

OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN DE
SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE PINTURA EN TUBERIA DE ACERO EN EL
SECTOR DE HIDROCARBUROS.

JORGE EDUARDO CLAVIJO ROJAS

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE EMPRESAS
BOGOTÁ D.C.
2016

OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN DE
SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE PINTURA EN TUBERIA DE ACERO EN EL
SECTOR DE HIDROCARBUROS.

JORGE EDUARDO CLAVIJO ROJAS

Monografía para optar por el título de Especialista en
Gerencia de Empresas

Orientador(a)
CLEMENCIA MARTINEZ ALDANA
Economista

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE EMPRESAS
BOGOTÁ D.C.
2016

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del Calificador

Bogotá, D.C., Octubre de 2016

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrado

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García Peña

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Director Especialización en Gerencia de Empresas

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

DEDICATORIA

A mi madre Disney Rojas, mi padre Jorge Clavijo y mi tía Adelaida Clavijo, por brindarme la guía y el apoyo constante, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos

AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto de investigación fue realizado bajo la supervisión de la Dra. Clemencia Martínez a quien me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento, por hacer posible la realización de este estudio. Además, agradecer su paciencia, tiempo y dedicación para que este proyecto se realizara de manera exitosa.

De antemano agradezco a todos los docentes que compartieron conmigo sus conocimientos y experiencias permitiendo que mi formación de postgrado sea integral y de excelente calidad.

Por último agradezco a Lucia Hernández, sin ella hubiera sido muy difícil la culminación del trabajo, y a Edwin Archila, su conocimiento fue la base de la investigación.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVOS	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2. ANTECEDENTES	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. PRICIPALES CONSIDERACIONES	20
4.1 DELIMITACIÓN	20
5. MARCOS DE REFERENCIA	21
5.1 MARCO TEÓRICO	21
5.2 MARCO CONCEPTUAL	23
5.2.1 Generalidades	23
5.2.2 Procesos	24
5.2.4 Métodos de aplicación de recubrimiento	26
5.2.5 Consideraciones	27
6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	28
7. DISEÑO TEMÁTICO	29
7.1 IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE ABS S.A	29
7.2 NORMATIVIDAD	31
7.3 ESTRATEGIA DE ESTANDARIZACIÓN	33
7.3.1 Aspectos técnicos	34
Granalla:	34
7.3.2 Prerrequisitos	34
7.3.3 Aplicación del revestimiento	35
7.3.4 Plan de control de proceso y de calidad del producto terminado.	35

7.3.5 Equipos e instrumentos para efectuar el control del proceso y la calidad del producto terminado (ver anexo c)	36
7.3.6 Parámetros a inspeccionar y registrar para el control de calidad al producto terminado	36
7.3.7 Registros	37
8. PRESUPUESTO	39
8.1 EQUIPOS	40
8.2 MATERIALES	41
8.3 PERSONAL	41
9. ANÁLISIS Y RESULTADOS	42
9.1 PROBLEMAS ENCONTRADOS	42
9.2 CONSECUENCIAS DE LOS PROBLEMAS	42
10. CONCLUSIONES	43
11. RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	46

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura. 1 Perfil de Anclaje.	25
Figura. 2 Mapa de Procesos Actual.	29
Figura. 3 Tabla de Preparación de Superficies Metálicas.	32
Figura. 4 Mapa de Procesos Sugeridos.	38
Figura. 5 Tabla Costo de Producción Unitaria.	39

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Control de condiciones ambientales	49
ANEXO B. Preparación de superficie	50
ANEXO C. Equipos e instrumentos para el control de calidad	54

GLOSARIO

ACABADO: capa de revestimiento que completa el esquema de pintura, en esta se le da el color, espesor, adherencia y protección final.

BARRERA: capa de revestimiento utilizada principalmente para proteger el imprimante o primer

BS: british standards institution, es una multinacional dedicada a la creación de normas para la estandarización de procesos.

CURADO: el curado de la pintura corresponde al proceso que engloba tanto el secado como el endurecimiento de una pintura.

ENDURECIMIENTO: el endurecimiento de la pintura corresponde al proceso por el cual la resina principal de la pintura se cura y a su vez se endurece con todos los demás pigmentos y aditivos que la componen, creando un recubrimiento sólido y adherente.

GRANALLA: partículas abrasivas metálicas, utilizadas para limpieza y generación de perfil de anclaje en superficie metálica.

MILS: milésima parte de una pulgada

NACE: national association corrosion engineers (asociación nacional de ingenieros de corrosión), es una asociación mundial dedicada a la prevención contra la corrosión.

PRESS O FILM: cinta de replica utilizada para medir rugosidad en el acero.

PRIMER: también llamado imprimante, es una capa de material aplicado previo a la pintura definitiva que permite el sellado de la superficie y brinda adherencia al esquema completo.

SAND BLASTING: proceso que consiste en la proyección de arena para limpiar superficies metálicas.

SECADO: el secado de la pintura corresponde al proceso de evaporación de todos los solventes y diluyentes añadidos a la pintura con objeto de hacerla líquida o de reducir su viscosidad.

SIS: swedish standards institute, es una organización sueca dedicada a la estandarización de procesos.

SSPC: steel structures painting council, norma estadounidense que estandariza los procesos de limpieza de superficie previa a la aplicación de un revestimiento.

TALADRINA: la taladrina posee alto nivel lubricante y refrigerante, optimiza las condiciones físico-químicas de la zona de contacto entre metales prolongando la vida de las herramientas y reduciendo la energía de fricción. Además, refrigera para evitar un sobrecalentamiento de piezas y herramientas, evacua limaduras, evita óxidos, elimina gérmenes y bacterias.

RESUMEN

Primeramente, se buscó un estudio que fuera importante para el sector de hidrocarburos, y se encontró una actividad que aparte de ser sumamente importante para el transporte de cualquier fluido, es también muy costosa. Se trata del procedimiento de pintura, utilizado para proteger las tuberías de la corrosión e identificarla según el fluido que transporta.

Se explica a groso modo el proceso de preparación de superficie y aplicado de revestimiento, encontrando así los puntos críticos del proceso para poder aplicar una estrategia que optimice tanto el tiempo como el recurso utilizado a lo largo de toda la labor.

La solución planteada en el proyecto, es la implementación de una estrategia sólida (fuente de recopilación de datos teóricos y de campo) que involucre aspectos de orden técnico (con base a normatividades y técnicas internacionales), y aspectos administrativos (recurso humano, mapa de procesos, funciones específicas, etc.) que permita garantizar calidad y eficiencia a lo largo de la técnica de revestimiento en una tubería de acero (preparación de superficie, aplicado de capas de pintura, ensayos destructivos y no destructivos).

Palabras clave: Preparación de superficies de acero, revestimiento de tubería, corrosión en tuberías de acero, optimización en revestimientos.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación realiza un cambio de estructura en cuanto a la ejecución de tareas que sumadas dan por resultado toda una línea de proceso de recubrimiento en la superficie de un tubo de acero. Inicialmente se parte por el cumplimiento de requisitos normativos y de calidad, para después llegar a una estructuración de proceso y un manejo administrativo de recursos, con el fin único de la optimización de costos y tiempo.

Es importante buscar la manera de bajar los costos en todas las actividades que se realicen, pues esto genera mayor utilidad al final de la operación, es por esto que el trabajo de investigación resulta útil.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Optimizar los costos de los procesos técnicos y administrativo de preparación de superficie y aplicación de pintura en tubería de acero en el sector de hidrocarburos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir procesos implementados por una compañía del sector.
- Referenciar la normatividad nacional e internacional vigente que aplique para la labor.
- Implementar estrategia de estandarización del proceso.
- Comparar los costos promedio del mercado con los reales producto de “la estandarización”.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la industria de hidrocarburos que se desarrolla a nivel nacional, en particular en los llanos Orientales, en los trabajos que adelanta la empresa ABS S.A se realiza una labor importante a nivel de construcción de facilidades para la industria de los hidrocarburos líquidos, como es la de garantizar la preservación de la integridad de la tubería de acero.

Esta actividad no se está efectuando de manera eficiente, las pérdidas de dinero son cada vez mayores para los contratistas que asumen estas labores, los reprocesos por rechazo de calidad, los altos costos de producción y los incumplimientos de entrega son cada vez más frecuentes y más representativos. Esto produce malas calificaciones por parte del cliente y utilidades más bajas para el contratista.

¿Existe alguna estrategia que garantice calidad (menos rechazos), optimización (menos recurso y menos tiempo) y más utilidades (eficiencia) al proceso de preparación de superficie y aplicación de pintura en tubería de acero en el sector de hidrocarburos?

2. ANTECEDENTES

La tendencia del sector hidrocarburos en cabeza de la Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL) y sus filiales transportadoras, han aunado esfuerzos y recursos para disminuir el uso del transporte terrestre del producto y en su lugar instalar la red de transporte a través de ductos enlazando la producción del oriente colombiano, sector del Meta y Casanare con la transportadora de la producción centro-occidente, conectando con la red de transporte del Oleoducto Central (OCENSA) con el fin de llevarlo hacia la costa atlántica donde se realiza el cargue de los buque-cisterna en Coveñas. Ahora bien, habiendo conseguido la disminución del precio del transporte del crudo por medio de los oleoductos, el sector enfrenta otro reto: el control de la corrosión en la tubería, tanto interna, presente en el tipo crudo pesado que caracteriza los de nuestra región, como la externa por medio de la aplicación de recubrimientos.

“Las consecuencias de falla en los ductos a menudo son más que significativas en términos de pérdidas materiales y financieras, mientras que las víctimas potenciales y el daño al medio ambiente pueden variar ampliamente. El riesgo se elimina o disminuye mediante la aplicación de medidas de prevención, control y mitigación. En muchas ocasiones las consecuencias de falla significativas no pueden reducirse fácilmente, debido a la naturaleza de la función del ducto, debido a lo cual, se debe enfocar principalmente en la prevención y control de la probabilidad de falla, en otras palabras: Mitigar el fenómeno corrosivo a través del uso de películas protectoras, denominadas revestimiento o pinturas especializadas en proteger áreas de tubería expuestas al ambiente del sub-suelo”¹.

¹ DE LEÓN ESCOBEDO, David y COLÍN ESPINOZA, María Goretti, correlación espacial de daños por corrosión en ductos petroleros de acero y el impacto en su seguridad, XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Veracruz, Versión. 2008, p. 4

3. JUSTIFICACIÓN

De los procesos conocidos para la preparación de superficie y aplicación de pintura usados en la actualidad en el sector hidrocarburos, se tienen evaluadas algunas desviaciones técnico-económicas que redundan en baja productividad y disminución en las utilidades que genera esta actividad.

Se realizará la evaluación de estas desviaciones, para conseguir mejores rendimientos, a bajos costos, sin detrimento del estándar de calidad internacionales que rigen esta actividad constructiva, mejorar la capacidad productiva y optimizar el uso de recursos aprovechando las alternativas tecnológicas que nos ofrece el mercado y relacionándolos con los nuevos conceptos de administración, generar mayor utilidad a las empresas que se dedican a esta actividad económica.

4. PRICIPALES CONSIDERACIONES

El trabajo de investigación se realiza en un proyecto real, ubicado en los campos petroleros de alguna parte de los llanos orientales de Colombia. Por razones de confidencialidad no se menciona ni la ubicación real ni el nombre real de la empresa. La empresa ABS S.A es una empresa ficticia para este proyecto de investigación.

4.1 DELIMITACIÓN

El proyecto de investigación se realiza en los llanos orientales de Colombia. El alcance a nivel corporativo es para todas las empresas que trabajen para el sector de hidrocarburos y tengan labores de revestimiento en tuberías de acero. El estudio, es un proyecto de optimización de tiempo y recursos en las labores de revestimientos de tuberías de acero.

5. MARCOS DE REFERENCIA

5.1 MARCO TEÓRICO

Félix C. Gómez nos presenta la siguiente definición de corrosión: “la corrosión se denomina como el ataque destructivo que sufre un material como consecuencia de la reacción química, o electroquímica con su medio ambiente (atmosfera, suelo, agua etc.)”². Esto en las tuberías de acero es un grave problema para el sector de hidrocarburos, la corrosión representa el 3% PIB en pérdida de los países industrializados, basándose en las valoraciones de la industria petrolera y de gas. Afirma también que el 33% de las fallas importantes en la industria es a causa de la corrosión, siendo ésta la causa más importante en el desgaste de los equipos e instalaciones de la industria petrolera.

Mitigar los efectos de la corrosión en la industria ha llegado a tomar tanta importancia, que las empresas y entidades especializadas, destinan una cantidad importante de recursos para desarrollar productos para controlar este fenómeno, por ejemplo, para la prestigiosa empresa 3M la protección en tuberías de acero es un tema muy importante, tanto así que ofrece un catálogo completo de soluciones para los diferentes casos y costos que se requieran. La mayoría de revestimientos maneja distintos materiales como polipropileno, polietileno, recubrimientos internos y externos.

Por otra parte, la NACE (Asociación Nacional de ingenieros de corrosión) es de las entidades más importantes y los entes de referencia más influyentes en el campo de corrosión, prestando seguimiento desde la aplicación de un revestimiento hasta instalación de protecciones catódicas, se consolidan como un referente para estandarización de las técnicas de aplicación y verificación de revestimientos.

Según la NACE, los Estados Unidos de América gasta 7 millones de dólares anuales en el monitoreo y mantenimientos por corrosión de líneas de transporte de hidrocarburos, además estima una cifra de 276 billones de dólares anuales por pérdida directa. La NACE es de las entidades más importantes y los entes de referencia más influyentes en el campo de corrosión, prestando seguimiento desde la aplicación de un revestimiento hasta instalación de protecciones catódicas, se consolidan como un referente para estandarización de las técnicas de aplicación y verificación de revestimiento.

² GÓMEZ, Félix C. Manual Básico De Corrosión Para Ingenieros. [En línea]. 1º Reimpresión. España: Universidad de Murcia, 2004. [Consultado el 29 de abril de 2016]. Disponible: https://books.google.com.co/books?id=B6tV_j4ofmQC&pg=PA13&dq=CONCEPTO+DE+CORROSI%C3%93N&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwikga_dr7XPAhVEMyYKHUOdDi8Q6AEIHDA#v=onepage&q=CONCEPTO%20DE%20CORROSI%C3%93N&f=false

Según José Rendón, sí se controla la corrosión en una tubería, se ve reflejado en la vida útil de ésta misma. Además, que el costo de un mantenimiento correctivo supera por gran magnitud a el costo que puede generar un sistema de protección contra la corrosión. Controlar la corrosión, ahorra dinero, cuida el medio ambiente, protege las instalaciones y vidas humanas³

³ RENDÓN, José Gregorio. Protección Contra La Corrosión En Tuberías. [En línea]. INCONSA, 02/13/2006. Disponible en internet: "<http://www.gas-training.com/files/protc-corrosion.pdf>"

5.2 MARCO CONCEPTUAL

5.2.1 Generalidades

La corrosión en los metales es un proceso natural en el cual se busca una estabilización química y energéticamente ya que estos son obtenidos de especies naturales estables en condiciones naturales. Este proceso natural busca lo que podemos llamar una regresión a su estado natural (óxido de hierro), y se realiza mediante una reacción que envuelve un intercambio de iones (proceso electroquímico).

La presencia de la corrosión es inevitable, así que no se puede acabar con la corrosión, pero si se podría proteger una tubería para evitar un daño por corrosión que la convierta en un vehículo inseguro para transportar algún fluido. Existen factores o condiciones que ayudan a propagar la corrosión, tales como, existencia de par galvánico, golpes o deterioros, fallos en revestimiento, corrientes eléctricas específicas, humedad en metal desnudo, entre otras.

Un fallo en una tubería por corrosión (fisuras y/o pérdida de espesor) puede tener consecuencias no deseables, que van desde pérdidas del producto transportado (posible contaminación), daños en equipos y/o instalaciones, riesgo de vida humana. Estas consecuencias se resumen en costos, pero sumado a esto se debe tener en cuenta el tiempo y costo adicional de las reparaciones correspondientes.

La forma más económica y eficiente de proteger las tuberías contra el fenómeno de la corrosión es la aplicación de un recubrimiento de pintura. Es decir, la aplicación de revestimientos que protejan la superficie de la tubería con el medio ambiente.

Así como es de importante proteger la tubería con un revestimiento, puede ser igual o más importante brindar una protección que garantice la adherencia y preservación del revestimiento, y es por esta razón que una superficie metálica puede contener desde 2 capas en delante de recubrimientos.

Existen empresas dedicadas a la fabricación de productos para la protección de superficies metálicas, que destinando recursos para la investigación del fenómeno corrosivo en la superficie de la tubería, lo cual ha permitido el diseño de productos muy especializados y respaldados por pruebas destructivas como no destructivas para garantizar la eficiencia, tanto de la aplicación como de su durabilidad.

Las piezas metálicas normalmente tienen huellas por su manipulación y mecanizado, marcas o residuos formados a partir de su transformación. Todas estas impurezas deberán ser removidas antes de aplicar cualquier revestimiento. Si llegara a quedar alguna impureza o partícula entre la superficie y el revestimiento, las propiedades del recubrimiento perderían sus propiedades de protección y adherencia.

En general, todos los pretratamientos, para cualquier tipo de revestimiento (primers (Anticorrosivo), pinturas y galvanizados), incluyen una etapa inicial de preparación de superficie (desengrase y desoxidación) con el fin de alistar el material para la aplicación de la película protectora. Actualmente, la industria y la competencia exigen que como las empresas proveedoras y usuarias de los recubrimientos cumplan normas internacionales, tales como NACE, BS 4232, SIS 055900 y SSPC. La cuales especifican los tipos y grados de preparación según el método, material y el uso final de la pieza. Además, aclaran y ofrecen recomendaciones que, a su vez, sirven como base para la Norma Técnica Colombiana (NTC).⁴

5.2.2 Procesos

Los tratamientos mecánicos son los diferentes tipos de limpiezas que se realizan con medios abrasivos y que buscan eliminar la capa superior del metal junto con cualquier suciedad. Los diferentes procesos consisten en el cepillado, pulido o lijado mecánico del sustrato, mediante pulidoras, discos, gratas y lijas o, bien, mediante la proyección a gran velocidad de material abrasivo (arena de sílice, granallas, perlas de vidrio, cascarilla, etc.), sobre la superficie de la pieza.⁵

“El buen manejo y la elección adecuada del pretratamiento mecánico, no sólo benefician la resistencia a la corrosión de la pintura, sino que también crea una rugosidad superficial idónea para la adherencia de la película ya que mejora la fuerza de anclaje, aumentando la superficie de contacto. Es el caso de la granalla, la cual además de eliminar las impurezas superficiales, penetra superficialmente el metal y genera microporos que facilitan la adherencia mecánica del recubrimiento; Esta rugosidad se conoce como el perfil de la superficie”⁶. La profundidad de los microporos de dicho perfil varía según el uso que se le dará a la pieza y los factores ambientales a soportar, por ello también se utiliza uno u otro tratamiento mecánico.

Es muy importante conseguir la profundidad del perfil y el espesor correcto de la capa de producto para garantizar el excelente comportamiento de los recubrimientos. (Ver diagrama 1). La elección del método de limpieza mecánica depende también del estado superficial de la pieza y la cantidad de óxido a remover, así las cosas, la industria se puede enfrentar, por ejemplo, a aceros con

⁵ REVISTA AMBIENTUM. Suelos y Residuos. Edición, 2004. [En línea]. AMBIENTUM, (05/01/2004). [Consultado el 19 de Julio de 2016]. Disponible en: http://www.ambientum.com/revista/2004_07/TALADRINAS%20imprimir.htm

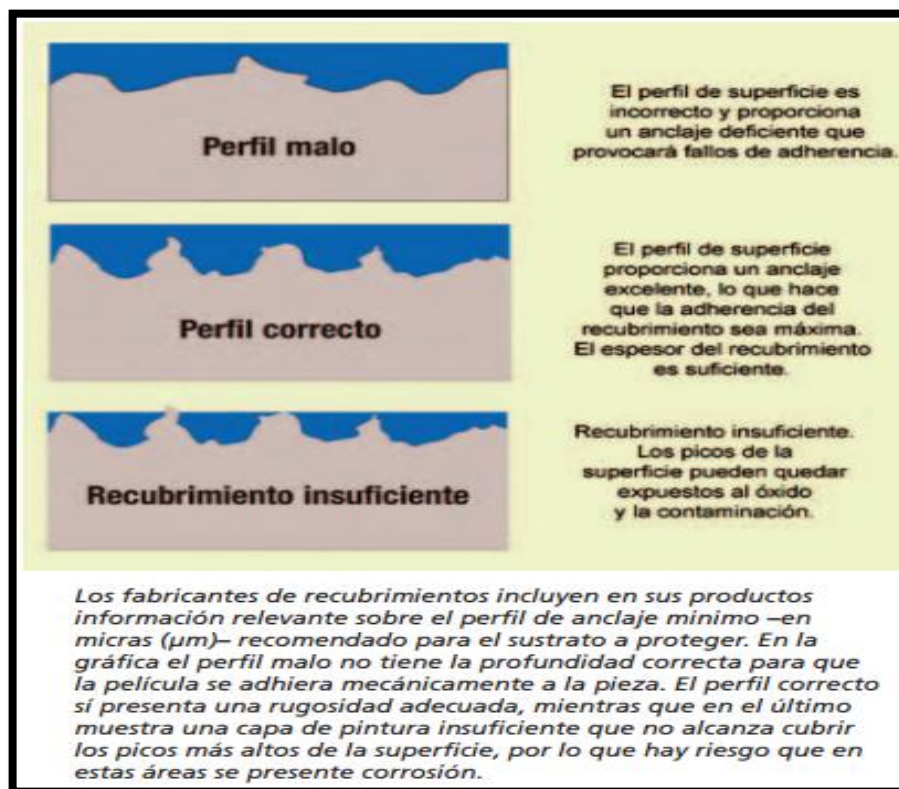
⁶ APLYREC, Pretratamientos superficiales, [En línea]. (09/07/2016). [Consultado el 4 de Agosto de 2016] Disponible en: <http://aplicacionesyrecubrimientos.es/pretratamientos-superficiales/>

superficies de laminación intactas y con muy poca o ninguna oxidación y/o materiales muy oxidados con una capa de laminación con herrumbre y corroída.

Dentro de los componentes para una preparación de superficie exitosa se encuentra el control de las condiciones ambientales, las cuales se deben mantener durante dicho proceso y durante la aplicación y curado del producto:

- Temperatura ambiente: Entre 8°C y 40°C
- Temperatura substrato: Entre 8°C y 40°C
- % Humedad relativa: No superior al 90%
- Temperatura de rocío: La diferencia entre la temperatura superficial del substrato y la temperatura de rocío debe ser superior a los 4°C.

Figura. 1. Perfil de Anclaje.



Fuente. 1UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, *Protección contra la corrosión – Recubrimiento con Polímeros*, [En línea]. (13/12/2015). [Consultado el 12 de Julio de 2016]. Disponible en:<http://blog.utp.edu.co/metalografia/proteccion-contra-la-corrosion-recubrimiento-con-polimeros/>

5.2.3 Aplicación de recubrimiento

Al poder garantizar un perfil de anclaje idóneo, se debe remover el polvo (producto de chorro de abrasivos), grasas y aceites que pueda tener la superficie metálica. Esto se puede lograr con un pedazo de tela impregnado de un solvente especial, finalizando así el proceso de preparación de superficie.

Para tuberías de acero al carbón es recomendable la aplicación de 3 capas de revestimiento:

- **Primer o imprimante:** Es la primera capa del esquema de pintura, éste producto debe ser anticorrosivo.
- **Barrera:** Como su nombre lo indica es una “barrera” que protege el imprimante, además de aportar adherencia y espesor al sistema, se recomienda ser de color diferente al imprimante para poder ser diferenciados en el momento de su aplicación.
- **Acabado:** Es la última capa de revestimiento en el esquema, y es ésta la que aporta el código de colores establecido ya sea por normatividad nacional o internacional (por tipo de fluido que se transporta), además de brindar una protección para intemperie (UV) para la tubería y su esquema de pintura.

5.2.4 Métodos de aplicación de recubrimiento

5.2.4.1 Aplicación por aspersion o rociado

Existen dos tipos de equipos principales para el rociado. Cada uno tiene sus beneficios, aunque en general son muy similares.

- **Rociado sin aire (“Airless”):** El equipo Airless ofrece un cubrimiento rápido de grandes superficies con un mínimo desperdicio. Su funcionamiento es básicamente forzar la salida del recubrimiento por una boquilla de la pistola a una presión alta, esto significa que no tiene contacto con ningún fluido diferente al mismo recubrimiento, por lo que la aplicación del recubrimiento se hace más rápida.
- **Rociado con aire:** Es el equipo más común, básicamente es un compresor que desplaza el recubrimiento almacenado en un tanque, transportándolo hacia la pistola y liberando el recubrimiento a altas presiones, esto facilita el control de la presión y la humedad.

5.2.4.2 Aplicación con brocha

Las brochas son fabricadas con fibras de nylon para obtener un esparcimiento del recubrimiento más suave.

5.2.5 Consideraciones

Para poder determinar tanto el método de preparación de superficie como el método de aplicación de recubrimiento, es preciso evaluar:

- a) Medio ambiente
- b) Temperatura
- c) Naturaleza de la superficie que se quiere recubrir (acero, aluminio, madera, etc.)
- d) Tipo de recubrimiento (epóxico, base agua, etc.)
- e) Costos

6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

A partir de la observación directa se recopila la información sobre la manera en que la empresa ABS S.A realiza las labores de preparación de superficie en las tuberías de acero de diferentes diámetros para su posterior aplicación de revestimiento, según el esquema de pintura que corresponda.

Con la ayuda de la recopilación de información secundaria se tendrá un conocimiento técnico, practicas recomendadas y las nuevas tendencias que faciliten el proceso ya mencionado.

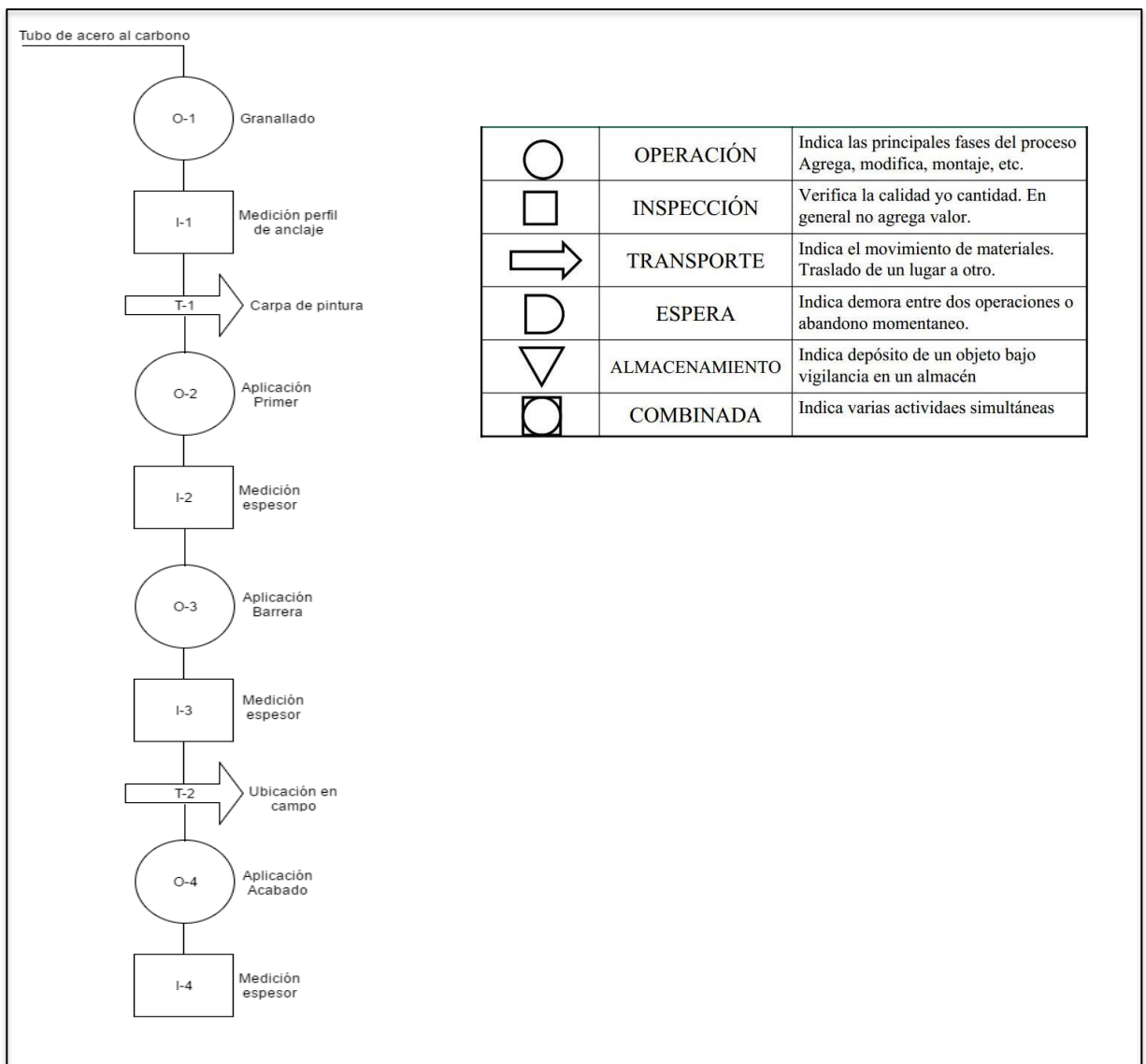
Y finalmente con la compilación de las dos fuentes de información y sumando a esto conocimientos gerenciales, se propone una solución que optimice todas las labores que comprende el proceso de preparación de superficie y aplicación de pintura en tubería de acero en el sector de hidrocarburos.

7. DISEÑO TEMÁTICO

7.1 IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE ABS S.A

La empresa ABS S.A, especialista en construcción de facilidades para el sector de hidrocarburos, tiene un procedimiento aprobado para la preparación de superficie y revestimiento en tuberías de acero, el cuál describe de manera general la manera en la que se debe realizar la labor, a continuación, se presenta de manera esquemática.

Figura. 2 Mapa de Procesos Actual.



Fuente. 2 Elaboración Propia, 2016.

En el esquema se puede evidenciar una entrada de materia prima que en este caso será la tubería de acero, luego ingresa a la zona de granallado donde mediante partículas abrasivas propulsadas a gran presión, limpian y preparan la superficie para pintarla. Terminando el granallado, el tubo pasa por una medición de perfil de anclaje (rugosidad) con cintas de réplica para así poder ingresar a la zona de pintura. Es allí en la carpa de pintado, donde se encuentran los equipos de aplicación y medición del revestimiento aplicado. Las mediciones de espesor del revestimiento se realizan con un equipo que mediante partículas magnéticas determina el espesor de las capas de pintura en la superficie, una por una. Como parte final del proceso se ubica el tubo en campo para su posterior aplicación de acabado y medición de adherencia de las capas de pintura.

7.2 NORMATIVIDAD

La preparación de una superficie es medida y regulada por varias asociaciones internacionales, siendo las diferentes normas las que regulan el grado y el tipo de superficie a la que se desea llegar.

Todas las normas son por comparación visual, por lo que se puede llegar a tener diferentes interpretaciones, es por esto, que se hace vital el entrenamiento y la capacitación de personal para las inspecciones de calidad.

Las normas más utilizadas en el sector de hidrocarburos son las Normas SSPC y la NACE. Siendo la SSPC la predominante, a continuación, se presenta un resumen de los diferentes tipos de grados junto con los tipos:

Grado A: Se refiere a la superficie del acero limpia, sin corrosión.

Grado B: Superficie de acero con principios de corrosión.

Grado C: Superficie de acero con capa de laminación eliminada por corrosión.

Grado D: Superficie de acero sin capa de laminación y con cavidades visibles formadas en grandes escalas.

Tipos de limpieza según SSPC:

Figura. 3 Tabla de Preparación de Superficies Metálicas.

Especificación SSPC	Descripción
SP 1, Limpieza con solvente	Eliminación de aceite, grasa, suciedad, tierra, sales y contaminante mediante solvente, vapor, álcali, emulsión o vapor.
SP 2, Limpieza con Herramienta manual	Eliminación de óxido, capa de laminación y pintura suelta mediante burilado manual, raspado, lijado y cepillado con escobilla metálica.
SP 3, Limpieza con Herramienta manual	Eliminación de óxido, capa de laminación y pintura (todos sueltos) al grado especificado, mediante herramienta eléctricas ó neumáticas, cepillado con escobilla metálica y esmerilado.
SP 5, limpieza con Chorro abrasivo a grado Metal blanco	Eliminación total de óxido, capa de laminación, pintura y materia extraña (todos visibles) mediante limpieza con chorro abrasivo (seco o húmedo) usando arena, perdigón o granalla. (Para atmósferas muy corrosivas en donde se justifique un alto costo de limpieza).
SP 6, limpieza con chorro abrasivo a grado	Limpieza con chorro abrasivo hasta que al menos dos tercios del área de la superficie comercial esté libre de todos los residuos visibles. (Para condiciones en las cuales se requiere una superficies perfectamente limpia).
SP 7, limpieza con chorro abrasivo a grado Arenado ligero	Limpieza con chorro abrasivo de todos los residuos (excepto los adheridos firmemente) de capa de laminación, óxido y recubrimientos.
SP 8, limpieza por medios químico	Eliminación completa de óxido y capa de laminación mediante decapado ácido o decapado electrolítico.
SP 10, limpieza con chorro abrasivo a grado metal casi blanco.	Limpieza con chorro cercana a la limpieza a metal blanco, hasta que al menos un 95% del área de la superficie esté libre de todos los residuos visibles. (Para ambientes con alta humedad, atmósfera química, ambientes marinos u otros ambientes corrosivos).
SP 11, limpieza mediante herramienta eléctrica a metal desnudo	Eliminación completa de todo óxido, capa de laminación y pintura mediante herramientas eléctricas, con perfil de superficie resultante.
SP 12, limpieza con chorro de agua a altas presiones	Eliminación completa de pinturas y recubrimientos que se encuentran aplicados sobre superficies metálicas. No produce perfil de anclaje.
SSPC-VIS 1	Fotografías de referencia patrón; complemento recomendado para la especificación con chorro abrasivo seco SSPC de preparación de superficies SSPC-SP 5,6,7,10 y 12.
Vis 2, Método estándar para evaluar el grado de oxidación en superficies de acero pintadas	Una escala numérica geométrica para evaluar el grado de oxidación de acero pintado. Ilustrado mediante fotografías en color y diagramas de punto en blanco y negro.
SSPC-VIS 3	Guía y referencia fotográfica para superficies de acero preparadas por medio de herramientas manualres y mecánicas.
SSPC-VIS 4/NACE VIS 7	Guía y referencia fotográfica para superficies de acero preparadas por medio de chorro de agua .

Fuente.3 SIKA COLOMBIA. [En línea]. (2015). [Consultado el 17 de Agosto de 2016]. Disponible en: col.sika.com/dms/.../PREPARACION%20DE%20SUPERFICIES%20%202008.pdf

7.3 ESTRATEGIA DE ESTANDARIZACIÓN

Antes de enunciar y plantear el proceso sugerido, generado a partir de la investigación, se describen los recursos estandarizados que suplen las necesidades operativas del proceso de optimización de los recubrimientos de tubería.

Los equipos y recursos generales que se utilizan en la aplicación de las diferentes pinturas son los siguientes:

Equipos:

- Escariadora
- Equipo para pintura
- Compresor de aire
- Instrumentos de medición
- Rodillos y brochas para epóxicos.
- Herramientas menores
- Cepillo metálico manual.
- Grata metálica.
- Mangueras.
- Boquillas
- Equipo pulmón para operador
- Indicadores de presión
- Tolva
- Acoples
- Equipo airless.
- Planta Eléctrica
- Pulidora.
- Lima Escofina.
- Equipo de izaje (camión grúa, grúa)

Personal

- Supervisor mecánico del proyecto
- Inspector de calidad
- Pintores
- Personal para Granallado (equipo fijo y equipo manual)
- Ayudantes
- Operador equipo pesado

7.3.1 Aspectos técnicos

Granalla:

La granalla requerida, debe estar hecha la mezcla recomendada de acuerdo al diámetro y forma diseñada previamente, la cual debe permitir alcanzar un perfil de anclaje entre 2.5 y 3.5 mils.

Arena:

La arena preferiblemente debe ser certificada por los vendedores, garantizando así que el diámetro del grano y su humedad son idóneos para el sand-blasting.

7.3.1.1 Control de Condiciones Ambientales (Ver anexo A)

Antes de iniciar los trabajos de limpieza o pintura, se realizará mediciones de temperatura y porcentaje de humedad relativa (HR)

- 1.- La HR no debe ser superior: al 85% durante la operación.
- 2.- Temperatura de superficie: mínimo 3 ° C por encima del punto de rocío
- 3.- Para la aplicación de pinturas la temperatura se encuentra en las fichas técnicas de cada producto, la cual generalmente varía entre 10 y 45 ° C.

7.3.2 Prerrequisitos

Durante los trabajos de relacionados con la tubería se debe dejar la tubería apoyada en soportes, polines de madera o sacos rellenos con arena o material común distanciados entre si máximo doce (12) metros. El número de soportes dependerá de la consistencia del terreno. En todo momento se deberá garantizar la estabilidad de la tubería evitando que sea sometida a esfuerzos de tensión que pongan en riesgo la resistencia mecánica de la misma, para lo cual se debe tener en cuenta esta condición para programar y organizar las actividades preparación de la superficie, reparaciones al revestimiento, aplicación del sistema de revestimiento, ensayos para liberación de la preparación de la superficie y el revestimiento aplicado.

Una vez se culmine la pintura y se cumpla el tiempo de secado, se procederá a correr los polines de apoyo para realizar la preparación de la superficie y aplicar el acabado en las secciones de tubería donde se encontraban los apoyos inicialmente.

7.3.2.1 Preparación De Superficie (ver Anexo B)

Para el uso de los elementos abrasivos y lograr el tipo de limpieza adecuado, ABS dispondrá de los certificados de procedencia de estos materiales.

7.3.2.2 Tubería Aérea y estructuras (Soportes de tubería y misceláneos)

Para la tubería desnuda y estructuras, se realizará la limpieza hasta obtener un grado de preparación SSPC SP 10 y un perfil de anclaje de ≥ 63 micras ($\geq 2,5$ mils), se debe retirar las escamas de laminación, óxido suelto, pintura, aceites, grasas, humedad, polvo, lodo, escorias, o cualquier otro material extraño que pueda afectar la adherencia y el buen funcionamiento del recubrimiento a aplicar.

Se aplicará el método de preparación manual de la superficie, para preparar tubería aérea con revestimiento de fábrica (FBE Dual), utilizando lija A36 de forma cruzada, quitando el brillo a la pintura existente sobre todo el área a recubrir, hasta obtener un perfil de anclaje de 25 a 37 micras (1-1.5 mils), para cada uno de los casos.

7.3.2.3 Preparación de la superficie con herramienta mecánica de alto desempeño

La limpieza se realizará con máquinas y/o herramientas eléctricas a metal desnudo (SSPC-SP-11) para eliminar todo el óxido, escorias de laminación sueltas, herrumbre y pintura. Para tal efecto se utilizará inicialmente limpieza mecánica grado SSPC-SP-3, seguido se procede con preparación grado SSPC-SP-11, hasta obtener un perfil de anclaje de mínimo 2.5 mils utilizando escariadora. Los traslapes se prepararán con lijado cruzado del tramo a revestir. Para que esta opción se pueda aplicar en reemplazo de la limpieza SSPC SP10, se deben realizar las pruebas necesarias para garantizar el tipo de preparación, así como el perfil de anclaje, la cual deberá tener la aprobación del Cliente, para su implementación.

Se recomienda consultar las instrucciones de operación y mantenimiento de los equipos a utilizar en la preparación de la superficie.

7.3.3 Aplicación del revestimiento

Una vez se haya liberado la preparación de la superficie, se realizará la aplicación del revestimiento a tuberías.

7.3.4 Plan de control de proceso y de calidad del producto terminado.

Sera de acuerdo al plan de inspección y ensayo aprobado para el proyecto.

7.3.5 Equipos e instrumentos para efectuar el control del proceso y la calidad del producto terminado (ver anexo c)

Se debe llevar la trazabilidad y contar con los siguientes equipos e instrumentos debidamente calibrados.

- Rugosímetro
- Juego de cintas de réplica para medición de perfil de anclaje
- Termómetro de superficie.
- Termo higrómetro tipo matraca o digital.
- Galgas para medición de espesor de película húmeda.
- Medidor de espesor de película seca de 0 a 5000 micras.
- Medidor de adherencia según ASTM D4541 tipo mecánico/hidráulico digital, con rango de 0 a 3000 Psi.
- Cámara fotográfica Digital para el registro fotográfico de cada operación

7.3.6 Parámetros a inspeccionar y registrar para el control de calidad al producto terminado

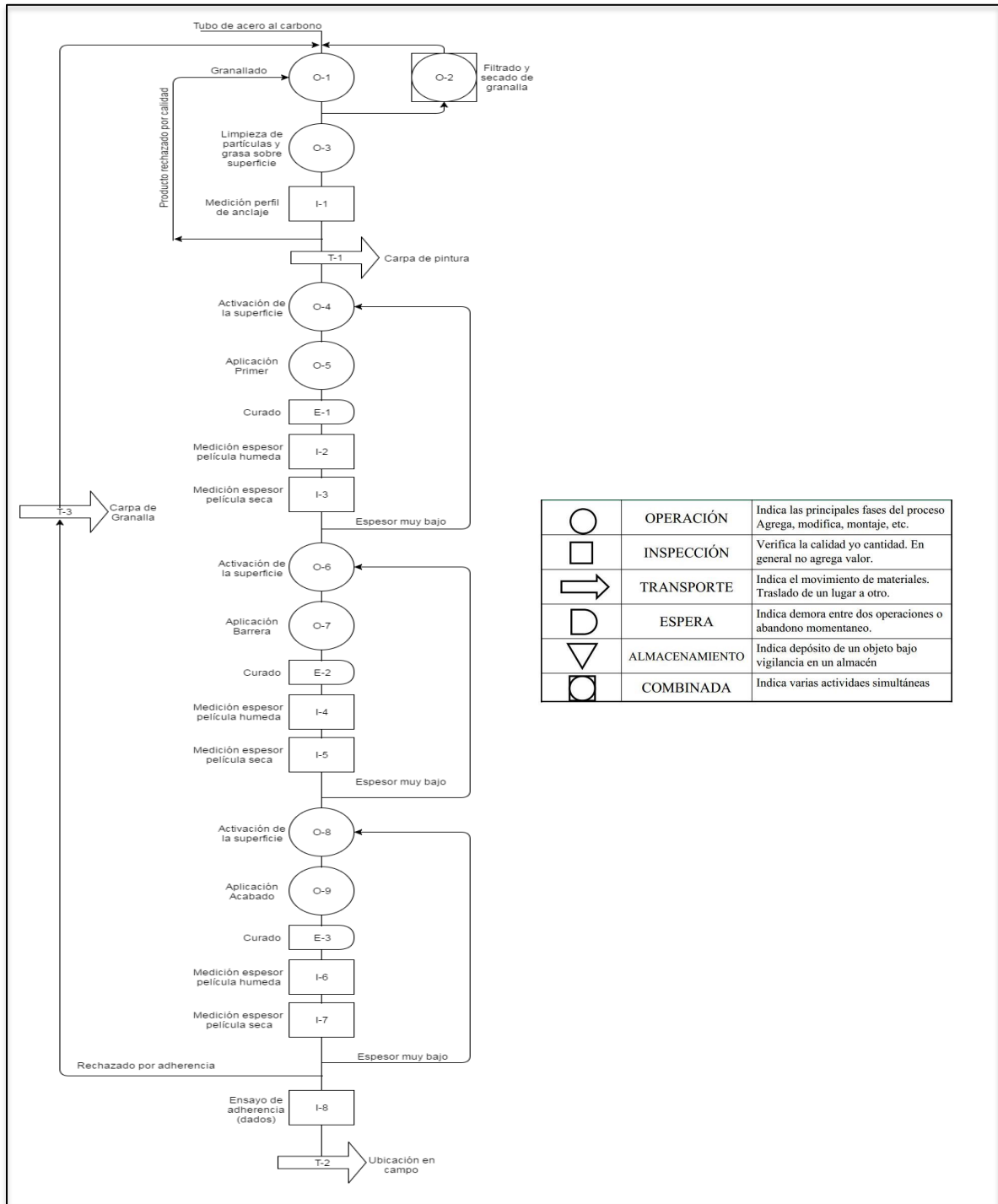
- Condiciones ambientales.
- Trazabilidad Materiales a utilizar (pinturas).
- Perfil de anclaje. Para tubería se realizarán 6 lecturas por área preparada diariamente sobre la superficie tratada.
- Adherencia: Este parámetro se inspeccionará de acuerdo al tipo de pintura. Para tubería enterrada y aérea mayor e igual a 8.0” de diámetro, se realizará directamente sobre el tubo, mínimo dos pruebas cada 200 metros cuadrados o por día de revestimiento.
- Para tubería de diámetros menores a 8.0” se preparará una platina de 15 x 15 cm en lámina de ¼ “de espesor, con las mismas condiciones de limpieza y esquemas de pintura o revestimiento, para realizar las pruebas de adherencia. El valor de la adherencia esta dado de acuerdo a la ficha técnica del producto usado.
- La realización de las pruebas se hará en presencia de la gestoría, indicando con anticipación la fecha, hora y sitio de la prueba.
- Inspección visual para determinar y corregir imperfecciones en el revestimiento como escurrimientos, piel de naranja y poros.

- Para la selección de colores de cada uno de los componentes es necesario cumplir lo referenciado en la “Guía sobre Código de Colores y Señales Industriales” Del Cliente, de acuerdo al producto que transportará las líneas a pintar.

7.3.7 Registros

- Inspección prueba de adherencia.
- Inspección de revestimiento y pintura.
- Registros inspección pre-operacional.
- Registro de inducción, entrenamiento y capacitación al personal.
- Reportes de calificación de pintores y aplicadores de superficie.
- Permisos de Trabajo.
- Registro fotográfico.

Figura. 4 Mapa de Procesos Sugeridos.



Fuente. 4. Elaboración Propia. 2016.

8. PRESUPUESTO

Figura. 5 Tabla Costo de Producción Unitaria.

		Unidad	M2			
		Cantidad	1			
		Días	0,035714286	0,857142857	horas	
EQUIPOS		CANTIDAD	TARIFA/DIA/INSTAL/EQUIPO	RENDIM HORA/UNIDAD	VALOR PARCIAL	
Herramientas		1	\$753	1	\$753	
Compresor de 185 cfm		1	\$34.000	0,2730	\$9.281	
Equipo de Sandblasting		1	\$20.431	0,2730	\$5.577	
Equipo de Pintura (AIR LESS)		1	\$24.036	0,2730	\$6.561	
Termohigrometro		1	\$4.300	0,0023	\$10	
Rugosimetro		1	\$2.300	0,13	\$299	
Medidor de espesor		1	\$6.400	0,13	\$832	
Medidor hidráulico de adherencia		1	\$7.300	0,13	\$949	
Consumibles		1	\$1.500	0,13	\$195	
Camion grua 8.5 tons		0,3	\$81.000	0,2730	\$6.633	
					\$31.090	
MATERIALES		UNIDAD	PRECIO POR	CANTIDAD DE MATERIAL/UNIDAD	VALOR PARCIAL	
COMBUSTIBLE		GL	\$8.600	0,8735	\$7.512	
CONSUMIBLES		GLB	\$753	2	\$1.507	
ARENA PARA SANDBLASTING (BT X 25 kg.)		BT	\$8.120	2,5	\$20.300	
PINTURA EPOXI ZINC (3 COMP)		GL	\$183.549	0,1429	\$26.221	
PINTURA EPOXICA FENOLICA REF. 13292 (PRESENTACION CUÑETE X 4 GALONES)		CÑ	\$899.092	0,0357	\$32.098	
PINTURA ESMALTE PULIURETANO REF 111321 (GRIS)		GL	\$158.970	0,1219	\$19.378	
					\$107.016	
PERSONAL		CANTIDAD	SALARIO INTEGRAL/HORA	RENDIMIENTO HORA/UNIDAD	VALOR PARCIAL	
Capataz de Montaje		1	\$41.016	0,25	\$10.254	
Tubero I		1	\$23.653	0,25	\$5.913	
Pintor I		1	\$20.292	0,25	\$5.073	
Ayudante Técnico		2	\$18.421	0,25	\$9.211	
Operador Equ.Pes. I		1	\$23.653	0,25	\$5.913	
Inspector de Calidad		1	\$72.527	0,25	\$18.132	
					\$54.496	
GL	GALON			Costo directo	\$192.602	
GLB	GLOBAL			Administración	3%	\$5.778
BT	BULTO			Imprevistos	2%	\$3.852
CÑ	CUÑETE			Utilidad	5%	\$9.630
				Valor por unidad	\$211.862	
				Valor total	\$211.862	

Fuente. 5. Elaboración Propia, 2016.

El análisis de costos se realizó con datos reales que se manejan en la empresa ABS S.A, las cifras son tomadas de documentos oficiales como: facturaciones, comprobantes de nomina, documentos de compra y cotizaciones.

A continuación se analizará detalladamente por item, el costo y lo que abarca.

8.1 EQUIPOS

- Herramientas: En la actividad se requiere disposición de herramientas como: llaves, destornilladores, martillo y alicates. La tarifa es determinada por el costo total de las herramientas con una depreciación a 2 años.
- Compresor de 185 cfm: El compresor es utilizado para la proyección del abrasivo (arena o granalla) hacia la superficie de la tubería. El costo se sacó de valores reales en la industria.
- Equipo de Sandblasting: Corresponde a todo lo relacionado a la actividad de Sandblasting (Escafandra, pistola para sandblasting, tolva para arena, pulmón para escafandra). El costo es extraído por valores reales de la industria.
- Equipo de pintura (AIRLESS): Equipo pulverizador de pintura. El costo es extraído por valores reales de la industria.
- Termohigrometro: Es utilizado para el control de calidad en la actividad. El costo es determinado por el valor del producto, adicionando calibraciones anuales y aplicando una depreciación de 5 años.
- Rugosímetro: Es utilizado para el control de calidad en la actividad. El costo es determinado por el valor del producto, adicionando calibraciones anuales y aplicando una depreciación de 5 años.
- Medidor de espesor: Es utilizado para el control de calidad en la actividad. El costo es determinado por el valor del producto, adicionando calibraciones anuales y aplicando una depreciación de 5 años.
- Medidor hidráulico de adherencia: Es utilizado para el control de calidad en la actividad. El costo es determinado por el valor del producto, adicionando calibraciones anuales y aplicando una depreciación de 5 años.
- Consumibles: Se refiere a elementos que se desgastan o se consumen en la operación, tales como (filtros, lijas, Press-O-film). El costo se determinó a partir de un promedio entre los gastos de consumibles con la producción, divididos en los metros cuadrados correspondientes. El dato es producto de estudio en campo.
- Camión grúa 8.5 T: Este equipo es usado para el izaje de la tubería. El costo es extraído por valores reales de la industria.

8.2 MATERIALES

- Combustible: Corresponde al A.C.P.M que requieren los equipos para funcionar. El costo se determinó a partir de los rendimientos de los equipos para producir un metro cuadrado. El valor es producto de estudio en campo.
- Consumibles: Consumibles para el ítem de materiales, como (estibas, filtros, trapos, estopas, mezcladores). El costo se determinó a partir de un promedio entre los gastos de consumibles con la producción en metros cuadrados. El dato es producto de estudio en campo.
- Arena: Abrasivo utilizado para remover imperfecciones en la superficie de la tubería y realizar la preparación pre-pintura. El costo se extrajo a partir de una cotización.
- Pintura: Es utilizada para proteger la superficie de la corrosión. El costo es extraído por valores reales de la industria.

8.3 PERSONAL

- Personal: El costo por persona está determinado por 2 factores importantes. El primero es producto de el salario integral por cada profesión (valores de salario extraído por valores reales de la industria) divididos por los días hábiles en promedio de cada mes, y a su vez dividido en días de 8 horas, es así como sale un costo por hora. El segundo factor es determinado por un rendimiento promedio de producción por metro cuadrado (involucrando a todo el personal para la producción). Estos dos factores se multiplican y se tiene como resultado un valor parcial por persona.

9. ANÁLISIS Y RESULTADOS

9.1 PROBLEMAS ENCONTRADOS

En el proceso implementado por la empresa en estudio, se encontraron varios problemas, los cuales afectaban directamente con los costos del producto final, tales como:

- a) Los equipos de medición no están calibrados.
- b) Tubería rechazada por prueba de adherencia.
- c) Tubería con partes no pintadas producto de las bases que la sostienen en campo.
- d) Personal no calificado para la labor

9.2 CONSECUENCIAS DE LOS PROBLEMAS

- a) Los equipos de medición no están calibrados.
 - Datos erróneos en los controles de calidad.
- b) Tubería rechazada por prueba de adherencia.
 - Tubería con protección insuficiente
 - Riesgo de corrosión
 - Pérdida de tiempo por reparaciones
 - Pérdida de dinero por reparaciones
- c) Tubería con partes no pintadas producto de las bases que la sostienen en campo.
 - Rechazo por parte del cliente
 - Pérdida de tiempo por reparaciones
 - Pérdida de dinero por reparaciones
- d) Personal no calificado para la labor
 - Labores ineficientes
 - Rechazos por calidad
 - Pérdida de tiempo por reparaciones
 - Pérdida de dinero por reparaciones

Como se puede observar, las pérdidas de dinero son generadas por varias fuentes, lo cual es una situación que genera unos altos costos de producción y una mala confiabilidad por parte del cliente. Sumado a esto se evidencia equipos en mal estado, consecuencia del mal manejo o de la antigüedad; generando ineficiencia en el proceso y paradas por mantenimiento que significan más dinero y más tiempo perdido para la empresa.

10.CONCLUSIONES

Después medir tiempos, recolectar información, estudiar procesos, solicitar cotizaciones, calcular valores, registrar resultados de pruebas, escuchar asesorías, consultar fuentes y analizar los datos del estudio, se llegó a las siguientes conclusiones

- El proceso de revestimiento es una labor sumamente importante y delicada, por lo que se deben cumplir estrictamente los parámetros de aceptación. Y es que para llegar a ello se deben respetar los requerimientos durante cada etapa, rechazando (si es necesario) la labor antes de que pase a una siguiente etapa (corrigiendo el producto no conforme actual y si es necesario hacer cambios para aprobar productos posteriores), evitando así reproceso y pérdida de recursos en la etapa final.
- En la elaboración del procedimiento se incluyen los tiempos de espera en el curado de la pintura. Este tiempo es vital e innegociable, pues es allí donde se desarrolla el secado y la adherencia de la pintura, sin éste tiempo es difícil que las pruebas de calidad sean positivas.
- Es importante definir zonas específicas para cada labor, esto es con el fin que no haya interferencia entre labores paralelas, causando así tiempos de espera adicionales.
- Los rendimientos del recurso humano en la tabla de costos son bajos, porque se toman datos reales en cuanto a la producción contando los tiempos de espera. Pero si los tiempos de espera se le aplica solamente al producto, y el recurso humano se dispone para labores de apoyo, los rendimientos se disparan y se logran 2 cosas importantes:
 - a. Reducción de costos que dependan del tiempo, por aceleración en la producción.
 - b. Reducción del tiempo de entrega del trabajo.

11.RECOMENDACIONES

- La pintura no se aplicará cuando la temperatura de la superficie esté por debajo de los 5°C, o sea superior a los 50°C.
- Cuando se trate de pinturas Epoxi, los límites de temperatura para su aplicación estarán entre 10°C (mínimo) y 35°C (máximo).
- La pintura no deberá aplicarse mientras llueve en la intemperie.
- Las pinturas con aluminio para altas temperaturas no deberán aplicarse cuando la humedad relativa sea superior al 65%.
- La imprimación deberá ser aplicada tan pronto como sea posible después de la preparación de la superficie, y nunca después de pasadas 8 horas desde que se aplicó el chorreado.
- No deberá aplicarse ninguna capa de pintura hasta que la anterior esté completamente seca.
- Cada capa de pintura deberá estar exenta de porosidades, ampollas u otros, defectos visibles. Tales defectos deberán ser reparados antes de aplicar una nueva capa.
- La primera capa de pintura (imprimación) se aplicará inmediatamente después de haber limpiado las superficies metálicas, y no más tarde de las 4/6 primeras horas siguientes a ser limpiados.
- Las capas de pintura se aplicarán mediante pistola, brocha, rodillo, inmersión o combinación de estos métodos, dependiendo de la calidad del material, pero siempre con el equipo recomendado por el fabricante para asegurar el espesor exigido en cada capa.
- No se aplicará la pintura cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C, con la excepción de las pinturas que seque por evaporación de un disolvente, pinturas éstas que se pueden aplicar incluso con temperatura ambiente de 2°C.
- No se aplicará pintura sobre acero, a una temperatura superior a 52°C, a menos que se trate de una pintura específicamente indicada para ello.

- Cuando se pinte acero en tiempo cálido, deberán tomarse las precauciones necesarias para asegurar que se alcanza el espesor de pintura adecuado.
- Todas las tuberías y estructuras que lleven pintura deberán ser montadas con la capa de imprimación excepto soldaduras que deban ser inspeccionadas en prueba hidráulica.
- Las distintas capas de pintura deberán hallarse en el estado apropiado de curado y secado antes de aplicarse de modo que no se produzca ningún defecto en la capa anterior, tal como levantamiento o desprendimiento, descascarillado, etc. según las instrucciones del fabricante.
- En la medida de lo posible, las capas de pintura se aplicarán de modo que queda una capa continua y uniforme en espesor y libre de poros, gotitas o áreas de mala aplicación; si se produce este último caso, se repintará la zona y se dejará secar antes de aplicar la siguiente capa de pintura.
- En caso de aplicación de pinturas que sean todas del mismo color, se contrastarán las capas alternativamente, siempre que sea factible, y en un trecho suficiente que permita comprobar el recubrimiento efectivo de la superficie.
- Todos aquellos elementos y superficies que deban pintarse pero que, una vez después de ser montados en taller resulten inaccesibles deberán ser montados incluso con las capas de acabado.
- Nunca se pintarán aquellos elementos metálicos que vayan a ser soldados posteriormente. Se dejará libre de pintura una franja de 100 mm. Medida a partir del borde que vaya a ser soldado, si esto dificulta las operaciones de soldadura. Cuando los puntos en los que se vaya a verificar una soldadura se encuentren pintados la pintura se quitará con los métodos mencionados anteriormente para la limpieza de superficie. Tampoco deben ser pintadas aquellas soldaduras que deben ser inspeccionadas en prueba hidráulica.
- Si en el manejo de las superficies pintadas para las funciones mencionadas anteriormente, la pintura resultase dañada se limpiarán y retocarán estas partes dañadas nuevamente dándoles el mismo número de capas que tenían originalmente.
- No se embalarán ni enviarán partes pintadas antes que estén perfectamente secas.

BIBLIOGRAFÍA

DE LEÓN ESCOBEDO, David y COLÍN ESPINOZA, María Goretti, correlación espacial de daños por corrosión en ductos petroleros de acero y el impacto en su seguridad, XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Veracruz, Versión., 2008, p. 4.

APLYREC, Pretratamientos superficiales, [En línea]. (09/07/2016). [Consultado el 4 de Agosto de 2016] Disponible en: <http://aplicacionesyrecubrimientos.es/pretratamientos-superficiales/>.

AVNER, Sydney H. *Introducción a la Metalurgia Física*, 1988. The McGraw-Hill Companies.

COMTECOL, *Procedimiento de limpieza y pintura a estructuras metálicas, versión 01*, 13 de enero de 2012.

CORSA, Gerdau. *Principios de Protección de Estructuras Metálicas en Situaciones de Corrosión y Fuego*. [En línea]. (2015). [consultado el 30 de Marzo de 2016] Disponible en: http://www.gerdaucorsa.com.mx/articulos/Principios_de_Proteccion_contra_Corrosion_.

DE LA CUEVA, Edgar. *Optimización del Sistema de Inyección de Agua de Formación en el Campo Fanny*. Edición 18-b, 2006, Escuela politécnica Nacional, Quito.

DRAW-IO. [En línea]. (2015). [Consultado el 14 de Junio de 2016]. Disponible en: <https://www.draw.io/>.

Fuente. 1UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, Protección contra la corrosión – Recubrimiento con Polímeros, [En línea]. (13/12/2015). [Consultado el 12 de Julio de 2016]. Disponible en: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/proteccion-contra-la-corrosion-rec>.

GERENCIA TÉCNICA Y DE DESARROLLO E&P SUPERINTENDENCIA DE INGENIERIA (ECOPETROL), Especificación técnica para suministro y aplicación de pintura en tuberías y equipos, versión B, 15 de diciembre de 2010.

GÓMEZ, Félix C. Manual Básico De Corrosión Para Ingenieros. [En línea]. 1° Reimpresión. España: Universidad de Murcia, 2004. [Consultado el 29 de abril de 2016]. Disponible:
https://books.google.com.co/books?id=B6tV_j4ofmQC&pg=PA13&dq=CONCEPTO+DE+CORROSI%.

*INGEMECANICA, Tratamiento y Pintura de las Superficies Metálicas, [En línea].(21/10/2015). Disponible en:
<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn20.html>.*

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Documentación, Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC-1486. Sexta actualización. Bogotá D.C. 2008.

RENDÓN, José Gregorio. Protección Contra La Corrosión En Tuberías. [En línea]. INCONSA, (02/13/2006). [Consultado el 26 de Mayo de 2016]. Disponible: “<http://www.gas-training.com/files/protc-corrosion.pdf>”.

REVISTA AMBIENTUM. Suelos y Residuos. Edición, 2004. [En línea]. AMBIENTUM, (05/01/2004). [Consultado el 19 de Julio de 2016]. Disponible en: http://www.ambientum.com/revista/2004_07/TALADRINAS%20imprimir.htm.

SIKA COLOMBIA. [En línea]. (2015). [Consultado el 17 de Agosto de 2016]. Disponible en: col.sika.com/dms/.../PREPARACION%20DE%20SUPERFICIES%20%202008.pdf.

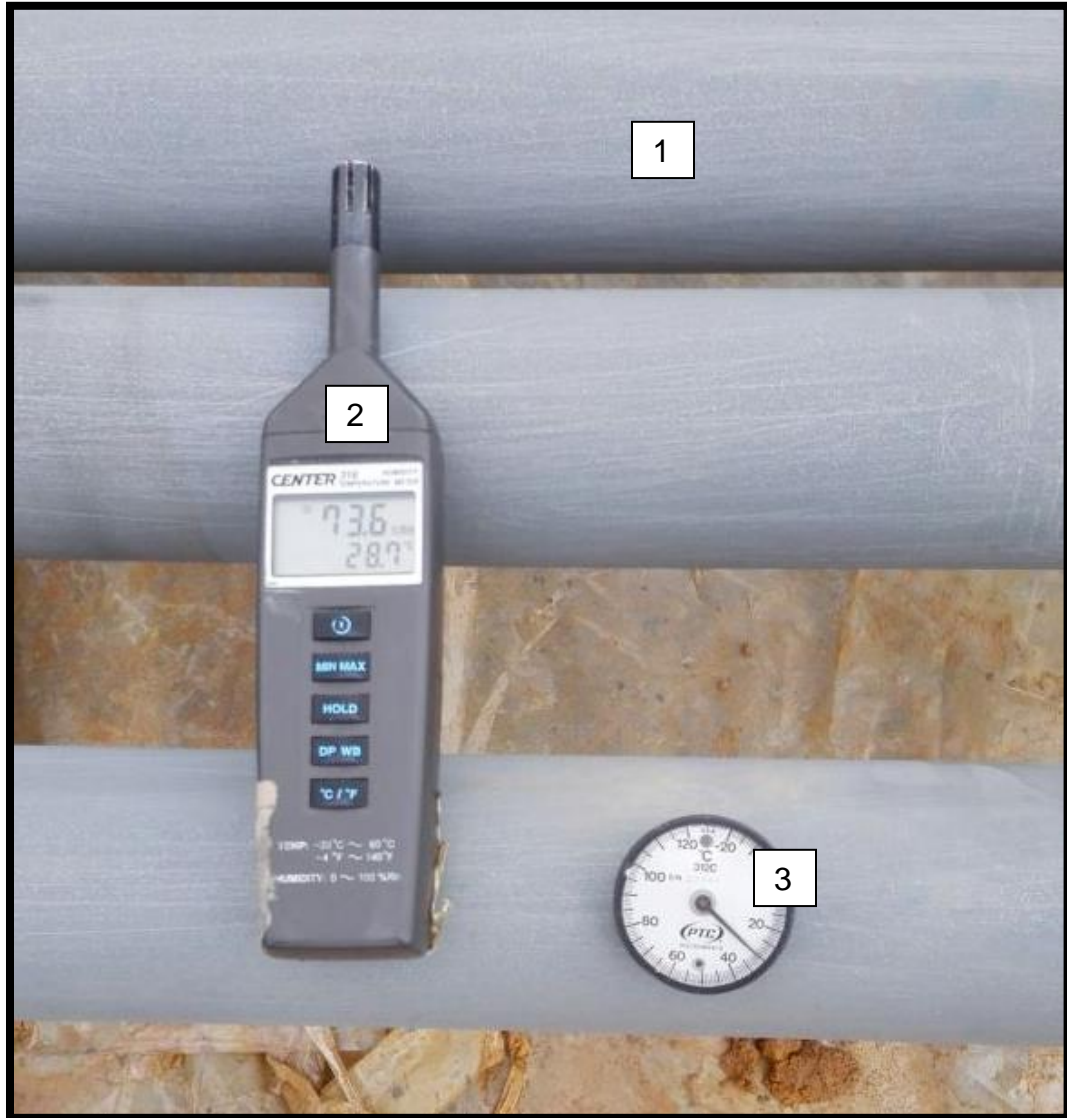
SMITH, William F. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales Javad Hashemi, 2004. The McGraw-Hill Companies.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, Protección contra la corrosión – Recubrimiento con Polímeros, [En línea]. (13/12/2015). [Consultado el 12 de Julio de 2016]. Disponible en: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/proteccion-contra-la-corrosion-recubrimient>.

ANEXOS

ANEXO A. CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES

Anexo 1. Medición de condiciones ambientales



Anexo 1. Elaboración Propia, 2016.

1. Tubería de acero.
2. Termo-higrómetro con datos de humedad relativa y temperatura ambiente.
3. Termómetro de contacto midiendo la temperatura superficial de la tubería.

ANEXO B.

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

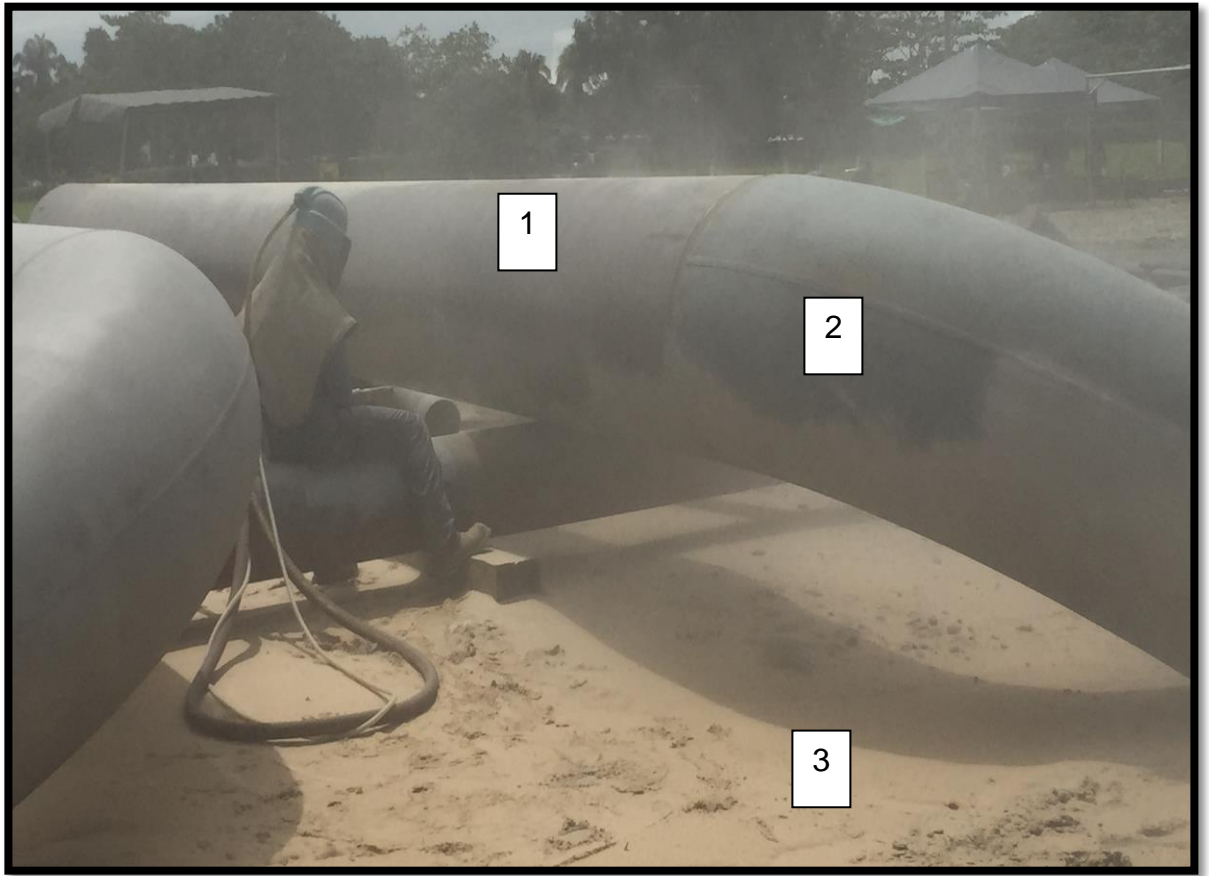
Anexo 2. Sand-blasting



Anexo 2. Elaboración Propia, 2016.

1. Arena
2. Tolva para arena
3. Equipo para sand-blasting (Escafandra)
4. Filtro de aire

Anexo 3. Sand-blasting 2



Anexo 3. Elaboración Propia, 2016.

1. Superficie tratada con san-blasting
2. Superficie con capa de corrosión leve
3. Arena fracturada y contaminada (después de ser utilizada en sand-blasting)

Anexo 4. Tubería después de preparación de superficie



Anexo 4. Elaboración Propia, 2016.

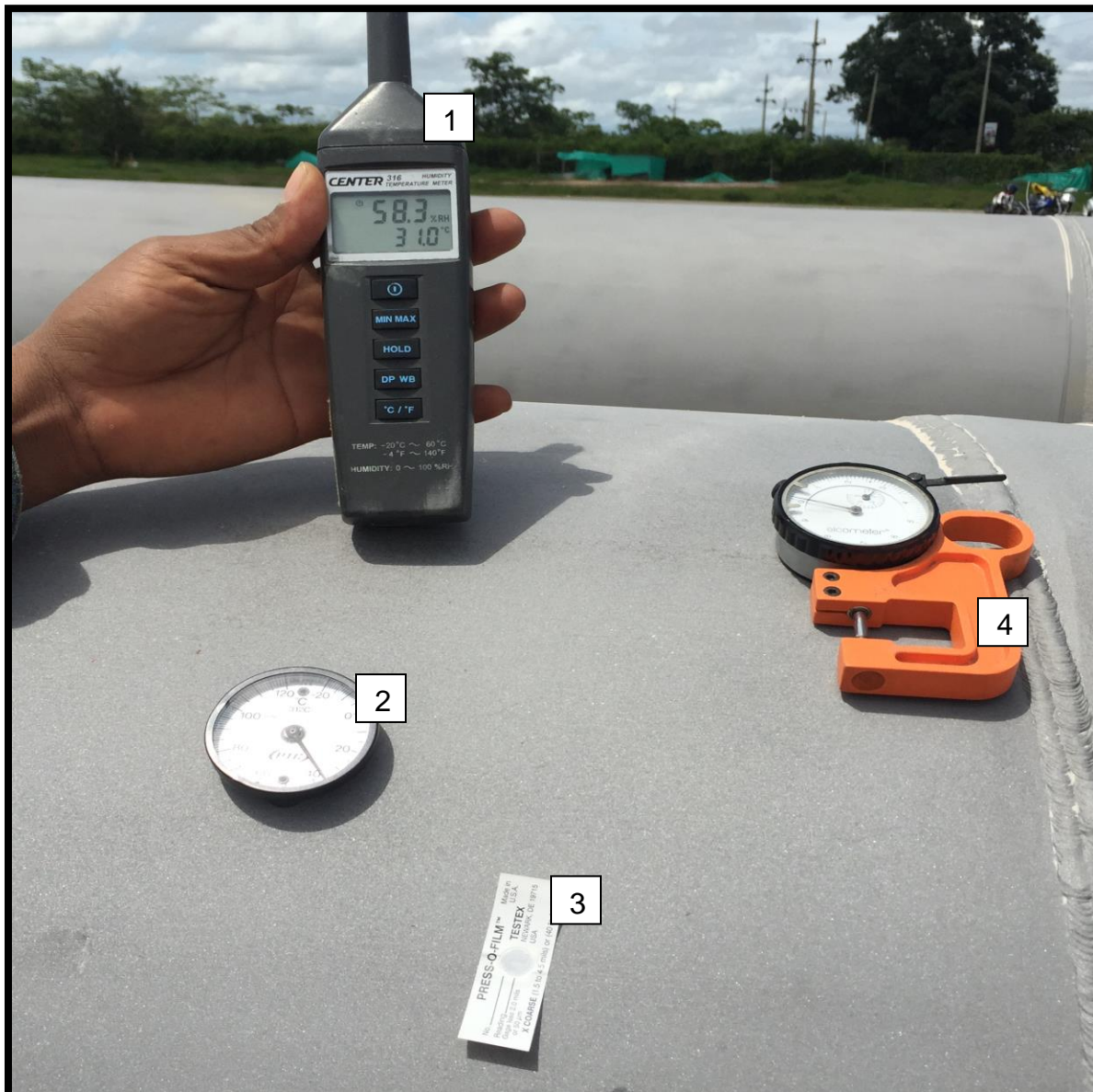
Anexo 5. Limpieza con escariadora



Anexo 5. Elaboración Propia, 2016.

ANEXO C. EQUIPOS E INSTRUMENTOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD

Anexo 6. Instrumentos para control de calidad



Anexo 6. Elaboración Propia, 2016.

1. Termo-higrómetro
2. Termómetro de contacto
3. Press-O-Film (cinta de réplica)
4. Rugosímetro

Anexo 7. Medición de perfil de anclaje por cinta de réplica (Press-O-Flim)



Anexo 6. Elaboración Propia, 2016.

Anexo 7. Medición espesor de película seca (pintura seca)



Anexo 7. Elaboración Propia, 2016.

1. Medidor de espesor magnético, marca PosiTector
2. Tubería con imprimante y barrera (10 mils de espesor)

Anexo 8. Medición de adherencia



Anexo 8. Elaboración Propia, 2016.

1. Medidor de adherencia hidráulico
2. Dado para adherencia con residuos de pegante