

**GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA**

**DIEGO ANTONIO CARVAJAL DEL BASTO CARREÑO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA – SANTANDER  
2009**

**GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA**

**DIEGO ANTONIO CARVAJAL DEL BASTO CARREÑO**

*Monografía presentada para optar al título de  
Especialista en Gerencia de Hidrocarburos*

**DIRECTOR**

**Ing. CARLOS JULIO MONSALVE MORENO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA – SANTANDER  
2009**

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>1. OBJETIVOS</b>	2
1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
<b>2. GENERALIDADES DEL CAMPO ESCUELA</b>	3
2.1 LOCALIZACIÓN	3
2.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS	4
2.3 INSTALACIONES DEL CAMPO ESCUELA	5
<b>3. PLAN DE ACCION BASADO EN EL RBI REALIZADO EN LA ESTACION DE RECOLECCION</b>	8
<b>4. PROCEDIMIENTO PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO</b>	12
4.1 METODOLOGIA GENERAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO	12
4.2 MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE SUPERFICIE EN POZOS	13
4.3 MANTENIMIENTO DE ESTACION RECOLECTORA	17
4.4 MANTENIMIENTO DE LINEAS DE FLUJO	18
<b>5. ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA INSPECCION DE LINEAS DE FLUJO</b>	20
5.1 OBJETIVO	20
5.2 ALCANCE	20
5.3 DOCUMENTOS DE REFERENCIA	20
5.4 INSPECCION DE LINEAS	21
5.5 GEOREFERENCIACIÓN DE LINEAS DE FLUJO	34
<b>6. CLASIFICACION DE LA INFORMACION RELACIONADA CON ESTUDIOS DE INTEGRIDAD Y MANTENIMIENTO REALIZADOS EN EL CAMPO ESCUELA</b>	41

<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>55</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>59</b>

## LISTA DE FIGURAS

**FIGURA 1.** ESQUEMA GENERAL PARA UBICACIÓN DE PUNTOS DE  
MEDICIÓN DE ESPESORES

37

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> PLAN DE ACCIÓN BASADO EN LAS CONCLUSIONES DEL RBI REALIZADO EN LA ESTACIÓN DE RECOLECCIÓN	17
<b>TABLA 2.</b> RUTINAS DE LUBRICACIÓN DEFINIDAS PARA EL PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DE BOMBEO.	23
<b>TABLA 3.</b> CAMBIOS REALIZADOS EN EL PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO	24

## RESUMEN

**TITULO:** GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA\*

**AUTOR:** DIEGO ANTONIO CARVAJAL DEL BASTO CARREÑO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** RBI, inspección, plan, mantenimiento, Campo colorado.

El presente documento tiene como objetivo plantear la metodología más indicada para la implementación del mantenimiento mecánico teniendo en cuenta los recursos de personal, herramienta y equipos disponibles en el campo escuela, basado en la información de los trabajos de grado y estudios sobre integridad y mantenimiento realizados por estudiantes de la escuela de Ingeniería Mecánica y la escuela de Ingeniería Metalúrgica.

El contenido del documento se estructura en cuatro partes principales; la primera parte presenta un plan de acción basado en las conclusiones y observaciones del análisis de integridad realizado a la estación de recolección del campo escuela UIS, con el objeto de recomendar acciones prácticas que se puedan realizar con los recursos que dispone el campo escuela, y dar las pautas para proponer las actividades de un plan de mantenimiento correctivo y preventivo para la estación de recolección.

La segunda parte describe el procedimiento para la implementación del plan de mantenimiento del campo escuela teniendo en cuenta los recursos disponibles.

La tercera parte establece las especificaciones técnicas para la inspección, georreferenciación y segmentación de las líneas de flujo del campo escuela.

Por último, la cuarta parte describe la forma como se organizó y clasificó la documentación existente en medio magnético, relacionada con estudios de integridad y mantenimiento realizados en el campo escuela.

---

\*Monografía de Especialización

\*\*Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director Carlos Julio Monsalve.

## SUMMARY

**TITLE:** GUIDE TO THE IMPLEMENTATION OF A PROGRAM OF MECHANIC MAINTENANCE ON COLORADO SCHOOL FIELD \*

**AUTHOR:** DIEGO ANTONIO CARVAJAL DEL BASTO CARREÑO \*\*

**KEY WORDS:** RBI, inspection, plan, maintenance, Colorado Field.

This document aims to propose the most appropriate methodology for the implementation of mechanical maintenance bearing in mind the staff resources, tools and equipment available in the school field, based on information from the thesis and studies on integrity and maintenance performed by students of the Mechanical Engineering School and the Metallurgical Engineering School.

The content of the document is divided into four main parts: the first part presents an action plan based on the conclusions and observations of the integrity analysis performed at the collecting station UIS school field, to recommend practical actions that can be implemented with the available resources at the school field, and to propose guidelines for the activities of a plan of corrective and preventive maintenance for the collecting station.

The second part describes the procedure for implementing the maintenance plan at the field school, bearing in mind the available resources.

The third part establishes the technical specifications for inspection, and georeferenciation of the flow lines of the field school.

Finally, the fourth part describes the form in which the magnetic media documentation related with studies of integrity and maintenance in the field school it was organized and classified.

---

\*Monografía de Especialización

\*\*Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director Carlos Julio Monsalve.

## INTRODUCCION

El estado de integridad de un equipo, tubería o sistema varía a lo largo del tiempo de servicio como resultado de los efectos de distintos mecanismos de acumulación de daño; por tal razón, resulta importante la evaluación de integridad para garantizar la confiabilidad de las operaciones de un sistema. Se debe tener en cuenta que la evaluación de integridad no sólo comprende las condiciones del ambiente mecánico-metalúrgico, sino que deben ser observados los sistemas de gestión, inspección, mantenimiento, proceso y operación, al igual que el estado físico de los equipos y tuberías.

La Universidad Industrial de Santander ha desarrollado importantes proyectos en las áreas de mantenimiento mecánico e integridad en el campo escuela, por lo tanto se hace necesario organizar esta información dándole una dirección con miras a mantener la integridad de los equipos de superficie, para esto es necesario fijar los lineamientos para implementar el plan de mantenimiento desarrollado para el campo escuela, complementándolo con los resultados de los análisis de integridad efectuados en la estación.

Este trabajo plantea la metodología más indicada para la implementación del mantenimiento mecánico teniendo en cuenta los recursos de personal, herramienta y equipos disponibles en el campo escuela, basado en la información de los trabajos de grado y estudios sobre integridad y mantenimiento realizados en el campo escuela, complementada con visitas al campo escuela con el propósito revisar el estado actual de los activos, realizar entrevistas al personal de campo y verificar herramientas, equipos, repuestos y demás elementos utilizados en mantenimiento.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Describir la metodología para la implementación de un plan de mantenimiento del campo escuela UIS, basado en los trabajos de grado realizados por estudiantes de la escuela de Ingeniería Mecánica y la escuela de Ingeniería Metalúrgica, teniendo en cuenta los recursos disponibles del campo escuela.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar un plan de acción basado en las conclusiones y observaciones del análisis de integridad realizado a la estación de recolección del campo escuela UIS.
- Elaborar un procedimiento que describa la implementación del plan de mantenimiento del campo escuela teniendo en cuenta los recursos disponibles en el campo.
- Elaborar las especificaciones técnicas para la inspección, localización con GPS y segmentación de las líneas de flujo del campo escuela.
- Organizar y clasificar la documentación existente relacionada con estudios de integridad y mantenimiento realizados en el campo escuela.

## **2. GENERALIDADES DEL CAMPO ESCUELA**

El Proyecto Campo Escuela Colorado nació bajo la firma de un convenio celebrado entre la Universidad Industrial de Santander y El Campo Escuela Colorado, en Junio del año 2006. Desde entonces, el Campo Escuela se convirtió en un reto administrativo e investigativo para la UIS y en un eslabón para la cadena de hidrocarburos del país.

La UIS asumió este compromiso a través del establecimiento de un Plan Inicial de Trabajo -PIT formulado para los primeros 24 meses del convenio, donde se direccionaron esfuerzos hacia las siguientes seis áreas: Ingeniería y Yacimientos, Operación, Integridad y Mantenimiento de Equipos, HSEQ, Relaciones con la Comunidad, Investigación y Desarrollo Tecnológico.

El Campo escuela es una unidad académico administrativa de carácter científico, tecnológico y de operación de hidrocarburos, que busca que la universidad incorpore un componente práctico a su oferta académica y que la industria petrolera nacional disponga de un laboratorio para la experimentación y desarrollo de nuevas tecnologías orientadas a aumentar la producción del país y mejorar los estándares operacionales.

### **2.1 LOCALIZACIÓN**

Conformado en superficie por un área de 60 Km<sup>2</sup> ubicada en el corregimiento de Yarima, municipio de San Vicente de Chucurí en el Departamento de Santander, República de Colombia, el Campo Colorado está localizado en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM) en la Provincia Estructural del Piedemonte Occidental de la Cordillera Oriental, al sureste del municipio de Barrancabermeja (Santander) y al sur del Campo La Cira - Infantas, entre coordenadas  $X = 1'036.000 - 1'040.500$  Este &  $Y = 1'238.000 - 1'.247.500$  Norte con origen en Bogotá, en área de la antigua concesión De Mares. La estructura corresponde a un anticlinal asimétrico de hasta 80° en su flanco

oeste y hasta 25° en su flanco este. Este anticlinal tiene una longitud aproximada de 10 kilómetros de largo y 3 kilómetros de ancho.

## **2.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS**

El petróleo del Campo Colorado se extrae principalmente de la Formación Mugrosa (Zonas B y C) y de la Formación Esmeraldas (Zona D) de edad Oligoceno – Mioceno inferior, depositada en un sistema fluvial meándrico; así mismo, algunos pozos presentaron en algún momento producción de la formación La Paz (Zona E). La trampa está conformada por un anticlinal elongado en dirección norte-sur limitado por una falla inversa al oeste en sentido N-S y que buza hacia el este y dividido en seis bloques principales por fallas satélite SW-NE.

Las areniscas de la Formación Mugrosa se dividen en cuatro unidades operacionales en el Campo Colorado con una porosidad promedio de 12.9 % para la Zona B1, 13.5% para B2, 15.7% para C1 y 19.6% para C2, con un espesor promedio de arena neta petrolífera de 21.8, 23.2, 24.9 y 42.3 pies, respectivamente.

En el Campo Colorado, de los 75 pozos perforados, solamente 56 pozos reportan algún tipo de producción, siendo muy pobres las producciones acumuladas del campo donde solamente un pozo, Colorado 38, ha producido más de medio millón de barriles y alrededor de 20 pozos han producido más de doscientos mil barriles. Las producciones iniciales de los pozos oscilaron entre 70 a 100 BARRILES POR DIA (BPD) declinando rápidamente a un promedio de 10 BPD en un espacio de tiempo de tres a seis años. En ese sentido, se puede decir que en su gran mayoría los pozos perforados se clasifican como pozos con bajo potencial de hidrocarburos.

Las acumulaciones son de aceite liviano y gas con gravedad entre 30 y 42 °API. El mecanismo de producción predominante es empuje por gas en solución.

La información conocida de presiones es demasiado pobre; se tiene reportada una presión inicial de 506 psi en la Zona B y 2208 psi en la Zona C. El yacimiento presenta poca continuidad lateral en los cuerpos arenosos, que unido a la baja energía del yacimiento y a sus arenas delgadas (por debajo de los 20 pies) hace que la producción acumulada de la mayoría de los pozos sea muy inferior a los 300.000 Barriles (Bls)

Actualmente reporta 4 pozos activos (Pozos 37, 38, 70, 75) con una producción promedio alrededor de los 20 BPD. El sistema de producción actual es de levantamiento artificial por Bombeo Mecánico en la totalidad de los pozos productores, para esto se cuenta con una infraestructura de tuberías y unidades de bombeo para la extracción del crudo.

Debido a las características parafínicas del crudo, uno de los mayores problemas operativos desde los inicios de la vida productiva del campo ha sido la precipitación de parafina en los sistemas de producción. Este problema se ha manejado inyectando baches de químicos por el anular del pozo, recirculados a través del equipo de subsuelo.

## **2.3 INSTALACIONES DEL CAMPO ESCUELA**

### **2.3.1 Líneas para el Transporte de Hidrocarburos**

El crudo producido se envía a la estación de recolección 4 por líneas de 3 pulgadas de diámetro. El campo cuenta con una red de colectores que conectan la línea de flujo con la estación de recolección. Esta red la conforman el colector norte y el colector sur y las tuberías asociadas de la siguiente forma:

- Líneas de flujo de los pozos activos e inactivos.
- Líneas de conducción de crudo al CAMPO-ESCUELA COLORADO.

- Línea de vacío de 6" que va desde la estación a la compresora *El Centro*, ésta línea queda en custodia de ECOPETROL.
- Línea de bombeo de 4" que va desde la sub-estación 4 de Colorado a la Estación LCI- 07, ésta línea queda en custodia de ECOPETROL.

Actualmente las líneas de transporte de crudo de los pozos a la estación no se encuentran georeferenciadas mediante un sistema de coordenadas geográficas.

### 2.3.2 Estación de Recolección

- **Múltiple de entrada**

Dos líneas de 4 pulgadas ingresan a la estación que son recibidas en el múltiple de entrada. Estas son la línea general que es la que conduce la producción de todos los pozos y la de prueba que conduce el aporte del pozo en prueba. El múltiple de entrada dirige líneas de 4 pulgadas de diámetro hacia la zona de separadores.

- **Zona de separadores**

En la estación se cuenta con tres separadores bifásicos (gas-líquido) verticales. Un separador se utiliza para alinear con la línea de producción general y el otro recibe la producción del pozo en prueba. El tercer separador permanece como relevo en caso de mantenimiento de alguno de los separadores que funcionan en operación normal.

- **Tanques de almacenamiento**

La estación de recolección cuenta con dos tanques de almacenamiento techo fijo, lamina soldada y 500 barriles de capacidad cada uno.

- **Sistema de bombeo**

Bomba recíproca con motor de 30HP (caballos de fuerza) con un caudal de 30 barriles por hora a una presión promedio de 120 psi.

- **Sistema de gas**

El sistema de recolección de gas está conformado por líneas de 4 pulgadas de diámetro que se encuentran conectadas a los separadores. La red conduce el gas a la línea que sale de la estación hacia la planta proceso

del campo La Cira-Infantas localizada en el área industrial de El Centro. El sistema de gas está compuesto por una válvula de retención, un “Scrubber” para retiro de condensados y una trampa para envío de raspadores.

### **3. PLAN DE ACCION BASADO EN EL RBI REALIZADO EN LA ESTACION DE RECOLECCION**

Con el propósito de mostrar las posibles acciones a tomar para la solución de los problemas expuestos en las conclusiones y observaciones del trabajo de grado “Desarrollo de un panorama de riesgo de la estación separadora del Campo Escuela Colorado, tomando como base las normas API-580 y API RP-581” elaborado por estudiantes de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica, se definió el plan de acción descrito en la tabla 1.

El objetivo de este plan es recomendar acciones prácticas que se puedan realizar con los recursos que dispone el campo escuela, así mismo dar las pautas para proponer las actividades de un plan de mantenimiento correctivo y preventivo de los activos de la estación de recolección, como se muestra en el numeral 4 “PROCEDIMIENTO PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO”.

ITEM	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	ACCION RECOMENDADA
1	<p>A partir de la implementación de la metodología de Inspección Basada en Riesgo se puede concluir que el nivel de riesgo actual de la Estación separadora del Campo Colorado es MEDIO ALTO y la integridad estructural de los equipos no está comprometida por el deterioro de los equipos, pero como el estudio de integridad involucra el fluido, podría presentarse un eventual taponamiento en las líneas debido a la presencia de parafinas en el crudo del campo.</p>	<p>Posible taponamiento de líneas de la estación por parafina</p>	<p>Realizar un análisis de la composición química de las parafinas para definir el tipo de inhibidor a utilizar. Elaborar e implementar una rutina de inyección de químicos.</p>
2	<p>Mediante la lista de verificación se encontraron una serie de no conformidades que no influyen de forma directa en la probabilidad de falla de los equipos pero que para cumplir con el objetivo principal de la RBI, es necesario tener en cuenta para el desarrollo y mejoramiento de la Estación; además de cumplir los requerimientos mínimos que exige la industria petrolera.</p> <p><b>Nota:</b> Las listas de verificación se encuentran en el Anexo C del trabajo de grado “Desarrollo de un panorama de riesgo de la estación separadora del Campo Escuela Colorado, tomando como base las normas API-580 y API RP-581” elaborado por estudiantes de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica.</p>	<p><u>Tanques K01 y K02:</u> Daños en la pintura de los accesorios del techo (bridas de tubo de medición y venteo). Falta conexión a tierra. No existen ciegos para bloquear el tubo de medición.</p> <p><u>Separadores ASEP 5008021/22/23:</u> Faltan plataformas o escaleras de acceso. Falta conexión a tierra. Falta pintura en válvulas de seguridad.</p>	<p>Elaborar plan de mantenimiento incluyendo la aplicación de un sistema de pintura de acuerdo con el procedimiento de Ecopetrol en los accesorios de techo de los tanques.</p> <p>Evaluar la necesidad de plataformas de acceso a los separadores.</p>
3	<p>Debido a que los análisis de la RBI se realizaron a partir de un índice de corrosión teórico, se concluye que el valor de los intervalos de inspección debe variar en el primer periodo, es decir, para tener un seguimiento de espesores la próxima inspección debe realizarse en dos años y a partir de esta realizar una RBI con valores reales de índice de corrosión, para determinar nuevos intervalos de inspección.</p>	<p>Continuidad en el monitoreo de corrosión mediante medición de espesores siguiendo un plan de inspección diseñado para la estación.</p>	<p>Ejecutar el “PLAN DE INSPECCIÓN DE LA ESTACIÓN SEPARADORA DEL CAMPO-ESCUELA COLORADO”, elaborado por la Escuela de Ingeniería Metalúrgica cuyos resultados deben ser registrados en una base de datos que constituiría el histórico del equipo.</p>
4	<p>Considerando que dentro de la investigación no se realizó un análisis de gases (cromatografía) y un análisis de aguas agrias,</p>	<p>No se ha realizado un cálculo de las velocidades de corrosión en los equipos empleando datos de análisis</p>	<p>Impulsar proyecto de pregrado para elaborar una Inspección Basada Riesgo</p>

ITEM	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	ACCION RECOMENDADA
	las ecuaciones planteadas dentro de los lazos de corrosión solo se deben al efecto del CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> S, lo que lleva a concluir pueden existir otros compuestos químicos que participen en la velocidad de corrosión.	de gases y agua.	(RBI) donde se realicen las mediciones de velocidad de corrosión empleando datos de análisis de agua y gases. Gestionar con el laboratorio de ICP la realización de los análisis necesarios durante el proyecto de pregrado.
5	La importancia del registro histórico es fundamental para el manejo de la metodología implementada en el desarrollo del proyecto, el inicio del registro de inspección es un aporte para trabajos futuros en el área de integridad de equipos que se lleguen a desarrollar nuevamente en el campo colorado.	Carencia de históricos de inspección de equipos.	Asignar un estudiante auxiliar para la organización de los registros de inspección existentes por equipo y establecer como una función del estudiante auxiliar mantener un registro actualizado de todas las inspecciones que se realicen en los equipos de la estación de recolección. Impulsar prácticas de campo de medición de espesores en las asignaturas relacionadas con ensayos no destructivos de la escuela de Ingeniería Metalúrgica.
6	Para determinar la velocidad de corrosión real de todo el sistema se recomienda la instalación de cupones en los tanques por una duración mínima de seis meses para tener un registro de la agresividad del medio al que están expuestos los equipos.	Falta de dispositivos de monitoreo de corrosión interna en tanques.	Impulsar proyecto de pregrado en el cual se elabore un procedimiento para la instalación de cupones de corrosión y para el monitoreo y medición de las velocidades de corrosión por método gravimétrico.
7	Se recomienda retirar los productos de corrosión y aplicar recubrimiento nuevamente a los accesorios de los tanques para garantizar un buen desempeño de estos, y alargar su vida útil.	Falta de mantenimiento correctivo en accesorios soldados en el techo de los tanques.	Ver acción recomendada en el ítem 2.
8	Se recomienda realizar un mantenimiento a cada uno de los equipos inspeccionadas dadas las condiciones de suciedad en	Falta mantenimiento preventivo en los equipos de la estación.	Elaborar plan de mantenimiento donde se incluya rutina de limpieza de equipos.

ITEM	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	ACCION RECOMENDADA
	que se encontraron durante la inspección.		
9	Se recomienda diseñar un plan de mantenimiento para las válvulas de compuerta con el fin de evitar en eventuales taponamientos por parafinas y contribuir en la confiabilidad de los equipos.	Carencia de plan de mantenimiento de válvulas en la estación de recolección.	Elaborar plan de mantenimiento donde se incluya rutina de mantenimiento de válvulas de compuerta.  Ver acción recomendada en el ítem 2.
10	Es necesario diseñar un sistema de protección catódica para la estación, con el fin de disminuir o eliminar los efectos corrosivos del crudo, y con esto aumentar la vida residual y cumplir con los requerimientos de la industria estándar.	Carencia de un sistema de protección catódica en los equipos de la estación.	Impulsar proyecto de pregrado para el diseño de un sistema de protección catódica y gestionar recursos para la instalación de este sistema.
11	Es necesario cambiar la unión roscada de la tubería de entrada de crudo de los separadores general y de prueba por una unión con bridas, porque de acuerdo con el código ASME las uniones roscadas solo son permitidas temporalmente.	Uniones roscadas en los separadores que pueden presentar fugas de producto.	Como medida preventiva se podrían realizar soldaduras de tapón en las uniones roscadas de acuerdo a lo establecido en ASME SEC VIII Subsección B parte UW, numeral UW-17 Soldaduras de Tapón.
12	Para estudios futuros se recomienda realizar un análisis de gases (cromatografía) y un análisis de aguas agrias.	Ver ítem 2.	Ver acción recomendada en el ítem 2.
13	Se recomienda desarrollar un sistema de drenaje para el agua que contiene el crudo, con el fin de eliminar el efecto de aguas agrias en los tanques de almacenamiento	Falta sistema de drenaje de tanques.	Evaluar la necesidad de realizar un drenaje en el tanque, de acuerdo con resultados de medición de velocidades de corrosión en el nivel donde se acumula agua.
14	Se recomienda el manteniendo y valoración de la eficiencia o respuesta que puedan ofrecer las válvulas de seguridad de los separadores generales y de prueba. Además se recomienda probar periódicamente, verificar el set-point de disparo	Falta mantenimiento a las válvulas de seguridad de los separadores.	Elaborar plan de mantenimiento donde se incluya el mantenimiento y la calibración de las válvulas de seguridad.

Tabla 1. Plan de acción basado en las conclusiones del RBI realizado en la estación de recolección

## **4. PROCEDIMIENTO PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

### **4.1 METODOLOGIA GENERAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO**

#### **4.1.1 Revisión Bibliográfica**

Es necesario realizar una revisión bibliográfica con el objeto de identificar los trabajos relacionados con mantenimiento e integridad, desarrollados en el campo escuela. Así mismo se debe seleccionar y organizar la información con el propósito de mantenerla disponible en una base de datos para consultas.

#### **4.1.2 Visitas de Campo**

Se deben programar y realizar visitas al campo escuela con el propósito de revisar el estado actual de los activos del campo, realizar entrevistas al personal de campo y verificar herramientas, equipos, repuestos y demás elementos utilizados en mantenimiento, así como las prácticas de mantenimiento que se realizan.

Todas las visitas se documentaran mediante informes escritos y se presentaran a la dirección del campo escuela. Los anexos 1 y 2 muestran los informes de las visitas realizadas durante el desarrollo de esta monografía.

#### **4.1.3 Análisis para establecer la metodología de implementación del programa de mantenimiento**

El análisis se realizará con base en lo observado durante las visitas al Campo Escuela y en él se tendrá en cuenta principalmente los recursos de materiales, equipo, herramienta y personal disponibles. Durante las visitas es importante realizar entrevistas al personal de campo y tener en cuenta sus apreciaciones en cuanto al manejo y operación del campo escuela, así como sus aportes e ideas para la metodología de implementación del plan.

El análisis tendrá como objetivo desarrollar una metodología específica y práctica para la implementación de un plan de mantenimiento que podrá estar enmarcado en cualquiera de los modos de gestión de mantenimiento (preventivo, correctivo, ó mejorativo), definidos en el numeral 3 del trabajo de grado “PLAN DE MANTENIMIENTO DE CAMPO COLORADO” elaborado por estudiantes de la escuela de Ingeniería Mecánica ó podrá tener actividades que correspondan a varios de estos modos de gestión de mantenimiento.

#### **4.1.4 Presentación de la metodología de implementación en campo**

Una vez definida la metodología y ajustada a los recursos disponibles del campo escuela, se presentará ésta al personal de campo y al personal de apoyo administrativo. La metodología presentada se pondrá a consideración del personal involucrado de la parte operativa, técnica y administrativa para su aprobación.

## **4.2 MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE SUPERFICIE EN POZOS**

### **4.2.1 Selección del Documento**

De acuerdo con lo establecido en el capítulo 4 numeral 4.1.1, en la revisión bibliográfica de los documentos relacionados con trabajos de mantenimiento realizados en el campo escuela, se seleccionará el trabajo de grado “PLAN DE MANTENIMIENTO DE CAMPO COLORADO” elaborado por estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con el fin iniciar el proceso de implementación del plan de mantenimiento allí descrito para los equipos de bombeo de superficie de los pozos activos del campo.

### **4.2.2 Revisión de las practicas de mantenimiento relacionadas con los equipos de superficie de campo colorado**

Tal como se establece en el capítulo 4 numeral 4.1.2, es necesario realizar visitas al campo para verificar las prácticas de mantenimiento que se realizan en los equipos de superficie, esto se debe documentar en un informe y formará parte de las herramientas de decisión durante el análisis para establecer la

metodología de implementación del plan de mantenimiento. Un ejemplo de esta actividad se muestra en los numerales 4.2 y 6.2 del anexo 1 “VISITA DE INSPECCION Y VERIFICACIÓN DE LAS RUTINAS DE LUBRICACIÓN, PRACTICAS Y PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO DEL CAMPO ESCUELA Y SEGUIMIENTO A NO CONFORMIDADES REPORTADAS EN AUDITORIA DE JUNIO DE 2006”.

Durante la revisión en campo de las prácticas de mantenimiento se deberán verificar las rutinas de lubricación a los equipos de bombeo mecánico de los pozos y la frecuencia con que se realizan, así como los lubricantes utilizados.

#### **4.2.3 Ajustes al programa de mantenimiento propuesto por la Escuela de Ingeniería Mecánica**

Una vez terminada la recolección de datos en campo, se comparará el plan de mantenimiento propuesto por la Escuela de Ingeniería Mecánica en el trabajo de grado “Plan de Mantenimiento de Campo Colorado” con las prácticas de mantenimiento que se realizan en el campo escuela.

El programa de mantenimiento de campo colorado propuesto en el trabajo de grado requerirá adecuaciones y modificaciones para adaptarlo a las condiciones y recursos del campo.

Como primera medida será necesario revisar, modificar y definir las rutinas de lubricación para los equipos de bombeo como se muestra en la tabla 2. Además se debe modificar el formato RM 03-01 LUBRICACION DE EQUIPOS CAMPO COLORADO, propuesto en el trabajo de grado “Plan de Mantenimiento de Campo Colorado”, eliminando la figura del equipo de bombeo y adicionando una casilla para registrar la lubricación de la caja reductora como se indica en el numeral 4.1 y en el anexo 2 del informe de visita de campo “ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO” (Anexo 2 de esta monografía).

Posteriormente se deberá revisar y modificar el programa anual de mantenimiento que se presenta en la tabla 90 del trabajo de grado “Plan de Mantenimiento de Campo Colorado”.

En la tabla 3 se presentan las modificaciones realizadas durante el desarrollo de esta monografía, después de efectuar la revisión del programa anual de mantenimiento en conjunto con el supervisor de operaciones del campo escuela.

Los cambios descritos en las tablas 2 y 3, que se muestran también en el numeral 4.1 del anexo 2 “ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO”, deberán ser autorizados por la dirección del campo.

Los instructivos de mantenimiento autónomo para la ejecución de las actividades de lubricación e inspección visual y chequeo de ruidos en las unidades de bombeo se presentan en el numeral 6.2 del trabajo de grado “PLAN DE MANTENIMIENTO DE CAMPO COLORADO” elaborado por estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

<b>RUTINAS DE LUBRICACIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO MECANICO EN POZOS</b>		
<b>PARTE</b>	<b>FRECUENCIA DE REVISION DEL NIVEL DE ACEITE O GRASA Y ADICION SI SE REQUIERE</b>	<b>FRECUENCIA DE CAMBIO DE LUBRICANTE SEGÚN EL PROGRAMA</b>
CAJA REDUCTORA	Mensual	Cada 18 meses
PINES (PASADOR)	Mensual	Trimestral
CHUMACERA (COJINETE) DE CENTRO	Mensual	Trimestral
CHUMACERA (COJINETE) DE COLA	Mensual	Trimestral

Tabla 2. Rutinas de lubricación definidas para el programa anual de mantenimiento preventivo de equipos de bombeo.

ACTIVIDAD DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA INICIAL DEL PROGRAMA PROPUESTO POR LA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	NUEVA FRECUENCIA
Escuchar ruidos	Diario	Sin cambios
Buscar vibraciones	Semanal	Sin cambios
Revisar nivel de aceite y fugas	Mensual	Sin cambios
Revisar polea, correas y frenos	Trimestral	Diario
Revisar dientes caja reductora	Semestral	Cada 18 meses
Cambiar pines	Anual	Sin cambios
Revisar cuerpos de las válvulas	Anual	Sin cambios
Lubricar equipos (chumaceras y pasadores)	Trimestral	Sin cambios

Tabla 3. Cambios realizados en el programa anual de mantenimiento preventivo de los equipos de bombeo.

#### 4.2.4 Metodología de implementación recomendada

Después de realizar las actividades descritas en los numerales 4.2.1, 4.2.2 y 4.2.3, se procederá a establecer una metodología de implementación del programa de mantenimiento.

La metodología tendrá en cuenta los recursos de personal, herramientas y consumibles disponibles en el campo escuela.

A continuación se describen los recursos de personal necesarios para implementar el programa de mantenimiento de los equipos de bombeo en servicio del campo colorado:

-Supervisor de operaciones de campo escuela

-Ayudante de operaciones

-Estudiante de pasantía de la asignatura de mantenimiento de la escuela de Ingeniería Mecánica.

La implementación se podrá iniciar una vez definidas las actividades del programa de mantenimiento, para esto el estudiante auxiliar entregará al supervisor de operaciones del campo el programa anual de mantenimiento impreso (anexo 1 del informe de visita de campo “ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO”), y el formato de lubricación de equipos RM 03-01 LUBRICACION DE EQUIPOS CAMPO COLORADO. El supervisor realizará las actividades de lubricación e inspección de equipos y llevará el registro de estas actividades en el formato correspondiente. El estudiante de pasantía llevará el control de registro de las actividades de mantenimiento de los equipos de bombeo mecánico y reportará al jefe del departamento de ingeniería y producción del campo escuela. El anexo 3 contiene los reportes generados por el estudiante de pasantía de la escuela de Ingeniería Mecánica con quien el campo escuela inició la implementación del plan de mantenimiento en los equipos de superficie durante la realización de esta monografía.

#### **4.2.5 Actividades de Mantenimiento correctivo**

Para realizar actividades de mantenimiento correctivo programadas y no programadas relacionadas con cambios de pasadores y de cajas reductoras se seguirán los procedimientos establecidos en el numeral 6.1 del trabajo de grado “PLAN DE MANTENIMIENTO DE CAMPO COLORADO” elaborado por estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

#### **4.3 MANTENIMIENTO DE ESTACION RECOLECTORA**

Dentro del plan de acción descrito en el numeral 3, se definen algunas actividades de mantenimiento que se proponen como solución a los hallazgos hechos durante la ejecución del trabajo de grado “Desarrollo de un panorama

de riesgo de la estación separadora del Campo Escuela Colorado, tomando como base las normas API-580 y API RP-581” elaborado por estudiantes de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica, estas actividades serán la base para definir un programa de mantenimiento correctivo para la estación de recolección, que puede ser implementado y programado una vez sean evaluados los costos de las actividades de mantenimiento.

Un esquema general de programa de mantenimiento correctivo es propuesto en el anexo 3 del informe de visita de campo “ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO” (Anexo 2 de esta monografía), el cual debe complementarse con las fechas y presupuesto de ejecución de las actividades programadas. Una vez definidas las fechas, cantidades de mantenimiento y presupuesto, este programa deberá ser autorizado por la dirección del campo escuela.

#### **4.4 MANTENIMIENTO DE LINEAS DE FLUJO**

Como primera medida es importante definir las líneas de flujo como las tuberías que transportan producto desde los pozos hasta la estación recolectora.

Estas líneas requerirán de un mantenimiento específico dependiendo de su edad, del espesor de pared y del estado del recubrimiento.

El mantenimiento para líneas de flujo puede variar desde la reparación de pintura hasta cambios de tramos de tubería que requieren procedimientos de soldadura previamente calificados bajo los lineamientos del estándar API 1104, de acuerdo con lo establecido en el numeral 434.8.3 del código ASME B31.4 para líneas de transporte de hidrocarburos.

Para definir un plan de mantenimiento es recomendable realizar primero una Inspección Basada en Riesgo (RBI), con el objeto de evaluar y definir el estado de la tubería, priorizando los segmentos más críticos. De acuerdo con los resultados de esta inspección se deberá programar y desarrollar un plan para ejecutar el mantenimiento necesario.

Sin embargo, la Inspección Basada en Riesgo no se podrá realizar sin contar con los datos obtenidos mediante una inspección previa de los espesores de la tubería y sin haber realizado la segmentación para clasificar los tramos de la línea como enterrado, acuífero, aéreo o cruce de vía y según el área de alta consecuencia que recorra, como afluentes de agua, zonas pobladas etc.

El numeral 5 muestra las especificaciones técnicas para realizar la inspección, georreferenciación y segmentación de las líneas de flujo de campo colorado. Esta actividad deberá ser ejecutada por una empresa Contratista especialista en inspección mediante ensayos no destructivos.

## **5. ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA INSPECCION DE LINEAS DE FLUJO**

### **5.1 OBJETIVO**

Con el propósito de establecer las directrices para las inspecciones de tuberías requeridas por el Campo escuela, se establecen las Especificaciones Técnicas para la ejecución de las actividades de medición de espesores, georreferenciación y segmentación de líneas de flujo existentes.

### **5.2 ALCANCE**

Esta especificación cubre los trabajos de inspección visual, determinación del estado mecánico y deterioro por corrosión de las líneas y sus revestimientos, dimensionamiento de las líneas tubo a tubo, identificación y señalización de líneas, medición de espesores por ultrasonido, georreferenciación de líneas, segmentación de líneas, elaboración de planos y elaboración de un informe final con el análisis de la información obtenida y las recomendaciones técnicas pertinentes.

### **5.3 DOCUMENTOS DE REFERENCIA**

ASME B 31.4. Pipe line transportation systems for liquid hydrocarbons and other liquids.

ASME B 31.G. Manual for determining the remaining strength of corroded pipelines

ASME Section V. Boiler and Pressure Vessel Code, Nondestructive Examination, Art 5 – Ultrasonic Examination Methods for Materials and Fabrication, Art 4 – Ultrasonic Examination Methods for Inservice Inspection.

ASTM A-577. Standard Specification for Ultrasonic Angle-Beam Examination of Steel Plates.

ASTM E-164. Standard Practice for Ultrasonic Contact Examination of Weldments.

ASTM E-587. Standard Practice for Ultrasonic Angle-Beam Examination by the Contact Method.

ASTM E-797. Standard Practice for Measuring Thickness by Manual Ultrasonic Pulse-Echo Contact Method.

## **5.4 INSPECCION DE LINEAS**

### **5.4.1 MATERIALES Y EQUIPOS**

El Contratista suministrará todos los materiales y equipos necesarios para la realización de los trabajos, salvo aquellos que estén claramente definidos en estas especificaciones como responsabilidad de El Campo Escuela Colorado.

Para la entrada de equipos, materiales, herramientas, personal, a las diferentes instalaciones de El Campo Escuela Colorado se obtendrá previamente el permiso correspondiente el cual contará con la aprobación del Supervisor de operaciones o la autoridad de área en representación del campo escuela.

#### **5.4.1.1 Elementos de Protección Personal**

El Contratista que realice los trabajos cubiertos por esta especificación deberá disponer de los elementos de protección personal requeridos para uso de los ayudantes, inspectores e ingenieros durante todo el tiempo establecido para la ejecución de las actividades, estos elementos serán: Casco, botas de seguridad, gafas de seguridad, guantes, ropa adecuada de trabajo.

#### **5.4.1.2 Vehículo**

Para el desplazamiento del personal y equipos, El Contratista deberá suministrar vehículo 4X4 con platón, de conformidad con lo decretado en el nuevo Manual de Transito, el cual debe permanecer en el sitio del trabajo. Modelo mayor o igual a 2000.

Este deberá cumplir con todos los requisitos de seguridad y tendrá toda la documentación vigente exigida por el área de HSE del campo escuela (seguros etc).

#### **5.4.1.3 Equipos y Elementos de Inspección**

EL CONTRATISTA deberá contar con el siguiente equipo para ejecutar los trabajos:

##### **Equipo de inspección por ultrasonido:**

El equipo será el requerido de acuerdo a la necesidad del Campo Escuela. Podrá ser detector tipo SCAN A (Medición de espesores y defectología 1D) o SCAN B (Mapeos de corrosión 2D) o SCAN C (Mapeos de corrosión y/o defectología 3D tecnología TOFD) con dispositivo de almacenamiento de datos o interfase a computador para grabar los registros de las indicaciones, perfil o ambos.

Si la inspección se limita a medición de espesores el equipo requerido será tipo SCAN A (Medición de espesores y defectología 1D).

El equipo utilizado deberá contar con los siguientes palpadores:

- Palpador de 5 ó 7.5 MHz, de doble cristal (dual) de ¼ plg de diámetro ó menor, para medición de espesores (barrido).
  
- Palpador tipo lápiz (pencil probe) con punta de 3 mm de diámetro ó menor, apto para evaluación de espesores remanentes en zonas corroídas y en espesores hasta 1 pulgada.

- Palpador de máximo ¼” de diámetro con frecuencia mínima de 5 MHz con zapatas para generar haces angulares de 45, 60 y 70 grados o palpadores integrados y/o palpadores con un area maxima de ½” X ½”. Se deberá llevar zapatas apropiadas para trabajo en superficies frías y/o calientes.

Además El Contratista deberá contar con los siguientes elementos de calibración:

- Bloques de calibración fabricados en material de iguales características (Atenuación, impedancia y velocidad del sonido) al material a inspeccionar, debe tener el mismo tratamiento térmico y fabricado de acuerdo con lo establecido en ASME sección V, Artículo 5 figura 534.2.1 “Basic Calibration Block” o API 1104 artículo 11.4.7.1 figura 21A. Ver Figuras 1 y 2 respectivamente.
- Bloque patrón de calibración V1 para inspecciones de espesores y/o V2 para inspecciones de defectología con palpadores angulares. Ver figuras 3 y 4 respectivamente.
- Escalerilla de calibración en acero al carbono de acuerdo con ASTM E-797.

#### **Elementos de inspección de revestimientos:**

- Medidor de espesores de revestimiento

#### **Elementos de inspección Visual:**

- Escuadras y reglas
- Pie de rey
- Galga Bridgecam
- Medidor de profundidad para zonas corroídas
- Cámara fotográfica digital
- Detector de tuberías (opcional)

### **Herramientas Menores y Consumibles:**

Para la ejecución de los trabajos El Contratista requerirá de las siguientes herramientas y consumibles:

Machetes, pico y pala, limas, brochas, punzones para marcar números en bajo relieve, pinturas, trapo, solvente, masilla epóxica bicomponente, lámina de acero inoxidable.

### **5.4.2 PERSONAL TECNICO**

El personal encargado del desarrollo de la inspección será como mínimo el relacionado a continuación:

- 1 coordinador Ingeniero, Ingeniero metalúrgico con mínimo tres (3) años de experiencia laboral profesional y haber participado en dos (2) trabajos de inspecciones por métodos ultrasónicos y/o evaluaciones mecánicas y fenómenos de corrosión en tanques o vasijas y/o tuberías.
- 1 técnico ó ingeniero nivel II o III en ultrasonido certificado según ASNT, con experiencia certificada de por lo menos 2 años como nivel II por cada frente de trabajo.
- 2 ayudantes por cada frente de trabajo Deben tener mínimo dos (1) año de experiencia en labores varias en rocería, pintura, mantenimientos ó montajes de tuberías y/ó estructuras metálicas en la industria petrolera.

La empresa que preste el servicio deberá presentar al campo escuela para su aprobación un listado de personal, adjuntando una copia de sus certificaciones y hoja de vida donde se indique la validez de la misma.

### **5.4.3 PROGRAMACION, PLANEACION Y DOCUMENTACION DE LOS TRABAJOS**

El Contratista seleccionado elaborará el programa detallado de trabajo.

**Previo al inicio de los trabajos,** El Contratista entregará, para aprobación del Campo Escuela, el procedimiento para desarrollar la actividad que comprende el alcance del contrato. Este procedimiento deberá contener lo siguiente: descripción de la actividad por ejecutar, la forma como se ejecutará la actividad, recursos de mano de obra, equipos, herramientas y materiales requeridos, tiempo estimado de ejecución, requisitos de HSE y normas aplicables en donde se particularice la actividad por ejecutar.

**Durante los trabajos** El Contratista diligenciará un informe resumido de avance diario indicando la línea donde se está laborando, las cantidades de obra por cada frente de trabajo, personal, equipos y observaciones relevantes como tuberías rotas, tubos sin pintura, válvulas con fuga, soportes en mal estado, tramos donde no se pueda inspeccionar, apiques realizados, etc. Todo lo reportado en el informe deberá estar referenciado mediante esquemas y acorde con la identificación tubo a tubo que se realizará según lo establecido en el numeral 5.4.4. El informe será revisado por el área técnica del Campo Escuela y firmado por las dos partes para su entrega formal.

**Diariamente** también se llevará una bitácora con todos los detalles del proyecto que El Contratista ó el representante del Campo Escuela consideren conveniente consignar. Toda autorización dada por el representante del Campo Escuela, deberá estar firmada en la bitácora. Este registro será entregado como anexo en el informe final del proyecto.

**Al finalizar los trabajos** El Contratista entregará al Campo Escuela un informe sobre las actividades ejecutadas que deberá incluir lo siguiente: Cuadros consolidados donde se observe como mínimo el número asignado a cada tubo, diámetro y longitud del tubo, datos de espesor de cada anillo, espesor nominal de la línea, espesor de retiro, espesor mínimo y máximo encontrados, porcentaje de desgaste, datos de medición de espesores de pintura. Además se incluirá la información y observaciones de la segmentación de la tubería donde se indiquen las referencias de campo para ubicar fácilmente el tubo como por ejemplo llegada a pozos, curvas, accesorios, válvulas, cuerpos de

agua, zonas pobladas, inicio y fin de tramos enterrados, si es un niple, etc. Es necesario consignar también la longitud total de la línea inspeccionada, cantidades finales de obra, anexo de procedimientos, observaciones acerca de inconvenientes encontrados, registro charlas de seguridad, reporte de incidentes de HSE, horas no trabajadas, registro fotográfico de hallazgos relevantes, y ubicación exacta en los planos de El Campo Escuela Colorado de todas las líneas de tubería inspeccionadas, con el respectivo número de identificación de los tubos inicial y final. Adicionalmente los planos deberán indicar los sitios donde se encontraron roturas, y referencias geográficas.

En el informe final se deberá incluir un cuadro consolidado donde se muestre línea por línea los tubos que presentaron espesores por debajo del espesor de retiro (incluyendo los tubos rotos) referenciando su orientación perimetral y la distancia a la pega aguas arriba. El Contratista deberá incluir en otro cuadro consolidado la información de los soportes y válvulas en mal estado, el tipo de daño que presentan y el número de tubo donde se ubican por cada línea.

Si se dispone de ellos los planos originales serán entregados por El Campo Escuela Colorado al inicio del contrato para utilizarlos como guía, y El Contratista deberá actualizarlos según lo anterior y entregarlos impresos y en medio digital.

#### **5.4.4 IDENTIFICACION Y SEÑALIZACION DE LINEAS INSPECCIONADAS**

La identificación y señalización será la base para referenciar los reportes de daño y programas de mantenimiento.

Esta actividad se realizará en todas las líneas de tubería que se inspeccionen durante la ejecución de los trabajos y será una actividad simultánea con la inspección de tubería.

El Contratista deberá cabo el siguiente procedimiento de identificación:

- Se numerará cada tubo desde el inicio de la línea en el pozo, hasta el final. La marcación se hará en la dirección del flujo hacia la estación, en la mitad y en la parte superior de cada tubo con marcador de metales de color amarillo, blanco ó rojo, el de mejor contraste. Los accesorios ó válvulas no se marcarán, pero se tendrá en cuenta su ubicación como referencia para el reporte. La marcación de la línea deberá especificar el número de tubo, el nombre del pozo ó colector del cual procede y el abscisado (kilometro + metros) de la medición longitudinal tubo a tubo en el punto de la marcación, y si la línea es de medición o de flujo.
- Cada cinco tubos se deberá instalar en la parte superior de la junta inicial del tubo, una placa de identificación con el número de tubo que corresponda, el abscisado y el nombre de la línea (que corresponderá al del pozo de procedencia o colector). La placa será de acero inoxidable ó cobre de 40 x50 x 2 mm y llevará impreso en tamaño suficiente y en bajo relieve (punzonado) el número de tubo y la procedencia de la línea (pozo o colector). Antes de la ubicación física de las placas, el representante del Campo Escuela o el Supervisor de Operaciones verificará que las placas corresponden a la línea correcta. En todo caso la correcta identificación es responsabilidad de El Contratista.  
 Para la instalación de las placas el área debe limpiarse con solvente y lija hasta metal desnudo y el anclaje se hará usando masilla epóxica de dos componentes tipo Rally ó similar que garantice la sujeción de la señal y la durabilidad del trabajo.
- El Contratista garantizará que todas las placas estén instaladas al finalizar los trabajos. De no ser así, deberá reponerse como requisito de finalización del contrato.
- Esta actividad no se pagará por separado, está incluida dentro del alcance de la actividad de medición de espesores de tubería.

#### **5.4.5 SEGMENTACION DE LINEAS**

La segmentación consiste en identificar los tramos de las líneas de flujo con características particulares en una localización geográfica específica.

Los criterios para la segmentación de las líneas de flujo del Campo Escuela Colorado serán los siguientes:

**Tubería aérea:** Se agruparán todos los tramos de tubería aérea de una misma línea y se subdividirá por diámetros.

**Tubería enterrada:** Se agruparán todos los tramos enterrados de una misma línea y se subdividirán de acuerdo al tipo de suelo que podrá ser arcilloso, fangoso, rocoso, arenoso ó gravilla.

**Tubería acuífera:** Se agruparán todos los tramos de tubería de una misma línea que se ubiquen dentro de agua y se clasificará la fuente como lago, río, quebrada, pantano, y se deberá anotar si estas son fuentes de agua potable para una población.

**Tubería enterrada/acuífera:** Se agruparán de esta manera las tuberías que se encuentren en zona acuífera pero que no hacen contacto directo con el agua por estar enterradas.

**Tubería zona poblada:** De esta manera se agruparán las tuberías que atraviesen zonas pobladas, se subdividirán como enterradas o aéreas.

En el reporte cada segmento deberá estar marcado con el abscisado del punto de inicio y punto de finalización de acuerdo con los resultados de la medición tubo a tubo. El abscisado se dará a cada línea iniciando en la cabeza del pozo que se marcará como PK 0+00

#### **5.4.6 INSPECCION VISUAL Y MEDICION DE ESPESORES EN TUBERIA**

##### **5.4.6.1 Alcance**

Todos los puntos de la línea inspeccionados y los hallazgos relevantes se referenciarán de acuerdo con la marcación descrita en el numeral 5.4.4.

Durante la ejecución de la inspección visual y medición de espesores de tubería el contratista deberá realizar las siguientes actividades:

- Medición de espesores de pared de tubería mediante equipo de ultrasonido.

- Medición de profundidad de picado externo mediante galga o profundímetro.
- Identificación de sectores de tubería que presentan corrosión localizada.
- Identificación de tramos de tubería que atraviesan zonas inundables, viviendas y asentamiento como se especifica en 5.4.5.
- Medición de longitud de las líneas tubo a tubo empleando cinta métrica.
- Reportes del estado del derecho de vía
- Reportes del estado de soportes y válvulas
- Verificación del estado mecánico de las líneas (abolladuras, entallas y otros defectos).
- Ubicación de reparaciones de la línea (grapapas, cascotas, etc.)
- Evaluación del Estado Mecánico de las Tuberías según ASME B 31G.

#### 5.4.6.2 Descripción de Actividades

**Medición de Espesores:** La toma de espesores se realizará empezando en el inicio del cabezal ó colector y continuará en sentido del flujo al mismo tiempo que se dimensionan e identifican los tubos según el numeral 5.4.4.

Para la medición de espesores por ultrasonido, se empleará un procedimiento aprobado por un inspector nivel III. Se tomarán 3 anillos en cada tubo, el anillo A ubicado a 5 Cm aguas abajo de la pega inicial del tubo, el anillo B ubicado en la mitad del tubo (depende de la longitud de cada tubo) y el anillo C a 5 cm aguas arriba de la pega final. En cada anillo se tomaran tres puntos (1,2 y 3) en la mitad inferior del tubo y separados  $45^\circ$  (posición horaria de 4:30, 6 y 8:30) a cada lado del eje vertical de la tubería como se muestra en la figura 1, y un punto (4) en la cota superior del tubo.

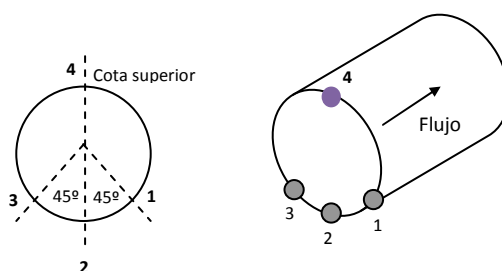


Figura 1 (a)

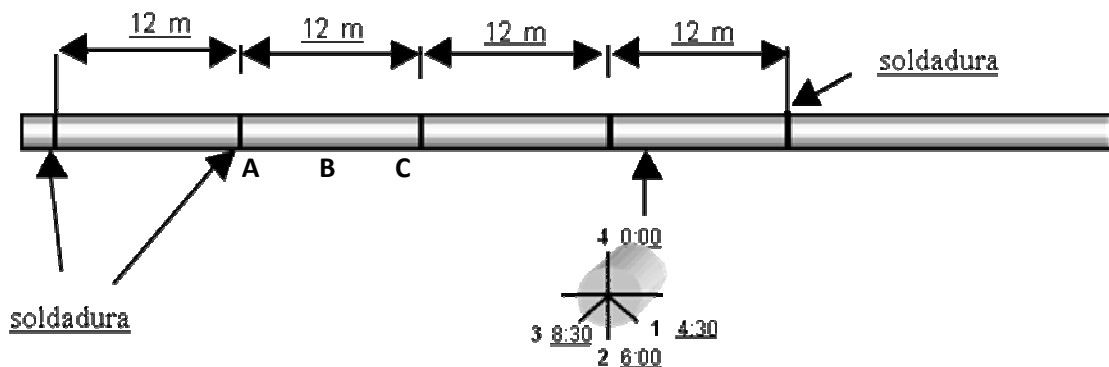


Figura 1 (b)

Figura 1. Esquema general para ubicación de puntos de medición de espesores

En caso de encontrar durante la medición un punto de pérdida de espesor superior al 50% se realizará toma de espesores con la técnica de Scan B haciendo barridos longitudinales ó transversales que sumen 2 metros lineales en sectores de tubería escogidos por el representante en sitio del campo escuela. La cantidad de sectores (barridos longitudinales o transversales) y la dirección del barrido, pueden variar según la recomendación técnica del representante del Campo Escuela.

En aquellos anillos donde se encuentren bajos espesores de pared (puntuales) que no superen el 50% de pérdida, se realizará un barrido transversal y longitudinal con scan A, en un área de 20 centímetros, registrando el menor valor obtenido y el porcentaje de desgaste, previa autorización del representante del Campo Escuela.

En aquellos casos en que la tubería se encuentre semienterrada (no incluye los cruces de vía), El Contratista deberá retirar el material necesario para poder tomar adecuadamente todos los puntos de los anillos ya sea por scan A o B. Para la toma de espesores de tubería enterrada El Contratista deberá realizar

apiques en los sitios de medición. Con autorización de la interventoría y si la tubería no presenta pérdidas relevantes de espesor se podrá realizar apiques cada dos tubos.

Para realizar la medición de los espesores, El Contratista podrá utilizar y/o proponer equipos de cualquier marca, tipo y clase adecuados para ésta labor siempre y cuando siga las instrucciones y procedimientos del fabricante y demuestre la confiabilidad del sistema utilizado. Para esto se realizará una prueba utilizando los patrones de calibración y un carrete de tubería que garantice la confiabilidad de las medidas.

En caso de requerir que el metal esté sin ningún tipo de recubrimiento para realizar la medición, El Contratista, deberá preparar la superficie a medir, retirando el recubrimiento o pintura y después de realizar la medida deberá pintar o recubrir la superficie con el mismo tipo de pintura o recubrimiento que tenía la tubería. El Contratista deberá calibrar su equipo antes de iniciar las medidas a la tubería sin recubrimiento en caso que el equipo de ultrasonido lo requiera.

**Medición de profundidad de picado externo:** Esta inspección se realizará mediante galga o profundímetro, y se registrarán e identificarán en el reporte de acuerdo con el abscisado de su ubicación.

**Identificación de sectores de tubería que presentan corrosión localizada:** los sectores de la tubería que presenten corrosión mayor a 50% se inspeccionarán mediante scan B. Los sectores de la tubería que presenten corrosión relevante menor al 50% se inspeccionará mediante scan A realizando un barrido como se indica en la sección “Medición de Espesores”. Los puntos se identificarán mediante el abscisado correspondiente.

**Identificación de tramos de tubería que atraviesan zonas inundables, viviendas y asentamientos:** la identificación se realizará como se especifica en 5.4.5.

**Medición de longitud de las líneas tubo a tubo empleando cinta métrica:**

Las tuberías deberán ser medidas tubo a tubo y marcadas con marcador de metales, así mismo se indicará la dirección del flujo y los puntos críticos encontrados. La medición iniciará en la cabeza del pozo y el punto inicial será PK 0+00.

**Reportes del estado del derecho de vía:** para determinar el estado del derecho de vía, El contratista deberá despejar el área del derecho de vía de maleza, matorrales y toda la vegetación que se encuentre en él, de tal manera que permita su visualización para poder hacer inspecciones, diagnósticos, recorridos y cualquier trabajo en su área de influencia.

**Reportes del estado de soportes y válvulas:** El Contratista deberá presentar un informe de la inspección visual a las válvulas de la línea y soportes, referenciando los hallazgos mediante el abscisado correspondiente.

**Verificación del estado mecánico de las líneas:** todos los daños mecánicos como abolladuras, entallas y otros defectos, encontrados en la línea, se referenciarán en el informe con la abscisa correspondiente de acuerdo con la medición tubo a tubo.

**Ubicación de reparaciones de la línea:** las reparaciones de tubería encontradas durante la inspección como grapas, cascotas, etc., se referenciarán en el informe final con la abscisa correspondiente de acuerdo con la medición tubo a tubo.

**Evaluación del Estado Mecánico de las Tuberías:** se realizará la evaluación del espesor remanente y se verificará la máxima presión de operación de acuerdo con el método definido por ASME B31G. Se recomendará la disminución de presión o el cambio de tubería.

#### **5.4.7 MEDICION DE ESPESORES DE PINTURA**

La toma de espesores de pintura se realizará simultáneamente con la actividad de medición de espesores de tubería. Para la medición de espesores de pintura se tomarán 3 anillos en cada tubo, en la misma ubicación de los anillos de medición de espesores como se indica en 5.4.6.2. En cada anillo se tomaran cuatro puntos en las posiciones horarias de 12:00, 3:00, 6:00 y 9:00.

#### **5.4.8 EXCAVACIONES Y RELLENOS**

Comprende el retiro y posterior reposición por medios manuales, según lo indique el representante del Campo Escuela, de toda la tierra o conglomerados necesarios cuando se requiere descubrir un sitio para cumplir con lo estipulado en la medición de espesores e inspección visual de tuberías enterradas. El apique para este fin debe ser de 50 x 50 Cm y su profundidad estará 10 Cm debajo de la cota batea del tubo. Los apiques deben abrirse y quedar compactados en el mismo día. Mientras se trabaje en esta actividad El Contratista debe señalar el sitio adecuadamente.

El material se compactará en capas de 30 cm. con pisón de mano dejando un camellón de máximo 10 Cm. suavizado en sus bordes. En los cruces de vías secundarias (con emulsión) ó primarias (asfaltadas) sólo se ejecutarán apiques con autorización previa del representante del campo escuela y su relleno incluirá compactación en capas de 15 cm de espesor con vibrocompactador manual (rana).

Antes de iniciar excavaciones, El Contratista verificará si hay presencia de líneas eléctricas, de gas, de aguas, etc, en el sitio de los trabajos. Durante la excavación deberán hacerse sondeos con varilla para verificar profundidad de la tubería y evitar algún tipo de daño mecánico que amerite reparación. En caso de causar daños, El Contratista tendrá que costear los gastos de reparación ó reposición de tubería.

El material para relleno que deba ser reemplazado, será reemplazado por material granular de buena gradación, libre de materiales vegetales y será de naturaleza tal que al regarlo y pisarlo, se produzca una buena compactación.

Cuando la excavación se haga en terreno rocoso, el fondo de la zanja deberá cubrirse con una capa de mínimo 20 Cm de material suave (arena ó suelo fino), con el fin de evitar que las aristas de las rocas dañen el recubrimiento de la tubería. Este material será suministrado y costado por El Contratista.

En el evento de que la zanja se llene de hidrocarburo, El Contratista, evacuará por su cuenta dicho fluido y lo depositará en el sitio indicado por el representante del Campo Escuela.

## **5.5 GEOREFERENCIACIÓN DE LINEAS DE FLUJO**

### **5.5.1 MATERIALES Y EQUIPOS**

El Contratista suministrará todos los materiales y equipos necesarios para la realización de los trabajos, salvo aquellos que estén claramente definidos en estas especificaciones como responsabilidad de El Campo Escuela Colorado.

Para la entrada de equipos, materiales, herramientas, personal, a las diferentes instalaciones de El Campo Escuela Colorado se obtendrá previamente el permiso correspondiente el cual contará con la aprobación del Supervisor de operaciones o la autoridad de área en representación del campo escuela.

#### **5.5.1.1 Elementos de Protección Personal**

El Contratista que realice los trabajos cubiertos por esta especificación deberá disponer de los elementos de protección personal requeridos para uso de los ayudantes, topógrafos e ingenieros durante todo el tiempo establecido para la ejecución de las actividades, estos elementos serán: Casco, botas de seguridad, gafas de seguridad, guantes, ropa adecuada de trabajo.

### **5.5.1.2 Vehículo**

Para el desplazamiento del personal y equipos, El Contratista deberá suministrar vehículo 4X4 con platón, de conformidad con lo decretado en el nuevo Manual de Transito, el cual debe permanecer en el sitio del trabajo. Modelo mayor o igual a 2000. Éste deberá cumplir con todos los requisitos de seguridad y tendrá toda la documentación vigente exigida por el área de HSE del campo escuela (seguros etc).

### **5.5.1.3 Equipos**

El Contratista deberá contar con el siguiente equipo para ejecutar los trabajos:

#### **Equipo de Levantamiento Topográfico:**

Estación Total y todos los elementos necesarios para la medición.

#### **Equipo de Toma de Datos con GPS:**

GPS submetrico.

#### **Herramientas Menores y Consumibles:**

Para la ejecución de los trabajos El Contratista requerirá de las siguientes herramientas y consumibles:

Machetes, pico y pala, limas, brochas, pinturas, trapo.

### **5.5.2 PERSONAL TECNICO**

El personal encargado del desarrollo de la georeferenciación será como mínimo el relacionado a continuación:

- Topógrafo con 5 años de experiencia específica en topografía de obras lineales (vías, líneas férreas, tuberías, líneas eléctricas, etc).
- 2 ayudantes cadeneros.

La empresa que preste el servicio deberá presentar al campo escuela para su aprobación un listado de personal, adjuntando una copia de sus certificaciones y hoja de vida donde se indique la validez de la misma.

### **5.5.3 PROGRAMACION, PLANEACION Y DOCUMENTACION DE LOS TRABAJOS**

El Contratista seleccionado elaborará el programa detallado de trabajo.

El Contratista entregará, para aprobación del Campo Escuela, el procedimiento para desarrollar la actividad que comprende el alcance del contrato. Este procedimiento deberá contener lo siguiente: descripción de la actividad por ejecutar, la forma como se ejecutará la actividad, recursos de mano de obra, equipos, herramientas y materiales requeridos, tiempo estimado de ejecución, requisitos de HSE y normas aplicables en donde se particularice la actividad por ejecutar. Además presentará los certificados de calibración de los equipos no mayor a 7 meses.

#### **5.5.3.1 Levantamientos Topográficos**

Esta actividad se realizará solamente en caso que no se disponga de planos del Campo Escuela Colorado.

El Contratista realizará los levantamientos topográficos que el representante del Campo Escuela le indique, presentando planos tipo planta perfil que sean requeridos donde se indiquen los pasos y eventualidades del trazado de la tubería (Ríos, riachuelos, lagos, cercas, cercanías a casas, carreteras, etc.) en un ancho de derecho de vía de 20 m ó mas según solicitud del representante del campo escuela, que puedan ser perfectamente relacionadas con su altitud sobre el nivel del mar y su abscisado en la vista de planta.

Adicionalmente se identificará sobre el plano los puntos que tengan cruces con otras tuberías y cruces de carreteras, y se dibujaran las tuberías paralelas que se encuentren en un ancho de 20m en el derecho de vía .De igual manera se identificarán mediante convenciones, los sitios en donde la tubería a evaluar se

encuentre enterrada, sobre puentes colgantes y aérea; en esta última se especificará en que tramos se encuentra a ras de piso y soportada.

Estos levantamientos se realizarán con estaciones topográficas dando ubicación de los puntos de referencia reales mediante las coordenadas del Instituto Agustín Codazzi.

Las especificaciones y calibración de las estaciones topográficas utilizadas se presentarán al representante del Campo Escuela para su revisión y aprobación.

El contratista señalará sobre la tubería el abscisado (este deberá corresponder con el medido tubo a tubo) mediante marcador industrial cada 200m o según indicaciones del representante del Campo Escuela.

El Contratista presentará los planos para aprobación y revisión de El Campo Escuela, para luego emitir los planos definitivos.

Además El Contratista deberá entregar lo siguiente:

**Cartera de Campo:** La cartera de campo tendrá consignados distancias y ángulos de la poligonal, al igual que de los puntos radiados, esquemas y datos complementarios del trabajo de campo, para la posterior elaboración del plano definitivo. Debe ser presentada en archivo Excel y archivo de texto. No se deben emplear poligonales abiertas cerradas sobre si mismas ni cierre tipo bombillo.

**Memorias de Cálculo:** Deberán consignarse en un documento todos los trabajos y cálculos posteriores a la obtención de datos en el terreno y que se involucren para la obtención de áreas, nivelaciones y perfiles, planos, incluyendo los demás elementos para la elaboración del Levantamiento Topográfico.

### **5.5.3.2 Toma de Datos en GPS**

Esta actividad consiste en la toma o captura de coordenadas geográficas (Latitud, longitud y altitud), por medio de GPS de precisión submétrica utilizando el método cinemático continuo o RTK (On the fly en tiempo real) y/o mediante el método estático, según se requiera. Esta *actividad* se desarrollará en tuberías, redes, estaciones, etc. Y demás elementos que indique el representante del Campo Escuela.

El Contratista deberá utilizar el equipo adecuado (detector de metales, etc.) que le permita detectar la tubería que se encuentre enterrada. El Contratista determinará previamente a la toma de los datos, los puntos de referencia (Mojones) con coordenadas conocidas y aprobadas por el IGAC y/o entidad competente para el posicionamiento de la estación de referencia garantizando que la distancia entre la estación de referencia y el rover es la óptima para corrección diferencial, el sistema de referencia para la toma de los datos deberá ser MAGNASIRGAS.

El Contratista deberá realizar el post-proceso de los datos y presentar un informe sobre los ajustes y los RMS obtenidos para aquellos levantamientos que no generen la corrección en tiempo real, de igual manera entregarán en formato XLS de Excel la nube de puntos o cartera de datos corregida en donde se detallaran las coordenadas, cota, distancia entre puntos, diámetro de la tubería y aquella información que se defina de común acuerdo con el representante del Campo Escuela.

La información de elementos lineales como tuberías deberá ser representada en un mosaico general y en planos planta-perfil en formato DWG de AutoCAD, de acuerdo con lo que determine y apruebe el representante del Campo Escuela. Dichos planos deberán cumplir como mínimo con las siguientes características:

Las nubes de puntos que describan líneas deberán ser representadas mediante una polilínea 3D en AutoCAD y/o mediante un SHP de geometría línea de ESRI. No se aceptará el uso de entidades complejas como arcos, splines o curvas. Estas entidades deben dibujarse mediante segmentos de línea continuos.

Los elementos se representaran en diferentes capas de información (Layers). (una capa para tubería enterrada, una capa para tubería aérea, una capa para tubería de 2”).

No podrá existir más de una capa que represente la misma información, (no deberá haber más de una capa para representar la tubería de 2” o tubería enterrada).

Las líneas que representan el mismo elemento gráfico deben ser continuas (no partida o segmentada), a menos que lo indique el representante del Campo Escuela como necesario.

El plano deberá contener por lo menos una capa que describa la línea en su totalidad.

Los polígonos deben estar cerrados (la primera coordenada X e Y debe ser exactamente igual a la última coordenada X e Y). Los polígonos de la misma cobertura no deben solaparse y deben cubrir completamente el área de interés.

Los planos deberán contener una capa de textos donde se describan los elementos e información de interés (Toponimia).

El plano deberá contener la información detallada sobre los segmentos de tubería aéreas, enterrados, bajo cuerpos de agua, cambios de diámetro, grapas o camisas mecánicas, abolladuras, daños mecánicos, conexiones con otras líneas, conexiones ilícitas, múltiples de recolección, sitios de interés que sirvan

como punto de referencia y aquella información que indique el representante del Campo Escuela como necesaria.

El Contratista entregará un informe en forma escrita y digital indicando las actividades realizadas, planos generados, información levantada y las observaciones pertinentes durante el trabajo.

## **6. CLASIFICACION DE LA INFORMACION RELACIONADA CON ESTUDIOS DE INTEGRIDAD Y MANTENIMIENTO REALIZADOS EN EL CAMPO ESCUELA**

Durante el periodo en el cual el Campo Escuela Colorado ha sido operado por la UIS, se han desarrollado importantes proyectos en las áreas de mantenimiento mecánico e integridad, por lo tanto es necesario organizar y clasificar la información existente con el objeto de proporcionar un banco de datos de información de consulta técnica que pueda ser utilizada por el departamento técnico del Campo Escuela y estar a disposición de futuros proyectos de investigación desarrollados por estudiantes de la Universidad Industrial de Santander.

A continuación se muestra de forma consecutiva o esquemática la manera como se organizaron los archivos con la información existente, que se encuentra almacenada en la oficina del campo escuela colorado. Todos los archivos se organizaron en una carpeta principal nombrada como "INTEGRIDAD Y MANTENIMIENTO". Las carpetas con el tema principal se presentan enumeradas como títulos de segundo nivel y las subcarpetas y archivos enumerados como títulos de tercer y cuarto nivel:

### **1. INTEGRIDAD Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS (CARPETA PRINCIPAL)**

#### **1.1 AUDITORIA INICIAL CAMPO**

##### **1.1.1 INFORME AUDITORIA TITO**

###### **1.1.1.1 INFORME TITO LUIZ**

- 1.1.1.1.1 Diagrama.doc
- 1.1.1.1.2 Figura 1.doc
- 1.1.1.1.3 Figura 2.doc
- 1.1.1.1.4 Informe Tito Luiz.doc

##### **1.1.2 INFORME SEGUIMIENTO AUDITORIA**

##### **1.1.3 MANUAL PROCEDIMIENTO PARA INSPECCION.doc**

## **1.2 BIBLIOTECA**

### **1.2.1 DOCUMENTOS VARIOS**

### **1.2.2 NORMAS**

1.2.2.1 ASME

1.2.2.2 INSPECCION

1.2.2.3 INTEGRIDAD

1.2.2.4 MATERIALES

## **1.3 CARACTERISTICAS DE EQUIPOS**

### **1.3.1 PLANOS DE INSPECCION**

1.3.1.1 Isométrico – Separador de producción.jpg

1.3.1.2 Isométrico – Separador de Reserva.jpg

1.3.1.3 Isométrico – Tanques de Almacenamiento.jpg

1.3.1.4 Planos en Solid – Edge.WinRAR

## **1.4 CONTROL DE PARAFINAS LISAMA**

1.4.1.1 2004

1.4.1.2 2005

1.4.1.3 2006

## **1.5 CURSOS**

En los archivos se presenta una propuesta para la realización de una serie de cursos.

1.5.1 CS EIP-Curso Corrosión e Integridad Estructural ductos.pdf

1.5.2 CS EIP-Curso Ecometer.pdf

1.5.3 CS EIP-Curso Levantamiento Artificial.pdf

## **1.6 DESARROLLO DE UN PLAN DE MANEJO DE INTEGRIDAD**

El documento presenta a plan de acción (Integridad Estructural de las Instalaciones del campo Escuela Colora).

1.6.1 PLAN DE ACCION – CAMPO.doc

## **1.7 ESPECIFICACIONES TECNICAS ECOPETROL**

- 1.7.1 ESPECIFICACIONES\_TIBU\_ABRIL\_18-07[1].doc
- 1.7.2 GMM-TT-I-001 Mantenimiento de los Tanques.doc
- 1.7.3 GMM-TT-I-002 Mantenimiento de Tuberías de Hidrocarburos.doc
- 1.7.4 GMM-TT-I-003 Mantenimiento de Tuberías de Agua.doc
- 1.7.5 GMM-TT-I-004 Mantenimiento predictivo para el diagnostico general de tuberías.doc
- 1.7.6 GMM-TT-I-005 Mantenimiento Predictivo Para el Diagnostico de las Vasijas o Separadores.doc
- 1.7.7 GMM-TT-I-006 Mantenimiento Predictivo Para el Diagnostico General de Torres de Limpieza de Pozos.doc
- 1.7.8 GMM-TT-I-007 Mantenimiento Preventivo-Correctivo de Vasijas o Separadores.doc

## **1.8 INFORMACION POZOS**

### **1.8.1 ANALISIS FUIDOS**

#### **1.8.1.1 AGUAS**

##### **1.8.1.1.1 Agua\_Colorado.xls**

Análisis químico del agua, realizado a cada uno de los pozos.

#### **1.8.1.2 CRUDO**

##### **1.8.1.2.1 Crudos Colorado.xls**

Análisis de composición, realizado a cada uno de los pozos.

#### **1.8.1.3 GAS**

##### **1.8.1.3.1 Gas.xls**

Análisis de composición, realizado a cada uno de los pozos.

#### **1.8.1.4 PVT**

##### **1.8.1.4.1 COLORADO 12**

Los archivos son documentos escaneados de reportes de producción y análisis del pozo 12 del año 1960 realizados por la empresa Petroleum Reservoir Engineering.

1.8.1.4.1.1 1.jpg  
1.8.1.4.1.2 2.jpg  
1.8.1.4.1.3 3.jpg  
1.8.1.4.1.4 4.jpg  
1.8.1.4.1.5 5.jpg  
1.8.1.4.1.6 6.jpg  
1.8.1.4.1.7 7.jpg  
1.8.1.4.1.8 8.jpg  
1.8.1.4.1.9 9.jpg  
1.8.1.4.1.10 10.jpg

#### **1.8.1.4.2 COLORADO 43**

Los archivos son unos documentos escaneados de reportes de producción y análisis del pozo 43 del año 1960 realizados por la empresa Petroleum Reservoir Engineering.

1.8.1.4.2.1 1.jpg  
1.8.1.4.2.2 2.jpg  
1.8.1.4.2.3 3.jpg  
1.8.1.4.2.4 4.jpg  
1.8.1.4.2.5 5.jpg  
1.8.1.4.2.6 6.jpg  
1.8.1.4.2.7 7.jpg  
1.8.1.4.2.8 8.jpg  
1.8.1.4.2.9 9.jpg

#### **1.8.1.4.3 COLORADO 49**

Los archivos son unos documentos escaneados de reportes de producción y análisis del pozo 49 del año 1960 realizados por la empresa Petroleum Reservoir Engineering.

1.8.1.4.3.1 1.jpg  
1.8.1.4.3.2 2.jpg  
1.8.1.4.3.3 3.jpg  
1.8.1.4.3.4 4.jpg  
1.8.1.4.3.5 5.jpg

1.8.1.4.3.6 6.jpg

1.8.1.4.3.7 7.jpg

1.8.1.4.3.8 8.jpg

1.8.1.4.3.9 9.jpg

1.8.1.4.4 COLO0012.xls

1.8.1.4.5 COLO0043.xls

1.8.1.4.6 COLO0049.xls

1.8.1.4.7 COLORADO 12-E.xls

1.8.1.4.8 COLORADO 43-B.xls

1.8.1.4.9 COLORADO 49-C.xls

1.8.1.4.10 Comparacion PVT-12-E.xls

1.8.1.4.11 Comparacion PVT-43B.xls

1.8.1.4.12 Comparacion PVT-49-C.xls

1.8.1.4.13 Correlaciones.xls

1.8.1.4.14 Graficas.xls

1.8.1.4.15 Informe de los PVTS.doc

1.8.1.4.16 Informe de los PVTS1.doc

1.8.1.4.17 Libro2.xls

1.8.1.4.18 Libro13.xls

1.8.1.4.19 PVTS.xls

Estos archivos son análisis de cada uno de los pozos, presiones de burbujas, análisis químico, temperatura de yacimiento, gravedad específica.

#### 1.8.1.5 ANALISIS DE CRUDOS – GRM

### 1.8.2 COLORADO DIMS

1.8.2.1 COL1-77.HDR

1.8.2.2 COL1-77.mgi

### 1.8.3 DIAGRAMAS DE POZOS CAMPO COLORADO

Diagrama de la profundidad de cada uno de los pozos y los archivos están en un formato de imagen.

1.8.3.1 COLORADO 01.jpg

1.8.3.2 COLORADO 02.jpg  
1.8.3.3 COLORADO 03.jpg  
1.8.3.4 COLORADO 04.jpg  
1.8.3.5 COLORADO 05.jpg  
1.8.3.6 COLORADO 06.jpg  
1.8.3.7 COLORADO 07.jpg  
1.8.3.8 COLORADO 08.jpg  
1.8.3.9 COLORADO 09.jpg  
1.8.3.10 COLORADO 11.jpg  
1.8.3.11 COLORADO 12.jpg  
1.8.3.12 COLORADO 13.jpg  
1.8.3.13 COLORADO 14.jpg  
1.8.3.14 COLORADO 15.jpg  
1.8.3.15 COLORADO 16.jpg  
1.8.3.16 COLORADO 18.jpg  
1.8.3.17 COLORADO 19.jpg  
1.8.3.18 COLORADO 20.jpg  
1.8.3.19 COLORADO 21.jpg  
1.8.3.20 COLORADO 22.jpg  
1.8.3.21 COLORADO 23.jpg  
1.8.3.22 COLORADO 24.jpg  
1.8.3.23 COLORADO 25.jpg  
1.8.3.24 COLORADO 26.jpg  
1.8.3.25 COLORADO 27.jpg  
1.8.3.26 COLORADO 29.jpg  
1.8.3.27 COLORADO 30.jpg  
1.8.3.28 COLORADO 31.jpg  
1.8.3.29 COLORADO 32.jpg  
1.8.3.30 COLORADO 33.jpg  
1.8.3.31 COLORADO 34.jpg  
1.8.3.32 COLORADO 35.jpg  
1.8.3.33 COLORADO 36.jpg  
1.8.3.34 COLORADO 37.jpg  
1.8.3.35 COLORADO 38.jpg  
1.8.3.36 COLORADO 39.jpg  
1.8.3.37 COLORADO 40.jpg

1.8.3.38 COLORADO 41.jpg  
1.8.3.39 COLORADO 42.jpg  
1.8.3.40 COLORADO 43.jpg  
1.8.3.41 COLORADO 44.jpg  
1.8.3.42 COLORADO 45.jpg  
1.8.3.43 COLORADO 46.jpg  
1.8.3.44 COLORADO 47.jpg  
1.8.3.45 COLORADO 48.jpg  
1.8.3.46 COLORADO 49.jpg  
1.8.3.47 COLORADO 50.jpg  
1.8.3.48 COLORADO 51.jpg  
1.8.3.49 COLORADO 52.jpg  
1.8.3.50 COLORADO 53.jpg  
1.8.3.51 COLORADO 54.jpg  
1.8.3.52 COLORADO 55.jpg  
1.8.3.53 COLORADO 56.jpg  
1.8.3.54 COLORADO 57.jpg  
1.8.3.55 COLORADO 58.jpg  
1.8.3.56 COLORADO 59.jpg  
1.8.3.57 COLORADO 60.jpg  
1.8.3.58 COLORADO 61.jpg  
1.8.3.59 COLORADO 62.jpg  
1.8.3.60 COLORADO 63.jpg  
1.8.3.61 COLORADO 64.jpg  
1.8.3.62 COLORADO 65.jpg  
1.8.3.63 COLORADO 66.jpg  
1.8.3.64 COLORADO 67.jpg  
1.8.3.65 COLORADO 68.jpg  
1.8.3.66 COLORADO 69.jpg  
1.8.3.67 COLORADO 70.jpg  
1.8.3.68 COLORADO 71.jpg  
1.8.3.69 COLORADO 72.jpg  
1.8.3.70 COLORADO 73.jpg  
1.8.3.71 COLORADO 74.jpg  
1.8.3.72 COLORADO 75.jpg  
1.8.3.73 COLORADO 76.jpg

1.8.3.74 COLORADO 77.jpg

1.8.3.75 SIMBOLOS OFM WELLBORE DIAGRAM.jpg

#### **1.8.4 GRAFICAS DE PRODUCCION A 2006**

Los archivos relacionan la Producción Diaria de Aceite (bbl/d), Producción Diaria de Gas (Mcf/d), Producción Diaria de agua (bbl/d), para cada uno de los pozos y los archivos están en un formato de imagen.

1.8.4.1 COL 3.jpg

1.8.4.2 COL 7.jpg

1.8.4.3 COL 9.jpg

1.8.4.4 COL 10.jpg

1.8.4.5 COL 11.jpg

1.8.4.6 COL 12.jpg

1.8.4.7 COL 13.jpg

1.8.4.8 COL 15.jpg

1.8.4.9 COL 16.jpg

1.8.4.10 COL 18.jpg

1.8.4.11 COL 19.jpg

1.8.4.12 COL 20.jpg

1.8.4.13 COL 21.jpg

1.8.4.14 COL 22.jpg

1.8.4.15 COL 23.jpg

1.8.4.16 COL 24.jpg

1.8.4.17 COL 25.jpg

1.8.4.18 COL 27.jpg

1.8.4.19 COL 28.jpg

1.8.4.20 COL 30.jpg

1.8.4.21 COL 31.jpg

1.8.4.22 COL 33.jpg

1.8.4.23 COL 34.jpg

1.8.4.24 COL 35.jpg

1.8.4.25 COL 36.jpg

1.8.4.26 COL 37.jpg

1.8.4.27 COL 38.jpg

1.8.4.28 COL 39.jpg

1.8.4.29 COL 40.jpg  
1.8.4.30 COL 42.jpg  
1.8.4.31 COL 43.jpg  
1.8.4.32 COL 44.jpg  
1.8.4.33 COL 45.jpg  
1.8.4.34 COL 48.jpg  
1.8.4.35 COL 49.jpg  
1.8.4.36 COL 50.jpg  
1.8.4.37 COL 51.jpg  
1.8.4.38 COL 52.jpg  
1.8.4.39 COL 53.jpg  
1.8.4.40 COL 55.jpg  
1.8.4.41 COL 56.jpg  
1.8.4.42 COL 57.jpg  
1.8.4.43 COL 58.jpg  
1.8.4.44 COL 59.jpg  
1.8.4.45 COL 60.jpg  
1.8.4.46 COL 62.jpg  
1.8.4.47 COL 63.jpg  
1.8.4.48 COL 64.jpg  
1.8.4.49 COL 65.jpg  
1.8.4.50 COL 66.jpg  
1.8.4.51 COL 67.jpg  
1.8.4.52 COL 69.jpg  
1.8.4.53 COL 70.jpg  
1.8.4.54 COL 74.jpg  
1.8.4.55 COL 75.jpg  
1.8.4.56 COL 76.jpg  
1.8.4.57 Total colorado 2006.jpg

### **1.8.5 RESUMENES POZOS**

En archivos se encuentran los históricos (coordenadas de localización, elevación terreno, elevación rotatoria, profundidad total, inicio perforación y en que estado se encuentra) de cada uno de pozos y están en un formato Word.

1.8.5.1 COLO01.doc  
1.8.5.2 COLO02.doc  
1.8.5.3 COLO03.doc  
1.8.5.4 COLO04.doc  
1.8.5.5 COLO05.doc  
1.8.5.6 COLO06.doc  
1.8.5.7 COLO07.doc  
1.8.5.8 COLO08.doc  
1.8.5.9 COLO09.doc  
1.8.5.10 COLO10.doc  
1.8.5.11 COLO11.doc  
1.8.5.12 COLO12.doc  
1.8.5.13 COLO13.doc  
1.8.5.14 COLO14.doc  
1.8.5.15 COLO15.doc  
1.8.5.16 COLO16.doc  
1.8.5.17 COLO18.doc  
1.8.5.18 COLO19.doc  
1.8.5.19 COLO20.doc  
1.8.5.20 COLO21.doc  
1.8.5.21 COLO22.doc  
1.8.5.22 COLO23.doc  
1.8.5.23 COLO24.doc  
1.8.5.24 COLO25.doc  
1.8.5.25 COLO26.doc  
1.8.5.26 COLO27.doc  
1.8.5.27 COLO28.doc  
1.8.5.28 COLO29.doc  
1.8.5.29 COLO30.doc  
1.8.5.30 COLO31.doc  
1.8.5.31 COLO32.doc  
1.8.5.32 COLO33.doc  
1.8.5.33 COLO34.doc  
1.8.5.34 COLO35.doc  
1.8.5.35 COLO36.doc  
1.8.5.36 COLO37.doc

1.8.5.37 COLO38.doc  
1.8.5.38 COLO39.doc  
1.8.5.39 COLO40.doc  
1.8.5.40 COLO41.doc  
1.8.5.41 COLO42.doc  
1.8.5.42 COLO43.doc  
1.8.5.43 COLO44.doc  
1.8.5.44 COLO45.doc  
1.8.5.45 COLO46.doc  
1.8.5.46 COLO47.doc  
1.8.5.47 COLO48.doc  
1.8.5.48 COLO49.doc  
1.8.5.49 COLO50.doc  
1.8.5.50 COLO51.doc  
1.8.5.51 COLO52.doc  
1.8.5.52 COLO53.doc  
1.8.5.53 COLO54.doc  
1.8.5.54 COLO55.doc  
1.8.5.55 COLO56.doc  
1.8.5.56 COLO57.doc  
1.8.5.57 COLO58.doc  
1.8.5.58 COLO59.doc  
1.8.5.59 COLO60.doc  
1.8.5.60 COLO61.doc  
1.8.5.61 COLO62.doc  
1.8.5.62 COLO63.doc  
1.8.5.63 COLO64.doc  
1.8.5.64 COLO65.doc  
1.8.5.65 COLO66.doc  
1.8.5.66 COLO67.doc  
1.8.5.67 COLO68.doc  
1.8.5.68 COLO69.doc  
1.8.5.69 COLO70.doc  
1.8.5.70 COLO71.doc  
1.8.5.71 COLO72.doc  
1.8.5.72 COLO73.doc

- 1.8.5.73 COLO74.doc
- 1.8.5.74 COLO75.doc
- 1.8.5.75 COLO76.doc
- 1.8.5.76 COLO77.doc

- 1.8.6 Datos Producción a 2006.xls
- 1.8.7 ESTIMULACIONES.xls
- 1.8.8 Mapa de superficie\_Campo-Escuela.doc
- 1.8.9 Mapa Dsitribución de °API Campo Colorado.jpg
- 1.8.10 Mapa Estado de pozos Campo Colorado.jpg
- 1.8.11 Mapa\_Superficie.jpg
- 1.8.12 Presiones Campo Colorado.xls
- 1.8.13 Topes de Formaciones & OWC.xls

## **1.9 INFORMES**

### **1.9.1 DESARROLLO DE UN PLAN DE INSPECCION DE LA ESTACION**

Los archivos poseen El informe parcial del desarrollo de un plan de inspección de la estación separadora del *campo-escuela colorado*, Realizado Ing. Iván Uribe y Ing. Lina Velilla con sus respectivos anexos.

- 1.9.1.1 ATS – Formato.doc
- 1.9.1.2 EI-CAMPO.doc
- 1.9.1.3 INFORME\_CEC-EI-01.doc
- 1.9.1.4 Instructivo Matriz de Riesgo ECP rev.abr 2002.doc
- 1.9.1.5 PORTADA.doc

### **1.9.2 PLAN DE INSPECCION DE LA ESTACION CAMPO COLORADO**

Los archivos poseen El plan de inspección de la estación separadora del campo-escuela colorado, Realizado Ing. Iván Uribe y Ing. Lina Velilla con sus respectivos anexos.

- 1.9.2.1 INFORME-CEC-EI-02.doc
- 1.9.2.2 Instructivo Matriz de Riesgo ECP rev.abr 2002.doc
- 1.9.2.3 PORTADA.doc

### **1.9.3 PLAN DE TRABAJO – ANEXO**

El archivo contiene El Plan de Trabajo (Integridad Estructural de las Instalaciones del Campo Escuela Colorado), realizado Ing. Lina Velilla.

1.9.3.1 DOCUMENTO PARA ANEXO.doc

### **1.9.4 RESUMEN EJECUTIVO**

El archivo contiene Resumen Ejecutivo (Integridad Estructural de las Instalaciones del Campo Escuela Colorado), realizado Ing. Lina Velilla.

1.9.4.1 Resumen ejecutivo.doc

### **1.10 REPORTE DE PRODUCCION**

El archivo contiene una estadística de producción de los pozos del año 2008.

1.10.1 FormatoProduccionCampoColorado.xls

### **1.11 TRABAJOS DE INTEGRIDAD**

#### **1.11.1 PLAN DE ACCION 2008**

#### **1.11.2 TESIS RBI**

Los archivos contienen la tesis Desarrollo de un Panorama de Riesgo de la Estación Separadora del Campo Escuela Colorado Tomando Como Base las Normas API-580 y API RP-581, realizada Ing. Astrid y Ing. Olga.

1.11.2.1 COMPLETO.doc

1.11.2.2 Resuespa.doc

1.11.2.3 Resuinglés.doc

### **1.12 TRABAJOS DE MANTENIMIENTO**

Los archivos contienen las tesis realizadas en el área de mantenimiento para el campo Escuela Colorado.

### **1.12.1 SOFTWARE MANTENIMIENTO**

1.12.1.1 Sistema Computarizado para la Administración del Mantenimiento de campo Colorado.doc

1.12.1.2 Plan de Trabajo de Grado.doc

1.12.1.3 Presentación.xls

### **1.12.2 PLAN DE MANTENIMIENTO MECANICO**

1.12.2.1 Plan de Mantenimiento Mecánico.doc

### **1.12.3 DISEÑO PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE LA ENERGIA ELECTRICA**

1.12.3.1 Diseño para el uso racional y eficiente del consumo de la energía eléctrica.doc

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Es importante que todas las inspecciones basadas en riesgo (RBI) que se realicen en los activos del campo escuela, propongan soluciones a los problemas evidenciados durante su desarrollo, ya que como se establece en el estándar API RP 580 numeral 12.6, un RBI debe contener un plan de acción. El resultado de una Inspección Basada en Riesgo (RBI) no se debe limitar a un plan de inspección, deberá establecer una lista de recomendaciones que deben ser implementadas y además, una serie de variables que deben ser monitoreadas.

El plan de acción propuesto en el numeral 3, recomienda acciones prácticas que se puedan realizar con los recursos que dispone el campo escuela, y que podrán ser incluidas como actividades de un plan de mantenimiento correctivo y preventivo de los activos de la estación de recolección. Al generar un plan de acción, se busca asegurar la integridad de los equipos estáticos, y con el fin de darle continuidad a este proceso, se debe plantear la forma de implementar estas recomendaciones, con un seguimiento periódico por parte del responsable de los activos.

Para lograr los objetivos y beneficios económicos esperados al implementar una metodología fundamentada en inspección basada en riesgo y en la ejecución de un plan de acción, se debe garantizar la implementación de las recomendaciones y tareas de inspección, en especial aquellas que se deben realizar diariamente, como por ejemplo las relacionadas con el monitoreo y control de la corrosión, para lo cual es necesario asignar recursos.

2. Para iniciar la implementación de un plan de mantenimiento es recomendable seguir la metodología propuesta en esta monografía, teniendo en cuenta los diferentes aspectos que fueron considerados en

el capítulo 4, iniciando con la revisión bibliográfica de los trabajos relacionados con mantenimiento e integridad desarrollados en el campo escuela, revisando el estado de los activos del campo, realizando entrevistas al personal de operaciones y verificando herramientas, equipos, repuestos y las prácticas de mantenimiento que se realizan.

La eficiencia del proceso de implementación dependerá en buena medida del apoyo de la dirección del Campo Escuela para la disposición de recursos existentes y de la aprobación de la metodología puesta a consideración del personal involucrado de la parte operativa, técnica y administrativa.

La implementación de un programa de mantenimiento es un proceso continuo, por lo que requiere de la supervisión del desarrollo de las actividades por parte de departamento de ingeniería y producción del Campo Escuela; para esto se cuenta con el apoyo de la escuela de ingeniería mecánica mediante el programa de pasantías desarrollado en la asignatura de mantenimiento, en el cual un estudiante de últimos niveles desarrolla actividades desarrolladas con mantenimiento de equipos en el campo escuela. Es necesario que el Campo Escuela impulse el desarrollo de programas similares en las escuelas de Ingeniería Metalúrgica, Eléctrica, Electrónica y Civil, con el propósito de iniciar proyectos de implementación de programas de mantenimiento en las disciplinas correspondientes.

Durante el desarrollo de esta monografía, el campo escuela inicio el proceso de implementación del plan de mantenimiento propuesto en el trabajo de grado “PLAN DE MANTENIMIENTO DE CAMPO COLORADO” elaborado por estudiantes de la escuela de Ingeniería Mecánica, para los equipos de bombeo de superficie.

Es recomendable que el Campo Escuela inicie los procesos de implementación de planes de mantenimiento en las líneas de flujo y estación de recolección,

basado en lo establecido en esta monografía, con el objeto de mantener la integridad de los activos del campo.

3. Para programar y desarrollar un plan de mantenimiento en las líneas de flujo, es necesario realizar primero una Inspección Basada en Riesgo (RBI), con el objeto de evaluar y definir el estado de la tubería, priorizando los segmentos más críticos; esta actividad se podría desarrollar como un proyecto de pregrado elaborado por estudiantes de la escuela de Ingeniería Metalúrgica.

Previo a la realización de una Inspección Basada en Riesgo (RBI), es necesario realizar una inspección de la tubería que incluya actividades como medición de espesores, georreferenciación y segmentación de las líneas de flujo existentes. En el numeral 5 de esta monografía, se establecen las Especificaciones Técnicas para la ejecución de estas actividades, con el propósito de establecer las directrices para una adecuada inspección de las líneas de flujo del Campo Escuela.

Durante el desarrollo de las actividades de inspección por parte de una empresa contratista, con el ánimo incentivar la participación de la universidad, se podría solicitar el apoyo de las escuelas de Ingeniería Metalúrgica e Ingeniería Civil para que actúen como interventores o representantes del campo escuela en las diferentes actividades de inspección en las disciplinas correspondientes a cada escuela.

4. Se realizó la clasificación y organización de la información existente en medio magnético relacionada con proyectos en las áreas de mantenimiento mecánico e integridad, con el objeto de proporcionar un banco de datos de información de consulta técnica, que pueda ser utilizada por el departamento técnico del Campo Escuela y estar a disposición de futuros proyectos de investigación desarrollados por estudiantes de la Universidad Industrial de Santander.

## **BIBLIOGRAFIA**

OLGA LUCÍA PÉREZ GALÁN, ASTRID PÉREZ ZAMBRANO. Desarrollo de un panorama de riesgo de la estación separadora del campo escuela colorado tomando como base las normas API-580 y API RP-581. Bucaramanga, 2008. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería Metalúrgica. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas.

LUIS FERNANDO CALDERON GUEVARA, PABLO CESAR NAVARRETE ISAZA. Plan de Mantenimiento Campo Colorado. Bucaramanga, 2007. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería Mecánica. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas.

TITO LUIZ DA SILVEIRA. Evaluación de integridad del Campo-escuela Colorado de la Universidad Industrial de Santander realizada en la semana del 12 al 16 de junio de 2006.

LINA MARIA VELILLA, IVAN URIBE PEREZ. Plan de inspección de la estación separadora del campo escuela colorado. Escuela de Ingeniería Mecánica. Universidad Industrial de Santander

ECOPETROL S.A. Estándar para realizar la Georeferenciación de la Infraestructura de la VIT.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1.** INFORME VISITA CAMPO ESCUELA COLORADO. VISITA DE INSPECCION Y VERIFICACIÓN DE LAS RUTINAS DE LUBRICACIÓN, PRÁCTICAS Y PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO DEL CAMPO ESCUELA Y SEGUIMIENTO A NO CONFORMIDADES REPORTADAS EN AUDITORIA DE JUNIO DE 2006. JUNIO 29 DE 2008.

**ANEXO 2.** INFORME VISITA CAMPO ESCUELA COLORADO. ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO. AGOSTO 16 DE 2008.



**ANEXO 3.** REPORTES GENERADOS POR EL ESTUDIANTE DE PASANTÍA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

# **ANEXO 1**

INFORME VISITA CAMPO ESCUELA COLORADO.

VISITA DE INSPECCION Y VERIFICACIÓN DE LAS RUTINAS DE  
LUBRICACIÓN, PRÁCTICAS Y PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO DEL  
CAMPO ESCUELA Y SEGUIMIENTO A NO CONFORMIDADES  
REPORTADAS EN AUDITORIA DE JUNIO DE 2006.

JUNIO 29 DE 2008

		CAMPO ESCUELA COLORADO	CEC-MAN-INFORME-001	
		INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFIA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA	ACT: 0	1 / 10
		28/06/08		

## INFORME VISITA CAMPO ESCUELA COLORADO

**VISITA DE INSPECCION Y VERIFICACIÓN DE LAS RUTINAS DE  
 LUBRICACIÓN, PRACTICAS Y PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO DEL  
 CAMPO ESCUELA Y SEGUIMIENTO A NO CONFORMIDADES  
 REPORTADAS EN AUDITORIA DE JUNIO DE 2006**



PRESENTADO POR:

**DIEGO CARVAJAL DEL BASTO CARREÑO**

**INGENIERO METALURGICO  
 ESTUDIANTE DE POSGRADO PROGRAMA ESPECIALIZACION EN  
 GERENCIA DE HIDROCARBUROS**

**ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

2008

 	CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-001	
	INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFÍA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		ACT: 8	2 / 10
			28/06/08	

## 1. INTRODUCCION

Con el objeto de continuar con el proceso de Gerenciamiento de Integridad que tiene como fin mejorar la adecuación para el servicio de las instalaciones del CAMPO-ESCUELA COLORADO se efectuó esta visita como parte de del proceso compuesto por una serie de inspecciones, evaluaciones de integridad e intervenciones de mantenimiento.

## 2. OBJETIVOS



Conocer las prácticas y rutinas de mantenimiento empleadas en las unidades de bombeo, equipo estático y tuberías del campo escuela con el propósito de compararlas con las recomendadas en el proyecto de grado "Plan de Mantenimiento de Campo Colorado" y evaluar la posibilidad de implementar las recomendadas en este estudio.

Realizar la verificación y seguimiento al estado de las no conformidades encontradas durante la auditoria efectuada el 14 de junio de 2008.

## 3. PLAN DE TRABAJO

Para cumplir con los objetivos de la visita de inspección se estructuró el siguiente plan de trabajo:

- Revisión de herramienta, equipos y material (empaques, aceites, rodamientos) para mantenimiento.
- Revisión de rutinas de lubricación a equipos de superficie.
- Apreciaciones del supervisor de campo en cuanto a necesidades de personal.
- Verificación de los controles para prevenir taponamientos por parafinas y asfaltenos en tuberías.
- Revisión de facilidades para inyección de químicos para tratamiento de taponamiento de tubería.
- Verificación de instrumentación en tanques.
- Verificación y seguimiento de las no conformidades generadas durante auditoria efectuada el 14 de junio de 2008.

		CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAM-INFORME-001
		INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFIA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA.		ACT: 0      3 / 10 28/04/08

#### 4. DESARROLLO DE LA INSPECCION

##### 4.1 REVISIÓN DE HERRAMIENTA, EQUIPOS Y MATERIAL (EMPAQUES, ACEITES, CORREAS) PARA MANTENIMIENTO

Se verificaron herramientas, materiales y equipos encontrándose que el campo escuela solo cuenta con una caja de herramientas básicas, un recipiente de 55 galones de aceite lubricante y un recipiente de compuesto químico desparafinante.

Se evidencia la falta de un almacén de materiales con repuestos básicos como correas de transmisión, empaques para uniones bridadas, espárragos, elementos de protección personal, tela oleofílica.



##### 4.2 REVISIÓN DE RUTINAS DE LUBRICACIÓN A EQUIPOS DE SUPERFICIE

Se verificaron las rutinas de lubricación a los equipos de bombeo mecánico en los pozos y se encontró que se realiza con la siguiente frecuencia:

RUTINAS DE LUBRICACIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO MECANICO EN POZOS ENCONTRADAS DURANTE LA INSPECCION		
PARTE	ACCION	FRECUENCIA
CAJA REDUCTORA	REVISION DEL NIVEL DE ACEITE Y ADICION SI SE REQUIERE	MENSUAL
PINES (PASADOR)	REVISION DEL NIVEL DE ACEITE Y ADICION SI SE REQUIERE	1.5 DIAS
CHUMACERA (COJINETE) DE CENTRO	REVISION DEL NIVEL DE ACEITE Y ADICION SI SE REQUIERE	1.5 DIAS
CHUMACERA (COJINETE) DE COLA	REVISION DE GRASA Y ADICION SI SE REQUIERE	MENSUAL

##### 4.3 APRECIACIONES DEL SUPERVISOR DE CAMPO EN CUANTO A NECESIDADES DE PERSONAL

EL campo escuela cuenta con un supervisor y un ayudante como personal de operación. Según las apreciaciones del supervisor no hay en el campo personal para atender los problemas que se presenten en el área eléctrica así como tampoco existe personal capacitado para reparar y revisar la instrumentación existente, lo cual se torna en una necesidad inmediata para el campo.

		CAMPO ESCUELA COLORADO	CEC-MAN-INFORME-001	
		INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFIA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA	ACT: 0	4 / 10
			28/06/08	

#### 4.4 VERIFICACIÓN DE LOS CONTROLES PARA PREVENIR TAPONAMIENTOS POR PARAFINAS Y ASFÁLTENOS EN TUBERÍAS

Los taponamientos en las tuberías de producción se detectan si existe un aumento de presión en los manómetros de los pozos por encima de 50 psi.

Se tiene como rutina una vez al mes recircular el flujo hacia el pozo y realizar inyección de químicos con el objeto de disolver parafina acumulada.

En las tuberías de transporte solo se ha realizado una vez el ejercicio de inyección de químicos para disolver parafinas, este se realizó desde el pozo 37 hacia la estación.

#### 4.5 REVISIÓN DE FACILIDADES PARA INYECCIÓN DE QUÍMICOS PARA TRATAMIENTO DE TAPONAMIENTO DE TUBERÍA

Se analizó en campo con el supervisor de operación las posibles formas de realizar inyección de químicos con el objeto de diluir posibles tapones de parafina en las tuberías de transporte y de la estación de recolección. La opción más viable y que no requiere realizar modificaciones mecánicas en las tuberías es realizar la inyección desde los pozos hacia los colectores y la estación. Es recomendable tomar una muestra de la parafina para su análisis y verificar si el químico utilizado actualmente es efectivo para diluir parafina depositada en las líneas.

#### 4.6 VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN EN TANQUES

Los tanques de almacenamiento no cuentan con instrumentación para medición de nivel. La medición se hace por métodos manuales.



### 5. SEGUIMIENTO A NO CONFORMIDADES

#### ANTECEDENTES



El 1° de junio de 2006 ECOPETROL S.A hace entrega del Campo-escuela colorado a la Universidad Industrial de Santander. Entre el 12 y el 16 de junio de 2006 la Universidad Industrial de Santander ejecutó una auditoria destinada a caracterizar el estado de las instalaciones del CAMPO-ESCUELA COLORADO, de acuerdo con los hallazgos se pudo concluir que en la fecha de la auditoria no se encontraba completa la recuperación del CAMPO COLORADO para comisionarlo como CAMPO-ESCUELA.

Las no conformidades generadas fueron las siguientes:

1. Pozos COL-36, COL-37 y COL-75 no están en condiciones de operación, probablemente por mal funcionamiento de la bomba de fondo de pozo.

 	CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-001	
	INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFÍA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		ACT: 0	5 / 10
			29/06/08	



2. Pozos COL-12, COL-69 no están en condiciones de operación por falta de energía, probablemente el transformador se encuentra quemado.
3. Pozo COL-70 inoperante debido al bloqueo en la línea de recolección. Notar que la obstrucción se sitúa probablemente en el segmento de la línea de recolección que el pozo COL-70 comparte con el pozo COL-38.
4. Pozo COL-38 en operación precaria debido al bloqueo de la línea de recolección. El pozo cuenta con un tanque local con capacidad de 100 barriles y la producción es transferida por carrotanque a la estación de separación. Alrededor del pozo COL-38 existe un derrame reciente de aceite.
5. Conexión inadecuada de los pozos COL-70 y COL-38 a las respectivas tuberías de producción y de prueba. El pozo COL-70 comparte parte de la tubería de recolección con el pozo COL-38. Esto obliga que para la prueba en uno de estos pozos la producción del otro tenga que ser interrumpida. Lo mismo ocurre entre los pozos COL-75 y COL-37.
6. Extracción irregular de gas para aplicación doméstica en varios pozos activos e inactivos. La pérdida comercial es irrelevante; sin embargo, hay posibilidad que la UIS sea responsabilizada por eventuales accidentes resultantes del procedimiento inadecuado de extracción, transporte y consumo.
7. En algunos de los pozos activos ocurre fuga de gas en el sello entre el tubo de producción y la camisa, lo mismo ocurre en diversos pozos inactivos. Entre los últimos se destaca el pozo COL-33. En este pozo, es posible oír un ruido característico de fuga de gas bajo presión desde la cametera de acceso.
8. Daño en la tubería de recolección del pozo COL-38 en forma de discontinuidad transversal pasante resultante de la aplicación de una herramienta de corte. Este daño ha provocado un derrame de cierta cantidad de crudo que se vertió por la ladera sin provocar acumulación en la proximidad de la fuga. En la inspección ejecutada el 14 de junio de 2008, se constató que el daño descrito se encontraba reparado provisionalmente con una abrazadera fijada por tornillos.
9. Derrame alrededor del pozo COL-25 con la formación de un pantano con dos vertederos en distintas direcciones a la ladera. Aparentemente el derrame ocurrió recientemente como resultado de la apertura indebida de la válvula de bloqueo. El tanque de recolección dispuesto en las proximidades de la cabeza del pozo se rebosó.
10. Ausencia de protección para las correas de transmisión en algunas de las unidades de bombeo, comprometiendo la seguridad.

 	CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-001	
	INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFIA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		ACT: 0	6 / 10
			28/06/08	

En la estación de recolección fueron encontradas las siguientes no conformidades:

11. Ausencia de válvula de bloqueo en la entrada del separador de producción principal. La ausencia de esa válvula impide la utilización del separador de producción de reserva. Comprometimiento de la operación.
12. Ausencia de válvula de seguridad en condición operacional en el separador de producción de reserva. Comprometimiento de la seguridad.
13. Ausencia de manómetro en el separador de producción de reserva. Comprometimiento de la seguridad.
14. Ausencia de escalera y de plataforma que permitan la inspección de las válvulas de seguridad instaladas en el separador de producción principal y en el separador de prueba. Comprometimiento de la seguridad.
15. Ausencia de escalera y de plataforma que permitan la inspección del separador de producción de reserva. Comprometimiento de la seguridad.
16. Ausencia de bomba contra incendio, de las correspondientes tuberías y monitores. Comprometimiento de la seguridad.
17. Ausencia de extintores de incendio. Comprometimiento de la seguridad.
18. Tanque API en desacuerdo con la buena práctica establecida. Comprometimiento de la operación.
19. Ausencia del polo a tierra en los recipientes a presión, tanques y tuberías. Comprometimiento de la seguridad.
20. Ausencia de tapas en la boquilla de medición en los dos tanques de almacenamiento de crudo. Comprometimiento de la seguridad.
21. Derrumbe en la vía de acceso al pozo COL-38. Comprometimiento de la seguridad.

Posteriormente el 17 de julio de 2008 se realizó una inspección al CAMPO-ESCUELA COLORADO en la cual se encontró que algunas de las no conformidades registradas en la auditoria del 14 de junio de 2008, fueron solucionadas como se especifica a continuación:

		CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-001
		INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFIA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		ACT: 0
				7 / 10
			29/06/08	

**No conformidad numero 2:** En el pozo COL-12 está solucionado el problema de la falta de energía, dado que ya se arregló el transformador.

**No conformidad numero 3:** El bloqueo en la línea de recolección del pozo COL-70 ya fue solucionado.

**No conformidad numero 8:** El daño encontrado en la tubería de recolección del pozo COL-38 en forma de discontinuidad transversal pasante como resultado de la aplicación de una herramienta de corte, ya fue solucionado a través de un cordón de soldadura que fue aplicado en la discontinuidad.

**No conformidad numero 12:** La válvula de seguridad en condición operacional en el separador de producción de reserva, reportada como ausente en la auditoría ejecutada del 12-16 de junio de 2006, si existe, pero es necesario mirar su estado y calibración para garantizar su buen funcionamiento.

La presente inspección se realizó el 29 de junio de 2008 con el objeto de hacer seguimiento a las no conformidades abiertas a partir de la verificación de 17 de julio de 2008. Encontrando el siguiente estado de las no conformidades pendientes por cerrar:

**No conformidad numero 1:** Pozos 37 y 75 en condiciones de operación. Cerrada.

**No conformidad numero 7:** Se tomaron medidas para solucionar las fugas. Cerrada.

**No conformidad numero 9:** Se realizó limpieza. Cerrada



**No conformidad numero 13:** Se verificó que existen las facilidades para la instalación del manómetro pero este no se ha instalado. Sigue abierta.

**No conformidad numero 17:** Se verificó la existencia de extintor. Cerrada

## 6. OBSERVACIONES

De acuerdo con los puntos del plan de trabajo estructurado para esta visita de inspección se tienen las siguientes observaciones:

**6.1 REVISIÓN DE HERRAMIENTA, EQUIPOS Y MATERIAL (EMPAQUES, ACEITES, CORREAS) PARA MANTENIMIENTO:** Es necesario realizar una lista de inventario de los elementos más utilizados en el mantenimiento de unidades de bombeo, válvulas, uniones bridadas y



		CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-001	
		INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFIA		ACT: 0	8 / 10
		GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		28/06/08	

tubería, además de elementos de protección personal y de contingencia de derrames de crudo, con el propósito de gestionar su consecución y mantener una bodega de materiales adecuada y así disminuir el tiempo que implica conseguir los materiales y repuestos necesarios con Ecopetrol S.A durante las paradas de equipos. De acuerdo con lo anterior es necesario adecuar un lugar como almacén o bodega de materiales.

- 6.2 REVISIÓN DE RUTINAS DE LUBRICACIÓN A EQUIPOS DE SUPERFICIE:** Como parte de la implementación del programa de mantenimiento es necesario documentar las actividades de lubricación realizadas actualmente en el campo escuela y adoptándolas como rutinas de inspección de lubricación, además se deben poner en práctica las rutinas recomendadas en el trabajo de grado de la escuela de Ingeniería Mecánica titulado "Plan de Mantenimiento Campo Colorado" según se describe en el siguiente cuadro:



RUTINAS DE LUBRICACIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO MECANICO EN POZOS RECOMENDADAS PROYECTO "Plan de Mantenimiento Campo Colorado"		
PARTE	ACCION	FRECUENCIA
CAJA REDUCTORA	CAMBIO DE ACEITE. LUBRICAR CON ACEITE EP-460	CADA 18 MESES SI NO HAY ANALISIS DE ACEITE
FINES (PASADOR)	CAMBIO DE ACEITE. LUBRICAR CON ACEITE EP-460	CADA 3 MESES
CHUMACERA (COJINETE) DE CENTRO	CAMBIO DE ACEITE. LUBRICAR CON ACEITE EP-460	CADA 3 MESES
CHUMACERA (COJINETE) DE COLA	LUBRICAR CON GRASA MULTIPROPOSITO EP-2	CADA 3 MESES

- 6.3 APRECIACIONES DEL SUPERVISOR DE CAMPO EN CUANTO A NECESIDADES DE PERSONAL:** Debido a que el campo no cuenta con personal especializado en el área eléctrica y de instrumentación es necesario gestionar ordenes de servicio con el propósito de inspeccionar y reparar la instrumentación de los equipos de la estación de recolección, la válvula reguladora de la línea de gas marca Kimray, así como el sistema eléctrico del campo escuela cuando sea requerido.
- 6.4 VERIFICACIÓN DE LOS CONTROLES PARA PREVENIR TAPONAMIENTOS POR PARAFINAS Y ASFÁLTENOS EN TUBERÍAS:** Se debe adoptar como rutina la inyección de químicos desparafinantes hacia la estación de recolección además de documentar estas actividades para su control, además se deben incluir en el programa de mantenimiento para el campo escuela.

		CAMPO ESCUELA COLORADO		CRC-MAN-INFORME-001	
		INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFÍA		ACT: 0	9 / 10
		GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		28/06/08	

- 6.5 REVISIÓN DE FACILIDADES PARA INYECCIÓN DE QUÍMICOS PARA TRATAMIENTO DE TAPONAMIENTO DE TUBERÍA:** Es posible realizar la inyección de químicos desde los pozos hacia la estación, además es recomendable tomar una muestra de la parafina para su análisis y verificar si el químico utilizado actualmente es efectivo para diluir parafina depositada en las líneas.
- 6.6 VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN EN TANQUES:** Es necesario evaluar la necesidad de instrumentación de medición de nivel en los tanques de almacenamiento del campo escuela.
- 6.7 SEGUIMIENTO A NO CONFORMIDADES:** El siguiente cuadro muestra el estado de las no conformidades del campo escuela:

ITEM	DESCRIPCION DE LA NO CONFORMIDAD	ESTADO
1	Pozos COL-36, COL-37 y COL-75 no están en condiciones de operación, probablemente por mal funcionamiento de la bomba de fondo de pozo.	CERRDA
2	Pozos COL-12, COL-69 no están en condiciones de operación por falta de energía, probablemente el transformador se encuentra quemado.	CERRDA
3	Pozo COL-70 Inoperante debido al bloqueo en la línea de recolección. Notar que la obstrucción se sitúa probablemente en el segmento de la línea de recolección que el pozo COL-70 comparte con el pozo COL-38.	CERRADA
4	Pozo COL-38 en operación precaria debido al bloqueo de la línea de recolección. El pozo cuenta con un tanque local con capacidad de 100 barriles y la producción es transferida por carrotanque a la estación de separación.	ABIERTA
5	Conexión inadecuada de los pozos COL-70 y COL-38 a las respectivas tuberías de producción y de prueba. El pozo COL-70 comparte parte de la tubería de recolección con el pozo COL-38. Esto obliga que para la prueba en uno de estos pozos la producción del otro tenga que ser interrumpida. Lo mismo ocurre entre los pozos COL-75 y COL-37.	ABIERTA
6	Extracción Irregular de gas para aplicación doméstica en varios pozos activos e inactivos.	ABIERTA
7	En algunos de los pozos activos ocurre fuga de gas en el sello entre el tubo de producción y la camisa, lo mismo ocurre en diversos pozos inactivos. Entre los últimos se destaca el pozo COL-33.	CERRADA
8	Daño en la tubería de recolección del pozo COL-38 en forma de discontinuidad transversal pasante resultante de la aplicación de una herramienta de corte.	CERRADA
9	Derriame alrededor del pozo COL-25 con la formación de un pantano con dos vertederos en distintas direcciones a la ladera.	CERRADA
10	Ausencia de protección para las correas de transmisión en algunas de las unidades de bombeo.	ABIERTA

		CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-001
		INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFIA		ACT: 0    10 / 10
		GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		29/06/08

ITEM	DESCRIPCION DE LA NO CONFORMIDAD	ESTADO
11	Ausencia de válvula de bloqueo en la entrada del separador de producción principal. La ausencia de esa válvula impide la utilización del separador de producción de reserva.	ABIERTA
12	Ausencia de válvula de seguridad en condición operacional en el separador de producción de reserva.	ABIERTA
13	Ausencia de manómetro en el separador de producción de reserva. Comprometimiento de la seguridad.	ABIERTA
14	Ausencia de escalera y de plataforma que permitan la inspección de las válvulas de seguridad instaladas en el separador de producción principal y en el separador de prueba.	ABIERTA
15	Ausencia de escalera y de plataforma que permitan la inspección del separador de producción de reserva.	ABIERTA
16	Ausencia de bomba contra incendio, de las correspondientes tuberías y monitores.	ABIERTA
17	Ausencia de extintores de incendio.	CERRADA
18	Tanque API en desacuerdo con la buena práctica establecida.	ABIERTA
19	Ausencia del polo a tierra en los recipientes a presión, tanques y tuberías.	ABIERTA
20	Ausencia de tapas en la boquilla de medición en los dos tanques de almacenamiento de crudo.	ABIERTA
21	Derrumbe en la vía de acceso al pozo COL-38.	ABIERTA



**ESTADO DE NO CONFORMIDADES: CERRADAS 7, ABIERTAS: 14**

## **ANEXO 2**

INFORME VISITA CAMPO ESCUELA COLORADO

ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE  
MANTENIMIENTO

AGOSTO 16 DE 2008.

		CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-002
		INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFIA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		ACT: 0      1 / 10 15/08/08

## INFORME VISITA CAMPO ESCUELA COLORADO

### ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO



PRESENTADO POR:

**DIEGO CARVAJAL DEL BASTO CARREÑO**

**INGENIERO METALURGICO  
 ESTUDIANTE DE POSGRADO PROGRAMA ESPECIALIZACION EN  
 GERENCIA DE HIDROCARBUROS**

**ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

**2008**

 	CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-002	
	INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFIA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		ACT: 0	2 / 10
	15/08/08			

## 1. INTRODUCCION

Con el fin de establecer las actividades de Mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo a desarrollar dentro del el proceso de Gerenciamiento de Integridad del CAMPO-ESCUELA COLORADO, se realizó la revisión de las practicas recomendadas en el programa de mantenimiento desarrollado por la escuela de ingeniería mecánica en conjunto con el supervisor operaciones, proponiendo algunos cambios que se ajustan a los recursos disponibles del campo, con el objeto de someterlos a aprobación por parte de la dirección del campo escuela.

## 2. OBJETIVOS

Determinar las actividades del programa de mantenimiento correctivo para la estación de recolección a implementar en el campo escuela.

Revisar y definir las actividades del programa de mantenimiento preventivo de las unidades de bombeo en conjunto con el supervisor de campo.

## 3. PLAN DE TRABAJO



Con el propósito de cumplir los objetivos de la visita se estructuró el siguiente plan de trabajo:

- Revisión del programa anual de mantenimiento preventivo propuesto en el trabajo de grado Plan de Mantenimiento Campo Colorado con el objeto de ajustarlo a la disponibilidad de recursos del campo escuela.
- Inspección visual de las tuberías de entrada a la estación con el fin de establecer el mantenimiento correctivo necesario para garantizar la integridad de las mismas.
- Definir los componentes a ser incluidos en el plan de mantenimiento correctivo.

## 4. DESARROLLO DE LA VISITA

### 4.1 REVISIÓN DEL PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMINETO

Se efectuó la revisión del programa anual de mantenimiento en conjunto con el supervisor de operaciones del campo escuela realizando los siguientes cambios descritos en la tabla 1:

		CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-002
		INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFIA		ACT: 0    3 / 10
		GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		16/08/08



ACTIVIDAD DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA INICIAL DEL PROGRAMA PROPUESTO POR LA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	NUEVA FRECUENCIA
Escuchar ruidos	Diario	Sin cambios
Buscar vibraciones	Semanal	Sin cambios
Revisar nivel de aceite y fugas	Mensual	Sin cambios
Revisar polea, correas y frenos	Trimestral	Diario
Revisar dientes caja reductora	Semestral	Cada 18 meses
Cambiar pines	Anual	Sin cambios
Revisar cuerpos de las válvulas	Anual	Sin cambios
Lubricar equipos (chumaceras y pasadores)	Trimestral	Sin cambios

Tabla 1. Cambios realizados en el programa anual de mantenimiento preventivo de los equipos de bombeo.

Se definió la rutina de lubricación para los equipos de bombeo como se muestra en la tabla 2, y se acuerda modificar el formato RM 03-01 LUBRICACION DE EQUIPOS CAMPO COLORADO, eliminado la figura que muestra el equipo de bombeo y adicionando una casilla para registrar la lubricación de la caja reductora.

RUTINAS DE LUBRICACIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO MECANICO EN POZOS		
PARTE	FRECUENCIA DE REVISION DEL NIVEL DE ACEITE O GRASA Y ADICION SI SE REQUIERE	FRECUENCIA DE CAMBIO DE LUBRICANTE SEGUN EL PROGRAMA
CAJA REDUCTORA	Mensual	Cada 18 meses
PINES (PASADOR)	Mensual	Trimestral
CHUMACERA (COJINETE) DE CENTRO	Mensual	Trimestral
CHUMACERA (COJINETE) DE COLA	Mensual	Trimestral

Tabla 2. Rutinas de lubricación definidas para el programa anual de mantenimiento preventivo de equipos de bombeo.

 	CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-002
	INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFÍA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		ACT: D      4 / 10

#### 4.2 INSPECCION VISUAL DE TUBERIAS DE ENTRADA A LA ESTACIÓN

Se inspeccionaron visualmente las líneas de entrada a la estación verificando el estado de la pintura y de la soporteria.

Se evidenció el mal estado de la pintura y daños por corrosión en diferentes partes de la tubería (ver foto 1 y 2).

Es necesario desenterrar 18 metros de las dos líneas de entrada a la estación, cercanas al manifold (ver foto 3 y 4). Se debe dar una adecuada separación entre las dos líneas de entrada a la estación y adicionar soportes en el tramo inicial (ver foto 2).



Foto 1. Corrosión en tuberías de entrada estación de recolección



 	CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-002	
	INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFÍA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA.		ACT: 0	5 / 10
	15/06/08			



Foto 2. Corrosión en tuberías. En algunos puntos no hay separación entre las líneas.



Foto 3. Tuberías a desenterrar


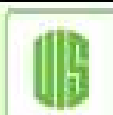
 	CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-002	
	INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFÍA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		ACT: 0	6 / 10
			16/06/08	



Foto 4. Válvulas y tuberías apoyadas en el suelo. Se evidencia daño en la pintura de las tuberías

#### 4.3 COMPONENTES A INCLUIR EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es necesario definir un plan de mantenimiento correctivo incluyendo los elementos descritos en la tabla 3.

ITEM	ELEMENTO A INCLUIR EN MANTENIMIENTO CORRECTIVO	CANTIDAD	MANTENIMIENTO A REALIZAR	OBSERVACIONES
1	LINEAS GENERAL Y DE MEDIDA TRAMO DE ENTRADA A LA ESTACIÓN.	44 metros línea de entrada general 4", 28 metros 3" y 18 metros 4" línea de medición.	Pintura, instalación de soportes, desenterrar e instalar soportes.	Se debe aplicar un sistema de pintura conformado por anticorrosivo, barrera y acabado.
2	VALVULA DE COMPUERTA DE RECIBO Ø 4" DEL TANQUE K 01	1	Cambio de 1 perno de ojal de retención del prensaestopa. (Ver foto 5).	
3	VALVULA DE RETENCION LINEA DE GAS	1	Se requiere inspección previa para determinar el mantenimiento a realizar. (Ver foto 5).	
4	INSTRUMENTACIÓN ESTACION DE RECOLECCION	Instrumentos de nivel y presión, válvulas de alivio.	Se requiere inspección previa para determinar el mantenimiento a realizar	

Tabla 3. Elementos a incluir en el plan de mantenimiento correctivo





		CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-002
		INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFIA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		ACT: 0
				7 / 10
				15/08/08



Foto 5. Válvula de recibo Tanque 01. Fractura en el Perno de ojal de retención del prensaestopa.



Foto 6. Válvula de retención línea de gas presenta fugas.

		CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-002
		INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFÍA GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		ACT: 0
				8 / 10
				15/08/08

#### 4.4 INTEGRIDAD DE LINEAS DE TRANSPORTE DE CRUDO POZOS-ESTACION.

Con el propósito de escoger un químico desparafinante que disuelva posibles acumulaciones de parafinas, es necesario realizar análisis químicos del crudo. Según la efectividad se debe diseñar un programa de inyección de químicos y establecer la frecuencia de inyección del mismo, con el objeto de minimizar los problemas de taponamientos por parafinas en las líneas.

Es necesario realizar inspeccionar, georeferenciar y segmentar las líneas de transporte para evaluar su estado y definir los planes de mantenimiento.

Con el propósito de definir y establecer los requerimientos del campo escuela para la ejecución de inspecciones de tubería de líneas de transporte, se emitirá la especificación técnica para la inspección de líneas.



### 5. CONCLUSIONES

#### 5.1 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNIDADES DE BOMBEO

Con el propósito de iniciar la implementación del programa de mantenimiento preventivo, se realizó la revisión del programa propuesto por la escuela de Ingeniería Mecánica. En el anexo 1 se presenta el programa anual de mantenimiento a implementar. Los cambios realizados al programa inicial consistieron en modificar la frecuencia de revisión de correas, poleas y frenos de trimestral a diario, y modificar la frecuencia de la revisión de los dientes de caja reductora de semestral a 18 meses. Además se estableció la frecuencia de revisión de lubricación mensual. Las actividades de lubricación se registrarán en el formato RM 03-01 Rev 1. Lubricación de Equipos anexo 2, el cual reemplaza al formato propuesto en el trabajo de grado de la escuela de ingeniería mecánica.

El programa se podrá iniciar con la actividad correspondiente al mes de su implementación.

Los cambios realizados en el programa deberán ser autorizados por la dirección del campo escuela con el propósito de proceder con la implementación del programa de mantenimiento preventivo de las unidades de bombeo.

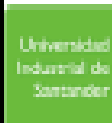

		CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-002
		INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFIA		ACT: 0      9 / 10
		GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		15/08/08

## 5.2 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En el numeral 4.3 se describen los elementos que deben ser incluidos en un programa de mantenimiento correctivo para la estación de recolección, que puede ser implementado y programado una vez evaluados los costos de las actividades de mantenimiento.

Un esquema general de programa de mantenimiento es propuesto en el anexo 3, el cual debe complementarse con las fechas y presupuesto de ejecución de las actividades programadas.

Una vez definidas las fechas, cantidades de mantenimiento y presupuesto, este programa deberá ser autorizado por la dirección del campo escuela.

		CAMPO ESCUELA COLORADO		CEC-MAN-INFORME-002	
		INFORME VISITA DE CAMPO MONOGRAFIA		ACT: 0	10 / 10
		GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DEL CAMPO ESCUELA		15/08/08	

## ANEXOS

- ANEXO 1. Programa Anual de Mantenimiento para las unidades de bombeo
- ANEXO 2. Formato RM 03-01 Rev 1. Lubricación de Equipos
- ANEXO 3. Esquema general de programa de mantenimiento













### ANEXO 3 ESQUEMA DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

 					
ESQUEMA GENERAL DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO ESTACION DE RECOLECCION CAMPO ESCUELA COLORADO					
ITEM	ACTIVIDAD	COMPONENTE	FECHA DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS	CANTIDAD	PRESUPUESTO
1	Pintura, instalación de soportes	Lineas general y de medida tramo de entrada a la estación	POR CONFIRMAR	44 metros línea de entrada general 4", 28 metros 3" y 18 metros 4" línea de medición.	POR CONFIRMAR
2	Desenterrar 18 metros de tubería e instalar soportes	Lineas general y de medida tramo de entrada al manifold	POR CONFIRMAR	2 tramos de 18 m.	POR CONFIRMAR
3	Cambio de 1 perno de ojal de retención del prensaestopa. (Ver foto 5).	Valvula de Compuerta de recibo Ø 4" del Tanque K 01	POR CONFIRMAR	1	POR CONFIRMAR
4	Mantenimiento general valvula de retención línea de gas.	Valvula de retención de línea de gas	POR CONFIRMAR	1	POR CONFIRMAR
5	Mantenimiento general de instrumentación	Instrumentación Estación de Recolección	POR CONFIRMAR	Todos los Instrumentos de nivel y presión, válvulas de alivio.	POR CONFIRMAR
	ELABORÓ INTEGRIDAD		REVISÓ INGENIERIA		APROBÓ DIRECCION EJECUTIVA
NOMBRE					
FIRMA					
FECHA					

## **ANEXO 3**

REPORTES GENERADOS POR EL ESTUDIANTE DE PASANTÍA DE LA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

**PRIMER INFORME DE PASANTIA  
MANTENIMIENTO Y MONTAJES**

**Pasante:** Jimmy Alejandro Arciniegas Mora      cod: 2040426

**Empresa:** Campo Escuela Colorado (escuela de Ingeniería de petroleos).

**Jefe Inmediato:** Ingeniero Luis Eduardo Garcia      cel: 313 395 7437

**Plan de trabajo:**

Implementación del programa de mantenimiento en el Campo Escuela Colorado (control de la realización del mantenimiento en el campo).

Charla acerca de HSEQ.

Documentación acerca del funcionamiento de los equipos.

Visita al campo escuela con el fin de conocerlo, conocer sus equipos y su funcionamiento.

Inspección de los equipos.

Preparación y elaboración del Informe de criticidad de equipos.

**Horario de trabajo:** Viernes, de 2 a 6 pm.

Visitas programadas al campo (viernes todo el día).

**Firma del pasante:**

Jimmy Alejandro Arciniegas

\_\_\_\_\_

**Firma del jefe Inmediato:**

Ingeniero Luis Eduardo Garcia

\_\_\_\_\_

## ANALISIS DE CRITICIDAD

Empresa :

Campo Escuela Colorado

Estudiante:

Jimmy Alejandro Arciniegas

2040426

Escuela de Ingeniería Mecánica  
Universidad Industrial de Santander

2008

## CRITICIDAD DE EQUIPOS

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por su importancia los elementos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el análisis de criticidad ayuda a determinar eventos potenciales indeseados y plantear un programa de mantenimiento, en el contexto de la confiabilidad operacional como: la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico en un tiempo determinado.

Es decir el análisis de criticidad es un método que sirve de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejables de manera controlada.

Para la realización del análisis de criticidad se usó el modelo de criticidad de factores ponderados basado en el concepto del riesgo.

Este es un método semicuantitativo bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo: frecuencia de fallas x consecuencias.

A continuación se presenta de forma detallada la expresión utilizada para jerarquizar sistemas:

**Criticidad total = Frecuencia x Consecuencias de fallas**

**Frecuencia = Rango de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)**

**Consecuencias = ( (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mto. + Impacto Seguridad, Ambiente e Higiene ) (\$,\$US)**

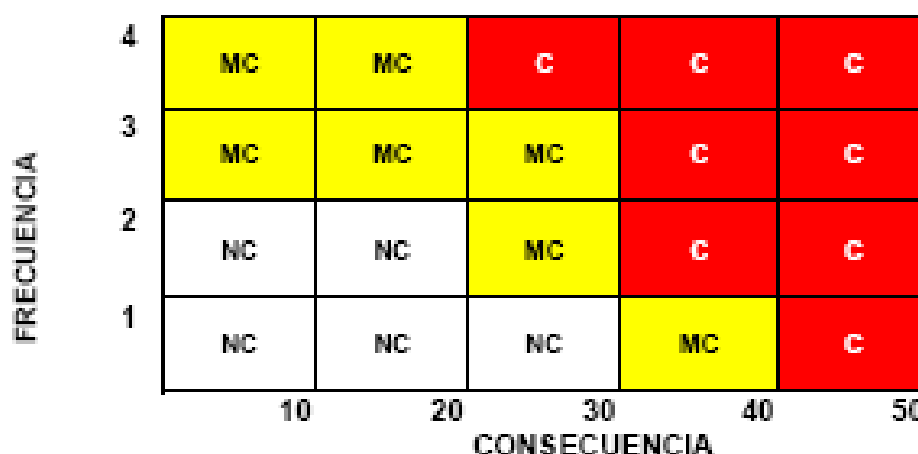
Los factores de cada uno de los criterios se presentan a continuación:

$$\text{Críticidad Total} = \text{Frecuencia de fallas} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = ((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo Mtro.} + \text{Impacto SAH})$$

<b>Frecuencia de Fallas:</b>		<b>Costo de Mtro.:</b>	
Póbre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a 20000 \$	2
Promedio 1 - 2 fallas/año	3	inferior a 20000 \$	1
Bueno 0.5 -1 fallas/año	2	<b>Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH):</b>	
Excelente menos de 0.5 falla/año	1	Afecta la seguridad humana tanto sistema como interna y requiere la notificación a estos sectores de la organización	
<b>Impacto Operacional:</b>		Afecta el ambiente /instalaciones	
Pérdida de todo el despacho	10	Afecta las instalaciones causando daños serenos	
Parada del sistema o subsistema y tiene reparación en otros sistemas	7	Provoca daños menores (ambiente - seguridad)	
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o el ambiente	
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción		1	
<b>Flexibilidad Operacional:</b>			
No existe opción de producción y no hay función de repuesto.	4		
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2		
Función de repuesto disponible	1		

- > Área de sistemas No Críticos (NC)
- > Área de sistemas de Media Críticidad (MC)
- > Área de sistemas Críticos (C)



## CALCULO DE LA CRITICIDAD DE EQUIPOS EN LA ESTACION RECOLECTORA DE CRUDO

### **Bomba reciprocante:**

Frecuencia de fallas: 2

Impacto operacional: 10

Flexibilidad operacional: 4

Costo de mantenimiento: 1

Impacto en SHA: 1

Consecuencias = 42

Criticidad total = 84

Categoría: crítico

### **Tanque de almacenamiento**

Frecuencia de fallas: 1

Impacto operacional: 10

Flexibilidad operacional: 4

Costo de mantenimiento: 2

Impacto en SHA: 8

Consecuencias = 50

Criticidad total = 100

Categoría: crítico

### **Motor eléctrico**

Frecuencia de fallas: 3

Impacto operacional: 7

Flexibilidad operacional: 4

Costo de mantenimiento: 1

Impacto en SHA: 1

Consecuencias = 30

Criticidad total = 60

Categoría: medianamente crítico

### **Separadores verticales de crudo y gas**

Frecuencia de fallas: 1

Impacto operacional: 10

Flexibilidad operacional: 4

Costo de mantenimiento: 1

Impacto en SHA: 7

Consecuencias = 48

Criticidad total = 56

Categoría: crítico

## CALCULO DE LA CRITICIDAD DE EQUIPOS EN EL POZO COLORADO 38

### **Caja reductora de la unidad de bombeo**

Frecuencia de fallas: 1

Impacto operacional: 7

Flexibilidad operacional: 4

Costo de mantenimiento: 1

Impacto en SHA: 3

Consecuencias = 32

Criticidad total = 64

Categoría: crítico

### **Freno de la unidad de bombeo**

Frecuencia de fallas: 4

Impacto operacional: 4

Flexibilidad operacional: 4

Costo de mantenimiento: 1

Impacto en SHA: 3

Consecuencias = 19

Criticidad total = 38

Categoría: medianamente crítico

### **Motor eléctrico de la caja reductora**

Frecuencia de fallas: 3

Impacto operacional: 7

Flexibilidad operacional: 4

Costo de mantenimiento: 1

Impacto en SHA: 1

Consecuencias = 30

Criticidad total = 60

Categoría: crítico

### **Chumacera de cola de la unidad de bombeo**

Frecuencia de fallas: 1

Impacto operacional: 7

Flexibilidad operacional: 4

Costo de mantenimiento: 1

Impacto en SHA: 3

Consecuencias = 31

Criticidad total = 62

Categoría: crítico

**Chumacera de centro de la unidad de bombeo**

Frecuencia de fallas: 1

Impacto operacional: 7

Flexibilidad operacional: 4

Costo de mantenimiento: 1

Impacto en SHA: 3

Consecuencias = 31

Criticidad total = 62

Categoría: crítico

**Cranks de las unidades de bombeo**

Frecuencia de fallas: 1

Impacto operacional: 7

Flexibilidad operacional: 4

Costo de mantenimiento: 1

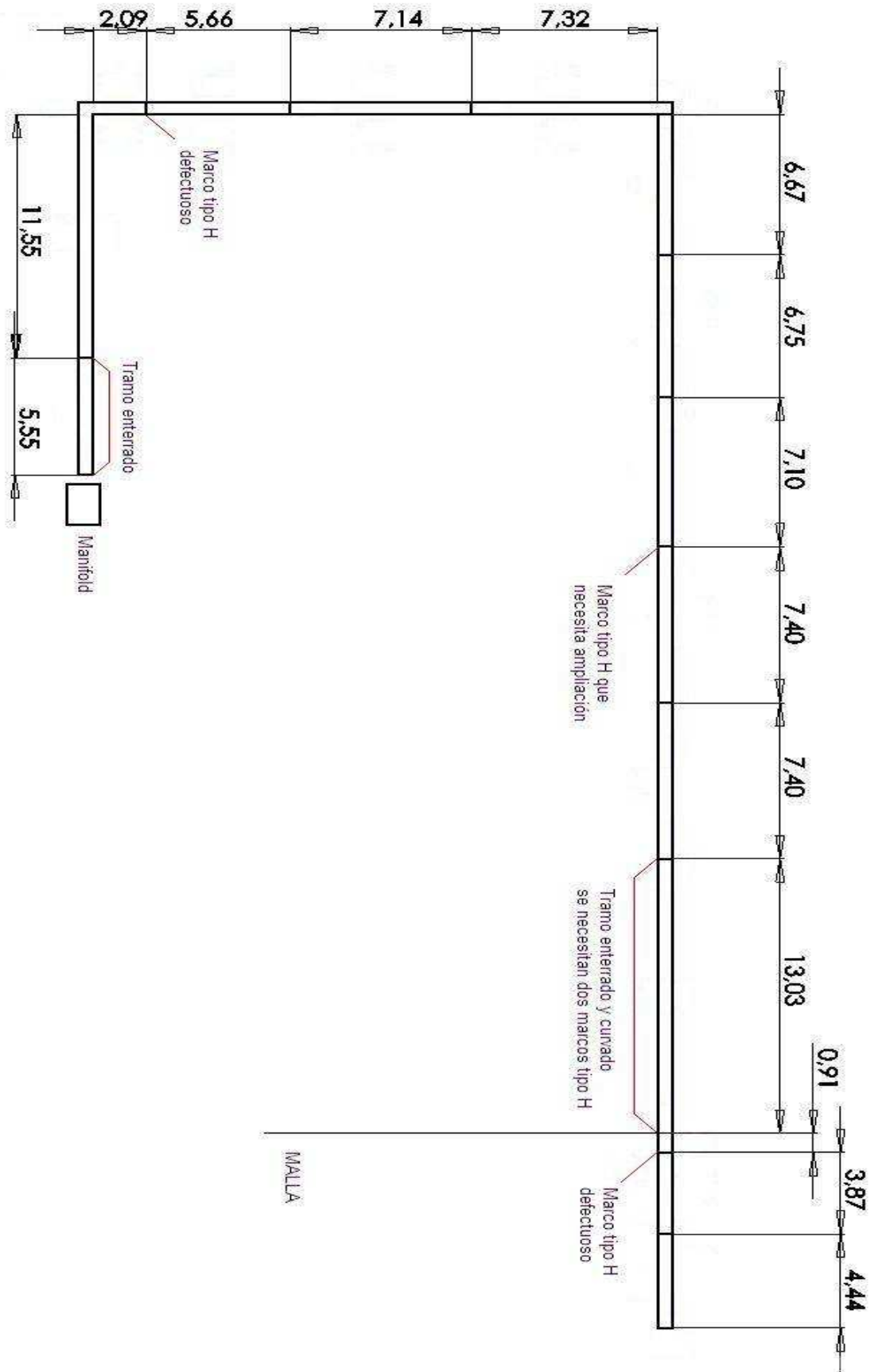
Impacto en SHA: 5

Consecuencias = 34

Criticidad total = 68

Categoría: crítico

# PLANO TUBERIA DE ENTRADA ESTACIÓN DE RECOLECCIÓN



MEDIDAS EN METROS

**SEGUNDO INFORME DE PASANTIA  
MANTENIMIENTO Y MONTAJES**

**Pasante:** Jimmy Alejandro Arciniegas Mora      cod: 2040426

**Empresa:** Campo Escuela Colorado (escuela de ingeniería de petróleos).

**Jefe Inmediato:** Ingeniero Luis Eduardo García      cel: 313 395 7437

**ACTIVIDADES REALIZADAS A LA FECHA:**

Charla acerca de HSEQ.....10 / oct / 08  
Visita al campo escuela con el fin de conocerlo, conocer sus equipos y su funcionamiento.....11 / oct / 08  
Inspección de los equipos.....24 / oct / 08  
Preparación y elaboración del informe de criticidad de equipos.....7 / nov / 08

**Firma del pasante:**

Jimmy Alejandro Arciniegas      \_\_\_\_\_

**Firma del jefe Inmediato:**

Ingeniero Luis Eduardo García      \_\_\_\_\_

## SEGUNDO TALLER

### MANTENIMIENTO Y MONTAJES

Jimmy Alejandro Arciniegas Mora

Cod: 2040426

Grupo: A1

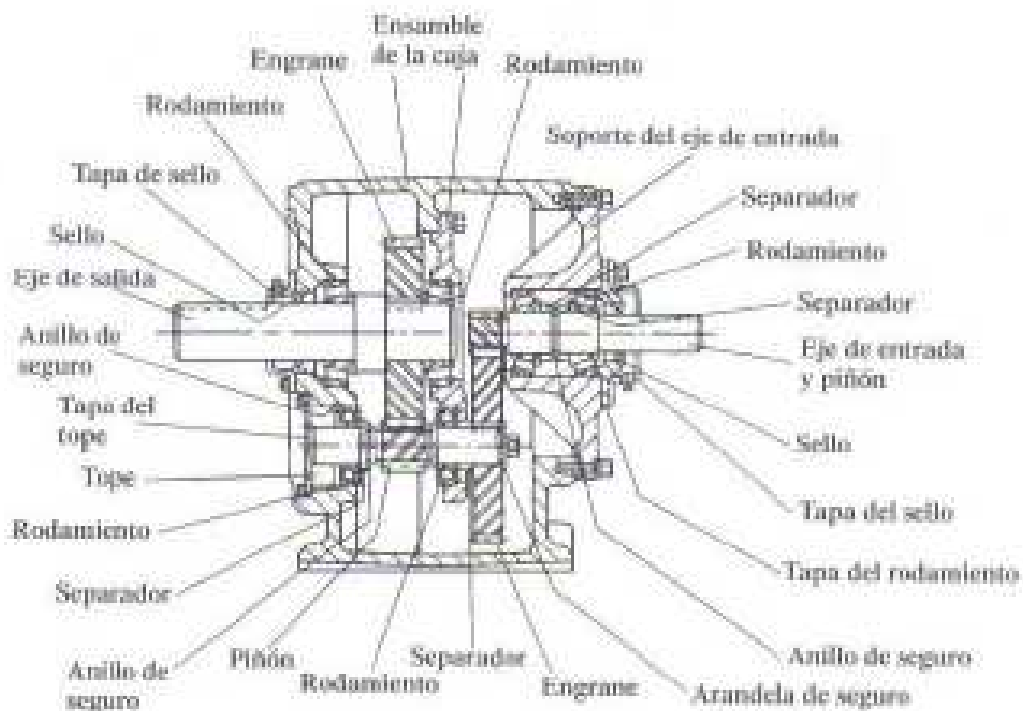
#### Selección del equipo

El equipo seleccionado es la caja reductora de velocidad, cuya calificación es equipo crítico. Es una caja de engranajes de dientes rectos en V de reducción de velocidad en dos etapas

#### Ubicación del equipo en el sistema



### Esquema de una caja reductora



c) Nomenclatura de las piezas

### Partes susceptibles de falla

Los componentes que fallan más a menudo en una caja reductora son los rodamientos. Esto se debe a una lubricación deficiente y/o sobrecargas, lo cual repercute en un mayor consumo de potencia, ruidos excesivos y recalentamiento.

Otro elemento tendiente a fallar son los dientes del engranaje, los cuales manifiestan marcas sobre los dientes, lo cual indica que el grosor de la capa de lubricante es insuficiente para soportar las cargas a las que está sometido el diente.

La picadura sobre los dientes es también una señal de alarma que anuncia la presencia de fatiga en el engranaje.

Ambos eventos podrían repercutir en la fractura de uno o más dientes lo cual provocaría una situación caótica pues los fragmentos de los dientes fracturados terminan dañando los dientes restantes.

Por último, otro elemento susceptible de falla son los ejes, sobre los cuales están montados los engranajes. Estos pueden fallar por un gran número de causas entre las cuales podemos mencionar sobrecargas del sistema y fatiga, terminando esto en una imposible operación de la caja reductora y un eventual paro del sistema.

#### Identificación de repuestos

Los repuestos identificados son los rodamientos, de los cuales se conoce su código pero no su fabricante. Los rodamientos utilizados en las cajas reductoras de los las unidades de bombeo en Campo Colorado son : A-1309, A-1315, A-5211 y A-5213.

De igual manera se identificado el aceite utilizado para la lubricación de la caja reductora el cual es : Aceite ESSO SPARTAN EP ISO 460.

#### Actividades, frecuencias y procedimientos para atender dichos problemas

Las actividades que se llevan a cabo para el mantenimiento de la caja reductora se enuncian a continuación:

<i>Actividad</i>	<i>Frecuencia</i>
1 Escuchar ruidos	1 Diaria
2 Buscar vibraciones para una revolución	2 Semanal
3 Revisar nivel de aceite y fugas	3 Mensual
4 Revisar dientes de la caja reductora, lubricar	4 Semestral

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

NOMBRE DEL EQUIPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
UNIDAD DE BOMBEO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Caja reductora de la unidad de bombeo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		3				3				3				3				3				3			
											4														

JULIO					AGOSTO					SEPTIEM					OCTUBRE					NOVIEMBRE					DICIEMBRE				
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	30	51	52			
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
3				3				3					3					3					3				3		
													4																

**1** DIARIO:  
Escuchar ruidos

**2** SEMANAL: Buscar vibraciones para una revolución

**3** MENSUAL: Revisar nivel de aceite y fugas

**4** CADA 6 MESES: Revisar dientes caja reductora, lubricar caja