

ANÁLISIS DEL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN EN LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS HIDRÁULICOS

Loera, I. ^(P); Espinosa, G.; Gonzáles, A.

Abstract

This paper is a methodological design generated from the contamination problem in the installation of hydraulic systems. Detail aspects for the present problem have been considered focusing on those associated with every life cycle, from the initial moment of its construction to the process of starting it off including every effect that ultimately will set the effectiveness and efficiency of the process. These observations allow us to establish a new development dynamics for this industrial process by getting a better understanding of it.

There are areas or knowledge venues that have not been explored. As a first approach, we can state the limited knowledge of the contamination reality during the installation process. Most contaminants remain in the inner part of the piping and are therefore considered during the exploration phase by an attempt to simplify the related explanations as general contaminants are generated in the process, regardless the decisions made during previous project phases which include the assumption of certain misfortunes and the justification associated with no solution found. Nowadays the efforts to solve the problem have been focused on the systematic understanding of the process of installing hydraulic pipelines.

Keywords: Contamination, projects and innovation, hydraulic systems

Resumen:

El presente trabajo es un diseño metodológico generado a partir del estudio experimental del problema de la contaminación en la instalación de sistemas hidráulicos. Se ha considerado en detalle aspectos de la problemática actual de contaminación de los sistemas hidráulicos asociados a todo su ciclo de vida, desde el momento inicial de su construcción, hasta el proceso de puesta en marcha con las incidencias que posteriormente fijan la eficacia y eficiencia de este proceso. Estas observaciones permitir establecer una nueva dinámica de desarrollo para este proceso industrial a través de una mejor comprensión del mismo.

Existen áreas o filones de conocimiento que no se han explotado. En una primera aproximación, constatamos el limitado conocimiento de la realidad de la contaminación en la instalación. Gran parte de contaminantes quedan en el interior de las tuberías, estos son considerados durante la fase de explotación mediante un intento de simplificar las explicaciones como contaminantes generados en el proceso, e independientemente de decisiones tomadas en las fases anteriores del proyecto, aun al asumir un cierto fatalismo y justificar la inacción asociada. Hasta ahora los esfuerzos por resolver dicha problemática no han sido enfocados a entender sistemáticamente el proceso de instalación de las líneas hidráulicas.

Palabras clave: Contaminación, proyectos e innovación.

1. Introducción

El presente trabajo ha considerado en detalle aspectos de la problemática actual de contaminación de los sistemas hidráulicos asociados a todo su ciclo de vida, desde el momento inicial de su construcción, hasta el proceso de puesta en marcha con las incidencias que posteriormente fijan la eficacia y eficiencia de este proceso. Estas observaciones permitir establecer una nueva dinámica de desarrollo para este proceso industrial a través de una mejor comprensión del mismo.

2. Presentación del problema

Las instalaciones de los sistemas hidráulicos se diseñan, ejecutan y ponen en marcha en un período breve de tiempo comparado con el período de tiempo de vida total del sistema. El desarrollo de la función en este tipo de sistemas se prolonga a lo largo de una vida de servicio que dura muchos años, durante los cuales los sistemas hidráulicos deben atenderse. Esta atención requiere de cuidados para garantizar su funcionamiento correcto, y así reducir su depreciación y envejecimiento. La gestión de la instalación se realiza fundamentalmente siguiendo criterios empíricos y mediante experiencias adquiridas por cada compañía instaladora, quizás bajo una percepción de menor riesgo sin soluciones comprobables, a lo cual posteriormente se añade una carencia de análisis a profundidad y posteriores planes de acción. Dentro de esta dinámica se abre una brecha en la comprensión del problema de la contaminación, que permite un cierto descontrol y una falta de seguimiento de las causas totales por el cual se encuentran partículas indeseables en las muestras del fluido en los sistemas hidráulicos.

Existen áreas o filones de conocimiento que no se han explotado. En una primera aproximación, constatamos el limitado conocimiento de la realidad de la contaminación en la instalación. Gran parte de contaminantes quedan en el interior de las tuberías, estos son considerados durante la fase de explotación mediante un intento de simplificar las explicaciones como contaminantes generados en el proceso, e independientemente de decisiones tomadas en las fases anteriores del proyecto, aun al asumir un cierto fatalismo y justificar la inacción asociada. Hasta ahora los esfuerzos por resolver dicha problemática no han sido enfocados a entender sistemáticamente el proceso de instalación de las líneas hidráulicas (**Espinosa, 2006**).

3. Instalación de tuberías en sistemas hidráulicos y primera contaminación

En el proceso de construcción y montaje de una planta, las partidas de Obra Civil y Obra Electromecánica son muy importantes, con un componente de otros Servicios que permiten completar la instalación hasta su puesta en marcha. Sin embargo, debe precisarse que la parte electromecánica y la parte de servicios pueden incluir especialidades o profesiones parecidas, entre las cuales resaltaría la importancia del coste de las tuberías: las tuberías constituyen del 25% al 35% del coste de material en una planta de proceso; requiere de un 30% a un 40% del trabajo de montaje, y consume del 40% al 48% de las horas-hombre de ingeniería (**Rase, 1973**).

Dentro del sistema de tuberías se incluyen los sistemas hidráulicos por su importancia en el manejo posterior de la operación industrial. Los materiales de las tuberías hidráulicas suelen ser de acero al carbón y acero inoxidable. Una vez que el trabajo de montaje se ha completado, incluso con pruebas de presión y estanqueidad de acuerdo con la normativa y con la finalidad de preparar la puesta en marcha, se procede a una limpieza química; operación donde el criterio de aceptación es de prueba y error sin otra metodología que permita dar confianza al cumplimiento del requisito por el cual se ha realizado la limpieza. Ésta se realiza con el fin de evitar la contaminación nociva en circuitos que contengan

válvulas direccionales, proporcionales y servoválvulas ya que afecta a su funcionamiento. Por lo tanto, existe una incoherencia entre las necesidades reales y las que se pueden cumplir de acuerdo con esta modalidad de ejecución, ya que no se contempla la vida total del proyecto, ni la idoneidad de las decisiones asociadas para resolver el problema.

En los sistemas hidráulicos, es muy importante considerar que los primeros efectos de contaminación del fluido provienen de las tuberías. Se ha de tener en cuenta que las tuberías rígidas son la causa primordial de los primeros efectos de suciedad en el fluido (en algunas horas de funcionamiento) **(Groote, 1983)**. Conocer esta consideración hace necesario analizar diversas características que constituyen a las tuberías hidráulicas de acero al carbón, y que pueden solventar a través de ciertos cambios su efecto de suciedad en el fluido hidráulico. La tubería de acero al carbono por la parte interna está protegida con un sistema de pintura epoxi aplicada por el proveedor. La protección epoxi se usa para proteger la superficie de la corrosión. La protección anticorrosiva en el interior de las tuberías, es un sistema con pintura epoxi de aproximadamente 160 micras de espesor **(Gil, 2004)**.

Según los análisis desarrollados con una serie de técnicas para determinar la cantidad y tipo de partículas de desgaste existentes en el lubricante, se han encontrado restos de pintura en las muestras del fluido contaminado. Este hallazgo permite localizar la procedencia de esta primera contaminación y situarla fuera del contexto del desgaste **(Espinosa, 2006)**.

4. Contaminación generada por desgaste

El desgaste puede reducirse, pero nunca eliminarse. Los procesos más eficientes para la disminución del desgaste se basan en la separación de las superficies para evitar el contacto sólido, en el tratamiento superficial para obtener características que aumenten su resistencia al desgaste y en evitar mediante un buen filtrado la presencia de partículas abrasivas en los lubricantes. Sin embargo, el desgaste abrasivo es el que ocurre con mayor frecuencia. Una advertencia muy importante acerca del desgaste dice que el peor enemigo de los circuitos hidráulicos es la contaminación por partículas abrasivas, polvo exterior, partículas metálicas de desgaste, partículas de herrumbre y restos de pintura **(Elf, 2004)**. Todos estos contaminantes han sido detectados en los análisis de los fluidos en servicio.

La identificación de problemas potenciales se realiza al observar los cambios en la velocidad de producción de metales de desgaste, así como al examinar la presencia de metales de aditivación y contaminación exterior. Los metales analizados son los que se presentan en la tabla 1.

Aluminio	Cromo	Cobre	Hierro
Plomo	Estaño	Silicio	Boro
Sodio	Níquel	Cinc	Bario
Calcio	Fósforo		

Tabla 1. Metales de desgaste (OILTECH, 2004).

Se ha comprobado que en los análisis del fluido en servicio, se encuentran partículas abrasivas, polvo exterior, partículas metálicas de desgaste, partículas de herrumbre y restos de pintura, y se puede inferir que de todas, excepto restos de pintura, se generaron por cualquier causa debida a la naturaleza del sistema en operación, pero de la última (restos de pinturas) se infiere que es consecuencia de que el sistema de tuberías hidráulicas, una vez que es instalado y entregado a planta, no esté perfectamente limpio. Como el desgaste abrasivo ocurre con más frecuencia, consecuentemente también se puede inferir que quizás

una parte de la herrumbre, y una parte de cada una de las anteriores es debida a una mala limpieza y no al desgaste del sistema. Los restos de pintura no son generados por desgaste de las tuberías, simplemente aparecen por el incumplimiento de limpieza química durante la instalación del sistema.



Fig. 1. Partículas contaminantes

En la figura 1, se muestra el total de partículas abrasivas, polvo exterior, partículas metálicas de desgaste, partículas de herrumbre y restos de pintura que fueron encontradas en el fluido en servicio.

5. Técnicas para determinar la cantidad y tipo de partículas de desgaste

Durante muchos años se lleva analizando el desgaste presente en los sistemas de lubricación de maquinaria. Ello ha posibilitado la obtención de información sobre el tipo de desgaste predominante, el grado del mismo y una indicación sobre el mantenimiento que hay que realizar en la máquina. Tradicionalmente se han utilizado una serie de técnicas para determinar la cantidad y tipo de partículas de desgaste existentes en el lubricante, así como la clasificación de las partículas por tamaños. Las más típicas son:

- ICP-EOS
- Rotrodo
- Ferrografía analítica
- Ferrografía directa
- PQ
- Contaje de partículas

Sin embargo, hasta ahora no existía ninguna técnica que aunase la clasificación de las partículas con su forma y tamaños. La aparición en el mercado del equipo Lasernet ha posibilitado esto. Es un equipo óptico para realizar el seguimiento del desgaste de las máquinas determinando la existencia, tipo, severidad y grado de progresión del mecanismo de fallo mediante la medida de la distribución de los tamaños, forma de las partículas y velocidad de producción de las partículas de desgaste. Además, también es capaz de identificar contaminantes, agua libre y fibras. El equipo muestra la cantidad de partículas de desgaste totales con un tamaño entre 4 y 100 micras, así como la silueta de las partículas

mayores de 20 micras. En función de la silueta las partículas se clasifican en: corte, fatiga, deslizamiento y no metálicas.

La clasificación de partículas de desgaste se realiza con la ayuda de una red neuronal donde se asigna la siguiente clasificación: Fatiga, Corte, Desgaste severo, Óxido, Fibras, Burbujas de agua, Burbujas de aire. La red neuronal se ha utilizado para entrar al software a partir de una extensa librería de partículas identificadas por expertos. El lasernet analiza la silueta exterior de las partículas. Debido a que el sistema óptico usa luz transmitida (luz negra), no es posible distinguir el color, textura y atributos de la superficie de la partícula. Sin embargo, otras partículas que no son de desgaste como disulfuro de molibdeno, partículas de carbono, materiales de las juntas u óxidos metálicos oscuros presentes en la muestra se clasifican en una de las diferentes categorías de desgaste: corte, fatiga, deslizamiento.

Uno de los principales problemas en el análisis de estas muestras consistía en identificar cada partícula contaminante, es decir, partículas de polvo, metálicas, herrumbre, pintura y otras. Esto imposibilitaba ubicar el origen de ciertos contaminantes y por lo tanto, no se tomaban acciones eficientemente correctivas. Gracias a los adelantos científicos, en el desarrollo de equipos capaces de realizar clasificaciones de partículas contaminantes en los fluidos hidráulicos, se puede observar en las figuras 2, 3 y 4 una partícula metálica, herrumbre y restos de pintura contenida en el grupo total de contaminantes de la fig. 1.



Fig.2. Partículas metálicas de desgaste



Fig. 3. Partículas de herrumbre

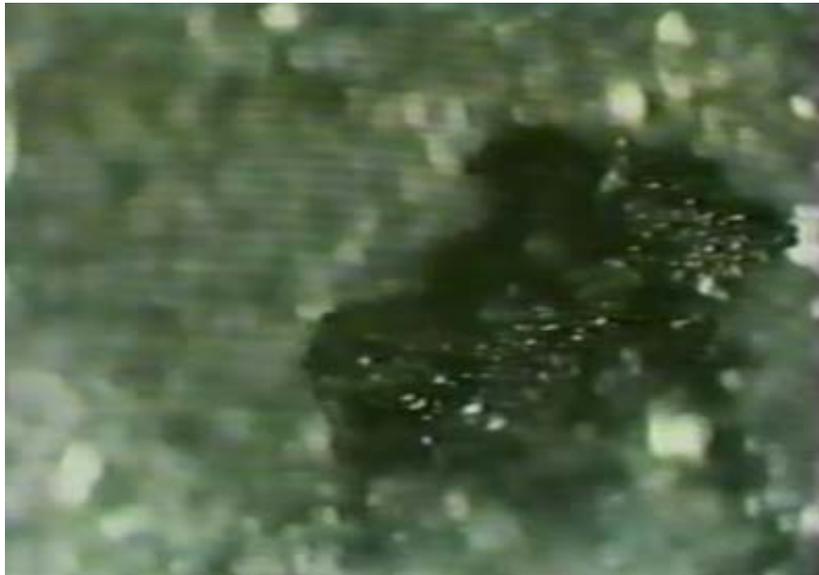


Fig.4. Partículas restos de pintura

6. Origen de las partículas contaminantes en el fluido hidráulico

Cuando se hace una valoración de las partículas contaminantes en el fluido hidráulico es importante hacerlo de forma cualitativa y no sólo cuantitativa. El problema consiste en saber con certeza cual ha sido la causa por la que han ingresado al sistema. Algunas partículas contaminantes en el fluido hidráulico son aceptadas como contaminación que no ha sido generada, es decir, que no proceden del desgaste del sistema, y aún así se les clasifica como desgaste. Esto minimiza la posible causa de la contaminación debida a la instalación y reduce la ejecución de las determinadas medidas. El desgaste abrasivo ocurre con mayor frecuencia (50%), se produce cuando las partículas duras viajan entre dos superficies en movimiento, y rascan una o dos de las superficies. Esto significa que de alguna manera hay dentro del sistema partículas y que son la causa mayoritaria del desgaste. En los sistemas hidráulicos cabría preguntarse si estas partículas son consecuencia del desgaste o son

partículas que no fueron eliminadas durante la limpieza del sistema causando desgaste abrasivo.

Hay que admitir que uno de los intentos por solucionar el problema de la contaminación de los sistemas hidráulicos, ha sido orientado a la filtración como principal mecanismo en la solución del problema. La respuesta que han tenido los expertos para el problema de la contaminación en los sistemas hidráulicos, es centrada principalmente en mantenimiento correctivo (Filtración), y no se ha intentado resolver este problema al canalizarlo de una manera preventiva (origen de la contaminación de tuberías). Es decir, considérese que la contaminación inicial ha jugado un papel más importante de lo que normalmente le atribuyen. La filtración tiene por objetivo capturar y quitar los contaminantes que circulan dentro de un sistema hidráulico, así como partículas de desgaste, suciedad y polvo. Cuando el aceite empieza a oxidarse, se generan contaminantes que recirculan dentro del sistema, hasta que el filtrado remueva parte de los productos de esta oxidación.

7. Estudio de los actuales procesos químicos de limpieza en tuberías hidráulicas

En un trabajo realizado en colaboración con la Universidad Politécnica de Cataluña en 2005 (**Espinosa, 2006**), se consultaron 5 de las principales compañías productoras de componentes hidráulicos. El objetivo fue conocer la implicación de estas compañías en el desarrollo e investigación de un proceso químico que haya sido elaborado específicamente para limpieza de tuberías de acero al carbón de sistemas hidráulicos. Como indicador fue utilizado las patentes de procesos. El resultado de las 1663 patentes consultadas indicó que las patentes elaboradas por las compañías de componentes hidráulicos que han sido materializadas en productos útiles, son industrializadas para recuperar los costes de inversión y obtener beneficios. Las compañías de componentes hidráulicos desatienden la realización de patentes de procesos porque no obtienen beneficio.

En el problema de la contaminación de los sistemas hidráulicos intervienen tres grupos básicos: las compañías fabricantes de componentes hidráulicos, las industrias que utilizan estos productos en sus procesos y las compañías que hacen la instalación. Según N. Rosenberg (**Rosenberg, 1993**), los fabricantes de equipo son la fuente principal de cambio tecnológico en muchas industrias. La incapacidad de tener totalmente en cuenta esta relación entre industrias, es la limitación fundamental de la mayor parte de la literatura sobre la innovación tecnológica. La industria que es afectada por la contaminación, tiene la garantía de que los productos utilizados en sus sistemas son avalados por las firmas comerciales, asimismo, tiene los certificados de aprobación de las compañías que han realizado las instalaciones. De este modo, se considera que la causa de la contaminación ha tenido que surgir del desgaste del sistema.

Son muchos los estudios que se han realizado con la intención de disminuir los altos costes generados en relación con el problema de la contaminación de los sistemas hidráulicos. Las diversas formas de enfocar estos estudios sólo son resultado de las diferentes causas que ellos pueden explicar y contribuir al aportar algún recurso determinado. La causa que ha sido más analizada es el desgaste del propio sistema. Con este fundamento, es muy fácil que queden absueltos todos los que están implicados en el suministro de los componentes y en la instalación y el montaje de sistemas y mantenimiento de los equipos en los procesos. En este trabajo se ha observado que la contaminación inicial de los sistemas hidráulicos puede causar más daño inclusive del que se le atribuye al propio desgaste.

En la instalación de plantas siderúrgicas, la metodología del proceso químico para limpiar tuberías de acero al carbón en los sistemas hidráulicos que contienen servo válvulas, comienza con la formación de circuitos a partir de que la instalación de tuberías ha sido realizada. Las tuberías son instaladas sin ningún previo tratamiento, es decir, los

contaminantes como el polvo, grasa, pintura y óxido contenido en el interior de las tuberías no son eliminados. Los circuitos formados son recirculados con agua para eliminar principalmente el polvo. Posteriormente se agrega un desengrasante para quitar las grasas o pinturas. El óxido es barrido con soluciones predeterminadas de ácido. El diagrama de la metodología de limpieza química se describe en la figura 5. También se señalan algunas de las deficiencias que se han observado en este proceso y que son responsables de un significativo número de partículas contaminantes en los fluidos en servicio.

Deficiencias: como no se considera en esta metodología una cinética de reacción entre el desengrasante (NaOH) y la protección anticorrosiva aplicada en el interior de las tuberías, el procedimiento utilizado consiste en inspecciones visuales que verifiquen la eliminación de toda la pintura. Sin embargo, el proceso de limpieza química tiene como objetivo remover contaminantes inferiores a lo que la vista humana puede ver, que es del orden de 40 micras. Además, como se ha comprobado en los análisis realizados al fluido en servicio, el proceso químico utilizado con esta metodología no limpia totalmente las superficies de las tuberías, ya que las partículas contaminantes tienen su origen en esta etapa. A esto se añade la premisa del desgaste, que tienen todos los sistemas, y no se admite que los contaminantes proceden de una mala limpieza.

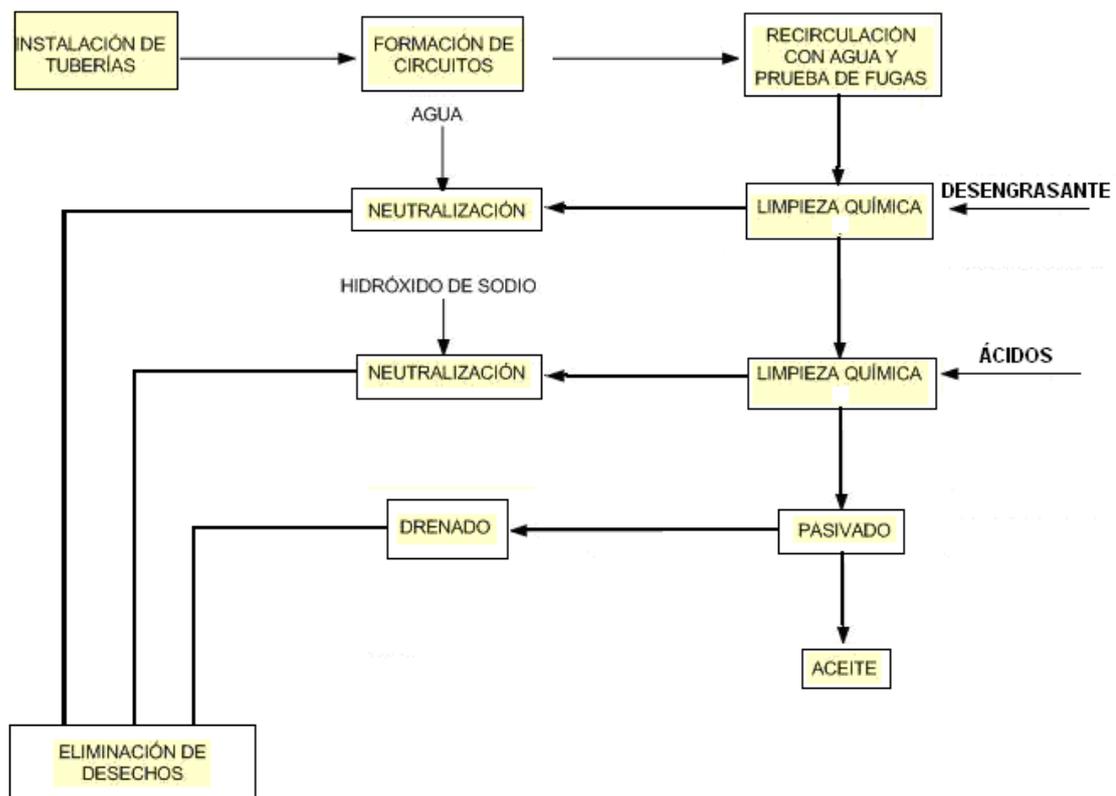


Fig.5. Diagrama de la metodología de limpieza química

8. Resumen de los cambios propuestos a los actuales procesos químicos de limpieza en tuberías hidráulicas

Mejoras al proceso: en las pruebas realizadas a través de una nueva metodología, se ha obtenido una disminución de partículas contaminantes. Algunos de los cambios que se han realizado en la metodología consisten básicamente en un predecapado de grasas y pintura antes de la formación de circuitos y antes de la instalación de la tubería, precisamente antes

de hacer las soldaduras. A través de esta nueva metodología, se ha elaborado y aplicado un nuevo proceso químico. Conociendo las reacciones en cada etapa se ha determinado las cantidades, temperatura y otras variables asumiendo un máximo de contaminantes que son obtenidos haciendo monitoreos y ensayos de reacciones. Con estas modificaciones al proceso químico y metodología se consigue asegurar la eliminación de todas las partículas contaminantes que son advertidas en los fluidos en servicio y cuya procedencia es generada en su origen. En las pruebas que se han realizado con estos cambios se ha logrado obtener purezas de NAS clase 3. En la figura 6 se muestra el diagrama de los cambios que se han realizado.

1. Predecapado de grasas y pintura (la tubería en México tiene pintura en el interior), antes de la formación de circuitos y antes de la instalación de la tubería, precisamente antes de hacer las soldaduras.
2. Escribir las reacciones en cada etapa para determinar las cantidades y temperatura y demás variables considerando un máximo de contaminantes que se puede conseguir haciendo monitoreos y ensayos de reacciones.
3. Buscar un pasivado que dure más tiempo.

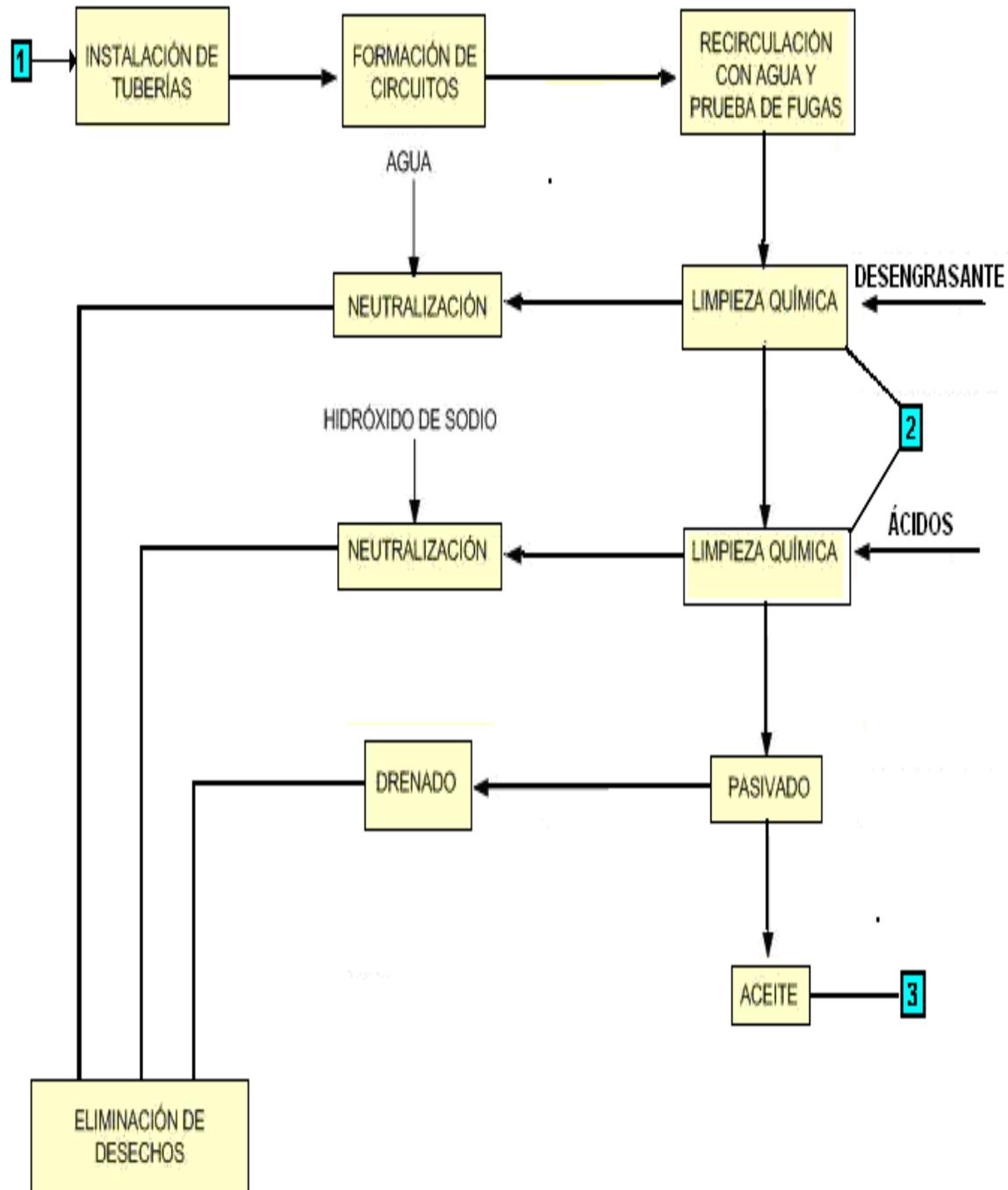


Fig.6. Cambios propuestos en la metodología de limpieza química

Conclusiones

El trabajo que se ha desarrollado es un diseño metodológico generado a partir del estudio experimental del problema de la contaminación en la instalación de sistemas hidráulicos. Se consideró en detalle los aspectos de la problemática actual de contaminación de los sistemas hidráulicos que están asociados a todo su ciclo de vida, desde el momento inicial de su construcción, hasta el proceso de puesta en marcha con las incidencias que posteriormente fijan la eficacia y eficiencia de este proceso. Estas observaciones han permitido establecer una nueva dinámica de desarrollo para este proceso industrial a través de una mejor comprensión del mismo.

Existen áreas o filones de conocimiento que no se habían explotado. En una primera aproximación, constatamos el limitado conocimiento de la realidad de la contaminación en la instalación. Gran parte de contaminantes quedan en el interior de las tuberías, estos son considerados durante la fase de explotación mediante un intento de simplificar las explicaciones como contaminantes generados en el proceso, e independientemente de decisiones tomadas en las fases anteriores del proyecto, aún al asumir un cierto fatalismo y justificar la inacción asociada. Hasta ahora los esfuerzos por resolver dicha problemática siguen desenfocados en entender sistemáticamente el proceso de instalación de las líneas hidráulicas.

Referencias

- [1] Espinosa, G. (2006). El cambio tecnológico y los sistemas hidráulicos de la industria de laminación. Metodología y elaboración de propuestas. Barcelona Tesis Doctoral
- [2] Rase, H. (1973). Diseño de tuberías para plantas de proceso (J. J. Morales, Trans.). Madrid: Editorial Blume.
- [3] Groote, J. P. (1983). Tecnología de los circuitos hidráulicos. Barcelona: Ediciones CEAC, S.A.
- [4] Gil, S. (2004). Análisis de las causas de la corrosión en un oleoducto. Retrieved Febrero 25, 2004, from http://members.tripod.com/~lizgarcia_2/Articulooleoducto2004.doc
- [5] ELF. (2004). Lubricantes elf. Retrieved Diciembre 01, 2004, From http://www.lubricantes.elf.com/live/wex/es/escorporate.nsf/VS_SWI/FBB90273D439E232C1256ED20027D019?OpenDocument
- [6] OILTECH. (2004). Sistemas hidráulicos, turbinas. Retrieved Septiembre 22, 2004, from <http://www.wearcheckiberica.es/documentacion/doctecnica/hidraulicoturb.asp>
- [7] Rosenberg, N. (1993). Dentro de la caja negra: Tecnología y economía. Barcelona: Hogar del libro, S.A.

Correspondencia:

Dr. Gerardo Espinosa
Universidad Tecmilenio Monterrey, N. L. México
Teléfono de contacto: 818317 33 46
e-mail: gespinos@tecmilenio.edu.mx