

REDISEÑO DE TAPÓN SÓLIDO PARA EL MANEJO DE CUPONES CORROSIMÉTRICOS DE MONITOREO DE CORROSIÓN EN EL SISTEMA COSASCO®

REDESIGN OF SOLID PLUG FOR THE HANDLING OF CORROSYMMETRIC CORROSION MONITORING COUPONS IN THE COSASCO® SYSTEM

Cipriano-Gómez V.M.^{1*}.

¹ Posgrado CIATEQ, A.C. Tabasco, México

* Calle 23 de Agosto No. 213, Colonia Jesus García C.P. 86040 Villahermosa Tabasco México.

*vmcipriano@gmail.com

RESUMEN

La integridad mecánica de los ductos es un factor importante para el transporte de hidrocarburos y el determinar el grado de desgaste durante su operación resulta importante para garantizar su confiabilidad operativa; los cupones o testigos corrosimétricos colocados (con herramienta y equipo especial) en el interior de los ductos determinan las tendencias de desgaste y ayudan en la toma de acciones de mantenimiento preventivas o correctivas. La herramienta y equipo de la empresa Rohrback Cosasco® Systems, son ampliamente utilizados en el sector hidrocarburos en el monitoreo del desgaste interno y corrosión pero existen puntos de mejora referente a la facilidad con que pueden retirarse de un ducto (acto vandálico), lo que ha provocado derrames de hidrocarburos en áreas extensas de suelo y cuerpos de agua; debido a lo anterior se realizó un rediseño al equipo y herramienta de retiro/colocación de cupones corrosimétricos del niple Cosasco® específicamente al portacupones llamado "tapón sólido" (solid plug). El rediseño planteado fue analizado mediante Elementos Finitos (FEA) con el software ANSYS Vers. 18.1 en la plataforma WORKBENCH [1]. Los

esfuerzos obtenidos del análisis se encontraron por debajo del esfuerzo a la cedencia del material validándose el prototipo y procediendo a su fabricación para su instalación y operación. Este rediseño validado ha logrado mantener en operación los ductos donde se han instalado logrando el transporte de hidrocarburos al evitar el retiro del tapón sólido del niple Cosasco®, reduciendo pérdidas de producción y gastos por remediación de sitios contaminados.

Palabras clave: acto vandálico; sistema cosasco; cupones corrosimétricos; tapón sólido.

ABSTRACT

The mechanical integrity of the pipelines is an important factor for the transportation of hydrocarbons and determining the degree of wear during their operation is important to guarantee their operational reliability; corrosion coupons placed (with special tools and equipment) inside the ducts determine wear trends and help in taking preventive or corrective maintenance actions. The tools and equipment of the Rohrback Cosasco® Systems company are widely used in the hydrocarbon sector in the

monitoring of internal wear and corrosion, but there are points for improvement regarding the ease with which they can be removed from a pipeline (act of vandalism), which has caused hydrocarbon spills in extensive areas of land and bodies of water; due to the above, a redesign was made to the equipment and tool for removing/placing corrosimetric coupons from the Cosasco® nipple, specifically to the coupon holder called "solid plug". The proposed redesign was analyzed using Finite Elements (FEA) with the ANSYS Vers software. 18.1 on the WORKBENCH platform [1]. The effort obtained from the analysis were found to be below the yield effort of the material validating the prototype and proceeding to manufacture it for installation and operation. This validated redesign has managed to keep the pipelines in operation where they have been installed, achieving the transport of hydrocarbons by avoiding the removal of the solid plug of the Cosasco® nipple, reducing production losses and expenses for remediation of contaminated sites.

Keywords: act of vandalism; Cosasco system; corrosimetric coupons; solid plug.

INTRODUCCION

La importancia de mantener el transporte de hidrocarburos entre instalaciones requiere de ductos confiables [2], con bajo riesgo de sufrir pérdidas de contención y evitar actos vandálicos como es el retiro de Tapón Sólido del Niple Cosasco® [3]. El sistema Cosasco® es de los más utilizados en la mayoría de los ductos de transporte en México en el monitoreo del desgaste interno de ductos, pero en los últimos años en áreas contractuales petroleras

de Comalcalco, Tabasco se han presentado derrames de hidrocarburos por retiro del "tapón sólido" del interior del niple Cosasco® generando costos por pérdida de producción y contaminación (ver **Figura 1**). Esto ha justificado el buscar alternativas de una solución viable y práctica para evitar e inhibir estas acciones.



Figura 1. Acto Vandálico debido al retiro de Tapón Sólido del Niple Cosasco® (área contaminada).

El objetivo de esa investigación fue desarrollar y presentar una propuesta de mejora al diseño actual que tienen los "tapones sólidos" del sistema Cosasco®. De esta forma evitar su retiro por personal ajeno a la operación en ductos y con ello realizar las actividades de manipulación de cupones corrosimétricos según lo indicado en la norma NACE-SP-0775-2018-SG: "Preparación, instalación, análisis e interpretación de cupones de corrosión en operaciones petroleras" [4].

METODOLOGÍA

La **Figura 2** muestra la Metodología aplicada en la evaluación de la propuesta de rediseño del "tapón sólido" del sistema Cosasco®.

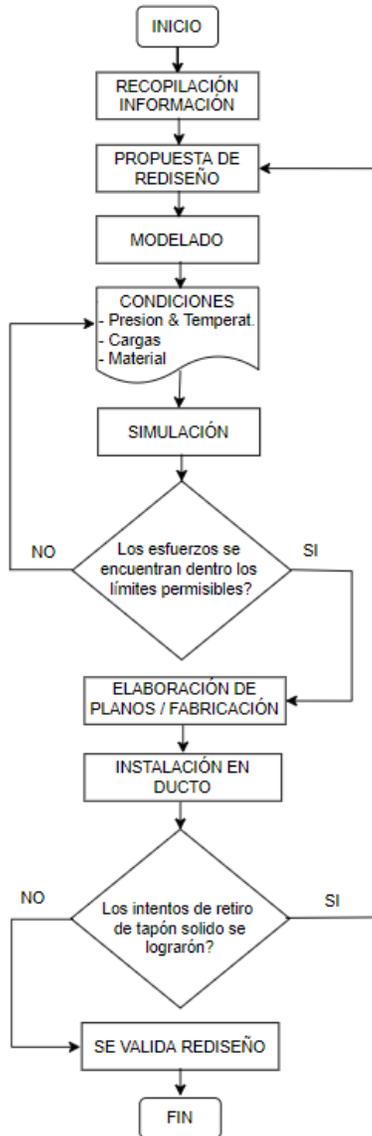


Figura 2. Diagrama de Flujo en rediseño de tapón sólido.

Etapa 1. Recopilación de Información.
 Se reúnen las especificaciones técnicas del sistema actual; condiciones de operación, propiedades del material, geometría de los accesorios y proceso de colocación/retiro indicado en las **Figuras 3 a la 11:**



Figura 3 Arreglo de Niple Cosasco® Original.



Figura 4. Niple Cosasco® original, se aprecia la tuerca para retiro/colocación de tapón sólido.



Figura 5. Vista interna del sistema Cosasco® para monitoreo de corrosión.



Figura 6. Herramienta "retriver" (en color plateado) para retiro/inserción de cupones corrosimétricos; válvula de bloqueo (en color azul y amarillo).



Figura 9. "Tapón sólido" instalado en la parte superior del equipo "retriver".



Figura 7. Colocación de Válvula de Bloqueo en Niple Cosasco® previo a la colocación del equipo "retriver".



Figura 10. Colocación de porta-cupón con testigo corrosimétrico circular en "tapón sólido" instalado en equipo "retriver".



Figura 8. Equipo "retriver" para retiro/inserción de cupones corrosimétricos



Figura 11. Vista de la inserción/retiro de cupón corrosimétrico.

Utilizando el Sistema Cosasco® se puede acceder a sistemas de alta presión sin sacar de operación los ductos.

Etapas 2. Propuesta de Rediseño. El punto de mejora propuesto es el rediseño del tapón sólido mediante la eliminación de la tuerca externa indicado en **Figura 4** y así evitar el fácil retiro por personal ajeno a la operación (**Figura 12**).



Figura 12. Facilidad para retirar el tapón sólido.

Después de un análisis de diferentes modelos, el rediseño al tapón sólido seleccionado se muestra en las **Figuras 13, 14** y derivado de este rediseño se crean accesorios complementarios que se muestran en las **Figuras 15, 16**. En el nuevo rediseño (**Figura 13**) se elimina la tuerca expuesta exteriormente, implementando en su lugar un nuevo rediseño donde se alojará el accesorio de la **Figura 15** con dimensiones específicas y que funcionará como una llave de seguridad; sin esta "llave" no se podrá realizar la actividad de retiro/inserción del tapón sólido con el cupón corrosimétrico.

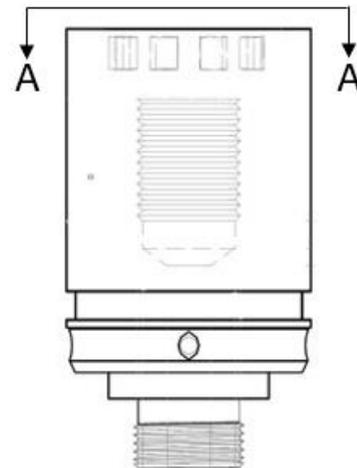


Figura 13. Rediseño de Tapón Sólido: eliminación de tuerca externa en la parte superior.

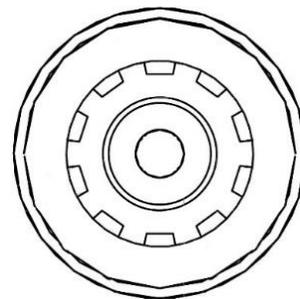


Figura 14. Vista planta A-A, del tapón sólido con el nuevo rediseño.

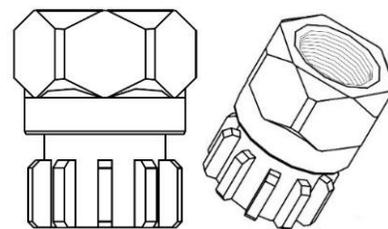


Figura 15. Llave de Seguridad: se pueden observar las "guías" que se introducen en el área rediseñada del tapón sólido (vista A-A figura 15).

El retiro e inserción del tapón sólido rediseñado se realizará con ayuda de la llave de seguridad con forma y dimensiones específicas a colocarse en el equipo "retriver" (ver **Figura 8**). En este nuevo rediseño se considera no dejar visible el área rediseñada colocando un tornillo roscado (**Figura**

16), en la rosca interna del tapón sólido (ver sección central de la **Figura 13**).

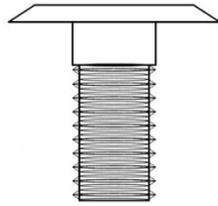


Figura 16. Tornillo roscado de protección en sección rediseñada para no dejarla visible.

Etaapa 3. Modelado del Rediseño.

Para validar el rediseño propuesto del tapón sólido, se realizó la evaluación del comportamiento mecánico mediante la simulación en tres dimensiones aplicando la metodología del análisis por elemento finito [5]. Específicamente en el software ANSYS V 18.1, en la plataforma WORKBENCH; en donde se asignaron las propiedades mecánicas de los materiales del tapón sólido, el tornillo roscado, así como a la llave de seguridad con la finalidad de determinar los esfuerzos permisibles de operación segura [5].

Se elaboraron dos modelos considerando los siguientes escenarios:

- a) Escenario 1. Caso de Tapón como contenedor de presión en la región del ducto, con torque para instalación (**Figura 17**).
- b) Escenario 2. Caso de Tapón como contenedor de presión en la región del ducto con torque para retiro (**Figura 18**).

Tabla 1. Datos principales de tapón sólido

Parámetro	Valor
Diámetro	1.75" plg.
Especificación Material	AISI-316
Presión Diseño	421 kg/cm ² (5,990 psi)
Temperatura Diseño	204° C

Tabla 2. Propiedades principales de tapón sólido

Propiedad	AISI 316
Módulo Young	27,992,272 psi
Relación Poisson	0.3
Esfuerzo Cedencia	30,00 psi
Esfuerzo Tensión	85,000 psi

En las condiciones de frontera para el análisis se incluyen los efectos máximos a los que se encuentra sometido a su presión de diseño en la región del ducto, así como el tapón sólido con las cargas transferidas por la llave de retiro (**Figuras 19 y 20**).

Las condiciones de carga de diseño del sistema corresponden a la presión interna de 5,990 psi y 400° F.

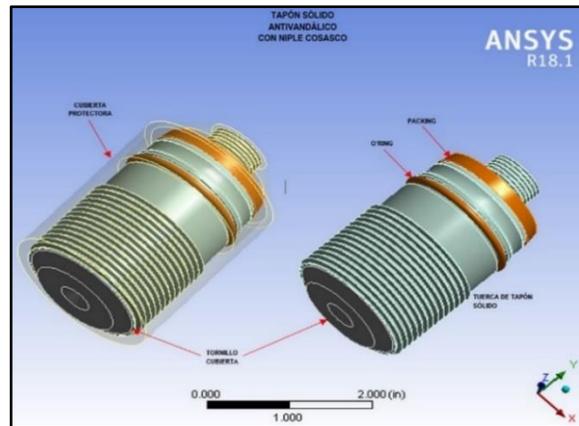


Figura 17. Modelado Escenario No. 1.

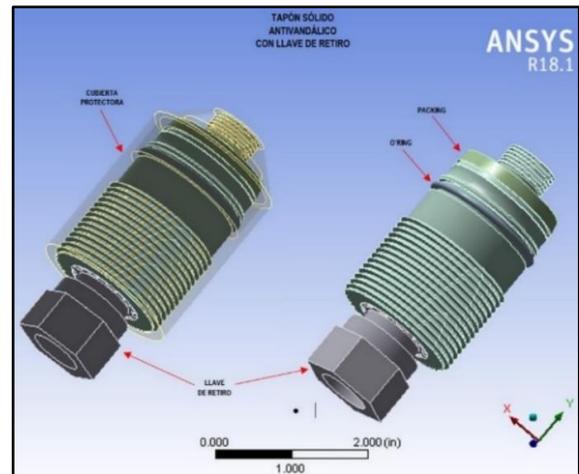


Figura 18. Modelado Escenario No. 2.



Figura 19. Condiciones de Frontera Escenario 1

carga de presión de 5,990 psi y temperatura de 400 ° F se muestra en la **Figura 21** para el escenario 1:

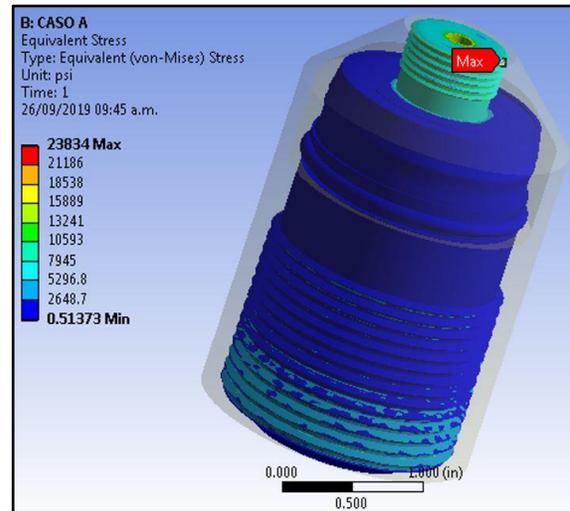


Figura 21. Estado de Esfuerzos Tapón Sólido (23,834 psi) con torque para instalación.

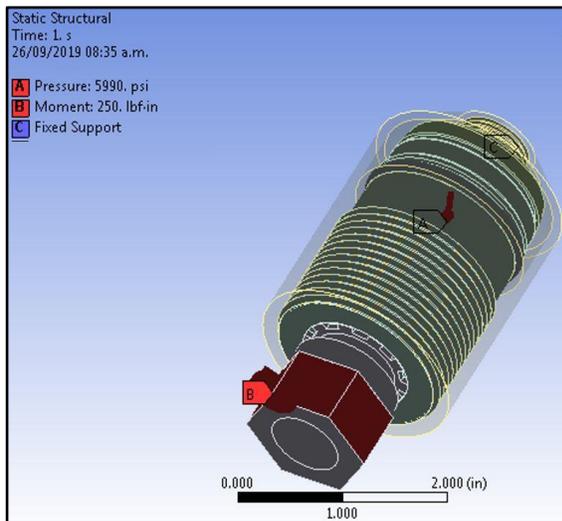


Figura 20. Condiciones de Frontera Escenario 2.

El estado de esfuerzos en el modelo integral del tapón sólido por carga de presión de 5,990 psi y temperatura de 400 ° F se muestran en las **Figuras 22, 23, 24** para el escenario 2.

RESULTADOS

Los resultados para cada caso de presión se muestran en las Figuras de Esfuerzo de Von Mises, identificando la región donde se localiza el máximo esfuerzo.

Evaluación del rediseño. Resultados del análisis en la simulación de los Escenarios:

El estado de esfuerzos en el modelo integral del Tapón Sólido (Von Mises) por

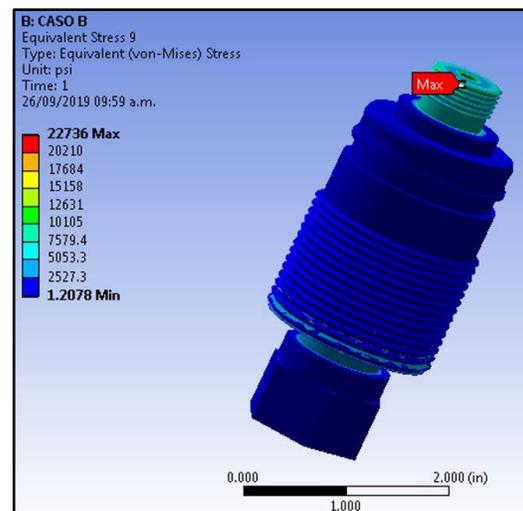


Figura 22. Estado de Esfuerzos Tapón Sólido con torque para retiro (22,736 psi).

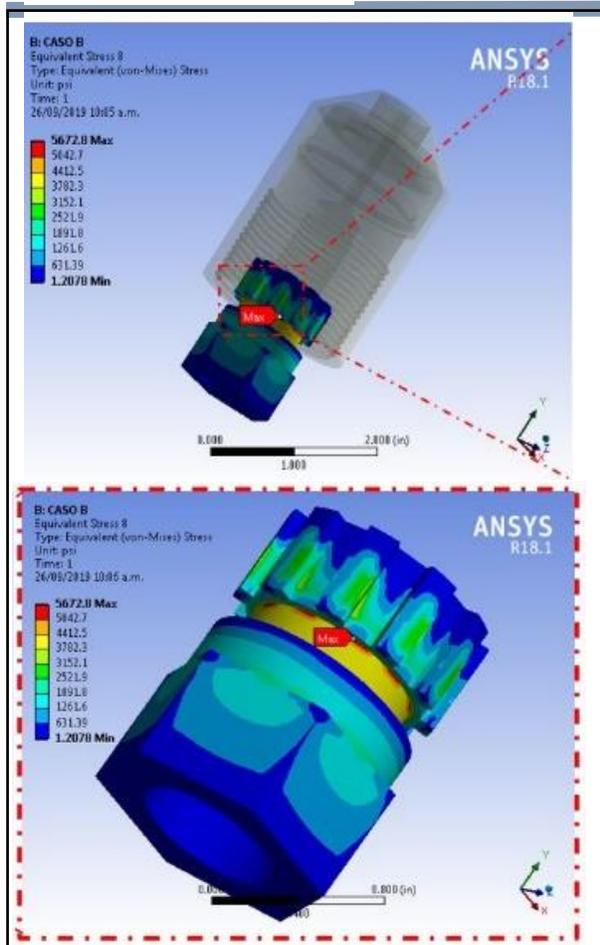


Figura 23. Estado de Esfuerzos en Llave de retiro (5,673 psi)

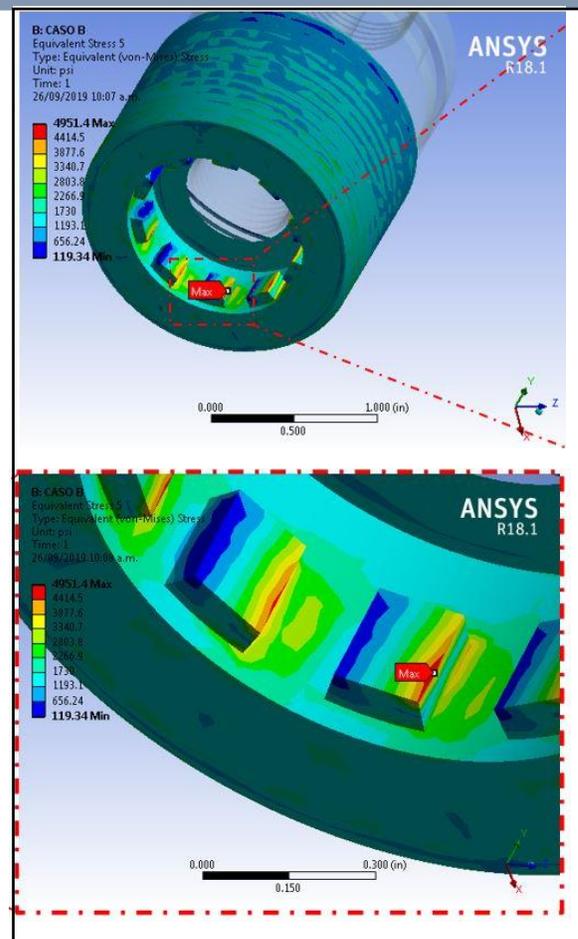


Figura 24. Estado de Esfuerzos en zona de Inserción de Llave de Seguridad (4,951 psi)

Después de haber realizado el análisis del comportamiento mecánico del tapón sólido por presión y temperatura en la región del ducto. Se observa de acuerdo con la simulación que el nivel de esfuerzos está por debajo del esfuerzo permisible ($0.9 \cdot \sigma_y$) de los materiales que componen el tapón sólido.

En las siguientes **Tablas 3 y 4** se muestra la relación de esfuerzos obtenidos en los dos escenarios analizados:

Tabla 3. Esfuerzos Máximos en la región del ducto, con torque para instalación (figura 21)

Pieza	Esfuerzo Máximo σ	Esfzo.Permisible $0.9 \cdot \sigma_y$
Tapón Sólido	23,834 psi	27,000 psi

Tabla 4. Esfuerzos Máximos en la región del ducto, con torque para retiro, (Figuras 22, 23, 24)

Pieza	Esfuerzo Máximo σ	Esfzo.Permisible $0.9 \cdot \sigma_y$
Tapón Sólido	22,736 psi	27,000 psi
Llave Retiro	5,673 psi	27,000 psi
Zona Inserción	4,951 psi	27,000 psi

Selección de la propuesta. Los resultados obtenidos de la evaluación muestran que el modelo rediseñado del tapón sólido propuesto se encuentra dentro los parámetros de esfuerzos permisibles resumidos en las tablas No. 2 y No. 3 para los escenarios propuestos:
a) Escenario 1. Caso de Tapón como contenedor de presión en la región del ducto, con torque para instalación.
b) Escenario 2. Caso de Tapón como contenedor de presión en la región del ducto, con torque para retiro.

Elaboración de Plano / Fabricación. La fabricación de la propuesta del rediseño seleccionado se basó en el plano elaborado con las propiedades y dimensiones finales del modelo simulado en el software ANSYS V-18.1 en la plataforma WORKBENCH mostrado en la **Figura 25** y el rediseño fabricado se muestra en la **Figura 26**.



Figura 26. Tapón Sólido y Llave de seguridad fabricados.

Instalación y Validación del Rediseño. El tapón sólido rediseñado y fabricado del sistema Cosasco® fue instalado en el ducto que anteriormente había sido vandalizado (Figura 1) para probar su efectividad y validar el rediseño al comprobar que evita su retiro del ducto (**Figura 27**).

Figura 25. Plano de Fabricación de Tapón Sólido y accesorios

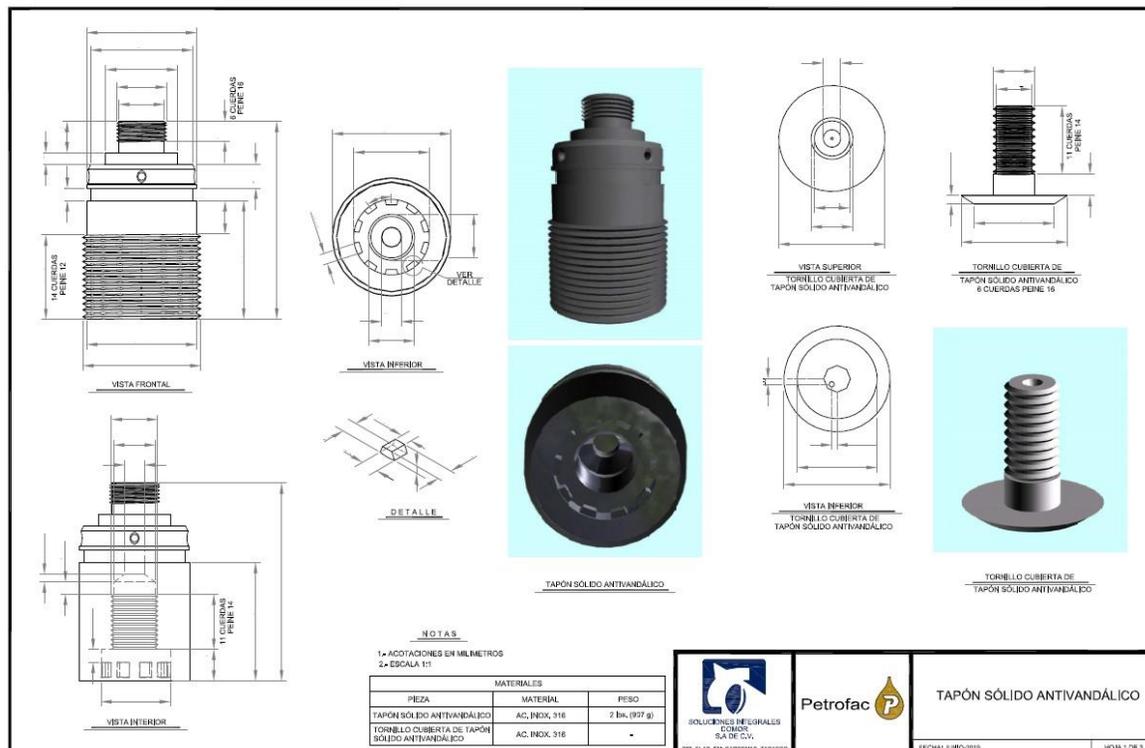




Figura 27. Tapón Sólido Rediseñado en Operación. Se puede apreciar que ya no cuenta con la tuerca externa.



Figura 28. Colocación de tornillo roscado (ver Figura 16) para protección y no dejar visible el área rediseñada.

Para validar el rediseño del tapón sólido del sistema Cosasco®, es importante mencionar que se tuvo conocimiento del intento de retiro por personal ajeno a las operaciones al menos en dos ocasiones sin éxito alguno; al no lograr el objetivo

afectaron la integridad mecánica en esta ocasión por seguetazo como se muestra en la **Figura 29** y contenida la fuga con una grapa-camisa bipartida atornillada marca PLIDCO (Split-Sleeve) [6] (**Figura 30**).

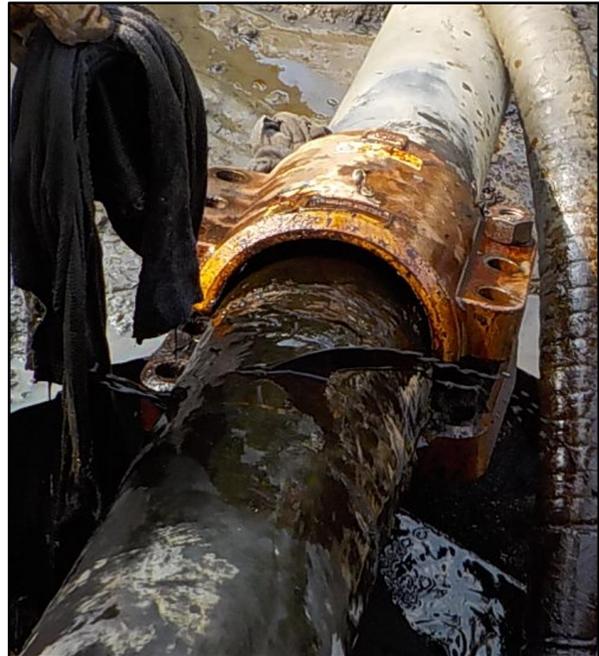


Figura 29. Acto Vandálico por Seguetazo en Oleoducto 6" Ø (al no poder retirar tapón sólido rediseñado).



Figura 30. Colocación de grapa-camisa bipartida atornillada marca PLIDCO (Split-Sleeve) en acto vandálico debido a seguetazo.

Fue de esta manera que pudimos validar en campo el rediseño del tapón sólido del sistema Cosasco®.

CONCLUSIONES

Una de las técnicas más utilizadas para determinar las velocidades de corrosión en ductos es el monitoreo con cupones corrosimétricos. Con los que se determina la pérdida de material que sufren los ductos en un periodo de tiempo, Es posible visualizar tendencias de pérdida de material interna mediante la técnica gravimétrica (método para medir velocidad de corrosión, que se basa en pérdida de peso de un material que se corroe) esto ha ayudado en la toma de decisiones en acciones de prevención y actividades de rehabilitación.

El sistema de la compañía Cosasco® es el comúnmente utilizado en México en el sector hidrocarburos debido a la gama de equipos y accesorios con los que cuentan, así como por sus rangos de presión de trabajo. Desafortunadamente durante su operación en ductos ubicados en zonas del estado de Tabasco, se ha podido constatar que es necesaria la implementación de mejoras. Se detectaron defectos en el diseño original que presenta una fácil manipulación con la que se puede extraer el tapón sólido junto con el cupón corrosimétrico del niple Cosasco®. Lo anterior ha provocado contaminación en amplias zonas por derrame de hidrocarburos y altos costos para su remediación. Derivado de lo anterior descrito se llevó a cabo el proyecto de rediseño del tapón sólido del sistema Cosasco® el cual fue fabricado y puesto en operación. Mediante trabajo de campo se constataron los intentos de retiro sin éxito, logrando de esta manera inhibir la intención de retiro por personal ajeno a la

operación, evitando así costos por daño de contaminación y lo más importante se ha mantenido el transporte constante de hidrocarburos en la línea cumpliendo el objetivo planteado en esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] <https://www.ansys.com/products/ansys-workbench>.
- [2] NOM-009-ASEA-2017, Administración de la integridad de ductos de recolección, transporte y distribución de hidrocarburos, petrolíferos y petroquímicos.
- [3] Rohrback Cosasco Systems (Rev. Date 2017) Cosasco access Fitting Assemblies Model 52.
- [4] NACE-SP-0775-2018-SG (2018), "Preparation, Installation, Analysis, and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operations".
- [5] Cía. Servicios Integrales Domor (2019), estudio. Comportamiento mecánico de tapón sólido antivandálico,
- [6] PLIDCO® (2021), SPLIT + SLEEVE "Stops the leak without welding"
- [7] <https://www.cosasco.com/products/all>

