

**RECUPERACIÓN DE TUBERÍA Y VARILLA COMO ALTERNATIVA PARA
EL REACONDICIONAMIENTO DE POZOS DE PETRÓLEO DE LA
SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES LA CIRA INFANTAS.**

JHON ALEXANDER MATEUS ORDOÑEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FÍSICO MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2013**

**RECUPERACIÓN DE TUBERÍA Y VARILLA COMO ALTERNATIVA PARA EL
REACONDICIONAMIENTO DE POZOS DE PETRÓLEO DE LA
SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES LA CIRA INFANTAS.**

JHON ALEXANDER MATEUS ORDOÑEZ

**Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos**

**Director
Carlos Eduardo Diaz
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FÍSICO MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2013**

DEDICATORIA

A Dios quien me dio la fe, la fortaleza y la salud para alcanzar este logro.

A mi Esposa, Karol Viviana Cuellar Diaz, quien me brindó su amor, su cariño y su apoyo constante; son evidencia de su gran amor.

A mi Madre y hermana, Luz Marina Ordoñez y Mauren Fernanda quien me acompaña desde pequeño a luchar para alcanzar mis metas. Mi triunfo es el de ustedes, ¡las amo!

A los que nunca dudaron que lograría este triunfo: Mis Tíos (Isabel, Heberto; Herlinda) al Ing. Alexander Misas y compañeros de trabajo (Alfonso, Christian, Rey, Martin, Oscar, Sandra, Ingrid, Mary luz).

AGRADECIMIENTOS

Gracias a los Ingeniero Alexander Misas, Norberto Diaz Rincon y David Alba por el apoyo y facilidades de la información e impulso a realizar este trabajo de grado (monografía) en el área de Mantenimiento, de la Superintendencia la Cira – Infantas.

Agradezco el apoyo y dedicación de los docentes que aportaron sus conocimientos para mi crecimiento profesional, en el transcurso del programa Especialización en Evaluación y Gerencia de Proyectos EGP, adelantado con la Universidad Industrial de Santander sede Barrancabermeja.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	16
1. GENERALIDADES.	17
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	17
1.2 OBJETIVOS.....	18
1.2.1 Objetivo General:	18
1.2.2 Objetivos Específicos:.....	18
1.2.3 Alcance:	18
1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.	19
1.4.3 Marco Teórico	24
1.4.3.1 Ensayos No Destructivos	24
1.4.3.2 Clasificación de los ensayos no destructivos.	25
1.4.3.5 Líquidos penetrantes (PT).....	25
1.4.3.6 Según el Color.	26
1.4.3.7 Según la Solubilidad.	26
1.4.3.8 Partículas Magnéticas (MT).	27
1.4.3.9 Electromagnetismo (Corriente de Eddy) (ET).	27
1.5 Técnicas de Inspección Volumétrica.....	27
1.5.1 Radiografía Industrial (RT).....	28

1.5.2 Ultrasonido Industrial (UT)	28
1.5.3 Emisión acústica (AET).....	29
1.6 INSPECCIONES POR HERMETICIDAD.....	30
1.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MÉTODOS DE END O NDT.	30
1.8 DEFECTOS DE LA TUBERÍA DE PRODUCCIÓN USADA.....	31
1.8.1 Los hoyos de corrosión.....	31
1.8.2 El desgaste por varillas.....	31
1.8.3 Los daños mecánicos.....	31
1.8.4 Fallas más comunes en la tubería y varilla.....	32
2. ESTÁNDAR PARA LA INSPECCIÓN DE TUBERIA Y VARILLA.....	32
2.1 RECEPCIÓN DE TUBERÍAS Y VARILLAS.....	36
2.1.2 Transporte de material desde el pozo a los patios de recuperados.....	36
2.1.3 Operación cargue y descargue del material.....	36
2.1.4 Recepción, selección y almacenamiento.....	36
2.2 INSPECCIÓN VISUAL.....	37
2.2.1 Limpieza interna y externa.....	37
2.2.3 Full Lenght Drift (Conejeo).....	37
3. ANALISIS DE ALTERNATIVA	40
3.1 ANÁLISIS DE COMPRAS DE TUBERÍA Y VARILLA.....	40
3.3 ESTABLECER EL COSTO DE INSPECCIÓN DE TUBERÍA.....	44

3.5 COMPARAR EL COSTO DE REUTILIZAR CON EL COSTO DE COMPRAR.....47

4. CONCLUSIONES 51

RECOMENDACIONES 52

BIBLIOGRAFIA 53

ANEXOS 55

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Precios de tubería Nueva por Unidad.	40
Tabla 2 Precios de Varilla Nueva por Unidad.	41
Tabla 3 Ventas anuales por kilogramos chatarra.	42
Tabla 4 Precios unitarios de Inspección de tubería.	44
Tabla 5 Precios unitarios de Inspección de Varilla.	45
Tabla 6 Relación de costos Compra e inspeccionar para la tubería.	47
Tabla 7 Relación de costos Compra e inspeccionar para la Varilla	48
Tabla 8 Análisis de las alternativas sin y/o con proyecto.	49

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 Diagrama de recepción de material para Inspección.....	35
--	----

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Precios de compra tubería nueva e inspección por unidad.....	45
Grafica 2. Precios de compra tubería nueva Vs inspección por unidad.....	46
Grafica 3. Porcentaje de ahorro en compras Tubería.....	48
Grafica 4. Porcentaje de ahorro en compras Varilla.....	49

LISTA DE ANEXOS

Anexo A.....	55
Anexo B.....	56

RESUMEN

Título¹ : RECUPERACIÓN DE TUBERÍA Y VARILLA COMO ALTERNATIVA PARA EL REACONDICIONAMIENTO DE POZOS DE PETRÓLEO DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES LA CIRA INFANTAS

Autor: JHON ALEXANDER MATEUS ORDOÑEZ**

Palabras Claves: Hidrocarburos, tuberías, Varillas, inspección, Costos, Compras, Procesos.

DESCRIPCIÓN

ECOPETROL S.A Y OXYANDINA firmaron en el Año 2005 un acuerdo empresarial, con el ánimo de incrementar el valor económico del campo la Cira Infantas, mediante actividades de exploración, Explotación de hidrocarburos, para mejorar el factor de recobro, y la optimización de los procesos y actividades.

En el desarrollo de la extracción de petróleo en el campo se observa que los niveles de consumo de materiales (tuberías y varillas) van en aumento, cada vez que se requiere intervenir en los pozos; es en este momento donde este estudio alcanza su nivel de importancia porque busca minimizar el impacto en el costo, por el recobro en la tubería y varillas de producción, lo cual es uno de los factores predominantes en este sistema de levantamiento de hidrocarburos.

Este proyecto centrará su atención en uno de esos costos, como es la compra de tuberías y varillas, y establece un nuevo concepto de la reutilización de este material, que en la actualidad es destruido, desaprovechando su nivel de vida útil.

Dirigidos por las buenas prácticas Nacionales e internacionales de las inspecciones no destructivas END; aplicadas a los materiales (tuberías de producción, perforación y de transporte) en la industria aeronáutica, hidrocarburos y civil; se pretende conocer el estado físico-químico del material para disminuir la incertidumbre que genera la reutilización de materiales (tuberías y varillas) en los yacimientos de petróleo.

¹ Trabajo de Grado

** Facultad: **FACULTAD DE INGENIERIA FÍSICO MECANICAS**, Escuela: **ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES**, Director: **CARLOS EDUARDO DIAZ**.

ABSTRACT

Título*: RECUPERACIÓN DE TUBERÍA Y VARILLA COMO ALTERNATIVA PARA EL REACONDICIONAMIENTO DE POZOS DE PETRÓLEO DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES LA CIRA INFANTAS

Autor: JHON ALEXANDER MATEUS ORDOÑEZ**

Keywords: Hydrocarbons, pipes; rods, inspections, costs, purchase, processes

DESCRIPCIÓN

Ecopetrol S.A. and OXY ANDINA signed in 2005 an enterprise agreement, in order to increase the economic value of the Cira Infantas field, through exploration, exploitation of hydrocarbons, to improve the recovery factor, and the optimizing processes and activities.

In the development of oil extraction in the field shows that the levels of materials consumption (pipes and rods) is increasing, whenever is required to intervene in wells, is in this point, where this study reaches its level of importance, because it seeks to minimize the impact on the cost, for the re-charge in production's pipe and rods,, which one of the predominant factors in this oil lifting system.

This project will focus on one of these costs, such as the purchase of pipes and rods, and establishes a new concept of reuse of this material, which is now destroyed, wasting its life level.

Led by the national and international best practices of non-destructive inspections END; applied to materials (production tubing, drilling and transportation) in the aircraft industry, hydrocarbons, and civil; It aims to determine the physicochemical state of the material to reduce the uncertainty generated by the reuse of materials (pipes and rods) in the fields of oilfield.

* Workdegree

** Faculty of Physical Mechanical Engineering, school of industrial and business studies, Director: **CARLOS EDUARDO DIAZ**

INTRODUCCION

El Campo la Cira Infantas, está ubicado en el Corregimiento el Centro, a 22 Kilómetros del Municipio de Barrancabermeja del Departamento de Santander; en el cual se adelanta desde el año 2005 un proyecto de recobro secundario que utiliza un sistema de inyección de agua de manera selectiva al yacimiento, con miras a mejorar el nivel de producción de crudo.

En la actualidad es indispensable hacer uso de la tubería y varillas que permiten la extracción y el transporte de los fluidos, desde el fondo del yacimiento hasta la superficie donde se almacena, para después someterlo a diferente tratamiento y obtener los productos de consumos solicitados para el país y clientes internacionales.

En el desarrollo de este sistema de extracción de petróleo en el campo LCI, se observa que los niveles de consumo de tuberías y varillas van en aumento, toda vez que se requieren intervenir los pozos; es aquí donde este proyecto alcanza su nivel de importancia porque busca minimizar el impacto en el costo por el recobro en la tubería y varillas de producción, que es uno de los factores predominantes en este sistema de levantamiento.

En la actualidad todos los cambios de diseños o mantenimientos a los pozos productivos o/y de inyección, se realizan extrayendo la totalidad de estas tuberías y varillas, reemplazándolas por nuevas desaprovechando las características para el cual fueron construidas.

El proyecto está compuesto por el análisis técnico y análisis de la alternativa, en el cual se encontrará una explicación teórica de los ensayos no destructivos END y/o NDT. En inglés nondestructive testing, basados en aplicaciones físico-químicas que no llegan alterar de forma permanente la composición y/o estructura de los materiales.

Las inspecciones más utilizadas en la industria de los hidrocarburos se destacan, la radiografía digital, pruebas hidrostáticas, magnéticas, líquidos penetrantes, luz ultravioleta (luz negra), ultrasonido e inspección visual, todas estas de la familia de los ensayos no destructivos.

El análisis de la alternativa describe la bondad de los resultados operacionales con vista a determinar la mejor opción para la compañía.

1. GENERALIDADES.

1.1. JUSTIFICACIÓN.

La demanda mundial de consumo de crudo y sus subproductos obliga a buscar tecnologías que permitan cubrirla, con unos costos de producción que balanceen la ecuación extracción versus beneficios, y ser competentes trayendo riqueza y bienestar a toda la nación.

Este proyecto centrará su atención en uno de esos costos, como es la compra de tuberías y varilla, y establece un nuevo concepto de la reutilización de este material, que en la actualidad es destruido y no se le da la oportunidad de reutilización, desaprovechando su nivel de vida útil alcanzando su máxima expresión en el alto impacto del nivel económico y por otra parte ser amigables con el medio ambiente, toda vez que serán menos las cantidades que se van a destruir (la destrucción de este material requiere de procesos que afectan al calentamiento global y la emisión de residuos sólidos tanto a la atmosfera como a los suelos).

Se estima que hasta el 20% del costo de la compra de tubería y varillas en el año, será el utilizado para la inversión de técnicas que permitan garantizar que los materiales Inspeccionados cumplan con los estándares de calidad para su reutilización. Actualmente para la operación y mantenimiento de los pozos SCI, se compran 30.294 Und por ciclo (4 meses), entre tubería y varilla, para los 1254 pozos activos.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General:

Analizar la alternativa de reutilización de Tubería y Varilla, evaluando el costo de los ensayos no destructivos (END), con el propósito de optimizar recursos en las operaciones de los pozos petroleros de la superintendencia la Cira–Infantas Ecopetrol S.A."

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Garantizar que el Tubing y varillas estén bajo los estándares adecuados de operación.
- Controlar y direccionar la buena disposición final de los materiales, rechazados por las inspecciones.
- Analizar la viabilidad económica de la reutilización y compra de la tubería y varilla.

1.2.3 Alcance:

Entregar a la operación tuberías y varillas que cumplan los estándares de calidad establecidos, con un ahorro de recursos económicos mayores al 20%.

1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

Durante los últimos años se ha desmantelado cantidades considerables de tubería, Accesorios y Herramientas de los pozos petroleros del campo la Cira-Infantas; proceso llevado a cabo por la coordinación de subsuelo, en pro del mejoramiento y eficiencia de los yacimientos logrando optimizar la extracción del crudo.

Los pozos presentan fallas en las sartas de producción, estas hacen parte funcional de las diferentes formas de levantamiento artificial (Unidades de Bombeo Mecánico (BM) y (PCP), debido al desgaste que produce el contacto de las varillas con la tubería.

Otros agentes que intervienen en las fallas, es el grado de desviación del pozo, el pandeo, la compresión, la erosión, los fluidos abrasivos y corrosivos. Estudios y análisis adelantados por profesionales del departamento de ingeniería de la compañía han Implementado nuevas tecnologías en los diseños y tipos de levantamiento de los pozos, reduciendo las fallas producidas en estos materiales y sus accesorios.

1.4 MARCO DE REFERENCIA.

1.4.1 Marco Contextual.

Antecedentes: El acuerdo empresarial entre ECOPETROL S.A Y OXYANDINA firmado en el Año 2005 con el ánimo de incrementar el valor económico del campo la Cira Infantas mediante actividades de exploración, Explotación de hidrocarburos, para mejor el factor de recobro, optimización de los procesos y actividades.

El Área denominada la Cira Infantas Consta de una extensión aproximada de dieciocho mil novecientos treinta y siete metros (18.937) hectáreas y está ubicada dentro de las jurisdicciones municipales de Barrancabermeja, san Vicente de Chucuri y Simacota en el departamento de Santander.

La superintendencia La Cira Infantas, compuesta por dos Jefaturas de Departamento Producción y mantenimiento, a esta última pertenece la bodega y patios de materiales, es la encargada de administrar, custodiar y controlar los niveles de compras e inventarios en pro de asegurar la operación básica del campo.

La bodega cuenta con un área llamada Patio B Excedentes Industriales, adecuada para la disposición final de materiales metálicos desmantelados de los pozos. Donde se controla, se realiza inventario y se dispone materiales no aptos para la operación.

En la actualidad el área, está siendo aprovechada solo para almacenar material clase “C” Chatarra denominada por Ecopetrol S.A. así; es aquí la importancia y exigencia de optimizar y aprovechar las características del material recepcionado.

En el 2012 nace la necesidad de contar con un servicio de inspección, calibración y reparación de tubería y varillas utilizando pruebas no-destructivas, con las cuales se pretenden detectar fallas en estos materiales bajo las especificaciones requeridas de integridad basadas en las normas API.

1.4.2 Marco Conceptual.

“EUE” (EXTERNAL-UPSET): Roscado externo.

“UN” (NOT-UPSET): Roscado interno.

ACIPET: La Asociación Colombiana de Petróleos

ALIP: Asociación Latinoamericana de la Industria del Petróleo.

Almacenamiento Temporal: (Menor 60 días) Ciclo de tiempo desde el momento que se recibe el material, se inspecciona y se determina su reparación, rehúso o chatarización.

ANSI: American National Standards Institute.

API: American Petroleum Institute.

API 5B: Practica recomendada para la calibración e inspección de roscas en tubería de revestimiento producción y tubería de línea.

- ✓ Tubería de revestimiento con rosca corta redonda (SC).
- ✓ Tubería de revestimiento con rosca larga (LC).
- ✓ Tubería de revestimiento rosca buttress (BC).

- ✓ Tubería de producción no recalcada (NU).
- ✓ Tubería de producción recalcada (EU).
- ✓ Tubería de producción con junta integral (IJ).

Para estas conexiones esta norma específica las condiciones técnicas de entrega para acoples y protección de la rosca y los requisitos suplementarios que se pueden acordar opcionalmente para conexiones de resistencia a la fuga mejorada (LC).

Esta norma también se puede aplicar a productos tubulares con conexiones no cubiertas por las normas ISO/API.

Este documento es importante como referencia para las inspecciones en los ensayos no destructivos END ó NDT de la tubería y varillas.

ASTM: American Society for Testing and Materials. (sociedad americana para ensayos no destructivos). Es el ente encargado de certificar al personal en el campo de los NDT o END. La norma del Instituto Americano del Petróleo nos guía en temas técnicos de tubería; código de inspección de tubería, inspección, reparación, alteración y revaloración de sistemas de tubería en servicio.

Bodega de Material Recuperados: (Patio B SCI) Lugar definido donde se recibirán los materiales recuperados del proyecto LCI.

Casing: Tubería utilizada en la perforación de pozos de petroleros.

Chatarra: Concepto técnico para elementos no recuperables o clasificados como inservibles y no aptos para la operación, cualquier otro material metálico de desecho.

Company Man: Persona que lidera las operaciones de subsuelo en los Equipos de Workover.

Conejeo: Full Lenght Drift Esta técnica tiene como objetivo preparar la tubería en la parte interior eliminar residuos.

Diagnóstico: Concepto y/o recomendación técnica realizada para cada material por un ente calificado.

EAT: Emisiones acústicas.

END o NDT: En sayos no destructivos; o por sus siglas en ingles Not Destructive Testing

ET: Corrientes de Eddy o electromagnetismos.

Inspección: Revisión física / reconocimiento exhaustivo del material con el fin de emitir un diagnóstico.

ISO: International Organization for Standardization.

LCI: La Cira Infantas.

LM: Método Laser.

LT: Pruebas de Fuga.

Material Clase A: Material Tubería y Varillas nuevas, entiéndase sin ningún tipo de uso u operación que altere sus características.

Material Clase B: Material Usado e inspeccionado que cumple con características del material clase A.

Material Clase C: Material clasificado como no apto para la operación del campo.

MT: Partículas magnéticas.

NTC: Normas técnicas colombianas

NTC 4713: Tubos de acero para la producción y revestimiento de pozos en la industria del petróleo y gas natural.

Esta norma especifica las condiciones técnicas de entrega para tubos de acero (revestimiento, producción y conectores), y establece los requisitos para tres niveles de especificación de un producto, para las tuberías incluidas en esta norma, los tamaños, masas y espesores de pared. Esta norma es aplicable a las siguientes conexiones de acuerdo con la norma API 5B:

Obsoletos: Materiales identificados como no útiles, los cuales no se utilizarán más en la operación ó porque se ha encontrado un sustituto de mejor calidad, tecnología y/o que es más eficiente.

Patio B LCI: Bodega de materiales recuperados donde se almacenan materiales como (Tubería, varilla, herramientas y accesorios).

PCP: Bomba de cavidad progresiva.

PIN-BOX: Hace referencia a las puntas o conexiones en las extremidades de un tubo.

PT: Líquidos Penetrantes.

Recuperable: Materiales usados, que poseen las características para ser reutilizados o reparados para su posterior uso nuevamente en la operación.

Reparación: Adecuación de los materiales para su posterior uso.

RT: Radiografía industrial.

SCI: Superintendencia la Cira Infantas.

TIR: Termografía infrarroja.

Tubing: Tubería que es utilizada en la producción y/o extracción de petróleo en los yacimientos.

UB: Unidades de bombeo mecánicas.

UT: Ultrasonido industrial.

VA: Análisis de Vibraciones.

VT: Inspección Visual.

Workover: Equipos que realiza mantenimiento y/o limpieza a los yacimientos de petróleo.

1.4.3 Marco Teórico

1.4.3.1 Ensayos No Destructivos

Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END, o en inglés NDT de no destructive testing) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales.

Son procesos dinámicos y de bajo costos, avalados por estándares y buenas prácticas internacionales con el fin de asegurar procesos que faciliten la mejora continua y niveles de competitividad mundial.

Entre los campos de mayor aplicación se encuentran las industrias Aeronáutica, metalmecánica, naval y petrolera donde han logrado beneficios en:

Seguridad: se reduce la incertidumbre en qué momento pueden presentar fallas los materiales reutilizados, se identifica la vida útil del material.

Calidad: los NDT son procesos (guías) estandarizadas que tiene enfoque a satisface las necesidades y expectativas del cliente.

Costo: Se optimiza los recursos en las intervenciones a pozos, se diagnostica la vida de las tuberías y varillas, se asegura su disposición final; y la disminución de reproceso en sitio.

Capacidad de respuesta: disminuye el tiempo de intervención del equipo en pozo.

Desarrollo organizacional: el proceso de inspección de tubería y varillas usadas; deberá establecer los requisitos mínimos relacionados con el personal, equipo de inspección, identificación del material, manejo del mismo, notificación al cliente y criterio de aceptación.

Las técnicas End o Edt han logrado alcanzar una confiabilidad como herramienta de apoyo a la programación del mantenimiento, ayudan a monitorear, predecir la vida útil y permanente de los materiales y equipos.

1.4.3.2 Clasificación de los ensayos no destructivos.

La Sociedad Americana de Pruebas no destructivas (american society for nondestructive testing); En la cual se describen algunos métodos:

1.4.3.2 Técnicas de Inspección superficial.

Para este caso la Inspección visual, se podría describir como una técnica de revisión superficial.

1.4.3.4 Inspección Visual (VT).

La inspección visual es la técnica más antigua entre los Ensayos No Destructivos, y también la más usada por su versatilidad y su bajo costo. En ella se emplea como instrumento principal, el ojo humano, el cual es complementado frecuentemente con instrumentos de magnificación, iluminación y medición.

Este método inspección se emplea para descubrir y evaluar discontinuidades superficiales (abolladuras, golpes, cortes, desgarraduras, corrosión) de los materiales sin destruir o modificar su composición original, apoyar la optimización de espacio o desde el inicio de la operación (recepción).

Componentes de la inspección visual: es una operación que se realiza con trabajadores adecuados, procedimientos acorde a la operación y el uso de herramientas básicas como: espejos, fibroscopios, videoscopios, baroscopio calibradores, linternas, microscopios, pulidoras, gratas, cinta métrica marcadores industriales etc. Estos elementos actuaran como mecanismo de control para aceptar o rechazar la tubería o varillas bajo la evaluación del inspector de la condición del elemento tubular o varillas.

1.4.3.5 Líquidos penetrantes (PT).

La inspección por líquidos penetrantes es un tipo de ensayo no destructivo que se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de los materiales examinados. Generalmente se emplea en aleaciones no ferrosas,

aunque también se puede utilizar para la inspección de materiales ferrosos cuando la inspección por partículas magnéticas es difícil de aplicar. En algunos casos se puede utilizar en materiales no metálicos.

El procedimiento consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie en estudio, el cual penetra en cualquier discontinuidad que pudiera existir debido al fenómeno de capilaridad. Después de un determinado tiempo se elimina el exceso de líquido y se aplica un revelador, el cual absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa del revelador se delinea el contorno de éstas.

1.4.3.6 Según el Color.

Penetrantes coloreados: Se inspeccionan a simple vista. Solamente hay que contar con una buena fuente de luz blanca. Tienen menos sensibilidad.

Penetrantes fluorescentes: Se inspeccionan con la ayuda de una lámpara de luz ultravioleta (luz negra). Sin ésta son invisibles a la vista. Tienen mayor sensibilidad.

1.4.3.7 Según la Solubilidad.

Penetrantes lavables con agua o autoemulsificables: Para su limpieza y remoción de excesos simplemente se usa agua, resultan muy económicos de utilizar.

Penetrantes postemulsificables: No son solubles en agua. Para la remoción de los excesos superficiales se utiliza un emulsificador que crea una capa superficial que se remueve con agua. Es el método con el mayor sensibilidad se obtiene y en el que mayor dominio de cada una de las etapas tiene el operador. Existen dos tipos de emulsificadores: los hidrofílicos, de base acuosa, que se utilizan en solución de agua, en una saturación determinada por las necesidades del caso; y lipofílicos, de base aceite, que se utilizan tal como los entrega el fabricante.

Penetrantes eliminables con disolvente: Tampoco son solubles en agua. Para su remoción se utiliza un disolvente no acuoso, denominado «eliminador». Son muy prácticos de utilizar ya que el solvente generalmente se presenta en aerosol.

1.4.3.8 Partículas Magnéticas (MT).

Las Inspección por partículas magnéticas, permite detectar discontinuidades superficiales y su sub-superficiales en materiales ferromagnéticos.

El principio del método es la formación de distorsiones del campo magnético, es decir, cuando la pieza presenta una zona en la que existen discontinuidades perpendiculares a las líneas del campo magnético, este se forma o produce polo. Las distorsiones o polos atraen a las partículas magnéticas, que fueron aplicadas en forma de polvo o suspensión en la superficie a inspeccionar y que por acumulación producen las indicaciones presentadas visualmente de manera directa o bajo luz ultravioleta.

1.4.3.9 Electromagnetismo (Corriente de Eddy) (ET).

Las técnicas de corrientes parásitas, se utilizan en materiales conductores basándose en el análisis de las variaciones que las grietas, o defectos superficiales producen en un flujo de corrientes inducidas. Para inducir estas corrientes se utiliza una bobina externa con corriente alterna que genera un campo magnético variable. Como las corrientes inducidas (o parásitas) provocan un campo magnético secundario que tiende a contrarrestar el primero, las variaciones en las primeras se miden a través del campo magnético secundario, el cual se mide con una bobina que puede ser la misma que induce las corrientes u otra independiente.

Las corrientes inducidas, y por tanto, las inspecciones no destructivas basadas en este principio, dependen de varios factores que incluyen la conductividad del material, la permeabilidad magnética, la densidad del espécimen, los esfuerzos residuales, la micro estructura, factores geométricos, el acoplamiento magnético, y los defectos o grietas. La sensibilidad a todos ellos hace que esta técnica se emplee en una gran cantidad de aplicaciones o problemas; sin embargo, siempre estará limitada a que el material sea conductor, y para identificar anomalías superficiales o muy cercanas a la superficie.

1.5 Técnicas de Inspección Volumétrica.

Su aplicación permite conocer la integridad de un material en su espesor y detectar discontinuidades internas que no son visibles en la superficie de la pieza.

1.5.1 Radiografía Industrial (RT).

El caso de la Radiografía Industrial (RT), como prueba no destructiva, permite asegurar la integridad y confiabilidad de un producto; además, proporciona información para el desarrollo de mejores técnicas de producción y para el perfeccionamiento de un producto en particular.

La Inspección por RT se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo físico, diseñado para detectar discontinuidades macroscópicas y variaciones en la estructura interna o configuración física de un material. Al aplicar RT, normalmente se obtiene una imagen de la estructura interna de una pieza o componente, debido a que este método emplea radiación de alta energía, que es capaz de penetrar materiales sólidos, por lo que el propósito principal de este tipo de inspección es la obtención de registros permanentes para el estudio y evaluación de discontinuidades presentes en dicho material. Dentro de los END, la Radiografía Industrial es uno de los métodos más antiguos y de mayor uso en la industria. Debido a esto, continuamente se realizan nuevos avances que modifican las técnicas radiográficas aplicadas al estudio no sólo de materiales, sino también de partes y componentes; todo con el fin de hacer más confiables los resultados durante la aplicación de la técnica.

Aunque existen arreglos especiales, diseñados para casos determinados, el equipo que se emplea con más frecuencia para la inspección radiográfica es el siguiente:

- Fuente de radiación (rayos X o rayos gamma).
- Controles de la fuente.
- Película radiográfica.
- Pantallas intensificadoras.
- Indicadores de calidad de la imagen. f) Accesorios.

1.5.2 Ultrasonido Industrial (UT)

Este sistema de inspección tiene sus orígenes en los ensayos de percusión, en los cuales los materiales eran golpeados con un martillo y se escuchaba cuidadosamente el sonido que la pieza examinada emitía. La desventaja de estos

ensayos es que solo permitían detectar defectos de una magnitud tal que ocasionarían un cambio en el tono del sonido que emitía el material sujeto a prueba y por este motivo eran poco confiables en la inspección preventiva.

La exanimación por Ultrasonido Industrial (UT) se define como un procedimiento de inspección no destructiva de tipo mecánico, que se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido entre la densidad de un material.

El perfeccionamiento del instrumento de inspección por ultrasonido se debe principalmente a los investigadores alemanes Josef y Herbert Krautkramer, quienes desde 1948 se han dedicado a desarrollar y mejorar el equipo de inspección ultrasónica.

Los equipos de ultrasonido que se emplean actualmente permiten detectar discontinuidades superficiales, sub-superficiales e internas, dependiendo del tipo de palpador utilizado y de las frecuencias que se seleccionen dentro de un ámbito de 0,25 hasta 25 MHz

1.5.3 Emisión acústica (AET)

El principio de la Emisión Acústica (AET) es la detección de ondas elásticas que se crean de forma espontánea en aquellos puntos del material que se está deformando de manera elástica o plástica, al ser sometido a un esfuerzo (carga estática o dinámica), o por esfuerzos residuales que están presentes en el material.

Las deformaciones del tipo cortante o que produzcan deslizamiento de los planos cristalinos son las fuentes principales de la emisión acústica. En el caso de los metales, la emisión detecta la acumulación de los deslizamientos y dislocaciones intercristalinas, que en caso de continuar el esfuerzo darán inicio a una fractura.

Es conveniente mencionar que cuando un material está sano, la emisión más intensa se produce en la porción elástica de la curva de esfuerzo - deformación, alcanzando su máximo en el punto del límite elástico; a partir del cual la emisión decrece abruptamente. La posible causa de este comportamiento es el efecto que puede tener sobre la movilidad de los planos de dislocación el endurecimiento por deformación que presenta el material al ser sometido a tensión.

La emisión acústica se presenta como pulsos definidos que se propagan en el

material de forma radical a la velocidad del sonido. Los pulsos se caracterizan por tener la forma de un tren de ondas atenuadas y con una amplia variedad de frecuencias que pueden variar desde la región audible, hasta varios mega hertz. La duración del pulso es muy corta, del orden de nanosegundos a milisegundos, por lo que su detección debe efectuarse por medios electrónicos; aunque la señal producida es también muy débil, del orden de unos cuantos electrón-voltio.

1.6 INSPECCIONES POR HERMETICIDAD.

Son las técnicas de inspección que se emplean para determinar la hermeticidad de un equipo o sistema que contiene un fluido (Líquido o Gas) a una presión superior, igualo inferior a la atmosférica.

1.6.1 Prueba Hidrostáticas.

Conocida también como Prueba Hidráulica. Control realizado sobre los envases a intervalos definidos, para determinar las condiciones de resistencia, a través de la expansión elástica. Esta prueba se aplica en recipientes que van a trabajar con presión tanto en su construcción como a lo largo de la vida del recipiente dependiendo de su categoría, de acuerdo con el reglamento de aparatos a presión; Las pruebas hidrostáticas son realmente importantes en las tuberías pues con ellas se verifica la calidad de estas.

La finalidad de la prueba es verificar la seguridad y características de resistencia del material para su uso.

1.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MÉTODOS DE END O NDT.

Ventajas:

- Permite monitorear la vida útil de los materiales.
- El material inspeccionado sigue siendo útil.
- Su aplicación es práctica.
- Aumenta la seguridad y confiabilidad del producto.
- Se puede emplear en cada etapa del proceso y determina si el producto en la fase de inspección es aceptado o no.
- Costo bajo de operatividad.
- En la inspección visual de recepción determina si la materia prima cumple con los requisitos de calidad por el cliente.

Desventajas:

- Dependerá de la certificación y calibración de los equipos utilizados en la inspección.
- Siempre dependerán del patrón de referencia empleado en la calibración y bajo la norma.
- Una de las limitaciones del método es en la detección de fisuras, es comprensible que la visión humana tiene sus limitaciones.

1.8 DEFECTOS DE LA TUBERÍA DE PRODUCCIÓN USADA.

Los defectos más comunes en la tubería de producción usada suelen ser, los hoyos de corrosión y los daños mecánicos, pero también suele producirse el desgaste debido al uso de la tubería

1.8.1 Los hoyos de corrosión.

Es el daño más común en la tubería de producción; puede darse el caso de que se presente tanto en la superficie interna como en la superficie externa; así como en ambas superficies a la vez. Esta puede localizarse en áreas determinadas e incluso llegar a cubrir toda la longitud del tubo.

1.8.2 El desgaste por varillas.

Es el desgaste de una ranura longitudinal dentro de la pared interna de la tubería de producción, producido por el movimiento de las varillas de succión. Esto es muy común en el bombeo de pozos.

1.8.3 Los daños mecánicos.

Suele darse debido al manejo o manipulación de la tubería; estos daños suelen ser muy comunes en el área donde se utiliza las cuñas para el ajuste de los tubos, sitio donde se suele suscitar niveles altos de tensión.

1.8.4 Fallas más comunes en la tubería y varilla.

- Desgaste interno del tubo por la acción de la varilla de bombeo.
- Fatiga, en el tubo de producción.
- Exceso de tensión, superando el límite de fluencia del material o la resistencia de la unión.
- Descuido durante su manipulación y/o movilización, Acoples golpeados o maltratadas.
- Daño en el filete de la rosca, por falta de protección o por falla de los protectores.
- Descuido en el almacenamiento de los tubos para brindar la respectiva protección.
- Uso de equipos para manipulación de tubería que no son aptos o se encuentran deteriorados tales como: tenazas, cuñas, llaves de tubería y otros.

2. ESTÁNDAR PARA LA INSPECCIÓN DE TUBERIA Y VARILLA.

Con el apoyo de las normas internacionales, se pretende identificar un estándar para la aceptación o rechazo de la tubería, que se Inspeccionara en el campo bajo las necesidades y diseños establecidos en la intervención de los pozos.

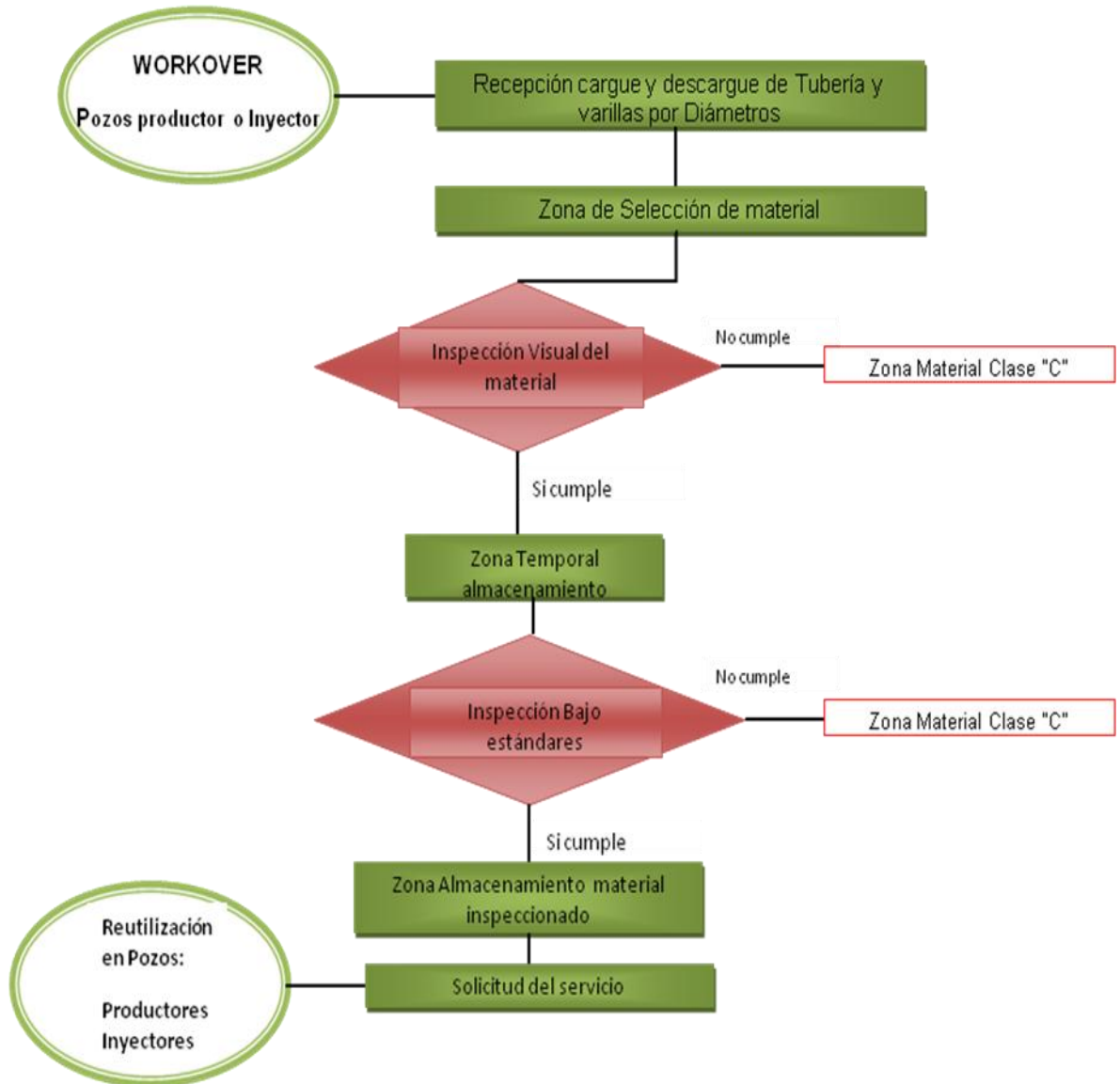
- ✓ Todas la Tubería, varillas y Cupling deberá estar libre de fluidos de aceites y arenas, luego deberá ser extendido en los rack para ser examinados y medidos de extremo a extremo (PIN-BOX) y poder determinar deformaciones, aplastamientos; pittings por corrosión como en las superficies interna y externa del Tubing. Normas de inspección API 5 A 5.
- ✓ Los tubos con daños severos en el área cuñas, (Pin-Box), deben ser retirados al área del material no apto para la operación.
- ✓ Los tubos con daños en las superficies tanto interna como externa corrosión aplastamientos, torceduras extremas al límite de las normas de inspección (NDT) deben ser dados en disposición final.

- ✓ El material enviado de los pozos a la bodega de inspección a criterio del Company Man como no aptos para la operación deberá ser dados de baja.
- ✓ Toda la tubería inferior a 4" ½ deberán ser razonablemente recta. Según norma (API 5 A 5); si la desviación supera el 0.20% del total de la longitud medido de extremo a extremo ó 0.125" en 5 ft de longitud en cada extremo, si la tubería no cumple la rectitud bajo este parámetro deben ser rechazada.
- ✓ Se rechazara toda tubería que presente desgaste por fricción de las varillas de producción.
- ✓ No se aconseja la reparación en la longitud del Tubing y varillas de producción esto aumenta tiempo y costos de operación.
- ✓ La tubería que se rechace se le deberá recuperar el Cupling y ser sometidos a revisión de inspección. Bajos las normas API esta operación se puede desarrollar con herramientas en las cuales son apoyo en la inspección visual para evaluar la magnitud del daño, compas metálico para diámetros internos y externos; reglas metálicas de 12" con divisiones a 1/64" compases metálicos, calibradores de perfil de rosca, limas triangulares, espejos, calibradores de profundidad, que sirven para determinar la longitud del roscado.
- ✓ La inspección de las roscas de los Cupling (conexiones) de la tubería de producción se debe inspeccionar los hilos redondeados, desgastados, posibles fractura por fatiga, estiramientos del conector, engranamientos usualmente presentados por torques repetitivos en operaciones como enrosque y desenrosque.
- ✓ Se deben verificar si existen muescas producidas por la manipulación inadecuada de llaves de tubo, estas últimas no son recomendables en la operación.
- ✓ Pérdidas por hermeticidad las cuales pueden ser producidas por las siguientes causas:
 - Bajo Torque
 - Engranamientos
 - Grasa inadecuada
 - Suciedad en las roscas
 - Excesivo ajuste y desajuste

- O validad
- ✓ Se rechaza todo Cupling que no conserve su forma, que presente desgaste, arrancaduras, engranamientos y picaduras de corrosión que afecten la raíz de las mismas cuya profundidad sea mayor a 1/16" y 1/8" de diámetro.
- ✓ Para roscas externas e internas inspeccionar las áreas de longitud de la full cresta en la espiga y las áreas de longitud perfecta.

- ✓ Según la norma API 5A5 las causas que las roscas pueden ser rechazadas son las siguientes:
 - Roscas rotas
 - Cortados
 - Pulidos
 - Filos o gradas
 - Grietas o fisuras
 - Roscas rasgadas-gruesas –delgadas
 - Rozaduras
 - Altura inapropiada de las roscas
 - Agujeros
 - Con marcas de herramienta o que rompen la continuidad
- ✓ Los de Pin-Box Dañados se identificarán con una franja roja de apropiadamente 2" en el centro de la espiga o de la caja y será dada a disposición final adecuada.

Diagrama 1. Recepción de material en Patio.



Fuente: El Autor

2.1 RECEPCIÓN DE TUBERÍAS Y VARILLAS.

Una vez terminados los trabajos programados en subsuelo de cada uno de los pozos, las tuberías y varillas extraídas por medio del Equipo, deberán ser enviados a los Patios, (bodega).

2.1.2 Transporte de material desde el pozo a los patios de recuperados.

Cabe resaltar que el campo petrolero la Cira – Infantas es de características geográficas dispersas, es responsabilidad de la coordinación de subsuelo entregar sus excedentes que no son utilizados en yacimiento, a los patios de recuperados de la superintendencia.

La tubería y varillas desmantelada en pozo, es transportada en Tracto camiones (Cama altas), estos vehículos deberán tener la capacidad y cumplir con los requerimientos de transporte, movilidad nacional y seguridad industrial. De acuerdo a las resoluciones 4100 de 2004, 2888 de 2005 y 1782 de 2009, 3027 de 2010 y la ley 336 de 1996 de la dirección de Tránsito y Transporte; y el Ministerio de Transporte Nacional referentes a esta materia.

2.1.3 Operación cargue y descargue del material.

Una vez la cama alta ubicada en el patio de recuperados, se procede a descargar el material según relación en cantidades enviadas desde el pozo, el descargue se realizará con equipos adecuados y certificados; para este ejercicio se podrán utilizar cargadores frontales de horquillas; Camión articulado con brazo hidráulico.

Antes de cualquier operación se realizará y divulgara un análisis de riesgo (AR) para la ejecución de las actividades a desarrollar, se descargará el material en una zona denominada recibo de material.

2.1.4 Recepción, selección y almacenamiento.

Esta operación consiste en cuantificar y clasificar los materiales, que se reciben e ingresan al proceso de inspección y luego en almacenamiento temporal hasta su reutilización o disposición final.

Para este proceso se contara con rack adecuados de almacenamiento, e infraestructura adecuada para la preservación de los materiales.

2.2 INSPECCIÓN VISUAL.

El material es recibido por en el área de inspección, quedaran almacenados en un área temporal los que en primera instancia avale el inspector, luego entrarán a otro proceso más adecuado para determinar su estado físico, las tuberías y varillas que no estén dentro del estándar, serán ubicados en el área denominada clase “C” chatarra para su intervención (oxicorte) y disposición final adecuada.

Se estima que después de ejecutado la Inspección Visual el 10% de las tuberías y varillas no serán aptas para ser reutilizadas.

2.2.1 Limpieza interna y externa.

Se deberá realizar limpieza de los materiales con jabones industriales que desprenda los hidrocarburos y otros agentes, luego someter el material ha secado ambiente (solar).

Esta actividad se desarrollara con el fin de asegurar una inspección adecuada por unidad de Tuberías y Varillas, realizarles un análisis detallado para determinar el proceso a seguir; se estima que ejecutado este proceso de limpieza el 10% de las tuberías y varillas no serán actas para ser reutilizadas.

2.2.2 Enderezada del tubo.

Al Inspeccionar visualmente la tubería encuentra que el tubo esta torcido de manera leve, procederá a enderezarlo si su condición lo amerita y luego continuar con el procedimiento establecido de inspección.

Para esta actividad se deberá contar con los equipos adecuados, como prensas hidráulicas de manera que la tubería quede perfectamente recta y sin ningún tipo de abolladuras.

2.2.3 Full Lenght Drift (Conejeo).

Para esta actividad y una vez limpio, seca y libres de partículas la tubería y varillas se deberán seleccionar los conejos correctos de acuerdo a las tablas y normas y procedimientos y recomendaciones en la inspección END. El conejo

deberá pasar a través de la tubería de tal manera que las roscas ni los sellos sean golpeados o dañados.

Esta técnica tiene como objetivo preparar la tubería en la parte interior para someterla a los proceso de inspección END. La norma API RP 5A5, recomienda que el conejo debe estar a la misma temperatura del tubo; y luego una vez inspeccionado 50 Unidades de tubería el conejo debe ser revisado.

Una vez ejecutado este proceso, se proyecta que el 10% de la tubería no será acta para ser reutilizada.

2.2.4 Calibración Interna.

Posterior a la limpieza, se precederá a la calibración interna, se utiliza un calibrador o drif (conejo) de acuerdo a las especificaciones de longitud, diámetro y peso de la tubería según la tabla 4.8c y 4.8 b del API 5 A5, para determinar el estado geométrico interno de cada tubo.

El tubo que no presente colapso será sometido a prueba electromagnética para determinar su verdadero estado, si el tubo presenta severo colapso por el cuerpo será marcado con una franja roja y será llevado a excedentes industriales, si presenta colapso leve será sometido a prueba hidrostática y será marcado con franja azul el cual será utilizado como tubería de línea o construcción de soportes.

2.3 INSPECCIÓN ELECTROMAGNÉTICA A TUBERÍA.

Realizar inspección electromagnética a todo el cuerpo de la tubería, para determinar corrosión, fisuras, grietas y desgastes de pared interna y externa del tubo.

Emplear equipos especiales requeridos para la realización de este tipo de pruebas que permita el escaneo de los diferentes diámetros de tubería y varilla garantizando su lectura de manera continua en toda la longitud ya sea del tubo y/o la varilla, al igual que el personal calificado y certificado para el buen desarrollo de la misma para ofrecer un buen diagnostico.

Sí el tubo pasa la inspección debe ser marcado con color distintivo de acuerdo a su condición según las normas API y se procederá a realizar las respectivas reparaciones y/o prueba hidrostática, la tubería que no supere la prueba electromagnética no le aplica la prueba hidrostática.

2.4 INSPECCION ELECTROMAGNETICA A VARILLA.

Con el empleo de un equipo de inspección electromagnética se hará la inspección en toda la longitud de la varilla para evaluar daños como: superposición de material, fracturas, cortes de herramientas, corrosión exterior e interior, cambio estructural, variación del espesor de pared en toda su longitud, cortes o daños mecánicos longitudinales y transversales, comparación y clasificación de grado.

2.5 PRUEBA HIDROSTÁTICA.

Una vez realizadas y superadas las anteriores inspecciones se procederá a probar hidrostáticamente cada tubo con 3.000 psi sostenidas durante veinte (20) segundos, la cual debe quedar registrada utilizando equipo registrador con mecanismo Helicoidal 100% de precisión.

Si el tubo presenta fuga por el coupling, se debe cambiar el coupling y repetir la prueba, el tubo sometido a prueba hidrostática que mantenga la presión, será marcado con una franja amarilla. Si el tubo presenta fuga por el cuerpo, se marcará con una franja roja y se procederá a retirarle el coupling. El tubo que presente fuga debido al mal estado de la rosca del pin, se le fabricará una nueva rosca de ser posible (si el up set lo permite) y se le realizará nuevamente la prueba hidrostática.

Si el tubo presenta colapso leve y al realizarle prueba hidrostática mantiene la presión será marcada con una franja azul.

El tubo sometido a prueba hidrostática que mantenga la presión, será marcado con una franja amarilla.

2.5.1 Pintura Protectora.

Se realizara la preservación de las varillas y tuberías con pintura protectora para su almacenaje, las características y tipo de esmalte a base de productos emulsionados que cumpla con la protección requerida.

2.5.2 Almacenamiento y selección de tubería y varilla

Basados en la Norma API RP 5C1, como guía del correcto almacenamiento de las tuberías y/o varillas según su diámetro y/o condición dentro de la bodega asignada por ECOPETROL S.A.

El material analizado, limpio y aceptado por la operación deberá ser almacenado por diámetros y características en un sitio denominado material apto para

operación, luego informar de las existencias a la coordinación de Subsuelo y/o producción a la espera de cubrir las necesidades los pozos petroleros.

Por último se recibe solicitud de material según necesidad de la dependencia, en formatos SCI-SCI-F-003 & SCI-SCI-F 004, donde indican las especificaciones y cantidades, del material, se procede a la verificación, cargue y despacho al lugar (Pozo) indicado. Ver (anexos 1, Anexo 2).

3. ANALISIS DE ALTERNATIVA

3.1 ANÁLISIS DE COMPRAS DE TUBERÍA Y VARILLA.

Se realizaron compras de tubería nueva por 30.294 unidades por ciclo de (cuatro Meses) al año, con una estimación del precio por unidad como se muestra en la tabla 1. Según los diámetros y características del material.

Tabla 1. Precios de tubería nueva por unidad.

Ítem	DESCRIPCIÓN	Cantidad	Und Pies	Valor Unitario * Pies	Valor Parcial COP
1	TUBING, WELL DRILLING OD: 3-1/2 IN, GRADE: J-55,	31,5	Ft	\$ 14.523	\$ 457.475
2	TUBING, WELL DRILLING OD:2-7/8 IN, GRADE: J-55,	31,5	Ft	\$ 10.157	\$ 319.946
3	TUBING, WELL DRILLING OD: 2-7/8 IN, GRADE: N-80,	31,5	Ft	\$ 11.248	\$ 343.312
4	TUBING, WELL DRILLING OD: 4-1/2 IN	31,5	Ft	\$ 18.123	\$ 570.875
5	TUBING, WELL DRILLING OD: 2.3/8 IN	31,5	Ft	\$ 7.410	\$ 233.415
6	TUBING, WELL DRILLING OD: 2.3/8 IN	31,5	Ft	\$ 8.029	\$ 252.914

Fuente: Aplicativo Ellipse Histórico de compras Ecopetrol S.A

Se realizaron compras de varillas por 11.736 unidades al año, con una Estimación del precio por unidad como se muestra en la tabla 2, según sus diámetros y características.

Tabla 2. Precios de Varilla Nueva.

Ítem	Descripción	Und	CANTIDAD	² Precio (USD/Und)	Valor (COP/Und)
1	SR D 7/8" T SH	EA	1	76,81	147.840
	SR D 7/8" T FS	EA	1	76,81	147.840
	SR D 7/8" T SH AT 3-1/2" 4 Cent	EA	1	122,78	236.160
	SR MMS 7/8" UHS FS	EA	1	108,79	209.280
	SR MMS 7/8" UHS FS AT 3-1/2" 3 Cent	EA	1	142,19	274.560
2	SR MMS 1" UHS SH	EA	1	140,05	270.720
	SR MMS 1" UHS SH AT 3-1/2" 3 Cent	EA	1	173,52	334.080
	SR D 1" T SH	EA	1	106,73	205.440
	SR D 1" T SH AT 3-1/2 4 Cent	EA	1	152,78	293.760
3	SR MMS 3/4" UHS SH	EA	1	84,68	163.200
4	SR D 5/8" T FS	EA	1	53,06	103.680
5	PR D 1" x 2ft T SH	EA	1	71,78	138.240
6	PRPE UHS 1-1/4" Pin 1" 2ft UHS SH	EA	1	210,43	405.120
7	PRPE UHS 1-1/4" Pin 1" 4ft UHS SH	EA	1	230,56	443.520
8	PRPE UHS 1-1/4" Pin 1" 6ft UHS SH	EA	1	252,31	485.760
9	PR UHS 7/8" x 8ft UHS SH	EA	1	118,06	228.480
10	PRPE UHS 1-1/4" Pin 1" 10ft UHS SH	EA	1	319,18	614.400

Fuente: Aplicativo Ellipse Histórico de compras Ecopetrol S.A.

En la actualidad no hay inspección ni recuperación de materiales desmantelados, estos terminan desechados en los patios de excedentes industriales, para ser sometido a proceso de oxicorte y luego ser vendidos como chatarra en kilogramos a siderurgias³ bajo unos acuerdos de precios establecidos; y así poder disminuir los niveles de almacenamiento.

² TRM: 1.919,42 para el día 3-julio-2013, Banco de la República de Colombia.

³ Es la técnica del tratamiento del mineral de hierro para obtener diferentes tipos de éste o de sus aleaciones.

Para el año **2011** El inventario⁴ almacenado de tubería de producción llegó a: 32.762 Und; para la Varilla (Rod Socker) alrededor de 24.405 Und; de diferentes diámetros utilizados en operaciones de Subsuelo.

Para el año **2012** El inventario almacenado de tubería de producción llegó a: 43.324 Und; en la varilla (Rod Socker) alrededor de 26.723 Und; de diferentes diámetros utilizados en las operaciones de Subsuelo.

Para lo corrido del **2013** a corte de 31 mayo, El inventario de recibo de tubería de producción, es de 11.668 Und; y para la varilla (Rod Socker) 8.391Und; de diferentes diámetros utilizados en las operaciones de Subsuelo.

El material almacenado a hoy está siendo reutilizado en construcción de marcos H, para el soporte de tubería de línea conducción de hidrocarburos, en trinchos que sirven como soportes de bancada de las vías, cerchas para cubiertas Manifold; y otras obras civiles de la compañía.

3.2 VENTAS DE MATERIAL METÁLICO NO APTO PARA OPERACIÓN

Para la reducción de inventario y cumplimiento de las normativas ambientales para la disposición final adecuada, este material por sus composiciones en niveles altos de acero se vende por medio de acuerdos de precios como materia prima "Chatarra" a siderurgias, en la tabla 3, se muestra un aproximado de ventas anuales.

Tabla 3. Ventas anuales por kilogramos chatarra.

Años	2011	2012	Corte Mayo 2013	Total Recuperado
\$ Venta	\$ 2.122.962.280	\$ 2.090.679.540	\$ 707.440.260	\$ 4.921.082.080

Fuente: Autor, Admón. de inventarios y logística inversa

⁴ Fuente: Base de datos de la Administración de bodega de materiales-SCI de Ecopetrol S.A.

Para el campo la Cira-Infantas en operación existen 908 pozos productores y 346 pozos inyectoros para un total de 1254 pozos; para el primer semestre del año 2013 de los 1254 pozos se han intervenido así: 32 pozos inyectoros y 130 para pozos productores para un total de 162 pozos mes 972 pozos a corte de junio de 2013. Con estos datos se puede proyectar cuantas intervenciones se realizarán al final de año; para este ejercicio se asume que el comportamiento seguirá estable y al final del segundo semestre habrá 1944 pozos intervenidos.

De los 162 pozos intervenidos en el mes, el 20% equivalen, a 32.4 pozos que utilizan tubería con diámetro de 4-1/2"; con un 40% que equivalen, a 64.8 pozos utilizan tubería con diámetros de 3-1/2"; el 30% de los pozos utilizan tubería de diámetros 2-7/8" equivalentes a 48.6 pozos; el 10% restante de los pozos utilizan tubería con diámetros de 2-3/8" equivalentes 16.2 pozos.

Cabe resaltar que la longitud promedio de la tubería es de 31.5 Ft/Und; para la Varilla es de 25 FT/Und; Con esta información se puede promediar que para 1200 Ft se utilizarán 39 unidades, y para 4000 Ft se utilizarán 127 unidades por pozo; para efectos del ejercicio se tomará 2600ft por pozo esto nos indica que cada pozo necesita 83 tubos y 104 de Varilla para su operación, para un total de 13446 tubos y 16848 varillas para los 162 pozos.

Se necesitaría 2.689 Und, nuevas de tubería con diámetros de 4-1/2" para cubrir el 20% de los pozos; para cubrir el 40% de los pozos se necesitan 5378,4und/mes de los diámetros 3-1/2" para el 20% de los pozos se requieren 4.034 Und/mes para los diámetros 2-7/8" y para el 10% restante se requieren 1345 Und/mes de los diámetros 2-3/8".

Basado en esta información se estima que de las 13446 Und el 40% quedará en los diferentes procesos de inspección END, nombrados en el numeral 8.1; equivalentes a 5.378,2Und no operativas terminarán en siderurgias. El 60% restante de la tubería 8.068 Und restante serán reutilizados en la operación.

3.3 ESTABLECER EL COSTO DE INSPECCIÓN DE TUBERÍA.

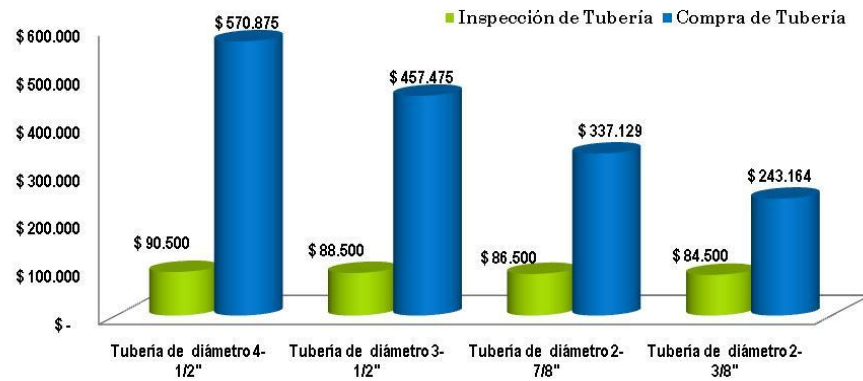
Inspección según diámetro de tubería (\$*Und) para el área de hidrocarburos.

Tabla 4. Precios unitarios de Inspección de tubería.

PRECIOS UNITARIOS PARA INSPECCION DE TUBERIA							
Ítem	Inspección de Tuberías	Und	Cant.	Valores Unitarios Incluido AIU			
				A	B	C	D
1	Numeración, Clasificación e Inspección Visual del Cuerpo y Roscas en Cada Tubo	Und	1	\$ 4.500	\$ 4.500	\$ 4.500	\$ 4.500
2	Remoción de Hidrocarburos	Und	1	\$ 5.000	\$ 5.000	\$ 5.000	\$ 5.000
3	Calibración del diámetro Interno en toda la Longitud de cada Tubo	Und	1	\$ 6.000	\$ 6.000	\$ 6.000	\$ 6.000
4	Limpieza Interna y Externa de cada Tubo	Und	1	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000
5	Inspección electromagnética	Und	1	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 14.000
6	Prueba Hidrostática	Und	1	\$ 13.000	\$ 13.000	\$ 13.000	\$ 13.000
7	Remoción Cupling	Und	1	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000
8	Instalación de Cupling	Und	1	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000
9	Fabricación de Roscas para Tubería de 2-3/8" (A)	Und	1	\$ 20.000	\$ -	\$ -	\$ -
10	Fabricación de Roscas para Tubería de 2-7/8" (B)	Und	1	\$ -	\$ 22.000	\$ -	\$ -
11	Fabricación de Roscas para Tubería de 3-1/2" (C)	Und	1	\$ -	\$ -	\$ 24.000	
12	Fabricación de Roscas para Tubería de 4-1/2" (D)	Und	1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 26.000
13	Preservación del cuerpo del Tubing con Pinturas	Und	1	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000
Subtotal				\$ 84.500	\$ 86.500	\$ 88.500	\$ 90.500

Fuente: Estudio de mercados de la coordinación abastecimiento el centro Ecopetrol S.A.

Grafica 1. Precios de compra tubería nueva e inspección por unidad.



Fuente: El Autor

3.4 ESTABLECER EL COSTO DE INSPECCIÓN DE VARILLA.

Inspección según diámetro de Varilla (\$*Und) para el área de hidrocarburos.

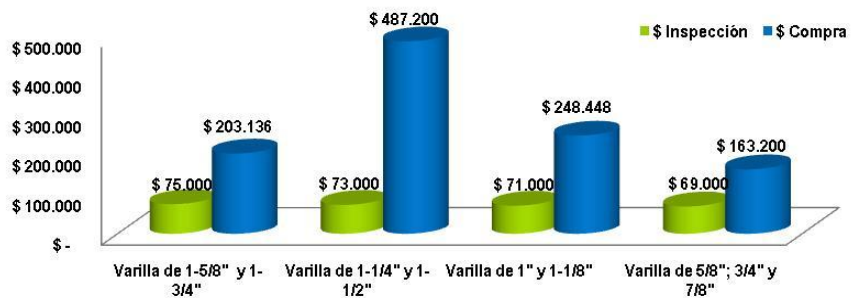
Tabla 5. Precios unitarios de Inspección de Varilla.

PRECIOS UNITARIOS PARA INSPECCION DE VARILLA							
Ítem	Inspección de Varilla	Und	Cant.	Valores Unitarios Incluido AIU			
				A	B	C	D
1	Numeración, Clasificación e Inspección Visual del Cuerpo y Roscas en Cada Varilla	Und	1	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 3.500
2	Remoción de Hidrocarburos	Und	1	\$ 4.000	\$ 4.000	\$ 4.000	\$ 4.000
3	Calibración del diámetro en toda la Longitud de cada Varilla	Und	1	\$ 4.500	\$ 4.500	\$ 4.500	\$ 4.500
4	Limpieza Externa de cada Varilla	Und	1	\$ 6.000	\$ 6.000	\$ 6.000	\$ 6.000
5	Inspección electromagnética	Und	1	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 14.000
6	Líquidos Penetrantes	Und	1	\$ 11.000	\$ 11.000	\$ 11.000	\$ 11.000

7	Remoción Cupling	Und	1	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000
8	Instalación de Cupling	Und	1	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000
9	Fabricación de Roscas para Varilla de 5/8"; 3/4" y 7/8" (A)	Und	1	\$ 12.000	\$ -	\$ -	\$ -
10	Fabricación de Roscas para Varilla de 1" y 1-1/8" (B)	Und	1	\$ -	\$ 14.000	\$ -	\$ -
11	Fabricación de Roscas para Varilla de 1-1/4" y 1-1/2" (C)	Und	1	\$ -	\$ -	\$ 16.000	
12	Fabricación de Roscas para Varilla de 1-5/8" y 1-3/4" (D)	Und	1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 18.000
13	Preservación del cuerpo del Varilla con Pinturas	Und	1	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000
Subtotal				\$ 69.000	\$ 71.000	\$ 73.000	\$ 75.000

Fuente: Estudio de mercados de la coordinación abastecimiento el centro Ecopetrol S.A.

Grafica 2. Precios de compra tubería nueva Vs inspección por unidad.



Fuente: El Autor

3.5 COMPARAR EL COSTO DE REUTILIZAR CON EL COSTO DE COMPRAR.

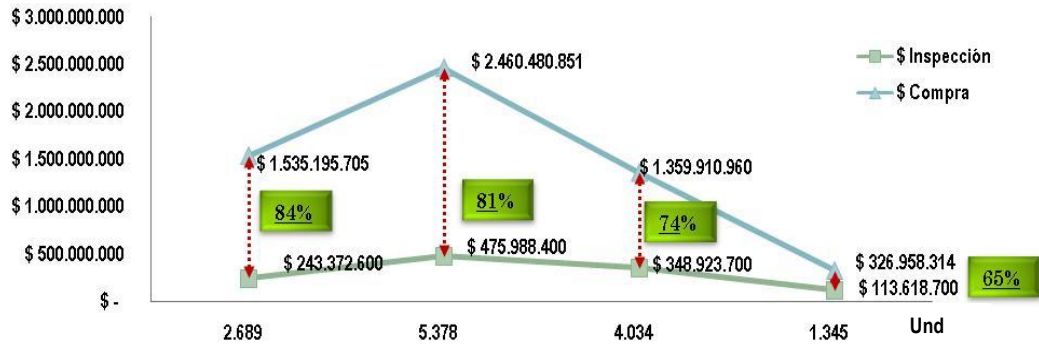
Se presenta la relación de compras de Tubería y Varilla VS el costo de inspección del mismo; para las actividades (Workover, flush by; Ware line), actividades de subsuelo complementarias y de abandono de los pozos donde se utilizan tubería y varilla nueva.

Tabla 6. Relación de costos Compra VS inspeccionar para la tubería.

Descripción	Valor de Tubo * Inspección	Valor Tubería Nueva*Und	Unidades Requerida	Costo de Inspección* Und	Costo de Compras * Und
Tubería de diámetro 4-1/2"	\$ 90.500	\$ 570.875	2.689	\$ 243.372.600	\$ 1.535.195.705
Tubería de diámetro 3-1/2"	\$ 88.500	\$ 457.475	5.378	\$ 475.988.400	\$ 2.460.480.851
Tubería de diámetro 2-7/8"	\$ 86.500	\$ 337.129	4.034	\$ 348.923.700	\$ 1.359.910.960
Tubería de diámetro 2-3/8"	\$ 84.500	\$ 243.164	1.345	\$ 113.618.700	\$ 326.958.314
Subtotal			13.446	\$ 1.181.903.400	\$ 5.682.545.831
<u>% de recuperación</u>		<u>60%</u>	8.068	\$ 709.142.040	
<u>% de compra</u>		<u>40%</u>	5.378		\$ 2.273.018.332
<u>A</u>	<u>Valor total costo de inspección + % de Compra</u>				\$ 3.454.921.732
<u>B</u>	<u>(Subtotal Compras) - (A)</u>				\$ 2.227.624.098
<u>C</u>	<u>Recuperación por ventas (300 KG* Promedio de peso unidades 119 Kg)</u>				\$ 192.008.880
(B + C) Ahorro Total					\$ 2.419.632.978

Fuente: El Autor

Grafica 3. Porcentaje de ahorro en compras Tubería.



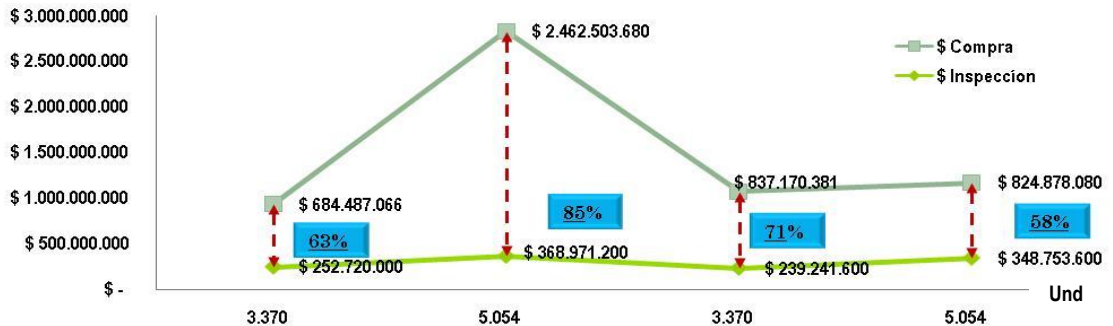
Fuente: El Autor

Tabla 7. Relación de costos Compra e inspeccionar para la Varilla.

Descripción	Valor de Varilla * Inspección	Valor Varilla Nueva*Und	Unidades Requerida	Costo de Inspección* Und	Costo de Compras * Und
Varilla de 1-5/8" y 1-3/4"	\$ 75.000	\$ 203.136	3.370	\$ 252.720.000	\$ 684.487.066
Varilla de 1-1/4" y 1-1/2"	\$ 73.000	\$ 487.200	5.054	\$ 368.971.200	\$ 2.462.503.680
Varilla de 1" y 1-1/8"	\$ 71.000	\$ 248.448	3.370	\$ 239.241.600	\$ 837.170.381
Varilla de 5/8"; 3/4" y 7/8"	\$ 69.000	\$ 163.200	5.054	\$ 348.753.600	\$ 824.878.080
Subtotal			16.848	\$ 1.209.686.400	\$ 4.809.039.206
<u>% de recuperación</u>		<u>60%</u>	10.109	\$ 725.811.840	
<u>% de compra</u>		<u>40%</u>	6.739		\$ 1.923.615.683
<u>A</u>	<u>Valor total costo de inspección + % de Compra</u>				\$ 3.133.302.083
<u>B</u>	<u>(Subtotal Compras) - (A)</u>				\$ 1.675.737.124
<u>C</u>	<u>Recuperación por ventas (300 KG* Promedio de peso unidades 65 Kg)</u>				\$ 131.414.400
(B + C) Ahorro Total					\$ 1.807.151.524

Fuente: el Autor

Grafica 4. Porcentaje de ahorro en compras Varilla.



Fuente: el Autor

De acuerdo al análisis de las graficas 3 y Graficas 4 se puede determinar que el ahorro compras de tubería y Varilla inspeccionada es de 72%.

Se puede estimar que el 20 % del valor de la compra, sería utilizado para realizar las inspecciones del material.

Tabla 8. Análisis de las alternativas sin y/o con proyecto.

SIN PROYECTO		
Costos de Comprar	Unidades	\$ Valor
	\$ 30.294	\$ 10.491.585.037
Venta en kg por chatarra	3.089.988	\$ 772.497.000
Costo Total		\$ 9.719.088.037

CON PROYECTO		
Comprar	Unidades	\$ Valor
	30.294	\$ 10.491.585.037
Costo de inspeccion	30.294	\$ 2.391.589.800
40% comprar	12.118	\$ 4.196.634.015
Sub total		\$ 6.588.223.815
Ahorro En Compras		\$ 3.903.361.222
(+) Venta en kg por chatarra	1.853.993	\$ 463.498.200
Costo Total		\$ 6.124.725.815

CON PROYECTO		
Comprar	Unidades	\$ Valor
	30.294	\$ 10.491.585.037
Costo de inspeccion	30.294	\$ 2.391.589.800
60% comprar	18.176	\$ 6.294.951.022
Sub total		\$ 8.686.540.822
Ahorro En Compras		\$ 1.805.044.215
(+) Venta en kg por chatarra	1.235.995	\$ 308.998.800
Costo Total		\$ 8.377.542.022

CON PROYECTO		
Comprar	Unidades	\$ Valor
	30.294	\$ 10.491.585.037
Costo de inspeccion	30.294	\$ 2.391.589.800
80% comprar	24.235	\$ 8.393.268.030
Sub total		\$ 10.784.857.830
Ahorro En Compras		-\$ 293.272.793
(+) Venta en kg por chatarra	617.998	\$ 154.499.400
Costo Total		\$ 10.630.358.430

60% de recuperacion \$ 3.594.362.422

40% de recuperacion \$ 1.341.546.015

20% de recuperacion -\$ 911.270.393

Alternativa 1: Con este proyecto se estima pasar de un valor de compra actual de \$ 10.491.585.037 COP A \$ 6.588.223.815 COP con un ahorro de 3.903.361.222 COP; donde se pueda recuperar el 60% de los materiales a inspeccionar.

Alternativa 2: Con este proyecto se estima pasar de un valor de compra actual de \$ 10.491.585.037 COP A \$ 8.686.540.822 COP con un ahorro de 1.805.044.215 COP; donde se pueda recuperar el 40% de los materiales a inspeccionar.

Alternativa 3: Donde se pueda recuperar solo hasta el 20% de los materiales a inspeccionar; se estima que genera costos de compra por \$ 293.272.793 COP.

4. CONCLUSIONES

En el análisis de las alternativas de este proyecto se demostró que se reduce el costo de comprar hasta un 30% por periodo.

El costo de inspección del material que permita su reutilización equivale al 19.9% de la compra total que se está realizando en la actualidad.

Este estudio demuestra que es altamente beneficioso aplicar las técnicas de revisión actuales de materiales, dejan una alta rentabilidad y nos permiten ser más amigable con el medio ambiente, disminuirá sustancialmente el nivel de destrucción del material.

En el aspecto de seguridad Industrial, los riesgos operativos que implican el desarrollo de intervenir el material (destruir, cargar y transportar), serán disminuidos ya que las cantidades a destruir serán menores, en relación con las destruidas en la actualidad.(ver Tabla 8).

RECOMENDACIONES

El acuerdo de precios para la disposición final de material en piso deberá ser negociado, una vez que este material será entregado seleccionado y puesto en Rack de corte.

Realizar Estudio de mercados con proveedores locales y regionales con el fin identificar las empresas que presten los servicios de inspecciones END.

Realizar seguimiento y control de la tubería reutilizada en los pozos, para evitar reprocesó y costos involuntarios. Alimentar la base de datos de solicitudes y recibo.

BIBLIOGRAFIA

Especificacion for Casing and Tubing.5ct 8^a edition/ISO 11960 3^a edition.

FABIAN BENEDETTO. Tenaris el desafío de producir más Energía mayo de 2010.

MANUAL CASING Y TUBING. Pdf / Dr. Jorge A. Simini.

TENARIS y sus compañías han elaborado el folleto para fines informativos generales

CIBERGRAFIA

http://ballots.api.org/ecs/sc5/ballots/docs/5CT_na.pdf

<http://blog.utp.edu.co/metalografia/2010/11/05/ensayos-no-destructivos/>

<http://es.scribd.com/doc/36806405/Manual-Uso-Casing-Tubing>

<http://es.scribd.com/doc/58150909/Inspeccion-Visual-de-Roscas-2>

<http://es.scribd.com/doc/58206784/66/Tecnicas-de-inspeccion-volumetrica>

<http://es.scribd.com/doc/82438564/API-570-en-Espanol>

<http://es.scribd.com/doc/88285358/API-5CT-esp>

http://www.alip.org/docs/Historias/breve_historia_petrolera_colombia.pdf.pdf

<http://www.dinacheck.com.ar/pdf/Ensayo%20no%20destructivo%20por%20I%C3%ADquido%20penetrante.pdf>

<http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta127/entorno.htm>

<http://www.generalxray.co/no-destructivos/radiografia-industrial>


http://www.pemex.com/files/content/PROY-NRF-227_STN-PEP_13-10-08.pdf

http://www.sieend.com.mx/servicios_radiografia.html

<http://www.tenaris.com/es-ES/ContactUs.aspx#Colombia>

<http://www.tenaris.com/shared/documents/files/CB789.pdf>

Anexo B.

		FORMATO DE DESPACHO DE MATERIALES RECUPERADOS												
		OPERACIÓN Y ENTREGA DE HIDROCARBUROS SUPERINTENDENCIA LA CIRA INFANTAS												
SCI-SCI-F-004		Elaborado: 01/06/2012		Version 1										
Fecha: _____-2013		No ítems: _____		Suma de Unidades: _____ No: _____										
Lugar de Origen: _____		Lugar de Destino: _____		Pozos/Locaciones <input type="checkbox"/>										
Departamento: _____		Cúal: _____		Cúal: Taller servipozos <input checked="" type="checkbox"/>										
No.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CANTIDAD SOLICITADA	CANTIDAD DESPACHADA	UNIDAD	PESO APROXIMADO (KG)	ESTADO DEL MATERIAL								
1						INSPECCIONADO	REPARADO	REUTILIZABLE	CHATARRA					
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
OBSERVACIONES:														
<h1>Página 1</h1>														
SOLICITADO POR					REVISADO POR					AUTORIZADO POR				
Firma:					Firma:					Firma:				
Nombre: DAVID ALBA					Nombre: JHON ALEXANDER MATEUS					Nombre: ALEXANDER MISAS AGUDELO				
Registro: E0114615					Registro: c1432664					Registro: E0201970				
Cargo: LIDER TALLER DE BOMBAS DE SUBSUELO - SCI					Cargo: GESTOR DE RECUPERADOS Y EXCEDENTES					Cargo: LIDER BODEGAS -SCI				
Empresa: ECOPETROL S.A.					Empresa: DATABANK MKS					Empresa: ECOPETROL S.A.				
ENTREGADO POR					RECIBIDO POR					TRANSPORTADO POR				
Firma:					Firma:					Firma:				
Nombre: MARTIN IGNACIO DURAN					Nombre:					Nombre:				
Registro: 13.854.557					Registro:					Cédula:				
Cargo: Técnico Materiales					Cargo: ING RESIDENTE (INSPECCION)					Placas:				
Empresa: U.T Panalpina-Serprotec.					Empresa: SERVPOZOS					Empresa: Servipozos				
Hora de Entrega:					Hora de Recibido:					Hora Entrega:				