

Hannoch, Emmanuel Martin

# Integridad de Oleoductos / Gasoductos

2020

*Instituto: Ingeniería y Agronomía*

*Carrera: Ingeniería en Petróleo*



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.  
Atribución – no comercial – sin obra derivada 4.0  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Hannoch, E.M. (2020) *Integridad de Oleoductos/Gasoductos* [Informe de la Práctica Profesional Supervisada] Universidad Nacional Arturo Jauretche

Disponible en RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital UNAJ <https://biblioteca.unaj.edu.ar/rid-unaj-repositorio-institucional-digital-unaj>



# Informe Prácticas Profesionales

Integridad de Oleoductos / Gasoductos

Hannoch Emmanuel Martin  
Ingeniería en Petróleo

## **Indice**

Resumen.....	1
Objetivos .....	1
Introducción .....	1
Desarrollo y Datos Obtenidos .....	2
Anomalías en los ductos y medidas al respecto .....	2
Daños de las tuberías en operación .....	5
Medidas preventivas.....	15
Medidas correctivas .....	18
Medidas de control .....	19
Análisis.....	21
Consecuencias de los daños.....	21
Preponderancia de los daños.....	23
Comparación entre ambos.....	23
Conclusiones .....	25

## Resumen

Las tuberías que componen las redes de transporte de petróleo y gas son una parte primordial en la industria, puesto que permiten la conexión entre el punto de extracción de la materia prima (gas / petróleo), su transporte a plantas de tratamiento, donde se lo procesará para generar valor agregado y/o su posterior entrega a puntos de venta local, o para exportación.

Muchos análisis efectuados a través del tiempo por operadores y transportistas han concluido en que la corrosión es una de las principales amenazas a la integridad de las tuberías, pudiendo ésta manifestarse de manera interna (afectando la cara interna de la pared de la tubería), como externa (afectando la cara externa de la pared de la tubería). Para evitar el desarrollo de áreas de corrosión externa, se suele revestir las tuberías. Sin embargo, en distintos puntos de su trayecto pueden tener contacto con elementos capaces tanto de dañar este revestimiento como de provocar corrosión en sí, pudiendo provocar problemas capaces, a su vez, de extenderse a lo largo de toda la tubería. Además de sufrir abolladuras de distintos grados, entre otros escenarios perjudiciales. Las abolladuras, y principalmente las provocadas por acciones de terceros (en construcciones próximas al emplazamiento de las tuberías, por ejemplo) constituyen otra seria amenaza a la integridad de la tubería.

Si estas anomalías se prolongan en tiempo y distancia, pueden provocar daños mayores en la red de transporte de petróleo / gas, debido al debilitamiento que sufre la estructura, con los riesgos de falla / explosión que esto conlleva. Por estas razones se deben realizar controles (inspecciones) y, sobre todo, tomar medidas preventivas en estas instalaciones.

## Objetivos

Detallar las anomalías más comunes en las redes de transporte de petróleo y gas.

Enumerar los efectos y posibles causas que estas pueden provocar.

Proponer acciones preventivas / correctivas para evitar / mitigar estos problemas y sus efectos negativos sobre el sistema y el ambiente.

## Introducción

Para poder ser vendidos / almacenados / procesados, ambos los hidrocarburos y el gas provenientes de la explotación, deben ser transportados desde donde han sido obtenidos. Entre las opciones para lograr tal fin se encuentra el uso de un sistema de tuberías. Mayormente conocido como Gasoducto, Oleoducto o Poliducto, dependiendo de lo transportado.

Tales ductos, como su recorrido y demás instalaciones que los acompañan, son diseñadas para que el sistema en su totalidad pueda soportar determinadas condiciones, asegurando una larga vida útil y la protección de los activos transportados y el ambiente. Aun así, en todo el recorrido pueden encontrarse con diversos problemas que pueden comprometer la integridad total de la red de

transporte. Entre las amenazas más comunes podemos enumerar a las abolladuras y a la corrosión, entre otros.

En su mayoría, estas tuberías se encuentran revestidas para evitar corrosión externa y sus consecuentes daños, pero si por algún motivo tal protección se viera dañada (o fuera insuficiente), podría empezar a aparecer dicho problema.

Otros defectos dignos de mención son los defectos en la manufactura de las tuberías, así como en la construcción del ducto o instalación de las tuberías que lo componen

No solo eso, pueden encontrarse abolladuras. Que no solo suponen un daño por sí mismas, sino que además pueden provocar la presencia de corrosión, con lo que ambos problemas podrían combinarse y generar un impacto mayor.

Todos estos defectos pueden disminuir drásticamente la vida útil y las capacidades operativas de los ductos donde se encuentran. Esto provoca, en consecuencia, que todo el oleoducto / gasoducto / poliducto pueda verse comprometido, generando en forma de cascada, situaciones de pérdida de producción, demoras en los procesos, pérdidas económicas, e impactos en el ambiente, entre otras.

Es por esto por lo que es aconsejable que deban tomarse medidas preventivas, medidas correctivas y medidas de contención, con el fin de mitigar los daños.

## **Desarrollo y Datos Obtenidos**

### **Anomalías en los ductos y medidas al respecto**

#### **Diseños de ductos**

Para poder proponer medidas preventivas (o correctivas, o de contención, dependiendo del caso), el proceso debe iniciar desde la forma en que son diseñadas las tuberías. Así podrían indicarse nuevas acciones, o el énfasis en otras ya existentes en los procesos de fabricación / construcción según el caso.


Es por esto por lo que debe describirse el proceso y detallarse como se puede evitar cada anomalía según diferentes métodos.

Se encuentran varios diseños según practicas recomendadas y normativas para tal fin.

Algunas de estas normas son

- API 5I
- ASME B31.4
- ASME B31.8
- ISO 13263
- EN 1593

Por otro lado, en caso de ser una obra offshore se utiliza la norma ISO 13623.

 <b>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHE</b>	Prácticas Profesionales Supervisadas	Integridad de Oleoductos / Gasoductos
--	---	--

El comienzo del diseño de las tuberías y del sistema, producto de su conjunto, comienza por el caudal que deba circular a través de él, el cálculo de la velocidad lineal de circulación y la presión que se genera debido a las pérdidas de carga, con estas variables las tablas de las normas darán las dimensiones que deba poseer la tubería.

Para gases, particularmente, se utilizan las fórmulas listadas a continuación

- Ecuación de Weymouth
- Ley de Barlow
- Formula de Crane
- Panhandle

Mediante estas, se determina las condiciones (MAOP (presión de operación máxima admisible por sus siglas en inglés), Diámetro, Espesor) que deberá cumplir el ducto a construir.

Al conseguir estas condiciones se obtiene tanto el caudal como la presión de fluencia que lo sostendrá durante el trayecto del tendido. Un gran problema, referido a esta última condición es que existe una pérdida de carga que ocurre durante el trayecto. Es por esto por lo que se deben utilizar bombas y compresores en instalaciones intermedias durante el ducto que permitan lograr que esta presión siga constante. Además, otro factor a considerar será la distancia a nivel del mar de las tuberías en cuestión, ya que, al variar la presión, podrían ser capaces de provocar efectos como el de cavitación. Cabe aclarar que este tema (soterramiento, o no) será tocado en una sección aparte, debido a que también funciona como protección frente a posibles daños.

Asimismo, deben considerarse otros dos aspectos muy importantes como son: la demanda del hidrocarburo a transportar y el coste del equipo de mantenimiento de presión. Ya que estos determinaran las condiciones que permitan un retorno óptimo (tanto por los ingresos como egresos que significan) frente a diferentes condiciones de presión y caudal suministrado.

De parte del fluido se han considerado dos aspectos: la velocidad por sección (caudal) y la presión bajo la cual se logrará esta velocidad. Sin embargo, falta algo igual de importante: su composición.


Cada fluido a circular tiene un riesgo intrínseco en su transporte. Sin contar que varían los materiales y dimensiones de los ductos a través será transportado dicho fluido. Estos pueden ser tanto gases como líquidos en los cuales puede variar el contenido de otras fases y sustancias. Incluso las normativas varían según el tipo de fluido a circular. Este es un factor muy importante, además en lo económico; ya que, no será lo mismo un redito por el transporte de gas, como por el transporte de petróleo. Variando con esto, la viabilidad económica del proyecto, según el fluido que se involucre en este.

Para el caso de petróleo, como ya se ha dicho, se utilizan las normativas

ASME B31.4

En caso de transportar gas:

ASME B31.8

 <b>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHE</b>	Prácticas Profesionales Supervisadas	Integridad de Oleoductos / Gasoductos
--	---	--

Por el lado del ducto, en cambio, deben tenerse en cuenta otros factores como son: su diámetro, su espesor y el material bajo el cual estará compuesto.

El diámetro de la tubería es un factor importante, debido a que permitirá transportar mayor o menor cantidad de hidrocarburo o gas. Pero este es un factor que modificara tanto la presión como el costo del proyecto. Si bien un diámetro menor significaría mayor presión asegurada, implicaría un menor retorno debido una menor cantidad de producto entregado. Asimismo, un diámetro mayor podría encarecer el proyecto al aumentar el costo que provocan tanto las cañerías, como la presión necesaria para mantener el caudal a través de estas; pues, si se aumenta la sección (diámetro) será necesario aumentar artificialmente la presión del producto que circule a través de este. Aun así, a un mayor diámetro y por ende caudal, puede obtenerse un mayor retorno por el mismo.

La elección de uno u otro dependerá, como todo básicamente, del redito esperado. Aun así, este factor se encuentra afectado por otro de igual importancia, que también es parte esencial de la tubería: el espesor.

Para determinar el espesor es necesario obtener todos los factores por parte de las fórmulas antes nombradas. Una vez obtenidas las condiciones, se fija la sección de la tubería y de ahí será el fabricante quien limite la elección según los espesores bajo los cuales produzca los diámetros a requerir.

El material refiere más al grado de acero que a otra cosa. Esto es: la proporción dada entre acero y hierro para un determinado tubo. Al fijar las condiciones operativas se determinarán los esfuerzos a los cuales debe someterse una tubería y por lo tanto aquellos que deberá resistir. Esto es crucial para la elección del grado de acero, ya que con este se obtendrán diferentes propiedades, como pueden ser: La presión máxima admisible (o MAOP), la resistencia a la torsión, el límite plástico, etc.

Finalmente, el factor de seguridad se fija en base al área donde se realice el tendido (traza) del ducto. Claramente, en zonas urbanas tendrá un mayor factor de seguridad que disminuirá las condiciones de operación, o aumentará las resistencias de los tubos a colocar. Por otro lado, en zonas menos pobladas pueden holgarse los límites, permitiendo una mayor tolerancia respecto a las condiciones tanto del fluido a circular, como de sus condiciones de flujo, así como de las condiciones de las tuberías.

Tratado ya los temas de fluidos y tuberías, debe tratarse un tercer aspecto del problema: el tendido de este.

El circuito (o ruta) donde se dispondrán de las tuberías se denomina traza. La cual puede verse afectada por varios motivos: planialtimetría, interferencia con otros oleoductos / gasoductos, el terreno por donde circularan los ductos, y la ruta optima que impida un dispendio de dinero en tuberías prescindibles.

Así mismo, la ruta optima incluye factores como la instalación de estaciones de compresión / bombeo y la cercanía (o cruce a través) de zonas donde pudiera provocar / recibir algún daño tanto la tubería como la traza entera del ducto.

La planialtimetría afecta principalmente en tres medidas: la variación del nivel respecto al nivel del mar, el terreno sobre el que vaya a tenderse el tubo y el contacto con elementos que pudiesen afectar a la tubería que fuera a ser colocada. Otro punto de interés en este sentido es la altura de soterramiento, una gran altura podría generar una mayor carga de tierra cubriendo la tubería, pero esto debe ir en equilibrio con la susodicha variación del nivel del centro de la tubería con respecto al nivel del mar.

La interferencia con otros tendidos de transporte de fluidos es un tema de vital importancia, ya que restringe las zonas por donde se podrá tender la tubería respecto a las demás y, por ende, la dirección que deberá tener la traza.

El terreno por donde circularan es de vital importancia ya que: puede complicar la construcción del ducto o ser causante de daño debido a que posea condiciones que favorezcan el daño al revestimiento o al tubo mismo por corrosión.

Finalmente, la traza en si del ducto. Todas aquellas direcciones donde serán montados los tubos respecto al anterior. En este punto se ve implicada una visión estratégica que permita:

- la menor cantidad de tuberías posibles
- la instalación de estaciones de compresión / bombeo
- nulas interferencias
- la menor cantidad de amenazas para las tuberías
- la ruta más segura, pero en este caso para las instalaciones / ambiente que se encuentren en la vera del tendido

### **Daños de las tuberías en operación**

Ya habiendo profundizado en la planeación del sistema de transporte, puede pasarse a los problemas que lo afectan, para así finalmente ver de qué manera pueden ser evitados (a través de evaluaciones de riesgo que contemplen la probabilidad de que una falla suceda, y el impacto potencial que puede causar).

A pesar de aquellas condiciones puestas para favorecer la vida útil de las tuberías, estas pueden sufrir una serie de problemas que son capaces de debilitarlas, hasta provocar fugas y/o explosiones, en los casos más extremos.


Estos problemas son:

#### **Corrosión**

El efecto de varios agentes corrosivos sobre la superficie metálica de la cañería. Este defecto es el más común y el más tenido en cuenta al momento de estimar la integridad de un conjunto de tuberías en el presente, o en un determinado punto en el futuro.

Al corroerse la tubería, se pierde parte del espesor nominal de esta, lo que provoca una disminución de los límites operativos de la susodicha pieza de metal. A esto debe sumarse el efecto expansivo /



 <b>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHE</b>	Prácticas Profesionales Supervisadas	Integridad de Oleoductos / Gasoductos
--	---	--

de crecimiento de la corrosión. Es decir, una vez que empieza el proceso corrosivo de manera incipiente, continúa creciendo a través de toda la sección de la tubería afectada.

Los daños de estos defectos pueden variar desde una ínfima disminución de la sección transversal del tubo, hasta fugas de materia orgánica en puntos dados. Con los consecuentes riesgos de explosión y/o contaminación ambiental. En otras palabras, una pérdida ingente de capital y daños potenciales al ambiente que se encuentre a la vera del punto de falla.

### **En caso de corrosión externa**

#### *Corrosión generalizada*

Corrosión extendida considerablemente en dimensiones y posiblemente en profundidad. Esta abarca una buena superficie de varios tubos. Los efectos combinados de varios puntos de corrosión pueden deteriorar fácilmente la tubería, disminuyendo drásticamente las capacidades operativas de esta.

#### *Corrosión microbiana*

Corrosión dada por microorganismos que se alimentan del material metálico que compone las tuberías. Estos desgastan el material, pudiendo llevarlo a condiciones en las que sea necesario cambiar la tubería.

#### *Corrosión por daños a la tubería*

Cuando la protección es suficiente, se considera que se tomaron todos los recaudos contra la corrosión. Sin embargo, si hubiese algún daño a la tubería que, además, afectara dicha protección, podría empezar a generarse corrosión, o agravarse si es que ya se encuentra presente.

### **En caso de corrosión interna**

#### *Corrosión generalizada*


La corrosión puede ocasionarse por la interacción química entre el hidrocarburo a transportar y la pared de las tuberías en las cuales este será transportado.

Esta corrosión en particular no refiere a aquel efecto del agua contenida por el hidrocarburo en su interior, tema que se trata en el punto siguiente. Si no, que más exactamente refiere al efecto del hidrocarburo en sí al entrar en contacto con la superficie metálica.

La materia orgánica puede contener diversos componentes o elementos capaces de generar corrosión. Como bien pueden ser fósforo, azufre, oxígeno y hasta cloro (entre otras cosas). Eso sin contar el pH del fluido a circular.

Estos pueden actuar en puntos que, en caso de no tomarse recaudos, pueden llegar a convertirse en focos de corrosión que significaran un gran problema a futuro.

Esto sin contar el pH ácido que pudieran contener los fluidos a transportar. Factor que solo agrava el problema en cuestión.

 <b>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHE</b>	Prácticas Profesionales Supervisadas	Integridad de Oleoductos / Gasoductos
--	---	--

Al extraerse la materia orgánica, si bien habrá una composición predominante, no habrá ninguna única. Siempre todo hidrocarburo extraído será una suma de varios componentes conformando el mismo fluido.

Esto provoca que en el fluido a transportar pueda haber: ácidos carboxílicos, ácidos sulfónicos, tioles, aminas, amidas etc. Sustancias altamente reactivas con el metal que compone las superficies.

Cabe aclarar que la mayor parte de esta corrosión se provoca en los fluidos que se obtienen en estado líquido, es decir: en el petróleo más que en gas.

Si bien el gas es capaz de corroer, su composición será mayormente alcanos (como lo es el metano), gases inertes que poco daño le pueden provocar a la tubería. Mas allá de otro compuesto también pudiera ser nocivo para la integridad de las tuberías.

Aun así, el mayor daño que el gas pudiera hacerle a las tuberías vendrá dado por el siguiente punto.

#### *Corrosión por decantación de agua*

Varios de los fluidos compuestos por materia orgánica contienen en su seno determinada cantidad de humedad, la cual es capaz de decantar. Al hacerlo, por ser más pesada que el agua ira en el fondo de la tubería siendo esta arrastrada el fluido compuesto por hidrocarburos.

Si bien el constante flujo de gas o petróleo puede degastar las paredes internas de la tubería, el agua puede hacerlo aún más. Sin contar la mayor capacidad corrosiva que posee.

Es por esto por lo que las condiciones del agua a transportar y de los ductos donde se transportaran son de vital importancia.

Un gas inerte, en un principio, como lo es el CO<sub>2</sub> también es capaz de provocar corrosión. Esto se debe a su capacidad de acidificar el agua en la que entre en contacto.

Si bien algunos yacimientos producen con bajos contenidos del susodicho gas, hay otros (yacimientos gasíferos, por ejemplo) que son capaces de proveer CO<sub>2</sub> hasta en un 90% de la producción total.

Esto significa variaciones en el caudal y las condiciones a las que serán sometidas las tuberías, por supuesto. Pero, además, una seria acidificación del agua en la que entre en contacto.

Repasando la ecuación de Nerst, aquella en la que se describe el potencial de oxidación que definirá la espontaneidad de una reacción. El pH es un parámetro sumamente importante en la misma, pudiendo variar seriamente el mismo y provocar que la reacción sea espontanea. Es decir, que pueda ocurrir por sus propios medios.

#### *Corrosión bacteriana*

Del mismo modo que las bacterias afectan las paredes exteriores de las cañerías perjudicadas, afectan a las interiores.

El mecanismo de corrosión depende del tipo de bacteria que este afectando a la tubería en cuestión. Pero en todos los casos hay algo en común: la oxidación del hierro.

La energía necesaria para el sustento y crecimiento de las bacterias presentes se da mediante una serie de reacciones que involucran en algún momento la oxidación de este componente metálico.

Esto provoca la remoción de dicho componente de la superficie; causando, en resumidas cuentas, tres problemas graves:

- La disminución del espesor
- El origen de compuestos férricos dentro de la tubería
- El arrastre de estos

Al ser imperfectas, en las tuberías puede generarse una diferencia de potencial en donde el metal pueda tomar el papel de ánodo y formar  $Fe^{+2}$ .

Por otro lado, algunas bacterias (sulfato reductoras) pueden originar  $H_2S$  (también mediante el consumo de  $Fe$ ) lo que también altera el estado químico de las moléculas que componen la superficie del tubo.

El uso de la superficie metálica como alimento, provoca un desgaste en la tubería. Ya sea por uso directo de dicho material como la remoción del  $Fe^{+2}$  formado. Puesto que al usarse el hierro (o  $Fe^{+2}$ ) el único alimento disponible será el que se encontraba por debajo del que ya se usó. Es decir, un achicamiento cada vez mayor del espesor de las tuberías.

Estos compuestos no desaparecen en las tuberías. Sino que son transportados (aunque no todos) mediante el flujo que contenía las bacterias. Con lo cual ahora se encuentra presente un nuevo fluido capaz de erosionar las paredes la tubería.

No solo eso los compuestos férricos son capaces de generar un gran problema de taponamiento. Por lo que, aquellos que no decanten podrían significar otras consecuencias negativas para las instalaciones.


El efecto de estos sólidos generados se detalla en una sección aparte más adelante.

### **Stress por tensión bajo corrosión**

La corrosión, ya sea interna o externa puede provocar un daño capaz en sí mismo de generar rupturas en la tubería. Sin embargo, la corrosión también da lugar a otro tipo de defecto que es uno de los problemas más frecuentes (junto con la corrosión y el daño por terceros) que pudieran tener los ductos: el stress corrosión cracking (SSC); o ruptura por corrosión bajo tensión, por su significado en español.

Las tuberías sufren varios procesos que pueden variar sus límites de aceptación de esfuerzos. Asimismo, estos procesos también pueden variar las condiciones de la tubería, llevándola más cerca del límite plástico que del elástico.

Cabe aclarar que la corrosión también genera este primer problema. Al disminuir el espesor de la tubería, se disminuye el límite que soportara tanto de presión, como de esfuerzos por parte del resto del sistema.

 <b>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHÉ</b>	Prácticas Profesionales Supervisadas	Integridad de Oleoductos / Gasoductos
--	---	--

Si sumamos la reducción de resistencia por el cambio en los ciclos de presión dependientes de la misma operación, y los procesos de construcción a la reducción dada por la corrosión; tendremos las condiciones para que, bajo los esfuerzos tensiles aplicados en la vida útil del ducto, se superen las capacidades operativas de las tuberías y se generen fisuras capaces de propagarse a lo largo de toda la tubería.

### **Problemas por solidos presentes**

Además de las condiciones de operación descritas anteriormente, los ductos pueden encontrarse con fluidos capaces de precipitar sustancias que puedan ser erosivas para estos. Estas sustancias, al ser arrastradas por toda la tubería pueden ocasionar un desgaste de la pared interna de la misma.

Este problema puede ser mucho mayor según el yacimiento en el que se trabaje. Puesto que algunos son capaces de expulsar arena y otros (los no convencionales) arrastran la arena utilizada en las etapas de fractura.

En estos casos, los agentes erosivos son tantos como para poder hacerle un daño serio a la tubería.

*Objetos anómalos que pudiesen dañar la protección de las tuberías, o a las tuberías en sí*

En muchos casos las tuberías se encuentran revestidas para evitar que aparezca corrosión; este revestimiento está expuesto al contacto con cualquier objeto que pudiese dañar esta protección podría significar el inicio de corrosión en dicho punto. Sin contar el hecho de que podría dañar a la tubería por su propia cuenta al generar abolladuras o incluso fisuras, cuyos efectos podrían combinarse con los de la corrosión generada y agravar aún más el estado de la tubería.

Por otra parte, la presencia de solidos es un problema grave para las instalaciones por su capacidad de taponamiento de estas.

Se ha hablado, por ejemplo, de la capacidad de las bacterias para generar compuestos ferrosos en las tuberías y que estos son arrastrados, no disueltos del todo. Asimismo, se ha hablado de la presencia de arena según el yacimiento en el que uno se encuentre.

Estos sólidos, como cualquier otro que pudiera estar presente, significan un peligro por taponación en puntos que no se han mencionado. No solo eso, un mal control de los fluidos puede conllevar a la presencia de sólidos en el sistema de inyección, lo que se traduce en problemas de taponación tanto en el yacimiento, como en las instalaciones en sí.

Por último, aunque excede la temática de este informe, la presencia de solidos (férricos, orgánicos, arenas, etc.) afecta la especificación a entregar, lo cual puede generar multas por incumplimiento de las especificaciones.

### **Daños mecánicos (abolladuras/roturas)**

Una abolladura es otro daño común que pueden sufrir las tuberías. Estas son un gran problema para la integridad de la tubería, por los daños mecánicos que le generan. Sin contar el hecho de que son capaces de provocar focos de corrosión, los cuales en acción combinada con las abolladuras pueden significar el remplazo inmediato de la tubería.

La capacidad de estos daños de provocar focos de corrosión viene dada por la posibilidad de dañar las protecciones pensadas para resguardar la integridad de las tuberías. Es decir, por la posibilidad de dañar la pintura / revestimiento anticorrosión, como el tubo camisa o el cemento que la resguarda.

Descartando una falla en la manufactura y en los controles posteriores a la misma (esto se analiza en una sección aparte), los daños mecánicos en las abolladuras pueden ocurrir tanto en el transporte de las tuberías, como en el proceso de montado (ya sea por un golpe recibido, o por errores como una mala preparación de la zanja donde se depositarán los ductos.)

### **Daños por interferencias**

En la construcción de ductos existe un problema potencialmente muy peligroso y aun así muy posible: daños por interferencias.

Se entiende por interferencia al contacto u obstrucción por parte de una tubería con otra, o con su futura traza al menos.

Como ya se ha dicho, en la construcción de ductos debe tenerse cuidado a la hora de definir el trayecto de las tuberías, tanto para evitar zonas conflictivas, como para evitar una posible interferencia con otras tuberías de cualquier otro tendido.

En la construcción de los nuevos ductos, pueden dañarse los anteriores por un error en la construcción. Si bien se debe excavar con pala en las cercanías de otro ducto, un error puede significar el daño mecánico por parte de una pala, o incluso una excavadora en las tuberías.

El problema no termina ahí, esos daños pueden afectar las protecciones anticorrosivas de las tuberías, pudiendo generar un mal adicional al ya ocurrido en la tubería.

### **Defectos de manufactura de las tuberías**

Defectos causados por un error en la manufactura de cada tubería perteneciente al ducto en cuestión. O errores en la construcción de dicho ducto, aunque estos últimos son muy raros.


Este tipo de defectos pueden variar de simples ampollas en la cercanía a la superficie, a una falta importante de material que podría comprometer la tubería.

Si bien en la mayoría de los casos estos problemas no significan un reemplazo inmediato de un tubo; o una operación de mantenimiento acuciante, pueden actuar en sinergia con otros defectos y provocar consecuencias aún peores que las de ambos por separado.

Como ya se ha dicho, todos estos defectos pueden provocar consecuencias negativas. Todas estas, a su debido tiempo, pueden provocar fatalidades en la línea.

#### *Defectos en las soldaduras que unen los tubos*

En las soldaduras que unen los tubos pueden encontrarse varios defectos. La mayoría dada por un error en el proceso que da lugar a la misma

 <b>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHE</b>	Prácticas Profesionales Supervisadas	Integridad de Oleoductos / Gasoductos
--	---	--

Tales casos pueden ser:

- Falla al colocar el electrodo.
- Una mala soldadura, provocada por error humano.
- Mala alineación de los tubos, provocando defectos cerca de la soldadura.
- Una distancia incorrecta entre los tubos a soldar, lo que provoca una soldadura incorrecta.

Todos estos factores producen efectos negativos en los ductos, al dañar las conexiones entre los tubos que dan lugar a estos. Al haber un esfuerzo tensil y poseer problemas, o daños, en dichas conexiones; las uniones del ducto pueden verse comprometidas, pudiendo haber una fuga.

Entre otros defectos se encuentran:

- Defectos puntuales ocasionados por un error en la colocación del electrodo.
- La falta de material en un cordón que es cubierta por más cordón en el proceso de soldadura.
- Pequeña ranura ubicada en la última pasada de la soldadura hecha para recubrir las anteriores.
- Brecha originada por una corriente muy grande o por una separación excesiva entre los tubos (más frecuente al fondo de la tubería).
- Fracturas finas en el metal soldado, comúnmente con inclusiones de cobre asociadas y concentradas en las uniones intergranulares.
- Un exceso de material de soldadura en la superficie de esta, comúnmente mayor a 3mm. Es mucho más común a las seis y suele ser causada por una mala manipulación del electrodo y por muchas pasadas con el mismo.

#### *Daños por terceros*


Esta es una categoría que incluye a los daños anteriores, mayormente a los mecánicos. Pero por causas totalmente distintas. Ya no se trata de una mala planeación o error en la construcción. Se trata de acciones de personas / entes ajenos a la empresa operadora de la tubería, que provocan daños en esta.

Estas acciones pueden catalogarse en dos tipos:

- Las intencionadas con fines de hurto.
- Las no intencionadas e intencionadas sin fines de hurto.

En la primera sección se encuentran aquellas fallas intencionadas cuyo principal fin es poder hurtar el contenido que se transporta. Esto significa un gran problema, debido a que en la falla a provocar se busca lograr la fuga de hidrocarburo o fluido en cuestión. Con lo cual se necesita una fisura con escape real de materia orgánica para lograr tal fin.

Esto provoca que la materia orgánica sea expuesta al ambiente, pudiendo generar contaminación en si por la sustancia derramada y una potencial explosión.

 <b>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHÉ</b>	Prácticas Profesionales Supervisadas	Integridad de Oleoductos / Gasoductos
--	---	--

Este punto se coloca en un ítem aparte, debido a que, si bien es un daño mecánico, su naturaleza cambia por completo.

Por otro lado, las tuberías pueden dañarse por actos de terceros no destinados al hurto de las sustancias que circulan. Estos ocurren tanto por un error en maniobras de construcción como en trabajos varios por la zona donde se encuentren, así como cualquier otra actividad no relacionada a esto; como pudiera ser el vandalismo hacia las instalaciones, entre otras causas.

Aun así, estos daños (a diferencia de sus homólogos del punto anterior) pueden llegar a asemejarse con los daños mecánicos.

Si bien en esta categoría podrían haber ingresado los daños por interferencias, las causas y la naturaleza de estos los distanciaban lo suficiente como para colocarlos en una sección aparte.

### Distribución de las causas de rotura de ductos

Es muy importante determinar la sección (upstream o midstream) en la que se utiliza cada tubería. Puesto que los daños que pudieran afectar a tuberías en la zona de upstream no serán los mismos en proporción y hasta en tipo, según el caso.

Se considera importante agregar datos de ambos sectores, para poder tener una visión más amplia de las problemáticas asociadas a las tuberías de transporte de fluidos relacionadas con el mundo de la industria del petróleo y el gas.

### Datos obtenidos para tuberías en la sección de midstream.

Concawe es un organismo europeo al que adhieren una gran cantidad de empresas de ese continente. Este organismo busca tanto una mejoría en la relación costo-eficiencia, como una disminución de los impactos negativos en los aspectos ambientales, económicos, sociales y de salud de los medios de transporte de fluidos; en base a la recolección de datos al respecto.

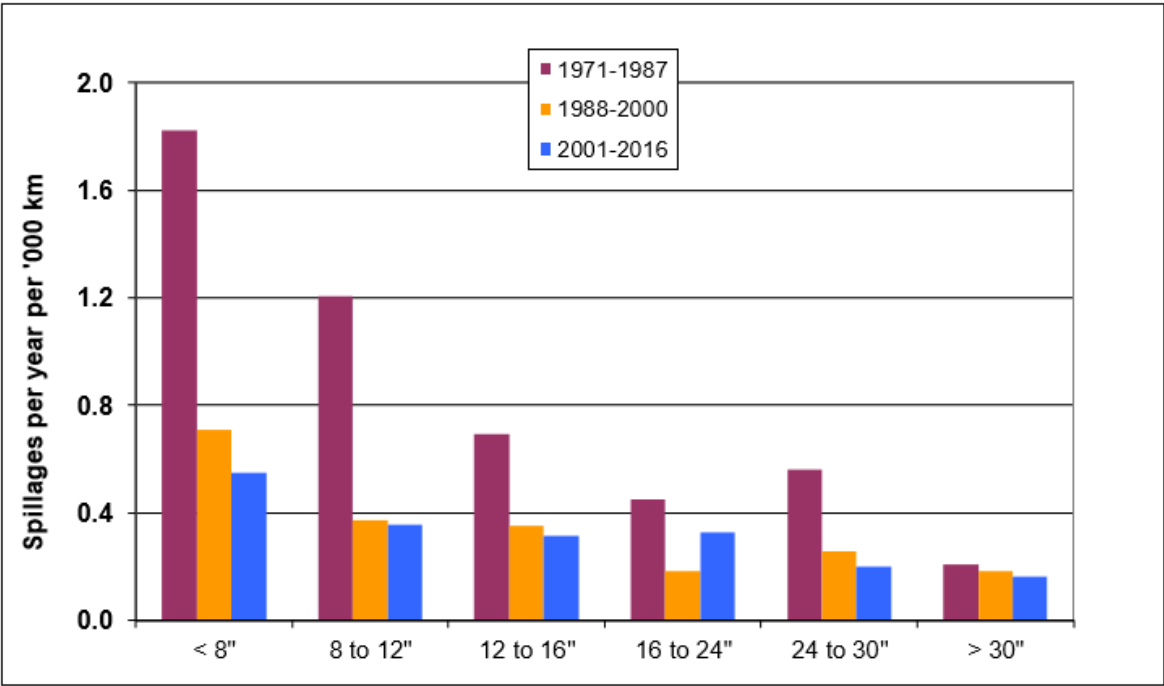
Según los datos que figuran en los informes que publica, entre el año 2012 y el 2016 los números de derrames por causa son estos:

	2012	2013	2014	2015	2016	2012-2016
<b>Spillage incidents</b>						Total
	<b>13</b>	<b>26</b>	<b>58</b>	<b>93</b>	<b>66</b>	<b>256</b>
<b>MECHANICAL FAILURE</b>						
Construction		2		1	1	4
Design and Materials	1	1	1	2		5
<b>OPERATIONAL</b>						
System						
Human	1	1				2
<b>CORROSION</b>						
External	2			2	3	7
Internal	1	1		1		3
Stress corrosion cracking						
<b>NATURAL HAZARD</b>						
Ground movement						
Other						
<b>THIRD PARTY ACTIVITY</b>						
Accidental	4	2	2		2	10
Incidental	2	1	1			4
Intentional (theft)	2	18	54	87	60	221

Asimismo, para el rango 2014-2018, estos números son:

	2014	2015	2016	2017	2018	2014-2018
<b>Spillage incidents</b>						Total
<b>All incidents</b>	<b>58</b>	<b>93</b>	<b>66</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>242</b>
<b>Excluding theft</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>20</b>
<b>MECHANICAL FAILURE</b>						
Construction		1	1			2
Design and Materials	1	2			1	4
<b>OPERATIONAL</b>						
System						
Human				2		2
<b>CORROSION</b>						
External		2	3			5
Internal		1				1
Stress corrosion cracking						
<b>NATURAL HAZARD</b>						
Ground movement						
Other						
<b>THIRD PARTY ACTIVITY</b>						
Accidental	2		2		1	5
Incidental	1					1
<i>Intentional (theft)</i>	<i>54</i>	<i>87</i>	<i>60</i>	<i>11</i>	<i>10</i>	<i>222</i>

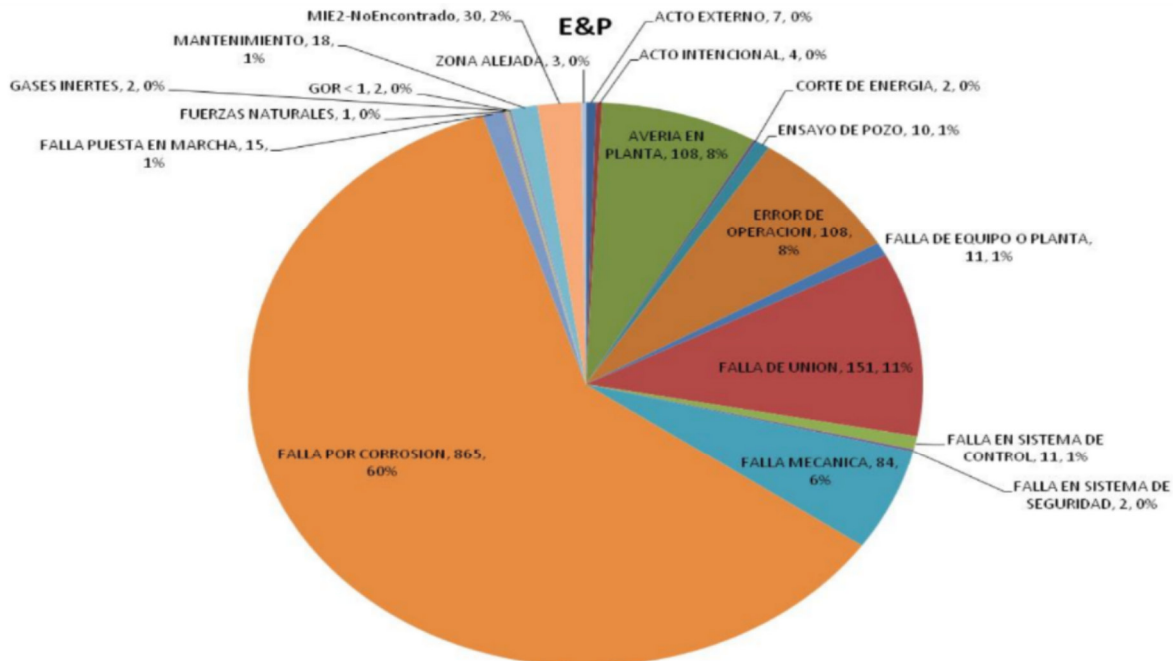
Además, se encuentra el siguiente gráfico, donde se lista la cantidad de daños según el diámetro, Pero también en base al avance de tiempo según la variación de rangos en tiempo:





### Datos obtenidos para Upstream

Para el caso de upstream se obtiene la siguiente proporción de defectos<sup>1</sup>




Destacan en este grafico los siguientes puntos

- Corrosión: 60%
- Falla en uniones: 11%
- Error operativo: 8%
- Avería en plantas: 8%
- Falla mecánica: 6%

El restante 7% se encuentra distribuido entre: fallas de control, fallas de mantenimiento, fallas de equipo o planta y fallas por puesta en marcha, entre otras causas.

Por otro lado, las acciones intencionadas y de terceros casi no tienen lugar en esta sección. Según la información obtenida.

<sup>1</sup> Datos obtenidos por terceros, relacionados al upstream

 <b>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHE</b>	Prácticas Profesionales Supervisadas	Integridad de Oleoductos / Gasoductos
--	---	--

### **Medidas preventivas**

Se ha nombrado una serie de problemas asociados a las tuberías. Asimismo, se ha comentado que las acciones para combatir esos problemas y evitar sus consecuencias son de índole preventiva.

Es por esto por lo que se detallan las acciones a tomar según el tipo de defecto a prevenir.

#### **Para daños mecánicos**

Para los daños mecánicos pueden tomarse dos: rumbos el revestimiento y protección física de las tuberías y la puesta en conocimiento de la locación de estas para evitar daños durante su vida útil / mantenimiento.

En caso de encontrarse en el primer caso, las tuberías se pueden revestir mediante diferentes elementos: desde cemento, o polímeros, hasta una tubería recubriendo a la principal (aquella por la que circulara el fluido de interés).

Con estas se aminora considerablemente cualquier daño físico que pudiese tener la tubería en cuestión. Todo problema de esa índole será comunicado primeramente (y quizás únicamente) a dicha protección, en vez de a la tubería. No obstante, esto no evita que se deban realizar inspecciones periódicas, a fin de corroborar que todo esté en condiciones.

No solo puede revestirse la tubería, como ya se ha dicho. Si no, que también se entierran para disminuir la posibilidad de contacto con cualquier objeto capaz de dañar las tuberías. Además de proporcionar la protección extra de una pila de tierra, más los materiales que se agregan antes del soterramiento.


Sin embargo, no solo está la elección del soterramiento, sino que también está la profundidad a la cual se hará este. No obstante, si bien una mayor profundidad permite un mayor aislado, pero también ajuste de las bombas / compresores para ajustar según ya se ha dicho.

Con esto no solo se quita la tubería del alcance de posibles daños, sino que además se le provee otra protección adicional.

Cabe aclarar que en el terreno donde serán colocadas debe de ser eliminado todo canto filoso que pudiese dañar la tubería, así como cualquier otro objeto capaz de dañar la integridad de esta. No solo eso, también se debe tratar la tierra que se removió durante la excavación, antes de utilizarla para la cobertura de la tubería en cuestión.

Por último, puede agregarse losetas de hormigón (o similares) por sobre el terreno por donde se encuentre la tubería tanto para proteger aún más de daños externos, como para señalar aún mejor la presencia de una tubería.

El otro método (en sinergia con el primero) es la señalización y puesta en conocimiento de la locación de las tuberías en cuestión. Con esto se busca informar, no solo a todo aquel que resida / circula en la vecindad, sino, que también a los trabajadores encargados del mantenimiento de los ductos a tratar.

 <b>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHE</b>	Prácticas Profesionales Supervisadas	Integridad de Oleoductos / Gasoductos
--	---	--

Es indudable que el tendido de un ducto se constituye en una interferencia para el montaje de otros ductos en las proximidades. Con el paso de los años y el crecimiento de la actividad extractiva en un yacimiento, la proximidad de los ductos es frecuente, por eso la señalización de estos resulta de vital importancia cuando fueran a ser soterrados. Puesto que coloca sobre estos de una “cinta / malla / cable” de avistamiento para protegerlo de impactos de máquinas excavadoras.

### **Para corrosión**

La corrosión es un problema de oxidación del hierro que comúnmente compone las tuberías de transporte de petróleo / gas. En este proceso el hierro pasa de Fe a Fe<sup>+2/+3</sup> provocando un deterioro de las propiedades de las tuberías, así como de las tuberías en sí.

Antes de continuar, debe aclararse que la corrosión se da en ambas partes de la tubería: la cara interna y la cara externa.

Este proceso químico puede evitarse mediante varios métodos. Algunos de ellos son la protección mediante un revestimiento / forrado / pintura, o la protección mediante electrodos ubicados en las cercanías de las tuberías que se planean proteger (CP o protección catódica por sus siglas en inglés).

Dicho esto, debe entenderse que a los diferentes tipos de corrosiones los causan diferentes motivos. Asimismo, para cada tipo de corrosión, también hay diferentes medidas preventivas.

#### *Para la corrosión externa*

La corrosión externa se provoca por contacto de agentes corrosivos / oxidantes con la pared exterior de la tubería, cambiando la composición química de esta. Mayormente del hierro que suele componerlas.

Como primera medida, se utiliza un revestimiento de resina para recubrir la superficie exterior de la tubería. Esta posee propiedades aislantes y propiedades que mitigan el proceso de oxidación.


Además, para seguir distanciando la tubería de los agentes exógenos existe una serie de capas adicionales; dispuestas con el fin de proteger este revestimiento, o potenciar sus capacidades para proteger las tuberías.

Estos recubrimientos adicionales pueden ser:

- Cemento
- Una tubería adicional concéntrica (tubo camisa o casing por su traducción al inglés)
- Resina/polímeros

El cemento es utilizado en tuberías offshore. Tanto como para contrarrestar el empuje por agua como para evitar que el ambiente corroja las tuberías. Resulta de vital importancia su uso, Puesto que el mantenimiento / reemplazo de las tuberías supone un costo enorme tanto monetario como logístico.

El uso de tubos camisa o casings es casi exclusivo de la industria del midstream. Este consiste en una cañería concéntrica a aquella que transporta el fluido; otorgándole una protección mecánica adicional, así como una nueva barrera frente a la acción química del exterior.

 <b>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHE</b>	Prácticas Profesionales Supervisadas	Integridad de Oleoductos / Gasoductos
--	---	--

Por último, el revestimiento de las tuberías con polímero / resina consiste en un recubrimiento de un material sintético que protege a la tubería de la acción corrosiva del exterior.

Esto es algo que suele venir de fábrica, para toda cañería destinada al transporte de petróleo / gas.

Aun así, el proceso para colocarla (en resumidas cuentas) es el siguiente:

- Se limpia y arena el caño.
- Se coloca adhesivo.
- Se coloca la resina, o el polímero por extrusión.
- Puede colocarse PVC para mayor protección.

#### *Para la corrosión Interna*

En el caso de la corrosión interna hay diferentes medidas preventivas a tomar para evitar tal problema. Puede protegerse tanto las tuberías, como tratarse los fluidos que pasan a través de ellas.

En caso de proteger las tuberías, pueden forrarse por dentro las tuberías mediante una pintura que permita evitar el efecto de la corrosión, hasta que la abrasión la remueva.

En caso de querer abordar el tema por el lado del fluido, este debe adecuarse lo mejor posible antes de ser puesto en el circuito de cañerías. Para así disminuir los efectos de los componentes que hagan al fluido.

Además, puede agregarse al fluido dos sustancias de vital importancia: inhibidores de corrosión e inhibidores de incrustación. Con estos, se previenen problemas del lado interno atacando directamente las causas de estos.

#### *Medidas para la corrosión sin importar el tipo*

Para la protección del proceso oxidatorio en sí (interna o externa), existen dos medidas bastante importantes. Por lo cual, sirven para ambos tipos de corrosión.

El primer de estos métodos es la instalación de ánodos de sacrificio. Estos ánodos poseen un potencial de oxidación mayor que el de las tuberías. Con esto logran que, al producirse la oxidación, el ánodo sea corroído antes que la superficie a proteger, canalizando el problema a un elemento relativamente más dispensable.

El segundo es la inyección de corrientes impresas en las tuberías. Con esto en vez de redirigir el problema a un sitio inocuo para el sistema, se concentran los esfuerzos en evitar que suceda dicho mal.

Este método consiste, como el nombre lo sugiere, en la inyección de corrientes dentro de las tuberías para variar el potencial circulante en las mismas y reducir la espontaneidad de la reacción de corrosión que se puede dar en ambas mitades de la tubería.

Por último, también se pueden colocar aislantes que prevengan la fuga de corriente hacia otras secciones de la tubería.

### Medidas correctivas

Las medidas preventivas son el punto de partida en la serie de acciones tomadas contra los defectos mencionados. Sin embargo, pueden ser insuficientes o deteriorarse en el tiempo dando lugar a tales problemas.

En ese caso, se hace necesario el uso de medidas correctivas para así poder subsanar las consecuencias en la integridad de las estructuras. Aunque no los daños hechos en otras dimensiones, según el caso.

Frente a este escenario existen tres alternativas a elegir

- Reparaciones.
- Cambio de tubería.
- Parches.

Las reparaciones, a su vez, pueden separarse en tres tipos, descriptos a continuación:

- Reparación del Tipo A.
- Reparación del Tipo B.
- Reparación no metálica.

Todas estas son reparaciones de circunferencia completa, pero difieren en algunos puntos:

Las reparaciones del tipo B son soldadas encima del defecto / zona a cubrir; mientras que las del tipo A son reparaciones colocadas por encima del lugar en cuestión. Están también admiten la modalidad de “media caña”.

Las no metálicas (o clocksprings en inglés) también son reparaciones de circunferencia completa que se colocan sobre la zona a tratar. Pero tienen una diferencia con sus homologas metálicas: están vencen con el tiempo, luego de ser instaladas. Esto provoca que no puedan ser almacenadas como contingencia.


Los cambios de tuberías también se dividen en dos opciones:

- Niples.
- Cambio de largos tramos tubería.

Los niples son tubos cortos de poco más de un metro que se cambia en casos como el de una fuga puntual.

Para casos de roturas, se reemplazan tubos enteros, comúnmente tiras de caños. Sin embargo, esta opción es la última en ser elegida al requerir:

- Equipos (instrumentos, maquinaria, etc.) para la obra.
- Tubos en stock.
- Un acuerdo entre todas las partes involucradas para detener el transporte de hidrocarburo.
- Una ventana de tiempo en la cual la empresa debe ser capaz de realizar el reemplazo.

 <b>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHE</b>	Prácticas Profesionales Supervisadas	Integridad de Oleoductos / Gasoductos
--	---	--

### **Medidas de control**

Todos los problemas pueden ser atacados mediante la sinergia entre un buen diseño, unas medidas preventivas bien aplicadas, y un uso adecuado de las instalaciones, dentro de lo previsto.

Aun así, esto debe constatarse tanto como para verificar la efectividad de las medidas tomadas como para corregir el rumbo de estas o de la producción en sí. Como también para comprobar el efecto de cambios en: tratamiento de los hidrocarburos, instalaciones, nuevas medidas preventivas tomadas.

Es por esto por lo que se utilizan las siguientes medidas:

- Inspecciones internas mediante herramientas ILI (In Line Inspection por sus siglas en inglés).
- Inspecciones externas mediante patrullaje (puede ser aéreo o a pie).
- Medición de resistividad en suelos / tuberías.
- Medición del gradiente de corriente en las tuberías.
- Medición del gradiente de tensión en tuberías.
- Control microbiano en fluidos y zonas.
- Cupones de corrosión.
- Ensayos no destructivos en las tuberías.
- Desentierro de las tuberías para verificar su estado.
- Revisión visual de las soldaduras.
- Revisión por ultrasonido de las soldaduras.
- Determinación de hierro total.

Las herramientas ILI (Inspección en línea), también conocidas como chanchos, conejos o diablos en diferentes partes de Latinoamérica, son herramientas que permiten determinar el estado de la tubería mediante diferentes tecnologías que otorgan varios tipos de información del estado de estas, para un análisis de su integridad general.

Básicamente, estas pueden dividirse en tres tipos principales de tecnologías:

#### **MFL (Inspección magnética sobre la base de flujo magnético axial)**


Medición de la diferencia de potencial obtenida por la inducción de un campo magnético en sentido axial a la dirección de la tubería. Esta es útil para la determinación de la mayoría de los defectos presentes en las tuberías a inspeccionar.

#### **TFI (Inspección magnética sobre la base de flujo magnético transversal)**

Medición de la diferencia de potencial obtenida por la inducción de un campo magnético en sentido transversal a la dirección de la tubería. Esta es mayormente útil para la determinación de los defectos dados en las soldaduras de las tuberías a inspeccionar.

#### **Caliper (Inspección geométrica)**

Determinación del estado físico de las tuberías mediante la medición del radio en cada punto de la sección transversal de la tubería en todo el largo de una determinada sección del ducto. Esta

 <b>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHE</b>	Prácticas Profesionales Supervisadas	Integridad de Oleoductos / Gasoductos
--	---	--

inspección es útil para la determinación de: curvas, abolladuras, disminuciones de diámetro interno y expansiones de diámetro interno entre otras.

Si bien estas inspecciones proporcionan información muy valiosa de la integridad mediante un ensayo no destructivo, no siempre pueden realizarse. En especial si no hay plantas de compresión que así lo permitan.

En las inspecciones por patrullaje se recorre el sendero por el que se colocaron las tuberías en busca de problemas que pudieran haber ocurrido.

En las mediciones de parámetros eléctricos se determina el estado de las protecciones contra la corrosión. Ya sea para determinar el estado de los revestimientos como para determinar el efecto de las corrientes impresas.

No solo eso, también permiten determinar la potencialidad de ocurrencia de corrosión en determinados puntos, según las condiciones eléctricas que se obtengan.

Los cupones de corrosión, en cambio, permiten determinar la velocidad de avance de la corrosión. O, al menos, su presencia en determinado punto.

La medición de la diferencia de pesos en los cupones de corrosión permite determinar el deterioro de las instalaciones en función de una unidad de masa por razón de tiempo.

La colocación de estos cupones responde a puntos que se consideren estratégicos. Como pudiesen ser cambios de dirección zonas de potencial corrosión, zonas de baja remoción, etc.

La determinación de hierro total es una medida muy importante en este punto. Puesto que puede arrojar un indicio del contenido del hierro en determinado sector de las instalaciones, el cual puede ser comparado con las condiciones del hidrocarburo en otro punto donde también haya sido analizado.

Esta determinación podría arrojar el nuevo porcentaje de este compuesto, para su posterior remoción (de ser necesario). O el deterioro que pudiesen estar sufriendo las tuberías.

Las mediciones microbianas permiten determinar el tipo y cantidad de bacterias presentes. Dato útil para la elección de medidas contra estos agentes biológicos de desgaste.

De los ensayos no destructivos, se destaca la prueba hidráulica de fluencia, que permite determinar cualquier punto de la línea en estado crítico. Sin embargo, no visibiliza defectos por debajo de ese umbral.

Para las soldaduras se realiza una inspección tanto visual como de ultrasonido al ser terminadas y dentro de los tiempos que los planes de inspección y normativas a aplicar determinen conveniente.

Finalmente, se exige por normativa el desentierro y posterior inspección de determinada cantidad de tuberías al año.

## Análisis

### Consecuencias de los daños

Las consecuencias de los defectos pueden medirse en cuatro tipos: estructurales, económicos, sociales y ambientales.

Los daños estructurales se encuentran dados tanto por los daños sufridos por las tuberías, como las estructuras ubicadas en la vera de la zona de daño.

Asimismo, las consecuencias pueden catalogarse en función del daño sufrido por las tuberías, además de las obligaciones impuestas por las normativas que rijan en la zona donde se encuentren los daños en cuestión.

Empezando por la gravedad de los daños, se considerarán tres puntos: daños leves, medianos y graves. Si bien, en cada punto también lo es; no se consideran los puntos intermedios ya que las acciones a modo de respuesta se encuentran desde el punto de vista subjetivo de quienes deban estipular el plan de acción, basado en estrategias personales / corporativas y las situaciones que en el momento sean dadas.

En casos de daños mínimos, los tubos aún conservan gran parte de su resistencia. Los daños no son lo suficientemente significativos y las condiciones a las que son puestas las tuberías tampoco, ni actuando en sinergia, como para justificar el despliegue, más que nada económico de una operación de reemplazo / reparación. Sin embargo, estructuralmente empieza a verse comprometidas únicamente las instalaciones de transporte de la materia orgánica.

En pocas palabras, hay un daño estructural, pero leve y aun no significa un perjuicio en ninguna de las otras dimensiones propuestas.

Al haber un daño medio, se encuentra que la tubería puede sufrir una fuga o una anomalía que pueda generar problemas graves, a futuro claro está (a corto, mediano o largo se verá según el caso). Esto significa que la necesidad de reparación es acuciante, pero que no hay daños ni perjuicios en las dimensiones sociales y ambientales.

En resumen, hay daño en la dimensión estructural y ahora en la económica al ser más necesaria (aunque no obligatoria, según el caso) la reparación de un tubo o sección de varios tubos.

En caso de daños graves debe reemplazarse todo el tubo (o al menos parte de él). Todo el espesor de la pared de la tubería sufrió un daño que puede ser capaz de provocar fugas o poner la sección en cuestión en un riesgo inminente de tal fin.

De haber sido así, de haber llegado a la fuga; las consecuencias se proyectan en las cuatro susodichas dimensiones.

En la dimensión estructural, al haber un claro daño a la tubería, pero también a las estructuras aledañas. Todo aquello que se encuentre en la cercanía puede verse afectado por el caudal proveniente de la fuga. Lo cual no solo significa un daño proveniente del contacto, si no una explosión o incendios ya sea desde la tubería como a partir de un detonante (de ambos problemas)



en las estructuras cercanas. Todo aquello que se encuentre en la zona de contacto sufrirá daños graves (si no son totales) por esta combustión.

En la dimensión económica se encuentra una división entre quienes pueden sufrir los daños. Dado que tanto la empresa transportista de gas / petróleo sufrirá perjuicios económicos como aquellos cuyas propiedades se vean afectadas, más allá de las indemnizaciones.

Viendo desde el punto corporativo, una fatalidad en cualquier sección de la línea provocara daños que deberán ser resarcidos en ambas partes recién planteadas, sin contar la perdida de fluido, el cual genera los ingresos: punto de partida para los resarcimientos recién nombrados.

En una de las partes, todo daño debe ser reparado. Esto implica detener el transporte, parando o disminuyendo los ingresos (caudales) y remodelando la sección en su entereza. Esto significa pagar una cantidad considerable de capital con el fin de revertir la situación dada por la fuga / problema.

A esto debe sumársele el costo de reparación de las tierras / zonas afectadas; además de los pagos a modo de multa que se imponen a las empresas responsables.

En otra de las partes, aquellos poseedores de las tierras / estructuras aledañas al defecto sufrirán los perjuicios de dicho problema. Perdiendo parte, o incluso la totalidad, de sus posesiones. Esto sin contar daños sobre los mismos poseedores / vecinos, pero esto se verá en otra parte.

Los problemas sociales se dan por las implicancias de los defectos, al ser tomados en cuenta por quienes son cercanos a las pérdidas que el mismo provoca, en un principio. Un derrame en una zona rural podría provocar que toda una cosecha se vea arruinada, o que explote algún edificio que se encuentre cerca del defecto que causo tal situación. Por no decir que esto podría alcanzar a una persona, lesionándola gravemente. O, incluso, llegar a matarla.

Finalmente, se encuentra el factor ambiental. Al esparcir petróleo sobre la superficie se arruina toda la flora que allí se encuentra, junto con el suelo que le da lugar, así como a futuras generaciones de plantas.

La contaminación pasa de ser únicamente a las plantas, a ser al suelo donde están nacen y se nutren. Provocando un contaminación más extendida y efectiva hacia la flora que por sobre este yace. Esta situación también perjudica a la fauna del lugar, sin contar que si ocurre en una zona acuática provoca, además, una contaminación severa a la fauna que la habite.

Puede verse como la procrastinación del mantenimiento provoca la necesidad de refacciones mayores y más costosas. Por no mencionar los problemas que pueden generarse en estadios ulteriores de los problemas no resueltos.

### **Preponderancia de los daños**

Se dividen los daños según la rama de la industria petrolera que se esté tratando. Del mismo modo que se hizo en la sección anterior.

#### *En Upstream*

Para esta rama de la industria del petróleo y gas se obtiene que la mayoría de los defectos se deben a corrosión. Ocupando este motivo más de la mitad de las causas de fallas en los datos recabados.

Por otro lado, es importante destacar que, en la porción sobrante, la mayoría de las causas se deben a errores durante la operación, averías en plantas, fallas en sistemas de control, fallas en el mantenimiento.

Todos problemas relacionados con la operación, con las etapas posteriores al diseño. Lo mismo que con los errores en las uniones.

Finalmente, las fallas por daños mecánicos ocupan el último lugar en esta sección. Si bien representan un riesgo para tener en cuenta por su proporción, es por esa misma proporción que se observa cómo más peligroso a los daños por operación. Ni hablar de las fallas por corrosión.

#### *En Midstream*

Para esta otra rama, en cambio, la mayor cantidad de daños ocurren debido a acciones de terceros. Y dentro de esta categoría, la mayor parte es debida a intentos de hurto y no tanto a daños por obras o accidentes de terceros, como también por vandalismo.

Tanto es así que solo los intentos de hurto representan en ambos periodos publicados por Concawe (2012-2016 y 2014-2018) a más del 85% de las causas de derrame.

Por otro lado, puede verse que la cantidad de derrames habidos en las tuberías de esa región pertenecientes a corrosión y daños mecánicos se dan casi en las mismas cantidades. Con una mínima diferencia a favor de los defectos dados por corrosión.

Por último, pero no menos importante, es clara la reducción con el avance del tiempo de los derrames ocurridos. Esto se ve mayormente en las tuberías de menor diámetro, las cuales son las que más cantidad de defectos sufren.

### **Comparación entre ambos**

Es importante destacar la diferencia entre ambas ramas en la cantidad de casos ocurridos por acciones de terceros en las tuberías. En la industria del transporte es la mayor de las causas de derrames. Mientras que en la relacionada a la extracción la mayoría de los casos son dados por corrosión.

Esto no carece de sentido, puesto que es en el upstream donde se obtiene la materia orgánica, que deberá ser tratada antes de su entrega y es por esto por lo que será en esta rama de la industria donde circule un fluido mucho más nocivo por todas las instalaciones.

Por otro lado, la mayor ocurrencia de casos por terceros en la industria del midstream y no por corrosión también tiene sentido en el punto de que los fluidos deben cumplir especificaciones en su entrega. Así como la extensión de las tuberías aumenta enormemente la interacción (dañina) entre terceros y las mismas.

Asimismo, es esta gran extensión la que incentiva el intento de hurto. Puesto que dichos largos proveen una gran distancia de donde pudiese haber personal o instalaciones que inhiban tal delito.

## Conclusiones

En vista de los datos expuestos, se obtienen las conclusiones mencionadas a continuación:

Contra todo potencial peligro, se encuentran medidas de tres tipos:

- De prevención.
- De control.
- De contingencia / contención.

Las más importantes son las dos primeras, ya que son las únicas destinadas a evitar las fallas, cualquiera sea el motivo que les de origen.

Las medidas de prevención no son medidas aisladas de la construcción del ducto. Por el contrario, son medidas tomadas en el diseño y por ende parte fundamental de este.

Es por esto, que la mayor cantidad de medidas a tomar para evitar los posibles daños se encuentran en el diseño de la obra.

Por otro lado, las medidas de control determinan la eficiencia de las anteriores, y la presencia de posibles daños. Con lo cual se explica que las equiparen en importancia, ya que definirán el rumbo de estas.

En base a esos peligros, existen daños diferenciables por las siguientes causas:

1. Corrosión.
2. Daños mecánicos.
3. Defectos en manufactura / errores en la construcción.
4. Daños por interferencias.
5. Daños de terceros.

Para las primeras dos causas existen varias medidas preventivas, de control y finalmente de contingencia o contención, que permiten tratar cualquiera de las problemáticas que se encuentren asociadas a estos temas. Aunque las de contingencia no solo son aplicables a esas causas, sino que también a las demás.

Para la tercera y cuarta causa se encuentra que los avances en procedimientos y procesos, de la mano con la normalización estandarización y control de estos permite una reducción de este tipo de defecto.

Por último, la quinta causa la constituyen los daños provocados por terceros, donde se evidencia (para midstream) que estos conforman actualmente la mayoría de los casos. Entre las medidas adoptadas por la industria se encuentran: la puesta en conciencia por parte de políticas públicas de las empresas para evitar estos daños, y las campañas de prevención que recomiendan a la población civil que de aviso a las operadoras de cualquier

maniobra de construcción o movimiento de suelos que se inicie en las proximidades de los ductos.

Para la industria del upstream, se nota un claro efecto de la corrosión en los tubos. Siendo esta la causa de más del 60% de las fallas ocurridas.

Para la industria del midstream, se ve como en el paso del tiempo hubo una reducción sustancial de los defectos, hasta el punto donde la mayoría de estos se deben a daños provocados por terceros (más que a fallos mecánicos o por corrosión).

Esto denota una gran efectividad en los avances de las medidas preventivas y de control (dentro de esta rama), puesto que solo una pequeña porción se puede atribuir a causas que no sean daños provocados por terceros.

Si bien existen medidas de contingencia, son las ultimas en querer ser tomadas, y las menos convenientes, debido a que presentan un gran costo y esfuerzo logístico.

Además, su necesidad viene dada por un fallo en las instalaciones, o por uno inminente al menos, lo que significa que en caso de ocurrir, esto traería aparejado serias ramificaciones, más allá del suceso que le da origen.

Un derrame puede significar un peligro serio para la salud y las propiedades de quienes se encuentren en las cercanías, pero también para el ambiente, ya que tanto un derrame como una explosión contaminan considerablemente la zona de influencia.

## En la elaboración de este informe se utilizaron las siguientes materias

### Producción 1 y 2

De estas materias se obtuvo una comprensión de la producción y de los productos que permitió entender y razonar las instalaciones y los fluidos que circulan por las mismas. La importancia de las condiciones de estos últimos y como deben variarse dichas instalaciones para que puedan circular tales sustancias.

### Mecánica de los Fluidos

Esta materia influyo por los conocimientos obtenidos de las condiciones que debían cumplir los fluidos en su paso a través de las tuberías. También, que es necesario para mantener ese flujo continuo y sus implicancias en el sistema.

### Estática y Resistencia de los materiales

Mediante esta materia se obtuvo una comprensión de como los defectos podrían afectar las tuberías, además de las consecuencias que trae aparejado el desgaste de las mismas.

### Química orgánica e inorgánica

Así como Mecánica de los Fluidos dio una comprensión física de aquello que sucede en los productos al ser transportados, estas dos materias dieron una comprensión en el aspecto químico de aquello que pudiera ocurrir durante el transporte.

### Gestión económica y legal del petróleo

Esta materia aporó un enfoque tanto de las consecuencias de un defecto sobre la economicidad de un proyecto como de la viabilidad económica de las medidas que se pudiesen tomar al respecto.


### Gestión Ambiental

De aquí se obtuvo un enfoque en el medioambiente: las consecuencias que los daños generan sobre el mismo y la importancia de tomar medidas para que tales consecuencias no lleguen a darse.

### Desarrollo de los Yacimientos

Esta materia dio una comprensión integral de los temas. Como analizar esta temática desde todos los puntos como conjunto y sin obviar la sinergia tanto de consecuencias desfavorables como de las medidas destinadas a paliarlas.

Fue por contribución de esta materia que aquello descrito arriba se vio de manera conjunta, para buscar un análisis integral.

 Universidad Nacional <b>ARTURO JAURETCHE</b>	Prácticas Profesionales Supervisadas	Integridad de Oleoductos / Gasoductos
---	---	--

## **Agradecimientos**

Ya, en el final, se quiere agradecer a todos aquellos que hicieron posible este Informe. A aquellos que colaboraron con datos/información y a aquellos que colaboraron con correcciones e incluso otros puntos de vista. Pero también a aquellos que pusieron su “granito de arena” a su modo: con un apoyo que de manera inenarrable es agradecido.

Muchas gracias a todos ustedes.