprendimiento de la pintura, depósitos de óxido o suciedades.

Por su parte la figura 2.8 muestra problemas de refuerzos los mismos se deben a que cuando se requieran refuerzos es esencial que la intersección entre el refuerzo y los componentes colindantes esté soldada a todo alrededor, para prevenir la formación de huecos. El diseño de refuerzos no debería permitir la retención de depósitos ni agua y debe permitir el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema de pintura protector. Lo anterior se muestra con flecha azul.

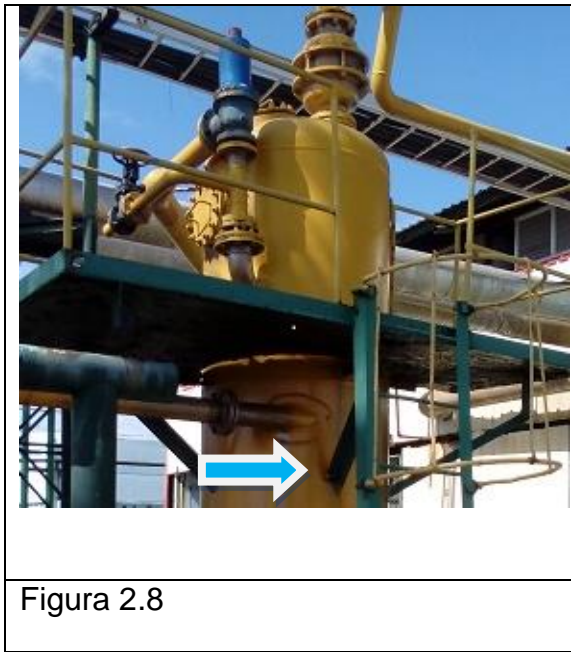


Figura 2.8

Las figuras 2.9 y 2.10 muestran problemas de conexiones con pernos .Hay que prestar una atención especial a la especificación de películas de pinturas para conexiones con pernos precargados. Los pernos deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la protección de la estructura.



Figura 2.9



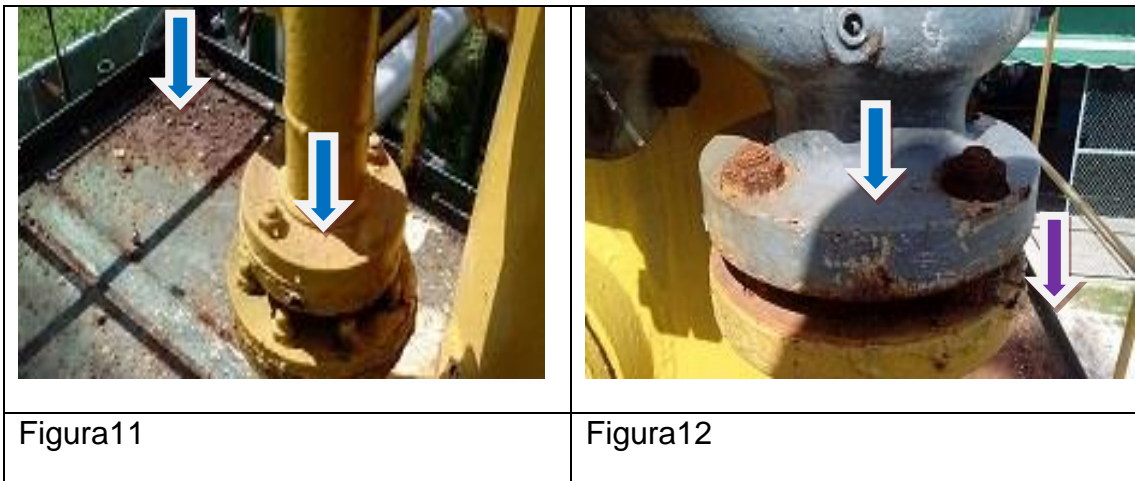
Figura 2.10

Las figuras 11 y 12 representadas con flechas azules muestran problemas de retención a la humedad y los depósitos de agua en la parte superior del Sep de Gas, apoyando parte de los accesorios compuestos por el mismo. Estas condiciones

provocan serios problemas, como la corrosión atmosférica mojada, que tiene lugar cuando existe presencia de agua en la superficie. Pero con solo haber humedad, se produce la corrosión atmosférica húmeda. Ambas se clasifican del tipo de corrosión electroquímica, atmosférica, uniforme. La presencia de contaminantes, principalmente los cloruros y sulfatos provenientes del aerosol marino, son factores que influyen en la aceleración de la corrosión cuando existe humedad.

Estas condiciones provocan serios problemas debido a que no se puede ejercer sobre las mismas un tratamiento fácilmente.

Deberían evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y que puedan de este modo, en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos. El diseñador debería también tener en cuenta los posibles efectos de contaminación por descuelgues.



La figura 2.13 muestra problemas con la Prevención de la Corrosión Galvánica por par metálico, representado por la flecha amarilla.

El factor determinante en este tipo de corrosión es la unión de metales de distinta naturaleza, aunque influye también la magnitud de la diferencia de potenciales, la diferencia de áreas, sobre todo cuando el área anódica es muy pequeña en comparación con el área catódica.

La formación de este par galvánico también acelera la velocidad de corrosión del menos noble de los dos metales. La velocidad de corrosión depende, entre otros

factores, de la diferencia de potencial entre los dos metales conectados, sus áreas relativas y la naturaleza y período de acción del electrolito.

Por su parte en la figura 2.14 la flecha roja representa un problema de diseño como es el caso de los componentes huecos (interior inaccesible) estando expuesto a la humedad superficial, estos deben estar provistos de aberturas de drenaje o cerrados en su parte superior y además deben de estar protegidos de un modo efectivo contra la corrosión.

En las condiciones de agresividad de Cuba se ha demostrado que en el interior de perfiles rectangulares huecos, tubos y otros tipos de estructuras (componentes huecos), donde no pueden aplicarse o no se recomienda sistemas de pinturas protectores en su interior, no se logra una protección efectiva a lo largo del tiempo de vida físico de la instalación, situación muy frecuente y que causa el deterioro de instalaciones por lo antes expuesto se define que si se protegen de forma correcta son los componentes que mayor seguridad le brinda a las estructuras ante los efectos de los factores atmosféricos.



Figura 2.13



Figura 2.14

Manómetros

Los manómetros son instrumentos de medida de la presión en fluidos (líquidos y gases) en circuitos cerrados. Miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor, presión manométrica. En las

instalaciones de aire comprimido, son instrumentos vitales para la regulación y control del proceso

En el Separador de Gas se encuentran varios manómetros (Ver figura 2.15). Este instrumento de medición se utiliza para la separación de fluidos contenidos en recipientes cerrados.



Figura 2.15 Vista frontal del Manómetro

En las figuras 2.15 y 2.16 se representan varios problemas de diseño anticorrosivo identificados como resultado del diagnóstico realizado. En la figura 2.15 la flecha roja indica problemas de imperfección de soldaduras y la flecha azul indica problemas de conexiones con pernos. Estos problemas ya fueron analizados en imágenes anteriores.

En la figura 2.16 se muestra una vista lateral de los manómetros utilizados. Las flechas negras representan los diferentes problemas con pernos, la roja problema de refuerzo que provocan componente huecos que deben ser tratados como tal para su conservación y la azul problema de componentes huecos. Todos estos problemas fueron explicados anteriormente.



Figura 2.16 Vista lateral del Manómetro

La figura 2.17 muestra problemas de tratamiento de orificio en el soporte de manómetros en los orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas son lugares potenciales para ser atacados por la corrosión procedente de la retención de humedad y suciedad, incluyendo cualquier abrasivo utilizado durante la preparación de la superficie. La corrosión de este tipo debería normalmente, evitarse mediante el sellado. En los ambientes más corrosivos, el espacio debería rellenarse con soldadura de acero que sobresalga alrededor de todas las secciones. Las superficies en contacto deberían sellarse con soldaduras continuas, para prevenir el atrapamiento de abrasivos y la entrada de humedad. Este problema se observa con flecha carmelita.

En esta figura también se observan problemas con los refuerzos representado con flecha roja, problemas con las soldaduras y los bordes los cuales se encuentran identificados con flechas blancas y amarillas respectivamente. Estos problemas ya fueron analizados con anterioridad.

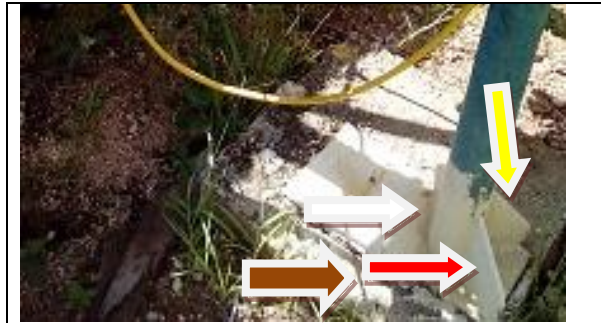


Figura 2.17

Válvulas

Las válvulas son mecanismos que sirven para regular el flujo de fluidos. Pueden desempeñar distintas funciones, proporcionan una opción segura y de respuesta rápida en caso de cualquier percance que pueda presentarse preservando la integridad humana y estructural de la Empresa.

La figura 2.18 muestra una válvula con los diferentes problemas de diseño .Se puede señalar con la flecha verde problemas con los pernos, mientras que la flecha azul representa los problemas de retención a la humedad y los depósitos de agua. El análisis de estos problemas se encuentra en imágenes anteriores donde se observaron los diferentes problemas de diseño así como también los problemas de corrosión que pudieran presentarse.

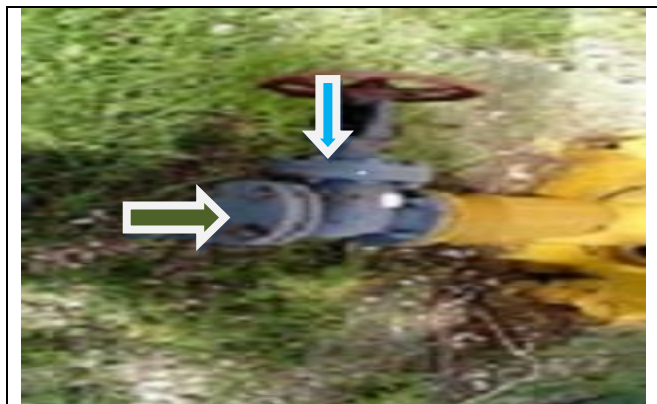


Figura 2.18 Vista lateral de la válvula.

En la figura 2.19 se muestra representado por la flecha roja problemas de retención a la humedad y depósitos de agua, la flecha azul representa problemas de conexiones con pernos. Los orificios en las uniones entre bridas con flechas amarillas. Otro de los problemas que se presentan mayormente en estos accesorios es la aparición de las celdas de aireación diferencial representado por la flecha verde donde surgen ampollas en el recubrimiento y su vertiginosa ruptura por la presencia de contaminantes debajo del recubrimiento debido a una mala preparación de la superficie surgiendo de esta forma la corrosión interfacial.

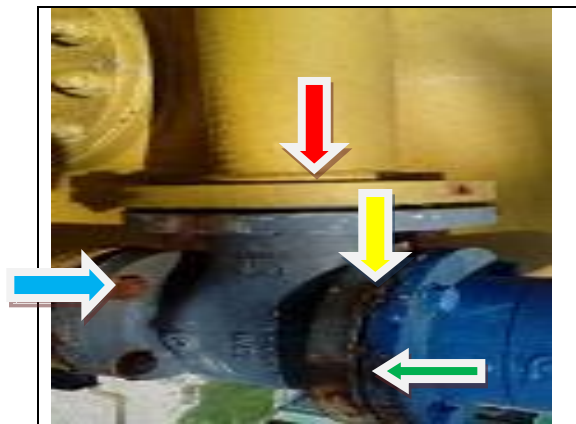


Figura 2.19 Vista frontal de una válvula

Como se puede observar en la figura 2.20 las flechas amarillas indican problemas de tratamientos de los orificios, el mismo trae consigo problemas de corrosión en resquicios.



Figura 2.20

En esta figura también se pueden encontrar los mismos problemas de diseño anticorrosivo que fueron analizados en la figura anterior.

Diagnóstico de la preparación de superficies.

Existen muchos elementos para argumentar que la preparación previa de la superficie resulta de vital importancia en la aplicación de los recubrimientos y para ello hay que tener en cuenta una serie de pasos que se deben cumplir de forma obligatoria.

En los muelles de aguas profundas el estado inicial del material según la norma NC ISO 8501-1: 2008, es G ya que la pintura se aprecia fuertemente envejecida con englobamiento o manchada; hasta un 10% de la superficie se encuentra cubierta de productos de corrosión, englobamiento con corrosión, capas duras y sueltas de pintura y se aprecia una pequeña cantidad de ataque localizado (grado de corrosión 4 a 6 de SSPC -Vis 2).

En dicha área la planta de procesamiento de Crudo de la Batería Central se pueden observar serios problemas de preparación superficial antes de aplicar los sistemas de pinturas, como muestran las figuras anteriores.

Conclusiones Parciales del Capítulo.

- 1) La causa principal de los problemas de corrosión que se presentan en la planta de Procesamiento de Crudo de la Batería Central de Guásimas son los problemas de diseños anticorrosivos junto con los efectos de los contaminantes atmosféricos propios de la zona.
- 2) Se requiere de conocimientos sobre cómo eliminar los problemas de diseños anticorrosivos, preparación superficial y de los métodos de protección que deben ser aplicados para encontrarle solución a los diferentes problemas de corrosión que se presentan.
- 3) Todos los tipos de corrosión y problemas de diseños anticorrosivos que se presentan, provocan afectaciones a las instalaciones por lo que deben ser atendidos por igual.

Capítulo III: Propuesta de tecnologías de protección anticorrosiva y conservación. Manual de mantenimiento anticorrosivo.

En este capítulo se aborda lo referente a las soluciones de los problemas de diseño anticorrosivos presentes en la Planta de Procesamiento de Crudo, así como los materiales y métodos, que son empleados en la propuesta del Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC).

La protección anticorrosiva y la conservación enfocada a un sistema no es solo proteger con novedosos esquemas de pinturas, sino la combinación de estos con un grupo de productos, que permitan disminuir los efectos de los problemas de diseño anticorrosivo. Dentro de los productos podemos encontrar las grasas de conservación, los mástiques asfálticos, las ceras protectoras y las disoluciones de fosfatado; estableciendo un sistema de supervisión y control de la calidad de los trabajos antes, durante y después de su ejecución por lo que es nuestro objetivo establecer las normativas para la protección anticorrosiva y conservación de los equipos y la infraestructura de las instalaciones preservando siempre el medio ambiente.

3.1) Materiales y Métodos.

Los materiales que se analizaron fueron productos de fabricación nacional, que se utilizarán para conformar la tecnología del SIPAYC son:

- ✓ Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504.
- ✓ Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L.
- ✓ Grasa Semisólida DISTIN 314.
- ✓ Mástique Asfáltico Semisólido con Goma DISTIN 404.
- ✓ Mastique Asfaltico Líquido Tipo Solvente con Goma DISTIN 404 L.
- ✓ Cera Impermeabilizante y Abrillantadora Líquida DISTIN 603 L

3.2) Propuesta de un sistema de protección anticorrosiva y conservación.

El Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Universidad de Matanzas sede "Camilo Cienfuegos" ha desarrollado entre otras líneas de investigación, la relacionada con los Sistemas de Protección Anticorrosiva, conservación (SIPAYC),

que abarca componentes, piezas, equipos y estructuras, de acuerdo con una metodología desarrollada que se reporta en (Echeverría, C.A. et al. 2010).

Igualmente existe la Norma NC ISO 11303: 2009, que proporciona las directrices para seleccionar los métodos de protección contra la corrosión atmosférica de los metales y de las aleaciones utilizando la clasificación de la corrosividad atmosféricas y las Normas NC ISO 12944:1-8, 2017, que abarcan desde los estudios para la clasificación del medio, hasta los proyectos de ejecución y mantenimiento, que incluyen el control de la calidad para la protección anticorrosiva, todo ello tratado en el análisis bibliográfico.

3.2.1) Agresividad corrosiva de la atmosfera.

La agresividad corrosiva determina las medidas a tomar para darle solución a los problemas de diseño anticorrosivo, así como la preparación superficial que se tiene que lograr, los espesores de la pintura que se debe aplicar y los productos para la protección anticorrosiva y conservación adicional que se apliquen y el tiempo en que resultan efectivos los mismos.

La agresividad corrosiva de la atmosfera se debe considerar en todo momento, pero hay fechas del año en que son más significativas. Al respecto en Cuba, existen dos períodos del año, uno de octubre a marzo que coincide con el período de los frentes fríos y de seca, donde penetra con mayor cantidad y frecuencia el aerosol marino, siendo este período no recomendable para las labores de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación.

El otro en los meses entre abril a septiembre, que coincide con el período de lluvia, donde hay menos influencia del aerosol marino y las superficies metálicas son frecuentemente lavadas y descontaminadas por la lluvia. Este período es el más recomendado para estas labores.

El primer paso para la aplicación del SIPAYC es la determinación del nivel de la agresividad corrosiva de la zona donde está ubicada, la Planta de Procesamiento de Crudos se encuentra en una atmosfera con gran influencia del aerosol marino cargado de iones cloruros y sulfatos, debido a la cercanía del mar. Las direcciones del viento predominante son de norte al sur, es decir, del mar a la tierra, acelerando de este

modo el proceso del depósito de agentes contaminantes en los equipos de Batería Central. Al estar cerca de la costa norte y por la alta presencia de gases corrosivos relacionados con su proceso productivo, según la Norma NC ISO 12944-2, 2017 Clasificación de Ambientes de Corrosividad, le corresponda la categoría máxima, donde manifiestan condiciones combinadas de C5-I por la presencia de Centro y los gases de combustión generados por los automóviles que transitan por la autopista Cárdenas-Varadero a escasos metros del Centro (máxima en ambiente industrial) y con C5-M por estar en una zona marina a 730 m de la costa norte (máxima en ambiente marino). Además nos podemos guiar por el Mapa de Agresividad Corrosiva de la República de Cuba (Anexo 5).

3.2.2) Preparación superficial previa a los recubrimientos de pintura en la instalación.

Existen muchos elementos para argumentar que la preparación previa de la superficie resulta de vital importancia en la aplicación de los recubrimientos.

Con el objetivo de determinar el volumen y alcance es necesario:

- ✓ Remover todos los contaminantes visibles como: cascarilla de laminación, óxido, grasa, lubricantes y otros no visibles como: sales solubles, cloruros, sulfatos, carbonatos y silicatos.
- ✓ Eliminar las imperfecciones que producen aristas y vértices agudos como: gotas de soldadura, bordes de maquinado, esquinas geométricas, filos, cantos, picos y rebabas en general, pues el recubrimiento adopta bajos espesores y se pierde la continuidad de la película e inicia la corrosión.

Los diferentes métodos que existen para una preparación superficial son:

- ✓ Método mecánico (manual y/o mecanizado): Se utilizan instrumentos (cepillo de alambre, espátula, lija en el primero y pulidoras, cepillos, esmeriles u herramienta neumática, eléctrica, mecánica en el segundo), para limpiar las áreas y eliminar el óxido, las escamas, los restos de soldadura y la pintura en mal estado, para lograr el grado de limpieza de St2 donde la abrasión elimina el

óxido y partículas extrañas y la superficie tiene ligero brillo metálico, donde la superficie llega a un pronunciado brillo metálico.

- ✓ Método Químico: Baños con soluciones alcalinas (sosa cáustica, silicatos y carbonatos), solventes orgánicos donde se emplean hidrocarburos (gasolina, benceno) y clorados como el tetra cloruro de carbono, etc.
- ✓ Fosfatación: Aplicación de disoluciones de fosfatado para convertir el óxido del metal en capa protectora.
- ✓ Método por chorro abrasivo seco y húmedo: Es el chorreado de partículas a presión como arena, granallas, sales, así como agua alcanzando grados Sa2, Sa2 1/2, para usar preferentemente en mantenimientos capitales.

En correspondencia a las regulaciones ambientales no es posible usar métodos a chorro que es el establecido para estos casos por la norma objeto de estudio.

Los factores que son indispensables a tener en cuenta para una correcta preparación previa son el tipo de metal y estado superficial, la forma y tamaño de la pieza o instalación, el tipo de recubrimiento a aplicar, los medios técnicos disponibles y el tiempo de duración deseado.

En nuestro caso el estado inicial del material es G ya que la pintura se aprecia fuertemente envejecida con englobamiento o manchada; hasta un 10% de la superficie se encuentra cubierta de productos de corrosión, englobamiento con corrosión, capas duras y sueltas de pintura y se aprecia una pequeña cantidad de ataque localizado (grado de corrosión 4 a 6 de SSPC -Vis 2).

Algunos pasos fundamentales para la preparación previa son:

- ✓ El desengrasado.
- ✓ El decapado.
- ✓ Los enjuagues intermedios y finales.
- ✓ El pasivado en dependencia de la situación.

Debido al hecho de que el área del Separador de Gas de la Planta de Procesamiento de Crudo en la Batería Central se encuentra en un ambiente agresivo, la preparación

superficial es fundamental, debido a que la durabilidad de los recubrimientos está dada por su calidad previa. Para lograr una preparación superficial similar a la de la norma es necesario combinar el método manual mecanizado con métodos químicos.

En el método manual mecanizado se utilizaran cepillos de alambre con taladros, pulidora, lijas y discos abrasivos, luego se limpiarán las superficies con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio, para adquirir un suave brillo metálico. Estos métodos tienen un mayor rendimiento que los manuales pero aun no logran una superficie bien preparada para la aplicación del recubrimiento. Por lo que después es necesario aplicar un método químico como la Disolución de Fosfato Decapante DISTIN 504 con lo cual se logra un acabado similar al Sa 2^{1/2} que es el requerido por las normas, además de poseer una superficie con una protección anticorrosiva.

Las superficies tratadas con disolución de fosfato no requieren de ser enjuagadas pero en todos los casos es fundamental el secado de la superficie metálica, pues afecta directamente a la adherencia.

El objetivo del método propuesto es la obtención de un perfil de anclaje que asegure la buena adherencia mecánica del recubrimiento.

3.2.3) Tratamiento y soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo.



A continuación se muestra un manual en forma de tabla con las herramientas y productos anticorrosivos a utilizar para los diferentes problemas de diseño que presentan los equipos del área del Separador de Gas.

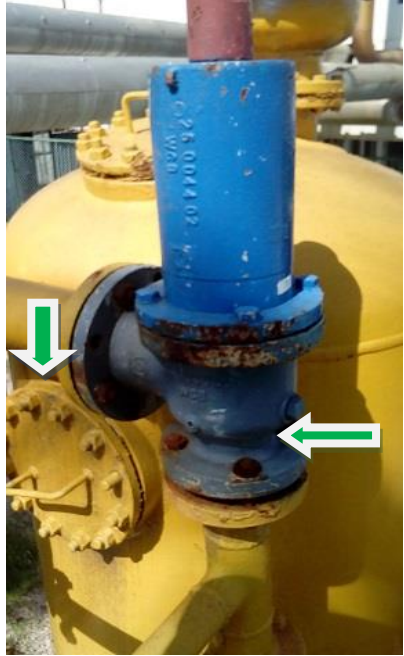

En la primera etapa se le dan tratamiento a los problemas de diseño de forma manual o manual mecánica, es decir cuando se utilizan equipos mecánicos como las pulidoras. Esto se realiza antes de preparar la superficie y pintar.

Mientras que en la segunda se le dan soluciones a los problemas de diseño que necesitan de productos anticorrosivos diferentes a las pinturas. Esta etapa se lleva a cabo cuando se aplicó el esquema de pintura específica para cada instalación objeto de estudio. (González, A. 2011).


3.2.3.1) Separador de Gas.

Problema de diseño	Soluciones a utilizar.	Muestra fotográfica
1ra Etapa.		
Accesibilidad	En este caso el problema está dado por la altura del separador de gas y la necesidad de utilizar escaleras para la seguridad para los operarios.	
Imperfecciones en la superficie de las soldaduras. (Irregular)	Para solucionar este problema de las soldaduras irregulares se propone desengrasar y enjuagar, después emparejarla con una pulidora para eliminar los pegotes de soldadura, preparar la superficie con una Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504 y posteriormente pintar.	


<p>Bordes.</p>	<p>La solución en estos casos es redondear los bordes usando una pulidora, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y lograr el espesor de la película adecuada. En caso de perfiles delgados, no es práctico el biselado, reforzar con pintura los bordes, previo tratamiento de la superficie y buen pintado.</p>	
<p>Problema de diseño</p>	<p>Soluciones a utilizar.</p>	<p>Muestra fotográfica</p>
<p>Precauciones para prevenir la retención de humedad y depósitos de agua</p>	<p>Para solucionar este problema se propone realizar un pequeño orificio de drenaje y luego la preparación superficial para esta área. Posteriormente se procede a aplicarle la Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504 y por último se pinta.</p>	
<p>Conexiones con pernos.</p>	<p>Para solucionar este problema se tienen que preparar las superficies de los pernos, tuercas y arandelas con cepillo, luego se les aplica Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504, posteriormente se pintan con el esquema de pintura del equipo y se le añade Mástique Asfáltico Líquido tipo Solvente con Goma DISTIN 404</p>	

	<p>para rellenar las posibles hendiduras u orificios antes de unirse si a estos no se le dan mantenimiento con frecuencia. Si el mantenimiento se realiza con frecuencia se aplicaría Grasa de conservación semisólida DISTIN 314. Finalmente después que se acoplen los pernos y las tuercas. Las zonas dañadas se retocan nuevamente con pintura y DISTIN 314 o DISTIN 404 según corresponda.</p>	
<p>Problema de diseño</p>	<p>Soluciones a utilizar.</p>	<p>Muestra fotográfica</p>
<p>Refuerzos</p>	<p>La solución a este problema es la aplicación de la Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504, posteriormente se pintan con el esquema de pintura del equipo</p>	

<p>Problema de diseño</p>	<p>Soluciones a utilizar.</p>	<p>Muestra fotográfica</p>
----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

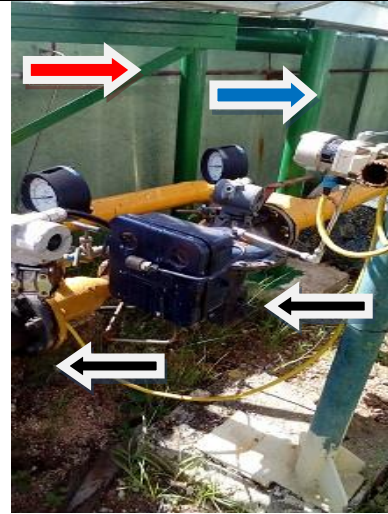
<p>Problemas de Prevención de la Corrosión Galvánica</p>	<p>La solución es evitar la unión de metales de diferente naturaleza y de realizarse aislar los metales, de ser posible se aplica mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para aislar y separar el contacto, de no ser posible se refuerza el esquema de pintura en la unión de ambos metales.</p>	
----------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

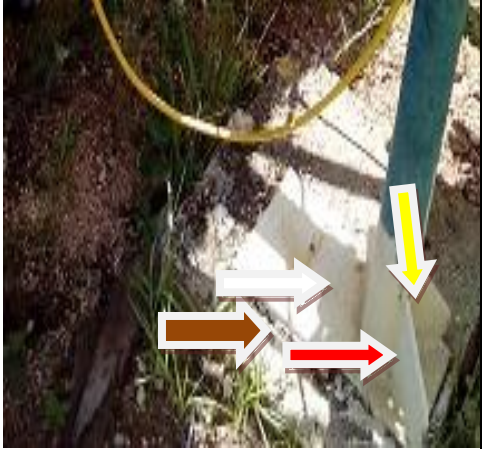
3.2.3.2 Manómetros.

Problema de diseño	Soluciones a utilizar.	Muestra fotográfica
1ra Etapa.		
<p>Imperfecciones en la superficie de las soldaduras. (Irregular)</p>	<p>Para solucionar este problema de las soldaduras irregulares se propone desengrasar y enjuagar, después emparejarla con una pulidora para eliminar los pegotes de soldadura, preparar la superficie con una Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504 y posteriormente pintar.</p>	
2da Etapa		

Conexiones con pernos .

Para solucionar este problema se tienen que preparar las superficies de los pernos, tuercas y arandelas con cepillo, luego se les aplica Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504, posteriormente se pintan y se le añade Mástique Asfáltico Líquido tipo Solvente con Goma DISTIN 404 para rellenar las posibles hendiduras u orificios antes de unirse si a estos no se le dan mantenimiento con frecuencia. Si el mantenimiento se realiza con frecuencia se aplicaría Grasa de conservación semisólida DISTIN

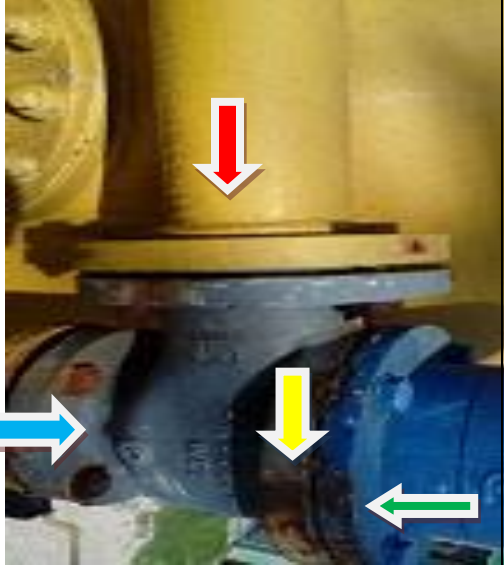



<p>Refuerzos y Componentes Huecos</p>	<p>314. Finalmente después que se acoplen los pernos y las tuercas. Las zonas dañadas se retocan nuevamente con pintura y DISTIN 314 o DISTIN 404 según corresponda.</p> <p>En este caso es la solución para un componente hueco por lo que la solución en estos casos es practicarles un orificio de acceso en la parte superior y drenaje en el inferior, atomizar en el interior con Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L, posteriormente aplicar mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para sellar el orificio de drenaje</p>	
<p>Tratamiento de Orificios</p> <p>Refuerzo</p> <p>Imperfecciones en la superficie de las</p>	<p>En este caso que no se puede separar las partes se atomiza Grasas Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L y posteriormente se aplica mástique asfáltico semisólido DISTIN 404 para sellar los orificios.</p> <p>Atomizar Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L en el interior del perfil rectangular por los orificios practicados de acceso y drenaje cubriendo toda la superficie.</p> <p>Para solucionar este problema de las soldaduras irregulares se</p>	

soldaduras	propone desengrasar y enjuagar, después emparejarla con una pulidora para eliminar los pegotes de soldadura, preparar la superficie con una Disolución de Fosfato Decapante de Acción Rápida DISTIN 504 y posteriormente pintar	
------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

3.2.3.3. Válvulas

Problema de diseño	Soluciones a utilizar.	Muestra fotográfica
1ra Etapa.		
Conexiones con pernos .	Para solucionar este problema se tienen que preparar las superficies de los pernos, tuercas y arandelas con cepillo, luego se les aplica Disolución de Fosfato Decapante de Acción Rápida DISTIN 504, posteriormente se pintan y se le añade Mástique Asfáltico Líquido tipo Solvente con Goma DISTIN 404 para rellenar las posibles hendiduras u orificios antes de unirse si a estos no se le dan mantenimiento con frecuencia. Si el mantenimiento se realiza con frecuencia se aplicaría Grasa de conservación semisólida DISTIN 314. Finalmente después que se acoplen los pernos y las tuercas. Las zonas dañadas se retocan nuevamente con	

<p>Precauciones para prevenir la retención de humedad y depósitos de agua</p>	<p>pintura y DISTIN 314 o DISTIN 404 según corresponda.</p> <p>Una solución objetiva es la de crear superficies inclinadas a lo largo del perfil horizontal mediante la aplicación de Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404</p>	
<p>Precauciones para prevenir la retención de humedad y depósitos de agua.</p> <p>Conexiones con Pernos</p>	<p>Una solución objetiva es la de crear superficies inclinadas a lo largo del perfil horizontal mediante la aplicación de Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404</p> <p>Desmontar el perno. Limpiar la superficie de los pernos, tuercas y arandelas, eliminando la grasa que pueda existir y el óxido. Con el empleo de solventes y/o detergentes, cepillos de alambre y lijas. Sumergir los pernos, las tuercas y las arandelas en disolución de fosfatado por un tiempo no mayor de 5 minutos. Pasado 48 horas de aplicada la disolución se procede al pintado con pintura anticorrosiva por el método de inmersión. Una vez seca la pintura se le aplica Mastique Asfáltico Semisólido DISTIN 404 a las ranuras que se forman entre la tuerca, las arandelas, la pieza a fijar y el perno. Se procede a colocar</p>	

	<p>nuevamente el perno y se eliminan los excesos del producto que puedan quedar. Se pinta la parte del perno que haya sido dañada por las tuercas en el momento del apriete.</p>	
<p>Orificios resquicios</p>	<p>o Desmontar y aplicar Mastique Asfáltico Semisólido DISTIN 404 en toda la zona de unión de las piezas (resquicio) creando una junta. Volver a colocar las piezas y eliminar el exceso de producto. Atomizar Grasa Líquida tipo Solvente DISTIN 314 L en la zona de unión de las piezas (resquicio) y sellar con Mastique Asfáltico Semisólido DISTIN 404.</p>	

3.2.4) Selección del recubrimiento de pintura para el sistema.

Para la selección del sistema de pintura adecuado según (Revueña, E. I. 2006). En el procedimiento para la selección de sistemas de protección anticorrosiva mediante recubrimientos CUPET, que posee tablas que proponen sistemas de pinturas adecuadas a las condiciones de agresividad existentes, en nuestro caso es C5-I y C5-M.

Además hay tener en cuenta el tiempo de duración del sistema de pintura que se desea lograr en el área del separador de gas de la Batería Central, siendo este de 5 a 15 años categorizándose de durabilidad Media. Este tiempo no es necesariamente un periodo de garantías, pero sirve para poder planificar los periodos de mantenimientos. De forma General tenemos que el sistema tiene que cumplir con un grado de preparación superficial similar al Sa 2.5. El número de capas de imprimación

(Inorgánico Zn) es 1 de 75µm, la capa intermedia (Epoxi aminocicloalifático)1 de 120µm y la de acabados (Poliuretano base poliéster 1 de 75 µm, siendo siempre el espesor total de 270 µm.

Cumpliendo este esquema tenemos que para el separador de gas, válvulas, manómetro y bombas el primario seria HempelGalvosil 553 (Amarillo), y la de acabado Hempthane 553 cu (Verde, Gris y Azul).

Todas las pinturas antes señaladas pertenecen a la firma HEMPEL y son las que utilizan las instalaciones y equipos de la Batería Central de Varadero, por lo que en los casos que los requiera no es necesario remover todo el esquema de pintura existente.

3.2.4.1 Esquema de pintado:

1. Preparación de superficie.

1.1 Eliminar la escoria y salpicaduras de soldaduras, redondear bordes agudos, nivelación de cordones de soldadura y marcas de cortes, eliminar estructuras auxiliares.

1.2 Desengrasar la superficie.

- a) Eliminar con trapo las capas gruesas de grasa de existir estas.
- b) Desengrasar toda el área con solución desengrasante con las proporciones indicadas por el fabricante.
- c) Dejar actuar de 15 a 20 minutos.
- d) Eliminar con abundante agua dulce toda la solución desengrasante cepillando al mismo tiempo con un cepillo de cerda vegetal.
- e) Comprobar visualmente la eficiencia del desengrasante efectuado.
- f) Repetir las operaciones anteriores en los lugares donde exista grasa remanente.

1.3 Se especificará el método de preparación de la superficie y el grado que se debe alcanzar.

1.4 Eliminar los restos de corrosión, polvo y pintura, barriendo el área y/o después soplando con aire comprimido. Utilizar aspiradora si el caso lo requiere.

2. Aplicación del recubrimiento.

Primario, Intermedio y Acabado

Se especifica el producto y espesor de película seca de cada uno de los componentes del sistema de pintura.

3. Sellar hendiduras entre superficies metálicas tales como uniones discontinuas de soldaduras entre angulares y planchas, uniones entre planchas, soldaduras muy irregulares y otros que el inspector considere necesario, mediante poliuretano de un solo componente.

De darle solución a los problemas de diseño anticorrosivo existentes en el área del Separador de Gas de la Planta de procesamiento de Crudo de Batería Central y la preparación superficial como se señaló anteriormente, los resultados serán satisfactorios, lográndose una durabilidad de 15 años, que es el tiempo que por lo general establece la norma para este tipo de agresividad.

Todos los pasos para la aplicación de los recubrimientos de pinturas deben ser controlados, debido a que es la garantía de que los esquemas de pinturas propuestos den los resultados esperados. Se debe controlar desde el momento en que se adquiera la pintura hasta que se haya obtenido el espesor final del recubrimiento.

3.2.5) Protección anticorrosiva adicional y conservación. Fundamentación del sistema.

En los análisis anteriormente realizados ha quedado demostrado que las normas(NC ISO 12944: 1-8, 2017), no son suficiente para darle solución a todos los problemas de corrosión existentes en cuanto a la protección adicional a emplear, ya que no señala qué productos pueden ser utilizados.

Como se ha venido diciendo, como protección anticorrosiva adicional son recomendables los productos DISTIN, por su efectividad ya demostrada por el laboratorio LABET, por su fácil manejo a la hora de aplicarse y por los bajos costos que representa a la hora de dar mantenimiento ya que son de producción nacional.

La Cera Abrillantadora e Impermeabilizante DISTIN 603 L, está preparada para la conservación de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno.

Dentro de las aplicaciones está la conservación de los recubrimientos de pinturas en los manómetros y en general sobre todas las superficies que han sido pintadas, debido a que puede eliminar manchas y evitar la penetración del agua.

Esta cumple una protección temporal, de meses, en función de las condiciones de agresividad a que esté sometido el equipo. Por tanto, tiene que establecerse en los planes de mantenimiento un período de control y reposición en este caso mensual. Posteriormente a partir de la experiencia práctica, puede extenderse o disminuirse estos plazos y ajustarse a las condiciones de explotación de cada equipo.

La Disolución de Fosfatado Decapante DISTIN 504, está diseñada para la preparación rápida de superficies metálicas oxidadas y superficies metálicas no oxidadas respectivamente, dejando así una superficie limpia para su posterior tratamiento de pintado.

Esta cumple una función temporal antes de cada mantenimiento de pintado dependiendo del tiempo de durabilidad de la misma. Además se pueden utilizar cuando existen manchas de óxido sobre las superficies pintadas, las que quitan las manchas de óxido y mantienen la pintura para posteriormente pintar las partes dañadas.

Como medidas complementarias tenemos el lavado de las superficies metálicas para eliminar los contaminantes que puedan depositarse sobre las superficies. Por otro lado tenemos el apantallamiento con el terreno y la vegetación para impedir que los agentes contaminantes presentes en la atmosfera lleguen y se depositen sobre las superficies metálicas.

3.3) Algunos resultados económicos esperados.

A continuación se mostraran algunos resultados económicos del área del Separador de Gas en cuanto a la aplicación de los productos DISTIN, mantenimiento y reparación con pinturas.

3.3.1) Aplicación de los productos DISTIN.

Lo que cuestan los equipos e instalaciones que serán objeto de estudio es lo que primeramente se va a tener en cuenta para tener idea de lo necesario de la conservación (Ver Tabla 1).

Tabla 1: Costos de los equipos e instalaciones del Área de Separador de Gas.

Nombre	Cantidad	CUP	CUC
Separador de Gas	1	200250	33944.67
Válvula de Seguridad con brida	3	4360.61	2907.07
Manómetro de Presión	3	1142.16	761.44
Total	7	205752.77	37609.19

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior podemos observar que la inversión en el área del Separador de Gas de la Batería Central asciende a más de 205 mil de pesos en CUP y más de 37 mil en CUC, lo que demuestra la importancia de conservar las instalaciones y equipos. La aplicación de los SIPAYC puede alargar el tiempo de vida útil de los diferentes equipos.

El costo de los productos DISTIN que se proponen en la aplicación del SIPAYC se observan en la tabla 2. De ella se determina que antes de tener que invertir para poder montar el área del Separador de Gas de la Planta de Procesamiento de Crudo nuevamente, es conveniente por su probada calidad la aplicación del SIPAYC; debido a que el costo es mucho menor en ambas monedas que lo que cuestan los equipos de la Planta de Procesamiento de Crudo.

Tabla 2. Consumo y costo de los productos DISTIN

Materiales y Operaciones	UM	CU MN	CU CUC	Total a Utilizar	CTMN	CT CUC
DISTIN 314	kg.	4,18	1,73	3,5	14.63	6.06
DISTIN 314 L	L	3,56	1,71	12,0	42.72	20.52
DISTIN 404 L	L	3,96	0.89	2,5	9.9	2.23
DISTIN 404	kg.	4.74	0,46	7,5	35.55	3.45
DISTIN 603	L	5,28	0,76	2,5	13.2	1.9
DISTIN 504	L	3,40	1,24	54,0	183.6	66.96
Total					299.60	101.12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Consumo y costo del mantenimiento y reparación de pinturas anuales.

Materiales y operaciones	UM	CU MN	CU CUC	Total a Utilizar	CT MN	CT CUC
Pinturas						
Hempathane 553 cu (Amarillo)	L	1.54	9.20	16	24.64	147.2
Hempathane 553 cu (Verde)	L	10.35	2.08	16.54	171.19	34.40
Hempathane 553 cu (Gris)	L	1.85	10.37	6.78	12.55	170.31
Diluyente						
Hempel `S Thinner 08700	L	19.31	3.86	12	231.72	46.32
Disolvente con catalizador	L	0.47	3.59	10	4.7	35.9
Hempel `S Tool Cleaner 99610	L	0.41	2.30	62	25.42	142.6
Hempel `S Navi Wash 9933	L	0.52	3.53	22	11.44	127.66
Hempathane 553 cu (Azul)	U	0.67	3.80	8	5.36	30.4
Equipo de Pintar	U	20.24	100.64	1	20.24	140.64
Lija	U	0.07	0.38	5	0.35	1.9
Brochas	U	0.66	3.03	10	6.6	30.3
Total					514.21	907.63

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de los productos DISTIN se obtuvo mediante la toma de medidas de las zonas a aplicar, pues con el área y de acuerdo con el rendimiento de los mismos según las fichas técnicas de los productos, ver anexos del 7 al 12, se determina el consumo.

Los productos DISTIN se aplican en el primer año de forma completa y posteriormente se aplica en dependencia del estado de las superficies de los equipos y componentes, aunque en el consumo de los mismos se tiene en cuenta este aspecto.

Teniendo en cuenta que la aplicación del SIPAYC protege los equipos y componentes del área del Separador de Gas de la Batería Central por un período de quince años contra la corrosión, la frecuencia de los gastos laborales por mantenimiento y reparación de pinturas incluyendo la aplicación de los sistemas de pintura dejaría de ser anual para efectuarse cada quince años.

Los resultados de los costos; por lo expuesto anteriormente, para quince años para la aplicación del SIPAYC sería la suma de los costos del mantenimiento y reparación de pinturas anuales incluyendo los costos de los productos DISTIN a aplicar lo que equivale a 813.81MN y 1008.75CUC.

De acuerdo a los costos del mantenimiento y reparación de equipos anuales, entonces para quince años se tendría un costo de 7713.15 MN y 13614.45 CUC. Entonces, el ahorro que propicia la aplicación del SIPAYC sería la resta de estos valores con los gastos que se tendría para aplicarlo, trayendo un ahorro de 6899.34 MN y 12605.7CUC.

3.3.2) Valor Actual Neto (VAN).

Es el valor presente de los rendimientos futuros descontados al costo de capital aportado al costo de la inversión, no es más que la diferencia del valor actualizado de todos los flujos de efectivos que genera la inversión y el desembolso inicial. El VAN refleja la rentabilidad de la inversión en términos absolutos, expresa cuánto dinero se gana o se pierde con la consecuencia de la ejecución del proyecto. Un proyecto de

inversión será viable si el VAN es mayor que cero, es decir, tiene que ser positivo y entre varias alternativas se escoge el mayor posible.

El costo de capital utilizado se fijó en un 10% teniendo en cuenta su variabilidad entre el 1 y el 10% a partir de las características que considera el Banco Central de Cuba, tales como: el objeto del crédito solicitado, la capacidad de pago del cliente y el análisis de riesgo. En este sentido al tomar la mayor tasa, en caso de que sea rentable, se supone la rentabilidad para niveles inferiores de costo de capital. Los análisis se realizaran en unidades monetarias totales.

La inversión utilizada para los cálculos del VAN es en la que incurre la Batería Central en la compra de los diferentes equipos y utensilios que son necesarios para llevar a cabo la aplicación correcta del SIPAYC.

$$VAN = -A + \sum \frac{FE}{(1+k)^n}$$

Para el cálculo de flujo de caja se tuvo en cuenta la variante que se utiliza actualmente todos los años y la variante que se propone de la aplicación de las tecnologías de conservación anticorrosiva que se aplicaría una vez cada quince años. Para ello se restó anualmente el costo de la primera variante menos el costo de la segunda variante

Tabla13: Flujo de caja

Año	Flujo de caja	Flujo de caja actualizado
0	-400.72	-364.29
1	1421.84	1292.58
2	1421.84	1175.07
3	1421.84	1068.25
4	1421.84	971.20
5	1421.84	833.13
6	1421.84	803.30

7	1421.84	729.89
8	1421.84	664.41
9	1421.84	605.03
10	1421.84	548.97
11	1421.84	507.80
12	1421.84	454.26
13	1421.84	412.13
14	1421.84	375.15
15	1421.84	340.15

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención del valor de la inversión se tuvo en cuenta los costos de equipamiento necesarios para la aplicación de las tecnologías de protección anticorrosiva y los valores del costo de adquisición de las pinturas y de los productos DISTIN.

$$A = \frac{I}{td}$$

$$A = \frac{1822.56}{15} = 121.50$$

$$\begin{aligned} \text{VAN} &= (-121.50) + \sum \frac{-400.72}{1.10} + \frac{1421.84}{(1.10)^2} + \frac{1421.84}{(1.10)^3} + \frac{1421.84}{(1.10)^4} + \frac{1421.84}{(1.10)^5} + \\ & \frac{1421.84}{(1.10)^6} + \frac{1421.84}{(1.10)^7} + \frac{1421.84}{(1.10)^8} + \frac{1421.84}{(1.10)^9} + \frac{1421.84}{(1.10)^{10}} + \frac{1421.84}{(1.10)^{11}} + \frac{1421.84}{(1.10)^{12}} + \frac{1421.84}{(1.10)^{13}} + \\ & \frac{1421.84}{(1.10)^{14}} \\ & + \frac{1421.84}{(1.10)^{15}} \end{aligned}$$

$$\text{VAN} = (-121.50) + 10781.32$$

$$\text{VAN} = \$10417.69$$

Conclusiones parciales del capítulo.

- 1) La norma (NC 12944: 1 – 8, 2017), aunque es el único documento que más abarca la solución a los problemas de diseños anticorrosivos, es insuficiente y puede ser mejorada con el enfoque en sistema del presente trabajo. Esta misma norma hace referencia a la aplicación de la protección anticorrosiva adicional, pero no precisa cómo realizarla, ni recomienda soluciones al respecto.
- 2) Las tecnologías de conservación que se proponen mediante un manual de mantenimiento anticorrosivo garantizan la solución a todos los problemas de corrosión existente en la Batería Central.
- 3) El esquema de pintura propuesto para la instalación está acorde a lo establecido en las normas internacionales para la agresividad imperante, donde la preparación de la superficie juega un papel fundamental.
- 4) Con la aplicación del SIPAYC en el área del Separador de Gas de la Batería Central logrará un ahorro en quince años por los conceptos de gastos laborales por mantenimiento y reparación de equipos y de aplicación de los sistemas protectores de pinturas.

Conclusiones.

- 1) Con el conocimiento de las características técnicas del área del Separador de Gas se fundamentó las tecnologías de protección anticorrosiva mediante un sistema de protección anticorrosiva y conservación el cual permite disminuir el deterioro por corrosión y cumplir la hipótesis planteada.
- 2) Del análisis realizado se demuestra que las normas UNE-EN ISO 11303- 2009, UNE-EN ISO 12944- 2007 son insuficiente en el tratamiento a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión, donde en la mayoría de los casos no precisan la protección anticorrosiva adicional que se requiere.
- 3) Se diagnosticó los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación, detectándose que existe deterioro por corrosión que afectan la disponibilidad técnica del Separador de Gas de la Batería Central.
- 4) Mediante tecnologías se propone un manual de protección anticorrosivo para la protección contra la corrosión de las instalaciones y equipos del área del Separador de Gas de la Batería Central.
- 5) Con la aplicación del SIPAYC la Batería Central logrará un ahorro en quince años por los conceptos de gastos laborales por mantenimiento y reparación de equipos y de aplicación de los sistemas protectores de pinturas de 7720.58 MN y 17684.64CUC; lo que demuestra que es factible económicamente la inversión, que se sustenta en un VAN positivo, con un Período de Recuperación estático (PR) y un Período de Recuperación dinámico (PRD) menor que una jornada de trabajo.

Recomendaciones.

- 1) Aplicar y generalizar las tecnologías de protección anticorrosiva y conservación propuesto para la instalación según el manual.
- 2) Atender el control de la aplicación de todos los pasos para la implantación de las tecnologías de protección anticorrosiva y conservación.
- 3) Impartir un curso de superación al personal encargado de la actividad de mantenimiento de la Batería Central sobre la aplicación del manual de mantenimiento anticorrosivo para el área de Combustible de dicha instalación.

Bibliografía.

1. Almeida, E. *et al.* (2006). Anticorrosive painting for a wide spectrum of marine atmospheres: Environmental-friendly versus traditional paint systems. *Progress in Organic Coatings* 57(5): 11–22.
2. Amaro, D. 2015. Propuesta de solución para el proceso corrosivo en el Separador Horizontal de Medición en el Centro Colector 7 de la EPEP-Centro. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959 – 16 – 0250 – 2.
3. API RP 571. Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry. American petroleum Institute. 2003.
4. API – RP 581: *Risk Based Inspection Technologic*. American Petroleum Institute, 2da Edition, September 2008.
5. Tomashov. (2005). Methodology to study cost of corrosion. *Corrosion Engineering, Science and Technology*40 (4): 344-352.
6. Cook, D.C. (2005). Spectroscopic identification of protective and non-protective corrosion coatings on steel structures in marine environment. *Corrosion Science* 47(6): 2550-2570.
7. Dominguez, Jorge A. *et al.* Introducción a la corrosión y protección de metales. Edición ENPES. MES. La Habana, 1987. 222-555 p.
8. Domínguez, J. (2010). Conferencia de diplomado de corrosión. CUJAE – CUPET. La Habana.
9. Corrosión, Base Material. Centro Politécnico del Petróleo. Año 2012.
10. Echeverría C.A; et al. 2002. La corrosión por problemas de diseño anticorrosivo en condiciones climáticas de Cuba. Soluciones con productos y tecnologías nacionales. Memorias.

11. Echeverría, C.A. 2003 (a). Métodos de protección a la atmósfera. Matanzas, Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), Universidad de Matanzas. Conferencia especializada.
12. Echeverría, C.A. et al. 2003 (b). Estudio de los problemas de corrosión diseño anticorrosivo y protección en el Complejo Paradiso Puntarenas. Propuesta de soluciones. Informe Final del Contrato Marco entre el Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Universidad de Matanzas " Camilo Cienfuegos " y el Complejo Hotelero Paradiso -Puntarenas.
13. Echeverría, C.A. et al. 2004. Corrosión atmosférica del acero en la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959 – 16 – 0250 – 2.
14. Echeverría, C.A. et al. 2005. El deterioro por corrosión de instalaciones turísticas. Retos Turísticos 3(2): 21-30.
15. Echeverría, C.A. et al. 2006. Esclarecimiento de los niveles de deposición de cloruros y sulfatos por diferentes métodos de captación establecidos internacionalmente en la Universidad de Matanzas. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959 – 16 – 0388 – 6.
16. Echeverría, C.A. et al. 2008. Grasas de Conservación Anticorrosivas Características y Aplicaciones. Parte 1: Primeros desarrollos en la Universidad de Matanzas y en Cuba. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.
17. Echeverría, C.A. et al. 2010. Los sistemas de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) y sus aplicaciones. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.
18. Echeverría, M. et al. 2007. Estudio y evaluación de materiales compuestos de matriz asfáltica modificado con polímeros (MAP) para su aplicación como recubrimientos anticorrosivos. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959-16-0490-4

19. Echeverría, M. et al. 2008. Los Problemas de Diseño Anticorrosivo: Factores desencadenantes de la corrosión en condiciones climáticas de Cuba. Revista Retos Turísticos 7(1).
20. Echeverría, M. et al. 2009. Influencia del diseño en la protección anticorrosiva en condiciones climáticas de Cuba. Revista Tecnología Química Vol. XXIX, No. 1.
21. Echeverría et al., 2000, Conferencia No 3.1 Generalidades de la corrosión. Metodología general para el análisis y solución de un problema de corrosión. Tema III. Fundamentos de la corrosión. Ingeniería de Materiales II. CEAT. Facultad de Ingenierías Química y Mecánica. UMCC. Matanzas.
22. López, I. (2008). "Corrosión atmosférica y conservación en obras soterradas en Matanzas. Departamento de Ingeniería Química. Matanzas, Universidad de Matanzas. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas: 116.
23. Fragata, F. et al. (2006). Compatibility and incompatibility in anticorrosive painting. The particular case of maintenance painting. Progress in Organic Coatings 56: 257–268.
24. Gil Fuentes, Linda. 2011. Corrosión en la industria del petróleo y el uso de tecnologías de recubrimientos como alternativa de protección. Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Centro de Estudios de Corrosión de la Universidad Nacional Experimental Politécnica -UNEXPO, Vicerrectorado de Puerto Ordaz..
25. González, A. 2010. Propuesta de un sistema anticorrosivo y de conservación para el área de generación de una Central Eléctrica Diesel MTU. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7
26. González, A. 2011. Contribución a la disminución del deterioro por corrosión de una Central Eléctrica Diesel MTU Serie 4000. Tesis en Opción al Título de Máster en Ciencias de Ingeniería Química. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
27. González, A. 2013 "Influencia del diseño anticorrosivo en el deterioro por corrosión en el grupo electrónico del hotel Princesa del Mar" Revista Retos Turísticos. Vol.12, num.2. ISSN:2224-7947

28. González, A. 2014 "Propuesta de soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión del grupo electrónico del hotel Punta Arena" Revista Retos Turísticos. Vol.13.num.1.ISSN:2224-7947
29. González, A. et al, (2015). Influencia del diseño anticorrosivo en la protección anticorrosiva del área de combustibles de una Central Eléctrica Diesel MTU SERIE 4000. RTQ, May 2015, vol.35, no.2, p.193-207. ISSN 2224-6185
30. González, Y. 2015. Síntesis de aditivos en el laboratorio para la disminución del sulfuro de hidrógeno en el petróleo crudo nativo. Tesis en Opción al Título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas.
31. Guerrero, Carlos. Corrosión en la industria petrolera. Monografías.com. 2012. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos15/corrosionpetrolera/corrosion-petrolera.shtml#ixzz3Lun9nUzd>
32. <http://www.buenastareas.com/ensayos/Corrosion-En-La-Industria-Petrolera/762236.html>, 2010.
33. Kerman, M. B. Harrop, D. BP International, SPE 29784, 2002.
34. Manual de Documentos de Extracción y Transportación de Crudo y Gas. Reglamentos Tecnológicos. EPEP Centro. 2015.
35. Herrera, O. 2012. Sistema de Protección Anticorrosivo y Conservación "SIPAYC" del Auto rural UAZ-469 CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0654-3.
36. Ochoa, et al., (2005). *Pinturas anticorrosivas*. Habana, Empresa Nacional de Pinturas.
37. Orozco Cruz, Ricardo; Martínez Martínez, Enrique A.; Ramírez Reyes, José Luís; Galván Martínez, Ricardo; Fernández Gómez, Imelda. Corrosión: fenómeno natural, visible y catastrófico. Año 2010.
38. Nuñez, R. (2007). Handbook of Corrosion Engineering. New York. United State.
39. Revuelta, E. I. (2006). Procedimiento para la selección de sistemas de protección anticorrosiva mediante recubrimientos. CUPET. La Habana.
40. Tomashov, M. D. Teory of corrosion and protection of metals. Edición Revolucionaria, La Habana, 1965.

41. Schmidt, D.P. *et al.*, (2006). Corrosion protection assessment of sacrificial coating systems as a function of exposure time in a marine environment. *Progress in Organic Coatings* 57: 352–364.
42. Shifler, D. 2005. Understanding material interactions in marine environments to promote extended structural life. *Corrosion Science* 47(5): 2335-2352.
43. Shixer, D.A. 2005. Marine Corrosion Branch, CD., Naval Surface Warfare Center, Understanding material interactions in marine environments to promote extended structural life, *Corrosion Science*, 47. 2335-2352. Disponible en www.sciencedirect.com.
44. NC ISO 8501-1:2008. Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 1: Grados de óxido y de preparación de sustratos de acero no pintados después de eliminar totalmente los recubrimientos anteriores.
45. NC ISO 11303. (2009). Corrosión de metales y aleaciones. Directrices para la selección de métodos de protección contra la corrosión atmosférica.
51. NC ISO 12944 – 1: 2017. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. General Introduction
- NC ISO 12944 – 2: 2017. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part2: Clasificación de ambientes.
- 51 NC ISO 12944 – 3: 2017. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies. Consideraciones de diseño.
- 52 NC ISO 12944 – 4: 2017. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies.
- 53 NC ISO 12944 – 5: 2017. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 5: Sistemas de pinturas protectores.

- 54 NC ISO 12944 – 6: 2017. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Laboratory performance test methods.
- 55 Vásquez, Romero, Eduardo, Luis. Elaboración de procedimientos para la inspección técnica, mantenimiento y reparación de tanques a presión para almacenamiento de G.L.P. 12-nov-2013. QUITO/EPN/2013. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7039> .
- 56 VII Congreso del Partido Comunista de Cuba (2016): Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución.

Anexos:

Anexo 1:

Tabla 1. Características del petróleo.

Parámetros	Unidades	Rango de valores.
B.S.W.	% V	< 2.0
Agua por destilación	% V	< 2.0
Azufre	% P	5.488
Gravedad	A.P.I.	9.5 – 10.5
Densidad	g / cm ³	1.0015 – 0.9937
Asfaltenos	% P	16.0 – 24.3
Resinas	% P	20.0 – 24.4
Sales (NaCl)	g / cm ³	423 – 1 438
Punto inflamación	°C	< 45.8
Punto ignición	°C	> 100
Carbón Conradson	% P	11.4 – 15.0
Cenizas	% P	0.005 – 0.1
Valor Calórico superior	Kcal/kg	9770 – 10000
Valor Calórico inferior	Kcal/kg	9200
Contenido Carbono	% P	82.02
Contenido Hidrógeno	% P	9.89
Contenido Vanadio	Ppm	88 – 106
Contenido Níquel	Ppm	28.0
Parafinas	% P	0.6 – 1.4
Recuperación fracciones Claras hasta 300 °C	% V	20 – 24
Viscosidad	Cp	
30 °C		8900 – 14600
40 °C		4000 – 7200
50 °C		1800 – 4700
60 °C		960 – 1350
70 °C		500 – 700

Anexo 2:

Tabla 2: Mecanismos de daños en producción de petróleo/gas y agua asociada (tanques, tuberías y recipientes – Corrosión Interna.)

Tipo de material	Características del fluido	Mecanismo de daño
Aleaciones ferrosas, aceros al carbono o de baja aleación.	Petróleo, gas y agua con $pCO_2 > 3$ psi, desde temperatura ambiente hasta $149\text{ }^\circ\text{C}$.	<p>Corrosión por CO_2 húmedo.</p> <p>El ácido carbónico (H_2CO_3) formado baja el pH y promueve corrosión general y picaduras en el acero al carbono. Ecuación Deeward Williams: $\log V \text{ corr.} = 7.97 - (2320/t + 273) - 5.55 \times 10^{-3} t + 0.67 \log pCO_2$ (las V corr. más altas se encuentran en el rango ($60\text{ }^\circ\text{C}$ a $80\text{ }^\circ\text{C}$)).</p>
Aleaciones ferrosas, aceros al carbono y de baja aleación.	Petróleo, gas y agua con $pH_2S > 0.05$ psi, desde temperatura ambiente hasta $150\text{ }^\circ\text{C}$.	<p>Corrosión por H_2S húmedo.</p> <p>(HIC) Daño por permeabilidad o difusión de hidrógeno, ampollamiento por presencia de inclusiones y laminaciones en el acero al carbono, las cuales proveen sitios para difusión y acumulación de hidrógeno.</p> <p>*(SSCC) o fractura dinámica que ocurre por la interacción de un ambiente corrosivo y un material susceptible (acero al carbono), con dureza $HRC > 22$ o $HRB > 237$) y un esfuerzo suficientemente alto que provoca la grieta.</p> <p>*(SOHIC) Cracking por esfuerzo orientado inducido por hidrógeno, inicia de HIC.</p>
Aleaciones ferrosas, aceros al carbono y de baja aleación.	Petróleo, gas y agua con HCl gastado ($pH < 4.5$) desde temperatura ambiente hasta $80\text{ }^\circ\text{C}$.	<p>Corrosión por bajo pH (H_2SO_4, HCl, etc.) acuoso.</p> <p>El ácido acuoso baja el pH y causa corrosión, general y picadura de manera agresiva.</p>
Aleaciones ferrosas, aceros al carbono y de baja aleación.	Agua de enfriamiento de equipos desde temperatura ambiente hasta $60\text{ }^\circ\text{C}$.	<p>Corrosión por agua de enfriamiento.</p> <p>Los aceros al carbono y otros metales se corroen en forma generalizada y picaduras a causa de sales y gases disueltos o actividad</p>

		microbiológica.
Aleaciones ferrosas, aceros al carbono de baja aleación y aceros inoxidable de media aleación.	Petróleo, gas y agua con micro-organismos.	Corrosión inducida por micro-organismos. Una forma de corrosión en los C.S. y S.S. causada por micro-organismos vivos tales como bacterias Sulfato-reductoras que se alimentan de sulfatos y producen H ₂ S. Esto es asociado con presencia de acumulaciones o depósitos de sustancias orgánicas.
Aleaciones ferrosas, aceros al carbono y de baja aleación.	Gases de combustión desde temperatura ambiente hasta 138°C.	Corrosión por punto de rocío de gases de combustión. Los gases de combustión al condensarse forman ácidos en presencia de humedad, los cuales pueden causar corrosión severa en aceros al carbono.
Aleaciones ferrosas, aceros al carbono y de baja aleación	Petróleo , gas , agua y sólidos (fluido con velocidad > 5ft/s)	Erosión/ Corrosión. Es la remoción mecánica acelerada de la superficie de un material como resultado del movimiento o impacto de sólidos, liquido, vapor o combinación de estos.
Aleaciones ferrosas, aceros al carbono de baja aleación y aceros inoxidable de media aleación.	Petróleo, gas y agua.	Cavitación. Es una forma de erosión causada por la formación y colapso instantáneo de burbujas en el fluido.
Aleaciones ferrosas, aceros al carbono de baja aleación y aceros inoxidable de media aleación.	Fluido estancado (petróleo, gas y agua).	Grietas de Corrosión (en hendiduras o rendijas). El daño es promovido por la formación de celdas de concentración, especialmente en sistemas con oxígeno, el pH del fluido decrece y se torna ácido, el cual acelera la corrosión.
Aleaciones ferrosas, aceros al carbono y de baja aleación.		Fatiga mecánica. El daño ocurre repentinamente cuando un componente metálico es expuesto a esfuerzos cíclicos por un largo periodo, los esfuerzos

		pueden ser de carga mecánica, o térmicos.
Aleaciones ferrosas, aceros al carbono y de baja aleación.	Petróleo, gas y agua.	Corrosión galvánica. El acero al carbono está unido a materiales más nobles como acero inoxidable.

Anexo 3

Tabla3: Mecanismos de daños en producción de petróleo/gas y agua asociada (tanques, tuberías y recipientes – Corrosión Externa).

Tipo de material	Características del fluido	Mecanismo de daño
Aleaciones ferrosas, aceros al carbono y de baja aleación.	Electrolito (suelo o agua) que contienen sales.	Corrosión por electrolito (suelo o agua). Es el deterioro de metales (acero al carbono, acero inoxidable) en electrolito referido como corrosivo (suelo o agua).
Aleaciones ferrosas, aceros al carbono de baja aleación y aceros inoxidables.	Cloruros en el aislamiento. La temperatura del elemento esta $0^{\circ}\text{C} < T < 120^{\circ}\text{C}$ o opera en forma intermitente $120^{\circ}\text{C} < T < 160^{\circ}\text{C}$.	Corrosión bajo aislamiento (CUI). El daño del acero inoxidable, es agrietamiento Cl- SSCC.

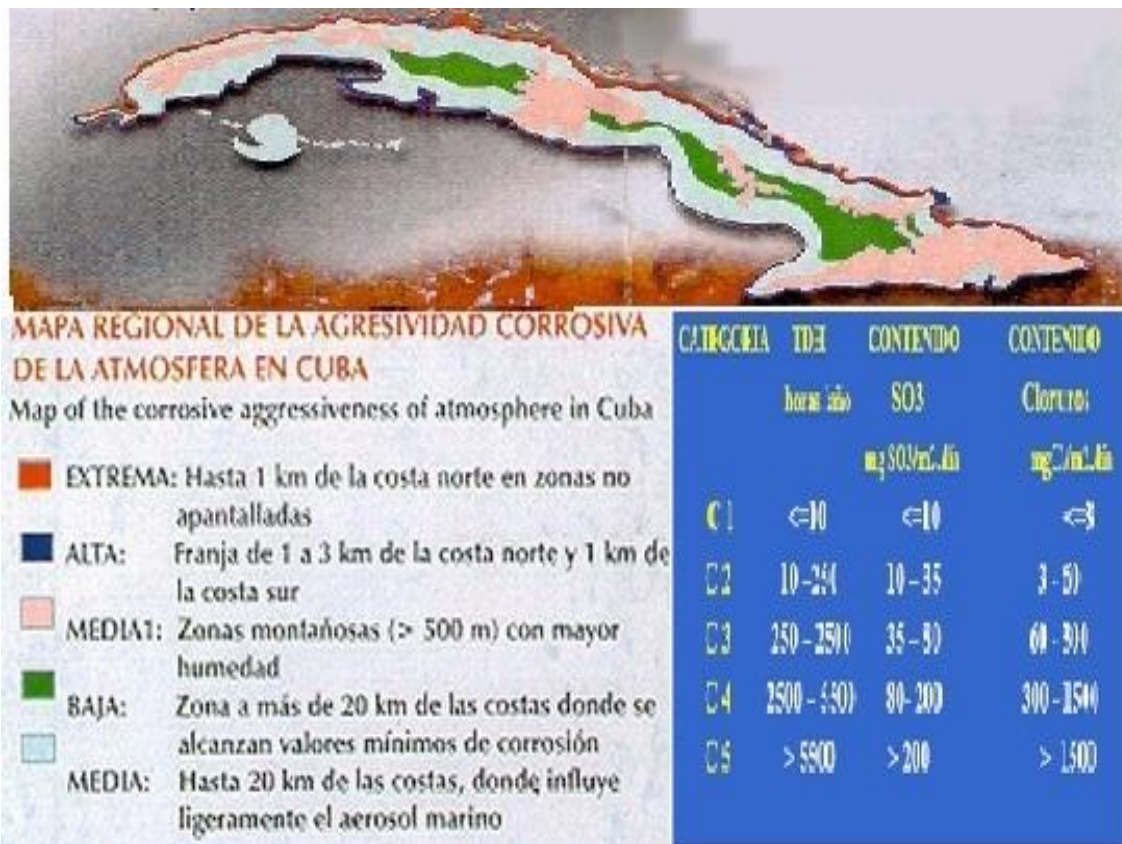
Anexo 4

Tabla 4: Fallas en la industria petrolera. (Kerman y Harrop, 2002)

Tipos de fallas	%
Fatiga	18
Corrosión	33
Daño mecánico	14
Fractura frágil	9
Defectos de fabricación	9
Defectos de soldadura	7
Otros	10

Anexo 5

Tabla 5: Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de Cuba



ANEXO



Anexo 6

Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½ Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 314

Grasa Semisólida Conservante y Lubricante.

Es una grasa especialmente preparada para la protección y lubricación de cables, bornes y válvulas. Proporciona una gran impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Resiste el contacto con agua de mar, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos.

Es un producto derivado de la oleo química, biodegradable, que no contamina al medio por emulsión en contacto con los líquidos. No se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico.

Método de Aplicación:

- >> **Proyección:** Pudiera aplicarse de prepararse líquida, se oferta una grasa líquida con estas características.
- >> **Inmersión:** Se introducen las piezas que se quieren proteger en la grasa fundida que posee una alta estabilidad coloidal, lo que permite fundirla en repetidas ocasiones, sin separar el aceite.
- >> **Brocha o frotado:** Se emplea este método principalmente para la protección y lubricación de cables de acero, aunque puede ser aplicada a otros componentes o piezas que lo requieran.
- >> **Rendimiento:** Para la aplicación de la grasa en forma líquida cuando está fundida, el rendimiento es de 8 a 10 m² /Kg a unos 100 ° C. En la preparación de superficies por frotado o brocha depende del espesor.

Protección Anticorrosiva:

Garantiza la protección temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua de mar, no se emulsiona por contacto y no contamina las aguas por este efecto. Pasó el ensayo de Resistencia a la humedad y Temperatura con condensación constante durante 1600 horas, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono por la norma UNE – EN – ISO 6 270: 06 y DIN 50017: 82, y el ensayo de Resistencia a la niebla salina durante 500 horas por la norma ISO 9 227: 07, sin afectaciones. Estos ensayos se realizaron por el Laboratorio LABET.

Condiciones de Conservación:

- >> **Intemperie:** Resiste la acción de la radiación solar que chorrea a muchas grasas, resiste años en la conservación de superficies en dependencia de la agresividad del medio.
- >> **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por más de 5 años y resiste el ataque de microorganismos causantes de la corrosión microbiológica.
- >> **Almacén cerrado:** Garantiza de 5 a 10 años con las mismas características antes apuntadas.

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Al ser aplicada penetra a fondo formando una capa protectora, lubricante y estable que no se endurece y proporciona una alta impermeabilidad al agua. Está especialmente formulada para la protección y lubricación de cables, vástagos de válvulas, etc., aunque puede ser utilizada además en la conservación de equipos, partes y piezas, con superficies oxidadas, ya que penetra el óxido y protege, no afectando además a las pinturas.

Transportación y almacenamiento:

El producto puede ser suministrado en tanques de 220 litros o cubetas plásticas de 17 Kg y otras capacidades. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto.

Aclaración al Cliente:

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba.
Teléfono: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu



Anexo 7

Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos. Universidad de Matanzas
“Camilo Cienfuegos”. Km 3 ½ Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 314 L

Grasa Líquida Tipo Solvente

Es una grasa especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas de los equipos del transporte, contenedores, puentes, estructuras en edificaciones, etc. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas de tuberías, laminados y perfiles almacenados a la intemperie. Proporciona impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura. No se inflama, en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico, una vez formada la capa libre del solvente.

Método de Protección:

- >> **Proyección:** Es el método de aplicación que se recomienda.
- >> **Inmersión:** Se introducen las piezas que se quieren proteger en la grasa líquida, pero no es el más recomendado.
- >> **Brocha o frotado:** Se emplea este método cuando no existen condiciones para los anteriores.
- >> **Rendimiento:** Se corresponde con el generalmente establecido para líquidos de 8 a 10 m² /Litro.

Protección Anticorrosiva:

El recubrimiento formado toma el espesor por proyección por capas, proporciona una protección temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua, no se emulsiona por contacto. Se recomienda más de una capa por proyección. Existen experiencias de su aplicación en la conservación de componentes huecos y áreas cerradas. Pasó el ensayo de Resistencia a la humedad y Temperatura con condensación constante durante 1600 horas, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono por la norma UNE – EN – ISO 6 270: 06 y DIN 50017: 82, y el ensayo de Resistencia a la niebla salina durante 500 horas por la norma ISO 9 227: 07, sin afectaciones. Estos ensayos se realizaron por el Laboratorio LABET.

Condiciones de Conservación:

>> **Intemperie:** Resiste la acción de la radiación solar que chorrea a muchas grasas, resiste años en la conservación de superficies en dependencia de la agresividad del medio y el número de capas.

>> **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por más de 3 años y resiste el ataque de microorganismos causantes de la corrosión microbiológica.

>> **Almacén cerrado:** Garantiza más de 5 años con las mismas características que bajo techo.

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Por sus características está especialmente formulada para la conservación de materiales oxidados que permanecen almacenados a la intemperie y en la conservación estructural en componentes huecos, áreas cerradas y zonas inaccesibles de estructuras metálicas no pintadas, donde incluye parte inferior de contenedores, edificaciones, puentes, instalaciones industriales, ya que al ser aplicada penetra a fondo formando una capa protectora, lubricante y estable que no se endurece y proporciona una alta impermeabilidad al agua.

Transportación y Almacenamiento:

El producto puede ser suministrado en tanques de 220 litros o plásticos de 20, 5 y 1 litro y otras capacidades en función de los requerimientos del cliente. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto exceptuando la evaporación del solvente por deficiente hermeticidad.

Aclaración al cliente:

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba.
Teléfono: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu.

Anexo 8



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Km 3 ½ Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 404

Mástique Asfáltico Semisólido con goma

Mástique asfáltico de consistencia semisólida con goma, de alta flexibilidad, resistencia a la corrosión y adherencia, especialmente preparado para las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón, donde resiste vibraciones sin partir, evitando la penetración de los contaminantes. Sella orificios y protege superficies sometidas a la acción del agua y la humedad. Ofrece una capa protectora a la superficie, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras y a la acción agresiva de la atmósfera. Su espesor estará en dependencia de la aplicación específica que se requiera, tanto para sellar cavidades, formar recubrimientos, etc. Especialmente preparado para sellar orificios.

Modo de Aplicación:

- **Proyección:** Pudiera aplicarse cuando se prepara de forma líquida, en este caso se recomienda el producto DISTIN 403 L.
- **Esparcimiento:** Se recomienda el esparcimiento con espátula del producto en frío o en caliente donde mejora la aplicación.

Para aplicar este producto es necesario desengrasar, eliminar el polvo y los óxidos desprendibles. Puede ser aplicado directamente sobre superficies fosfatadas y secas con DISTIN 504.

Rendimiento: Como es un producto semisólido que puede aplicarse con diferentes espesores de recubrimiento, ello determina el rendimiento del productos.

Protección Anticorrosiva: Garantiza la protección anticorrosiva durante años, por ser un producto flexible, asimila las vibraciones, no parte. Tiene alta resistencia a la humedad de la atmósfera en las condiciones climáticas de Cuba, es resistente al biodeterioro.

Condiciones de Protección:

- **Intemperie:** Por ser un producto elaborado con goma se ve afectado por la radiación ultravioleta, aunque se tienen resultados de protección sin afectaciones sobre acero por períodos de hasta 5 años.
- **Bajo techo:** Garantiza la protección por un mayor período.

Almacenamiento: El producto debe ser almacenado en cajas de cartón, para facilitar su aplicación. No cambia sus propiedades con el tiempo.

Medidas de protección: Por ser un producto semisólido elaborado con asfalto oxidado y goma entre otras materias primas, estos productos le confieren combustibilidad, por tal motivo cuando se trabaje con oxicorte o sopletes, debe ser retirado con espátula y colocado nuevamente en caliente.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba.
Teléfono: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 9



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Km 3 ½ Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 404 L

Mástique Asfáltico Líquido

Mástique asfáltico de consistencia líquida para la protección anticorrosiva y conservación de superficies metálicas. Ofrece una capa protectora de la superficie por evaporación del solvente, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras, etc la cual penetra en todas las cavidades e

intersticios que puedan existir y protege contra la acción agresiva de la atmósfera. Especialmente preparado como recubrimiento antigraña para la protección de la parte inferior y exterior del piso de los automóviles, contenedores, equipos ferroviarios y en estructuras o pisos en contacto con agua y humedad, impermeabilizando y protegiendo contra la acción microbiana.

Modo de Aplicación:

- **Proyección:** Es la forma principal de aplicación, donde el espesor de la capa deseada se logra por aplicaciones sucesivas, una vez logrado el secado por capas.

Para aplicar este producto es necesario desengrasar, eliminar el polvo y los óxidos desprendibles.

El producto penetra al óxido no desprendible y protege y además puede ser aplicado sobre superficies previamente tratadas con la grasa líquida DISTIN 314 L, con la que se integra como un recubrimiento por poseer un constituyente común a ambos.

Rendimiento: Como es un producto líquido el rendimiento por capa se corresponde con el generalmente establecido de 10 m²/litro.

Protección Anticorrosiva: Garantiza la protección anticorrosiva durante años, por ser un producto flexible, asimila las vibraciones, no parte. Tiene alta resistencia a la humedad de la atmósfera en las condiciones climáticas de Cuba.

Condiciones de Conservación:

- **Intemperie:** Por ser un producto elaborado con goma se ve afectado por la radiación ultravioleta, aunque se tienen resultados de protección por más de un año en superficies de pisos de automóviles sin afectaciones.
- **Bajo techo:** Garantiza la protección por muchos años, cuando no está sometido a proyecciones de partículas, agua, etc.

Almacenamiento: El producto se almacena en recipientes plásticos de 5 y 20 litros. Antes de ser usado debe agitarse para que las partículas de goma que contiene se mantengan en suspensión antes de utilizarse.

Medidas de protección: Por ser un producto semisólido elaborado con asfalto oxidado y goma entre otras materias primas, estos productos le confieren combustibilidad, por tal motivo cuando se trabaje con oxicorte o sopletes, debe ser retirado con antelación.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba.
Teléfono: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 10



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Km 3 ½ Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 504

Disolución de Fosfatado Decapante Acción Rápida

Disolución de fosfatado decapante para la preparación rápida de superficies metálicas. Proporciona una limpieza a fondo de la superficie, penetra en los intersticios, convierte el óxido, sella y forma una capa protectora y resistente a deformaciones y a la acción agresiva de la atmósfera. Produce un efecto inmediato al tratar superficies oxidadas de chapas, accesorios, piezas, equipos del transporte, etc., previo a la aplicación de recubrimientos. Puede ser aplicada sobre recubrimientos de pintura que muestren partes oxidadas, convierte el óxido y elimina la mancha en la pintura. Forma una capa protectora con sales insolubles, requiere del enjuague y secado posterior si va a aplicar algún recubrimiento antes de las 72 horas. El recubrimiento penetra en la capa de fosfato logrando un excelente anclaje.

Modo de Aplicación:

- **Proyección:** Pudiera aplicarse en áreas de difícil acceso, pero no resulta el método más adecuado por su carácter ácido, que requiere de protección.
- **Inmersión:** Se introduce la pieza desde 5 a 15 minutos en dependencia del grado de oxidación de la superficie a tratar, lográndose un alto rendimiento del baño, no requiere enjuague ni neutralización posterior si se espera al menos 72 horas para completamiento de la reacción.
- **Frotado:** Se emplea este método cuando no pueden ser empleado el método de inmersión, sobre todo en estructuras montadas, en el tratamiento de superficies oxidadas. Se recomienda para el aluminio y el zinc frotados ligeros.

Para aplicar este producto es necesario desengrasar, eliminar el polvo, los óxidos desprendibles y descontaminar con agua.

Rendimiento: Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 10 m² /l en la preparación de superficies por frotado con más de una aplicación. En baños donde se introducen las piezas, permite tratar hasta 50 m²/litro.

Protección Anticorrosiva:

Garantiza la protección temporal de las superficies metálicas días, semanas e incluso meses, en las condiciones climáticas de Cuba en zonas de agresividad de alta a extrema, en dependencia de las condiciones de almacenamiento.

Pasó el ensayo climático de Humedad – Temperatura, acreditado por el Laboratorio LABET, por las Normas UNE – EN – ISO 6270: 06 y DIN 50017:82, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono, durante 1600 horas, sin afectaciones.

Condiciones de Conservación:

- **Intemperie:** De no encontrarse contaminada la superficie con aerosol marino, puede proteger la estructura por un período de hasta una semana.
- **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por varias semanas.
- **Almacén cerrado:** Puede mantener las piezas protegidas hasta un mes o más, lo cual no se prefiere, dada la posibilidad de contaminación de la superficie.
- **Interior de tanques:** Puede utilizarse para preparar la superficie no pintada y protege la superficie durante meses si se logra un buen secado y sellaje. Procedimiento indicado especialmente para instalación de tanques de combustible.

Almacenamiento: El producto debe ser almacenado en tanques plásticos de diferentes capacidades. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto.

Medidas de protección: Por constituir una solución ácida deben tomarse todas las medidas que evite contactos con ojos, cortaduras. El producto no daña la piel y no contamina el ambiente del área de trabajo.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba.
Teléfono: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 11



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Km 3 ½ Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TECNICA DISTIN 603 L.

Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida.

Es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno, que junto con los contaminantes atmosféricos son los causante del deterioro de las pinturas. Por su composición líquida penetra a fondo en orificios, sella e impide la penetración de contaminantes. Proporciona a los recubrimientos de pintura una resistencia a la corrosión adicional en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Además de mayor resistencia a la radiación ultravioleta, causante del deterioro de los recubrimiento de pintura. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. Puede ser aplicada sobre madera, hormigón, mortero, no teniendo reacciones adversas.

:: Método de aplicación:

>>**Proyección:** Pudiera aplicarse pero no se recomienda, ya que se pierde mucho producto.

>> **Frotado:** Es el método más recomendado, para producir una fina capa sobre la superficie de pintura.

>>**Rendimiento:** Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 8 a 10 m² /Litro.

:: Protección anticorrosiva:

El recubrimiento proporciona una protección adicional y temporal de las superficies metálicas pintadas e incrementa su durabilidad en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua de mar por salpicaduras. Como recubrimiento temporal debe ser aplicado con la frecuencia que requiera el tipo de técnica. En automóviles cuando se observe que el agua moja la pintura debe ser aplicado.

:: Condiciones de conservación:

>>**Intemperie:** Resiste la acción de la radiación solar, no se chorrea hasta uno 100 ° C, resiste años en la conservación de superficies en dependencia de la agresividad del medio y del espesor de la capa.

:: Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Por sus características está especialmente formulada para la protección adicional de recubrimientos de pinturas, ya que las impermeabiliza contra la acción del agua, el oxígeno y los contaminantes que la penetran, le proporciona protección adicional contra la radiación ultravioleta y brillo.

:: Transportación y almacenamiento:

El producto se suministra en frascos de 1 litro de capacidad.

:: Aclaración al usuario:

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba.
Teléfono: 256811. E.Mail:carlos.echeverria@umcc.cu

Ficha Técnica

Anexo 12



HEMPEL'S NAVI WASH 9933S

DESCRIPCION

Agente desengrasante y de limpieza.

USO RECOMENDADO

Para la limpieza y desengrasado de superficies que presenten grasa y suciedad. También para la limpieza de bloques de motores y otras superficies metálicas que deban ser desengrasadas.

PROPIEDADES TECNICAS GENERALES

- Muy efectivo contra la grasa
- Elimina fácilmente todo tipo de suciedad
- Los residuos y productos emulsionados son fácilmente eliminables con agua

DATOS TECNICOS

Color	
Materia activa	Opalescente 00000
Peso específico	58±2%
Punto de inflamación	0.9 Kg/litro
pH	Superior a 66°C, copa cerrada
	9-11 (concentrado)

APLICACION

Método

Aplicar mediante equipos aerográficos de baja presión o brochas.

OBSERVACIONES

Puede usarse como se suministra o bien diluido en agua dulce al 50%. El producto concentrado o ligeramente diluido tiene un efecto disolvente sobre la mayoría de pinturas de secado físico. En casos extremos de contaminación con aceites pesados o con grasas, HEMPEL'S NAVI WASH 9933S diluido al 50% con agua dulce, puede, a pesar de todo, ser adecuado para la limpieza de antiincrustantes autopulimentables y otras pinturas de secado físico. Se recomienda hacer una prueba sobre una pequeña zona representativa, antes de empezar el trabajo. Después de unos 15 minutos, pero antes de 2 horas, limpiar con una manguera toda la superficie con agua dulce. Frotando con un cepillo apropiado se aumentará el efecto limpiante. Cualquier residuo de HEMPEL'S NAVI WASH 9933S dificultará la adherencia posterior de cualquier capa de pintura, por lo que es necesaria su completa eliminación antes de proceder al pintado.

SEGURIDAD

Los envases llevan las correspondientes etiquetas de seguridad, cuyas indicaciones deben ser observadas. Además, deben seguirse las exigencias de la legislación nacional o local. Como regla general, debe evitarse la inhalación de los vapores de disolventes y de la neblina de pintura, así como el contacto de la pintura líquida con la piel y los ojos. Cuando se aplica pintura en espacios cerrados debe facilitarse ventilación forzada, acompañada de la adecuada protección respiratoria, de la piel y de los ojos, especialmente cuando se aplica a pistola.

EDICION

(G) Mayo 2003
(9933S-00000-00901)



Anexo 13

Ficha Técnica

HEMPADUR 458CU BASE 458C9 / CURING AGENT 958CU

DESCRIPCION

Es un recubrimiento epoxi de capa gruesa de dos componentes curado con amina cicloalifática de elevado contenido en sólidos. Forma una película dura y tenaz con excelentes propiedades humectantes. Especialmente indicado para climas cálidos.

USO RECOMENDADO

- Como autoimpresión, sobre superficies no preparadas óptimamente o como capa intermedia o de acabado cuando se requiere un sistema de elevadas prestaciones con un bajo contenido en COV y un elevado grosor de capa.
- Recubrimiento muy versátil para especificaciones de mantenimiento incluyendo tanques de lastre y bodegas sumergidas y acero nuevo donde se precise un producto más específico.
- Puede especificarse cuando se requieren unos intervalos amplios de repintado para acabados con poliuretano. Puede utilizarse directamente sobre zinc silicato (GALVOSIL) o superficies metalizadas para evitar la aparición de burbujas.
- Como acabado cuando el factor estético no es relevante.

Temperatura de servicio En seco, máximo: 120°C

Certificados Cumple con la sección 175.300 del Code of Federal Regulations respecto a la carga de productos alimentarios secos (FDA) en espacios cuya superficie interna sea superior a 1.000 m².
Cumple con las especificaciones Aramco APCS 1, APCS 12, APCS 26 y 26T.
Clasificado como Clase 1 de acuerdo con la norma BS 476: Parte 7: 1987 (Prueba del fuego).

DATOS TECNICOS

Aspecto	458CU
Color	Semi-brillante
Volumen de sólidos	Según carta
Rendimiento teórico	80±1%
Punto de inflamación	3,9 m ³ /litro - 200 micras
Peso específico	35°C, copa cerrada
Secaje al tacto	1.4 Kg/litro
Curado total	5 horas aprox a 30°C
COV	5 días a 30°C
	210 g/litro

APLICACION

Proporción de la mezcla	BASE 458C9:C.A. 958CU	3:1 en volumen
Método	Pistola sin aire, Brocha (parcheos)	
Dilución y Diluyente	Según la zona a pintar, menos del 5% de THINNER 08450 (Ver OBSERVACIONES)	
Vida de la mezcla	1 hora a 30°C (pistola sin aire) 3 horas a 20°C (pistola sin aire)	
Espesor recomendado	Húmedo: 275 micras Seco: 200 micras (Ver OBSERVACIONES)	
Intervalo de repintado	Ver INSTRUCCIONES DE APLICACION	
Limpieza	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610 o HEMPEL'S THINNER 08450	
Pistola sin aire	Diámetro boquilla: 0.017"-0.023" (Ver INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN) Presión boquilla: 250 atm (Los datos para pistola sin aire son orientativos y están sujetos a cambios)	

Edición: Junio 2009

HEMPEL

Ficha Técnica

Anexo 14



Ficha Técnica

HEMPATHANE 553CU BASE 553C9 / CURING AGENT 95370

DESCRIPCION

Esmalte de poliuretano brillante de dos componentes a base de isocianato alifático y poliéster hidroxilado.

USO RECOMENDADO

Como capa de acabado de elevada calidad sobre una gran variedad de sustratos como acero, aluminio, poliéster reforzado con fibra de vidrio, etc., cuando se desean óptimas prestaciones técnicas y estéticas.

PROPIEDADES TECNICAS GENERALES

- Muy resistente a la intemperie, al impacto, a la abrasión y a la corrosividad de los ambientes marinos e industriales
- Muy buena retención de color y brillo
- El blanco y los colores claros son muy resistentes al amarilleamiento
- Excelente poder cubriente
- Flexible a las contracciones y dilataciones naturales del soporte
- Cumple con la normativa CLH ST-05-04 1ª Revisión

DATOS TECNICOS

Aspecto	Muy brillante
Color	Blanco 10000 Crema 20450 y otros según demanda
Volumen de sólidos	54±1%
Rendimiento teórico	13.5 m ² /litro por capa a 40 micras
Peso específico	1.3 Kg/litro según color
Secado al tacto	4 horas a 20°C con buena ventilación
Punto de inflamación	29°C
COV	440 g/litro

APLICACION

Proporción de mezcla	BASE 553C9 : Curing agent 95370 - 3:1 en volumen		
Vida de la mezcla	4 horas a 30°C. 5 horas a 20°C.		
Método	Pistola sin aire	Pistola aerográfica	Brocha (retoques)
Dilución	5% máx	25% máx	5% máx
Diluyente	THINNER 08710		
Espesor	Húmedo: 50-75 micras Seco: 30-45 micras		
Intervalo de repintado	Mín: 12 horas a 25°C. Máx: 1 semana a 25°C.		
Limpieza	THINNER 08570 ó 08710		
Pistola sin aire	Boquilla: 0.015"-0.019" - Presión: 150-240 atm (datos orientativos)		

HEMPEL

Ficha Técnica



Anexo 15

HEMPEL'S GALVOSIL 15700

15700: líquido 15700: HEMPEL'S ZINC METAL PIGMENT 07170/07140

Descripción	Silicato inorgánico de zinc autocurable de dos componentes, que contiene disolventes. Tiene una buena resistencia a la intemperie y a la abrasión. Así como una excelente resistencia química con un pH promedio entre 8-9. Ver temperaturas de servicio. Aplicable a pistola sin aire. Proporciona protección catódica sobre los daños mecánicos. Hempel's Zinc pigmento metálico 07170 está total conformidad con la ISO 3549 y con la ASTM D520 tipo I, Hempel's Zinc pigmento metálico 07140 está adicionalmente en conformidad con la ASTM D520 tipo II.
Uso recomendado:	1. Como imprimación general contra la corrosión 2. Para la protección a largo plazo del acero expuesto a ambientes moderados o fuertemente corrosivos y/o sometido a abrasiones 3. Para protección de interiores de tanques y depósitos Cumple con SSPC-Paint 20, Type 1, Level 1 e ISO 12944-5.
Temperatura de servicio:	Resistente a temperaturas secas permanentes (no cíclicas), así como a picos ocasionales de como máximo: 500°C. Resistente a temperaturas secas cíclicas hasta 400°C Resistente a altas temperaturas en condiciones de humedad (ver NOTAS al dorso).
Certificados:	Buscar los requerimientos referidos en ASTM A-490 Clase B para Coeficiente de Deslizamiento y Resistencia al Arrastre Cumple la sección 175.300 del Code of Federal Regulations Title 21 - Alimentos líquidos. Para detalles consultar a Hempel.
Disponibilidad	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación
DATOS TÉCNICOS:	
Colores	10840 / Gris metálico
Acabado	Mate
Volumen de sólidos, %:	64 ± 1
Rendimiento teórico:	12.8 m ² /l [513.3 sq.ft./US gallon] - 50 micras.
Punto de inflamación	14 °C [57.2 °F]
Peso específico	2.7 kg/ltr [22.2 lb/gal EE. UU.]
Secado al tacto	0.5 hora(s) aprox. 20°C (60-75% RH)
Curado completo	16 hora(s) 20°C y mínimo 75% RH (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Contenido en COV:	434 g/l [3.8 lb/gal EE. UU.]
Estabilidad de almacenaje	6 meses , 25°C para BASE y el HEMPEL'S ZINC METAL PIGMENT, 3 años (almacenado en contenedor cerrado) desde el momento de fabricación. La vida útil del producto depende de la temperatura de almacenamiento. El tiempo de vida se reduce en temperaturas superiores a: 25°C. No conservar a temperaturas superiores a: 40°C. Se ha sobrepasado la vida útil del producto si el líquido se ha gelificado o si la el producto mezclado se gelifica antes de la aplicación. <small>Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.</small>
DETALLES DE APLICACIÓN:	
Versión, producto mezclado:	15700
Proporción de mezcla:	líquido 15700: HEMPEL'S ZINC METAL PIGMENT 07170/07140 3.1 : 6.9 en peso (en volumen - Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Método de aplicación:	Pistola airless / Pistola de aire / Brocha (parcheos)
Diluyente (vol. máx.):	[08700 (30%) y/o 0870M (15%) Ver OBSERVACIONES al dorso.] / 08700 (50%) / 08700 (10%)
Vida de la mezcla:	4 hora(s) 20°C
Boquilla:	0.019 - 0.023 "
Presión:	100 bar [1450 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes)
Limpieza de utensilios:	HEMPEL'S THINNER 08700
Espesor recomendado, seco:	50 micras [2 mils] Ver OBSERVACIONES al dorso.
Espesor recomendado, húmedo:	75 micras [3 mils]
Intervalo de repintado, min	De acuerdo con las INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN.
Intervalo de repintado, max.	De acuerdo con las INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN.
Seguridad:	Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.

HEMPEL