



## Transformación del Modelo Operativo de Mantenimiento con Caso de Éxito

Óscar Fernando Motato Toro  
Oleoducto de los Llanos Orientales S.A.  
Calle 113 # 7-80 Piso 14  
E-mail: [ofmotato@gmail.com](mailto:ofmotato@gmail.com)  
Bogotá D.C – Colombia

### **Resumen:**

La dinámica de los mercados desafía a las industrias a buscar alternativas para garantizar la sostenibilidad del negocio, a través de identificación de brechas y captura de eficiencias que flexibilicen sus modelos de costos. En la industria de transporte de hidrocarburos se suele tener un modelo de costos de mantenimiento constantes, que bajo un entorno de bajos precios del crudo y de disminución de producción, resultan en un costo por barril transportado alto. Con el fin de mostrar un caso de éxito del proceso de transformación del modelo operativo de mantenimiento, se presenta en este trabajo una metodología para la implementación de atención integral del mantenimiento en un esquema basado en actividades, teniendo como objetivo alcanzar la eficiencia en el proceso y la excelencia en las operaciones que redunde en captura de ahorros de manera recurrente.

### **1. Introducción:**

Los modelos tradicionales de ejecución del mantenimiento están orientados a la conformación de una estructura basada en personas, más que a un plan integral de atención basado en actividades, soportando en las competencias del personal la percepción de confiabilidad de los sistemas. Este modelo tiene como ventaja que internaliza el conocimiento e incrementa el *know how* de la compañía, pero, por tener una característica de costo fijo, se pierde flexibilidad cuando por condiciones propias de la industria o exógenas a ella, se requiere modificar la estrategia de atención de mantenimiento.

Producto del entorno económico frente al precio del crudo y su impacto en las finanzas de las compañías, se deben adelantar revisiones de los procesos que, en lo concerniente a la gestión de mantenimiento, permita identificar oportunidades de mejora en el modelo operativo de mantenimiento, con la promesa de captura de ahorros y eficiencia de manera sostenible.

Con el fin de mostrar un caso de éxito del proceso de transformación del modelo operativo de mantenimiento, se presenta en este trabajo una metodología para la atención integral del mantenimiento basado en actividades.

La metodología se divide en tres grupos principales: Ajuste de la planeación de mantenimiento, donde se propone la revisión y ajuste de los planes con base en el contexto operativo, la criticidad de los equipos, el marco regulatorio, la implementación de metodologías *LEAN* tales como medición de *Tool Time*, revisión de frecuencias según tasas de falla, y depuración de errores en la asignación de tareas y tiempos para las rutinas de mantenimiento; la definición del modelo de atención integral por actividades, donde se propone el alcance, roles y responsabilidades, modo de facturación y factores de desempeño; y la fase de implementación, donde se propone el plan de transición del modelo orientado a personas a la atención basada en actividades, y las mediciones a través de tableros de gestión del desempleo del modelo.



La metodología objeto de este trabajo, parte de un modelo de atención de mantenimiento basado en recursos, buscando concebir en la última etapa la atención del mantenimiento bajo la modalidad de gerenciamiento de confiabilidad, como se muestra en la Fig. 1. Sin embargo, en este documento se presenta la metodología para llegar al paso intermedio, es decir la modalidad de atención de mantenimiento por actividades.



Fig. 1 Modelo de llegada del mantenimiento

## 2. Marco Referencial:

Los procesos de transformación deben partir de una necesidad de cambio, en el que sistemáticamente se desarrollen las fases de diagnóstico, planeación e implementación de las iniciativas bajo un modelo como el que se muestra en la Fig. 2, que apalanquen los objetivos para alcanzar la excelencia en los procesos y la eficiencia en las operaciones.

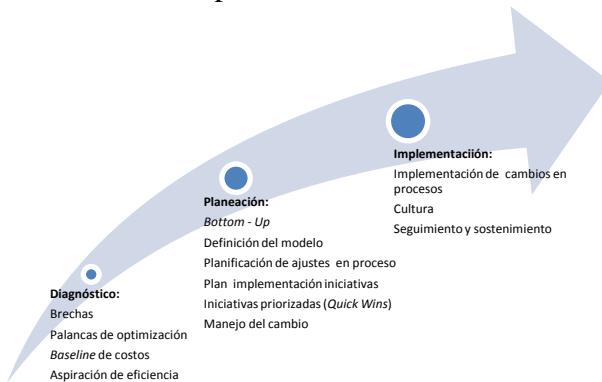


Fig. 2 Fases de implementación modelo operativo

Por excelencia en procesos se busca diagnosticar, diseñar e implementar procesos y modelo organizativo que soporten la excelencia operativa a largo plazo, y por eficiencia en operaciones se busca la transformación del modelo operativo que permita la captura de ahorros y eficiencia de manera sostenible.

## 2.1. Marco Referencial - Diagnóstico Mantenimiento:

En modelos de ejecución de mantenimiento tradicionales basados en el suministro de recursos, se pueden encontrar brechas accionables en las siguientes áreas:

**Confiabilidad:** brindar la estrategia, lineamientos, criterios y estándares necesarios para garantizar la integridad y confiabilidad de los activos.

**Planeación:** planificar y programar las actividades de mantenimiento preventivo

**Ejecución:** asegurar la correcta ejecución de las actividades de mantenimiento.

**Seguimiento:** Dar seguimiento a los resultados del área de Mantenimiento, generar análisis de métricas claves y asegurar las optimizaciones del sistema en forma continua.

**Administración:** Administrar y controlar la gestión de los contratistas en los procesos de ejecución.

## 3. Metodología para el proceso de transformación del modelo operativo de mantenimiento:

Dentro del Sistema Integrado de Gestión, la planeación y ejecución de los servicios de mantenimiento suele estar clasificado como uno de los procesos de la cadena de valor de las compañías.

El propósito y proyección de este proceso debe estar definido como el conjunto de actividades encaminadas a garantizar la confiabilidad operativa y ambiental de los equipos e infraestructura, mediante la estandarización de criterios y parámetros técnicos, la planeación de mantenimiento de origen proactivo, el análisis estadístico predictivo del desempeño de equipos, el mejoramiento continuo y el soporte técnico especializado.

En el presente trabajo se presenta la transformación del modelo operativo de mantenimiento, accionando las áreas de planeación, ejecución y seguimiento.



El cierre de brechas se realiza mediante iniciativas de transformación de estos subprocessos, con gestión por etapas que representan el progreso de una iniciativa desde nace, hasta que finalmente es ejecutada, como se muestra en la Fig. 3.



Se debe realizar el seguimiento de todas las iniciativas que generan valor, bajo un único sistema que asegure una única fuente de realidad.

En el caso de éxito objeto de este estudio, el diagnóstico inicial de mantenimiento para los subprocessos anteriormente definidos presenta una oportunidad de ahorros recurrentes de hasta un 26% sobre la línea base de costos del año anterior. Las palancas de ahorro y las potenciales mejoras se muestran en la Fig. 55.

### 3.1 Planeación del mantenimiento:

Para el ajuste de los programas de mantenimiento, en las especialidades eléctrica, mecánica, e instrumentación y control, se presenta el flujo de actividades de la Fig. 5.

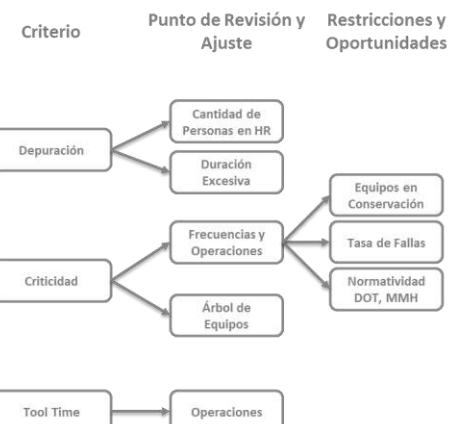


Fig. 4: Flujograma para optimización de planes de mantenimiento

**Depuración:** Realizar revisión de los planes de mantenimiento para identificar y corregir errores por Q (cantidad) que permitan optimizar la demanda. La metodología por aplicar es la elaboración de diagramas de Pareto para dos criterios: cantidad de personas asignadas a una tarea, y duración de la tarea.

La fracción 80/20, las notificaciones históricas y el criterio de ejecutores de cada especialidad, permitió establecer como límite para revisión de planes, tareas que estuvieran planeadas con más de 4 recursos y actividades que duraran más de 10 horas.

De este tipo de revisiones, se pueden encontrar desviaciones producto de errores en la configuración de los planes, por exceso de horas y/o personal planeado, tal como se muestra a continuación:

Palanca	Potenciales Mejoras
Ajuste de equipos y personal básicos por nuevo contexto operacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Migrar el objeto de contrato de mantenimiento de un suministro de recursos, a un servicio de actividades de mantenimiento proactivo y correctivo.</li> </ul>
Ajuste de volumen de mantenimiento por hibernación de plantas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar planes de mantenimiento de equipos afectados por la hibernación de plantas con la consecuente liberación de recursos</li> </ul>
Productividad de técnicos (Tool Time)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer mecanismos para incrementar el "tool time" de técnicos, en las dimensiones de mayor desperdicio (llevándolo del 25% al 40-55%)</li> </ul>
Criticidad de Equipos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actualizar la clasificación de equipos críticos</li> <li>Ajustar los planes de mantenimiento planeado en nuevos equipos no críticos</li> </ul>
Revisión y ajuste de Planes de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ajustar planes de mantenimiento en equipos críticos y no críticos, llevando los planes a los mejores niveles de referencia internos</li> </ul>

-18-26%

Fig. 5: Oportunidades de ahorros recurrentes



## XX Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos

9, 10 y 11 de mayo de 2018. Bogotá - Colombia

Descripción posición de mantenimiento	Texto breve operación	Duración planeada	Duración Real
BN-PVO-Val seguridad desc b. psv-4501a	Alistamiento Del Trabajo	50	0.3
Descripción posición de mantenimiento	Personal Planeado	Personal Real	
Pvo 90D Planta Tratamiento Agua Potable Co		21	2

Frente a esta revisión, se logró una optimización de demanda del 38%.

**Criticidad:** Actualizar clasificación de criticidad bajo nuevos contextos operativos y matriz de riesgos corporativos, con el fin de validar los planes de mantenimiento de acuerdo con esta nueva clasificación.

Sobre equipos críticos se mantiene el plan de mantenimiento, mientras que sobre equipos no críticos se evalúan escenarios de oportunidades y de restricciones para la optimización de sus planes de mantenimiento.

En oportunidades:

- Se identifican equipos que pasaron a un modo hibernación, sobre los cuales se cambian la estrategia de mantenimiento pasando de rutinas de intervención a rutinas de inspección.
- Se identifican equipos a los que, por sus tasas de falla, se le pueden ampliar sus frecuencias de mantenimiento.

En restricciones:

- Se identifican equipos que por cumplimiento de un marco regulatorio (manual de medición en custodia, API, IEC, DOT, etc.), deben conservar frecuencias de mantenimiento definidas, independiente de su condición.

La actualización de criticidad de equipos permitió visualizar un resultado secundario que contribuyó a la optimización de demanda. Se encontraron activos cargados en el árbol de equipos que físicamente no se encuentran instalados, pero contaban con plan de mantenimiento. Con este hallazgo, se realizó desmonte de posiciones de mantenimiento para equipos inexistentes.

**Tool Time:** Identificar y accionar desperdicios y tiempo incidental en la ejecución del



mantenimiento, para maximizar su valor añadido e incrementar la productividad.

Para esta actividad se realizan mediciones de *Tool Time* a las actividades de mantenimiento de cada especialidad. En la Fig. 6 se presenta, a modo de ejemplo, un acompañamiento y los hallazgos durante el seguimiento a una actividad de cambio de aceite.

Observación en visita	Mejores prácticas
<p><b>Preparación área de trabajo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El técnico fue al lugar de trabajo y evaluó condiciones/ riesgos básicos</li> <li>• Definió la necesidad de materiales y herramientas para intervención</li> <li>• Limpio y despejó el área</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener un check-list de los puntos a revisar para que la preparación del área sea efectiva</li> <li>• Definir estándares de materiales y herramientas para el 75% de correctivos repetitivos</li> <li>• Programación anticipada del trabajo para hacer despeje del área, previo a la intervención</li> </ul> 
<p><b>Búsqueda de materiales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El técnico asistió al taller para retirar kit de materiales</li> <li>• Alistó las herramientas junto con el ayudante</li> <li>• Mientras estaba interviniendo el equipo, el técnico detectó falta de una herramienta y del aceite</li> <li>• El técnico regresó al taller a buscar los elementos faltantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluir en OT el detalle de los materiales necesarios para el 75% de correctivos repetitivos</li> <li>• Pedir al ayudante el armado del kit en forma anticipada (24 horas antes de la intervención) mediante entrega de OT</li> <li>• Programación de las OTs correctivas con horizonte semanal</li> </ul> 

Fig. 6: Ejemplo seguimiento ejecución de mantenimiento

Las mediciones de *Tool Time* se diligencian sobre un formato en el cual se relacionan las actividades de mantenimiento, clasificando los tiempos de desperdicios, los tiempos incidentales y los tiempos llave en mano, con el fin de identificar desviaciones y accionar un plan. En la Fig. 7 se muestra una plantilla utilizada para esta actividad.



Fig. 7: Plantilla para mediciones Tool Time

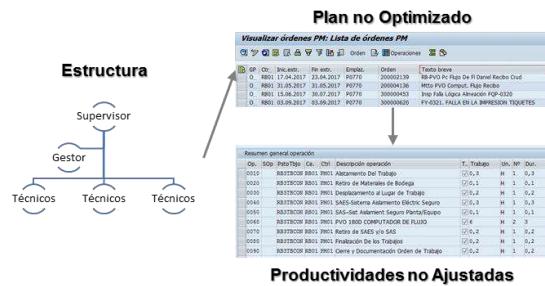
En el caso de éxito que se relaciona en este trabajo permitió incrementar el tiempo llave en mano en



un 25%, con implementaciones como seguimiento programación semanal para definir rutas de mantenimiento y por lo tanto disminuir desplazamientos, alistamiento previo de kit de herramientas, reunión sistemática para revisión de permisos de trabajo, entre otras actividades.

### 3.2 Definición del modelo operativo:

Se encontró en la fase diagnóstico un esquema de atención del mantenimiento basado en suministro de recursos (personal y equipos), planes de mantenimiento no optimizados y productividades no retadas (ver Fig. 8).





**XX Congreso Internacional  
de Mantenimiento  
y Gestión de Activos**  
9, 10 y 11 de mayo de 2018. Bogotá - Colombia



- El ejecutor tiene la posibilidad de internalizar contratos de mantenimiento especializado (a demanda), con tarifas previamente acordadas entre las partes.
- El ejecutor puede realizar propuestas de optimización a planes de mantenimiento y emprender campañas para aumento de productividades.

Para realizar monitoreo de resultados y retroalimentar el proceso de mejoramiento continuo con el fin de lograr un mejor desempeño, una mayor eficiencia, productividad y cumplimiento, se generan indicadores gestión para medir los siguientes aspectos:

Ítem	Categoría	Descripción
<b>Cumplimiento</b>		
1	1,1	Tablero de ejecución diaria
	1,2	Porcentaje de cumplimiento de órdenes ejecutadas / órdenes programadas
	1,3	Causal de Incumplimiento
	1,4	Backlog (En horas)
<b>Oportunidad</b>		
2	2,1	Atención de avisos
	2,2	Downtime de sistemas críticos
<b>Eficacia Global del Departamento</b>		
3	3,1	Mantenimiento correctivo a sistemas críticos (tiempo de reparación / tiempo de parada)
	3,2	Porcentaje de órdenes correctivas / órdenes proactivas
	3,3	Porcentaje de disponibilidad (genérica, inherente, alcanzada, operacional)
<b>Avance Tecnológico y Utilización de Recursos</b>		
4	4,1	Porcentaje de Mantenimiento Predictivo / Mantenimiento Preventivo
	4,3	Identificación de malos actores: averías con fallo localizado / averías totales
	4,2	Propuestas de iniciativa de mejora

El seguimiento se realiza a través de tableros, los cuales permiten monitorear:

**Programa local:** Programador de mantenimiento con relación de las órdenes semanales proactivas y reactivas, horas planeadas, horas ejecutadas, órdenes ejecutadas y órdenes no ejecutadas y/o reprogramadas con su justificación (Fig. 11).

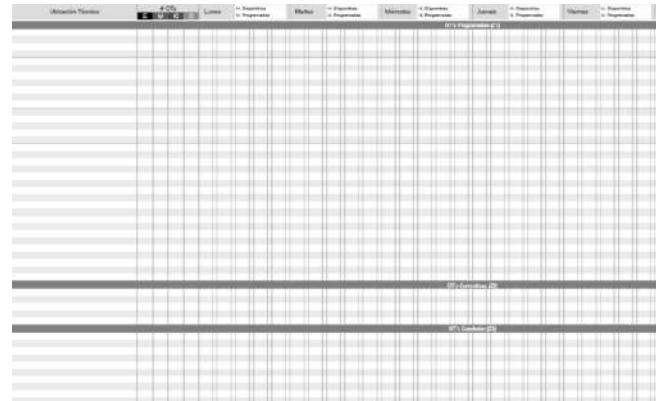


Fig. 11: Programador semanal de mantenimiento

### Indicadores de gestión:

**Oportunidad:** Avisos atendidos/avisos generados

**Calidad:** Órdenes correctivas/órdenes totales

**Cantidad:** Órdenes ejecutadas/órdenes totales

Estos indicadores tienen gestión visual desde un tablero como el que se muestra en la Fig. 12.

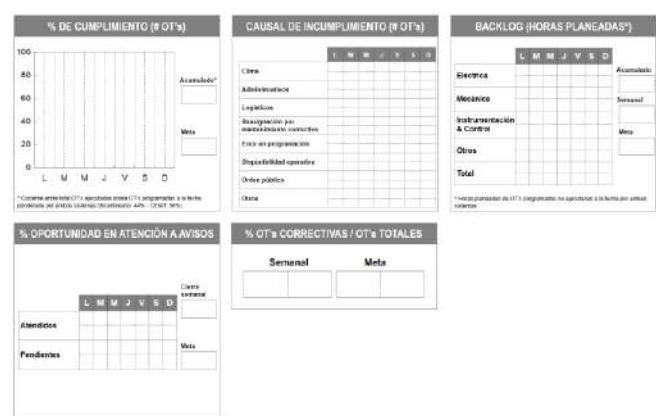


Fig. 12: Tablero de gestión de indicadores

### 3.3 Implementación del modelo operativo:

Se deben desarrollar especificaciones técnico - comerciales cuyo alcance está orientado al nuevo modelo operativo. El alcance debe abarcar:

- Ejecución del mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.
- Gestión de
- Inclusión de consumibles propios para la ejecución de los mantenimientos.
- Ejecución (internalización) de mantenimientos especializados acordados previamente entre las partes.



- Acompañamiento a contratistas de mantenimientos especializados no incluidos en el alcance

Para capitalizar los incentivos descritos en la sección 3.2, la modalidad de pago se puede establecer como una suma global para atención de pronóstico de mantenimiento, que incluye un porcentaje fijo para atención correctivos. Sin embargo, se debe conocer el desglose referencial de tarifas unitarias por actividad (ver Fig. 13).

Especialidad	Operación Pronóstico de mantenimiento	Cantidad	Trabajo (hora)	Tarifa propuesta
Electricidad	PVO 1080D Centro Control Motores	3	15,0	
Electricidad	Pvo 12M Insp Gral Resist Aislamiento			
Electricidad	Pvo 12M Inspección Generador Auxiliar			
Instrumentación y control	Pdvo 180D Medidor De Flujo Desplaz Posit			
Instrumentación y control	Plan Pvo 180D Fire&Gas Detección Area Tk	3	7,0	
Instrumentación y control	Pvo 180 Dias Interruptor De Presión	6	1,5	
Mecánica	Pdvo 30D TOMA MUESTRA LUBRICANTE B BOOST	18	3,0	
Mecánica	Pvo 100HD Insp Sellos,Sistemas Lubricac	25	6,0	

Fig. 13: Tarifas unitarias por actividad

Las actividades que se encuentren fuera del programa de mantenimiento y su correspondiente correctivo, se pueden establecer tarifas unitarias de equipo y personal opcional, para atender requerimientos por demanda.

Una palanca secundaria de ahorro es la apertura a un proceso competitivo, por el alcance definido en esta sección.

#### 4. Factores de desempeño y capitalización de ahorros:

El seguimiento a los indicadores de gestión permite accionar los factores que pueden alterar el desempeño en la ejecución integral del mantenimiento.

En este caso de éxito, el acompañamiento al cambio, la cultura de un nuevo modelo, la confianza y etapa de aprendizaje mutuo (cliente / contratista), han sido la base para lograr los objetivos propuestos.

A nivel de ejecución, capacidad excedente superior al estimado en la optimización de planes y *tool time*, reducción de reprogramación de órdenes por falta de recursos, y reducción de porcentaje de mantenimientos correctivos, se muestran como resultado de la implementación del modelo.

A nivel de dirección, la implementación del modelo operativo permitió la captura de ahorros de un 38% respecto a la línea base. El foco de ahorro se centró en la optimización de los planes y la renegociación de prestación de servicios por recursos, a atención integral del mantenimiento, tal como se muestra en la Fig. 14)

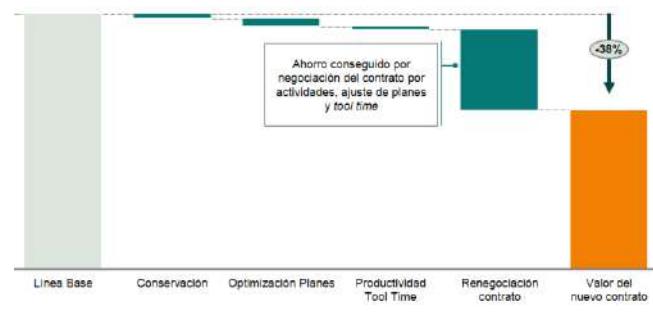


Fig. 14: Capitalización de ahorros

En estos modelos, se deben considerar los "no-es" de transformación. El cambio de modelo operativo no es:

- Copia de otros modelos, exitosos o no.
- Recorte de personal.
- Lo que dice un consultor.
- Un ahorro puntual no recurrente.
- Una moda por entrar en el *Lean Management*

#### 5. Conclusiones:

El cambio de modelo operativo de mantenimiento presentado en este trabajo permitió capitalizar las metas de ahorro esperadas por la organización. El punto clave cuando se inician estos procesos estructurales o de la cadena de valor, deben tener todo el respaldo y convencimiento de la alta dirección.

Los procesos de transformación deben ser sostenibles en el tiempo, por lo que los cambios que se implementen a nivel de subprocesos deben contar con los análisis de riesgos operativos y corporativos, y tener un estricto seguimiento.

En el seguimiento, los indicadores y tableros de gestión deben ser escalados a nivel directivo, que permitan accionar desviaciones en los que se requiera su intervención.

Como se describió en los "no-es" de los modelos de transformación, el modelo operativo de mantenimiento no es un simple recorte de presupuesto, la reducción de costos es un consecuencia de las mejoras emprendidas. Se debe, en todo momento, garantizar las condiciones de seguridad, disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de los activos.

Los procesos de trasformación, en este caso para el área de mantenimiento, deben contar con apoyo de áreas transversales. Cambio cultural, resistencia al cambio, trabajo en equipo, desarrollo de capacidades, y resolución de conflictos, deben acompañar los cambios de tipo técnico o contractual.

La implementación de mejoras o cambios en los procesos parten de una línea base, en la cual la confiabilidad de los datos es esencial para el cumplimiento de los objetivos. Se debe promover la cultura de la notificación oportuna y de calidad con el fin de tener una base de datos confiable.

Como resultado secundario de este caso de éxito, la revisión detalla de los planes de mantenimiento permitió evidenciar brechas accionables con la depuración de errores, tales como duraciones excesivas o cantidad de personas sobredimensionadas. Los planes de mantenimiento deben mantener su ciclo de mejoramiento continuo.

## 6. Bibliografía:

- [1] GONZÁLEZ FERNÁNDEZ Francisco. Auditoría del mantenimiento e Indicadores de gestión. Bogotá, 2014
- [2] SILVA ARDILA Pedro Eliseo, ORREGO BARRERA Juan Carlos. Confiability en la Práctica. Medellín, 2014
- [3] MORA GUTIÉRREZ Alberto. Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control. Alfaomega Colombiana S.A, Bogotá D.C, 2009
- [4] ISO 14224, Industria de Petróleo y Gas – Recolección e Intercambio de Datos de Confiabilidad y Mantenimiento de Equipos. 2008. [www.acp.com.co](http://www.acp.com.co)
- [5] UNE-EN-15341, Mantenimiento: Indicadores claves de rendimiento del mantenimiento. 2008. [www.aenor.es](http://www.aenor.es)



**XX Congreso Internacional  
de Mantenimiento  
y Gestión de Activos**  
9, 10 y 11 de mayo de 2018. Bogotá - Colombia



Óscar Fernando Motato Toro

Ingeniero Electrónico de la Universidad del Valle.

Especialista en Gerencia de Mantenimiento de la Universidad Industrial de Santander.

Certificado como Gestor de Mantenimiento y Confiabilidad CGMC – ACIEM

Certificado como Functional Safety Engineer por TÜV – SÜD

Cargo de experto de planeación y programación de mantenimiento

Oleoducto de los Llanos Orientales ODL S.A,

Teléfono oficina: (1)6461300 ext. 26414

Celular: 3222178465

Dirección oficina: Calle 113 # 7-80

Bogotá

Correo electrónico: ofmotato@gmail.com

Ciudad: Bogotá

País: Colombia