

MODELO PARA LA ORGANIZACIÓN JERARQUICA Y CLASIFICACION DE LOS  
ACTIVOS DE LA PLANTA ARAGUANEY DE ECOPEPETROL S.A. BASADO EN LA  
NORMA ISO14224:2006 PARA SU IMPLEMENTACION EN EL MODULO DE  
MANTENIMIENTO DE SAP

CARLOS YESID MORALES ROMERO  
CARLOS MAURICIO ULLOA NAVARRO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2014

MODELO PARA LA ORGANIZACIÓN JERARQUICA Y CLASIFICACION DE LOS  
ACTIVOS DE LA PLANTA ARAGUANEY DE ECOPETROL S.A. BASADO EN LA  
NORMA ISO14224:2006 PARA SU IMPLEMENTACION EN EL MODULO DE  
MANTENIMIENTO DE SAP

CARLOS YESID MORALES ROMERO  
CARLOS MAURICIO ULLOA NAVARRO

Monografía de Grado presentada como requisito para optar al título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director:  
CARLOS EDUARDO MERCHÁN RAMOS  
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2014

## DEDICATORIA

*“CON TODO MI CARIÑO DEDICO ESPECIALMENTE A MIS PADRES Y HERMANO, EL CUAL SON MI MOTIVO PARA LLENARLOS DE ALEGRÍAS CON MIS TRIUNFOS, A LOS DOCENTES POR SU CONOCIMIENTO DE LO ENSEÑADO EN EL AULA DE CLASE”*

*CARLOS YESID MORALES ROMERO*

*“A DIOS GRACIAS POR LA OPORTUNIDAD QUE ME BRINDA, CADA DIA PARA SUPERAR RETOS Y CUMPLIR SUEÑOS, A MI MADRE Y HERMANOS POR ESTAR SIEMPRE APOYANDO EN TODAS LAS DESICIONES QUE TOMO DIA A DIA Y A MIS AMIGOS DE LA ESPECIALIZACION CON QUIENES COMPARTIMOS EXPERIENCIAS DURANTE EL DESARROLLO DEL POSTGRADO”.*

*CARLOS MAURICIO ULLOA NAVARRO*

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCION</b> .....	12
<b>1. RESEÑA HISTORICA DE LA PLANTA ARAGUANEY – ECOPETROL S.A</b> .....	12
1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	12
1.2 ACTIVOS FÍSICOS .....	13
1.3 ORGANIGRAMA. ....	13
<b>2. DESCRIPCION DEL PROYECTO</b> .....	15
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
2.2 OBJETIVOS .....	15
2.2.1 Objetivo General .....	15
2.2.2 Objetivos Específicos .....	16
2.3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO .....	16
<b>3. NORMA ISO 14224 VERSIÓN 2006</b> .....	18
3.1 Antecedentes .....	19
3.2 Propósito de la información en Mantenimiento .....	20
3.3 Beneficios de una buena administración de la información .....	20
3.4 Introducción a la NORMA ISO 14224:2006 .....	22
3.5 Calidad de los datos .....	23
3.5.1 Obtención calidad de los datos .....	23
3.5.2 Mediciones planeadas .....	24
3.5.3 Verificación de calidad .....	26
3.5.4 Problemas y Limitaciones .....	27
3.6 Limites, Taxonomía y Definiciones de Tiempo .....	28
3.6.1 Límites de Equipos .....	28
3.6.2 Niveles de Jerarquización de los Activos .....	29
3.7 Catálogos de Fallas .....	33
3.7.1 Ítem Mantenible: .....	34
3.7.2 Modo de Falla: .....	34
3.7.3 Mecanismo de Falla: .....	35
3.7.4 Causa de Falla: .....	35
3.7.5 Método de detección: .....	35

3.7.6	Acción de Mantenimiento .....	35
3.8	Tiempos de Mantenimiento .....	36
<b>4.</b>	<b>SISTEMAS DE INFORMACION .....</b>	<b>37</b>
4.1	MANTENIMIENTO INFORMACION ELLIPSE .....	37
4.1.1	Historia de ELLIPSE .....	39
4.1.2	Beneficios .....	40
4.1.3	Capacidades .....	41
4.1.4	Entorno visual .....	41
4.2	MANTENIMIENTO INFORMACIÓN SAP .....	43
4.2.1	Ventajas .....	44
4.2.2	Beneficios .....	44
4.2.3	Historia de SAP .....	45
4.2.4	Negocios y Mercados .....	47
4.2.5	Beneficios para ECOPETROL y CENIT .....	49
4.2.6	Entorno visual .....	50
4.2.7	Características .....	51
<b>5.</b>	<b>..... PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DEL MODELO EN LOS ACTIVOS DE LA PLANTA ARAGUANEY – ECOPETROL S.A .....</b>	<b>53</b>
5.1	Caracterización y Parametrización .....	53
5.1.1	Metodología .....	53
5.2	Análisis de la información Planta Araguaney .....	54
5.2.1	Planteamiento de la estructura de los niveles de jerarquización según la Norma ISO 14224:2006. ....	55
5.2.2	Clasificación de los equipos Nivel 8 y 9 según la Norma ISO 14224:2006.....	62
5.3	Planteamiento de los catálogos de falla en los equipos del último nivel de la Norma ISO 14224:2006. ....	76
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>83</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>84</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista aérea de la Planta Araguaney .....	12
Figura 2 Organigrama Planta Araguaney.....	14
Figura 3. Ciclo PHVA .....	21
Figura 4. Proceso típico para la recolección de información de Mantenimiento y Confiabilidad .....	23
Figura 5. Ejemplo de Diagrama de Fronteras (Bombas).....	29
Figura 6. Taxonomía Norma ISO14224.....	30
Figura 7. Reporte de Falla.....	33
Figura 8. Tiempos de Mantenimiento .....	36
Figura 9. Aplicación Mincom Elipse.....	38
Figura 10. Módulo Interfaz ELLIPSE.....	42
Figura 11. Aplicación SAP PM.....	45
Figura 12. Módulos de SAP CENIT .....	48
Figura 13. Que es SAP.....	49
Figura 14. Por qué SAP .....	49
Figura 15. Módulo Interfaz SAP .....	50
Figura 16. Características de SAP.....	51
Figura 17. Ejemplo de Modelo de la Norma ISO 14224:2006 aplicado a la Planta Araguaney Niveles 1 al 7 .....	58
Figura 18. Ejemplo de Modelo de la Norma ISO 14224:2006 aplicado a la Planta Araguaney Niveles 8 al 9.....	59
Figura 19. Ejemplo de Modelo de la Norma ISO 14224:2006 aplicado al Oleoducto ARA- EPO Niveles 1 al 7 .....	60
Figura 20. Ejemplo de Modelo de la Norma ISO 14224:2006 aplicado al Oleoducto ARA- EPO Niveles 8 al 9.....	61
Figura 21. Ejemplo de Clasificación según Norma Equipo Motor Diesel .....	76

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Problemas, limitaciones y almacenamiento.....	27
Tabla 2. Ejemplo de Taxonomía (Fuente: Norma ISO14224).....	31
Tabla 3. RM Parámetros en relación con los niveles Taxonómicos.....	32
Tabla 4. Resumen del Árbol de Equipos Existente, Planta Araguaney .....	54
Tabla 5. Niveles Aplicados a nuestro caso de estudio (Planta Araguaney) .....	55
Tabla 6. Categoría y Clase de Equipos – Nivel 8 y 9 .....	62
Tabla 7. Clase / Tipo de Equipos – Nivel 8 y 9.....	65
Tabla 8. Mecanismos de Falla .....	77
Tabla 9. Causas de Falla .....	78
Tabla 10. Métodos de Detección.....	79
Tabla 11. Actividades de Mantenimiento.....	80

## RESUMEN

### **TITULO:**

MODELO PARA LA ORGANIZACIÓN JERARQUICA Y CLASIFICACION DE LOS ACTIVOS DE LA PLANTA ARAGUANAY DE ECOPETROL S.A. BASADO EN LA NORMA ISO14224:2006 PARA SU IMPLEMENTACION EN EL MODULO DE MANTENIMIENTO DE SAP\*

### **AUTOR (ES):**

CARLOS YESID MORALES ROMERO\*\*  
CARLOS MAURICIO ULLOA NAVARRO\*\*

### **PALABRAS CLAVES:**

ISO 14224, MODO DE FALLA, METODO DE DETECCION, ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO, CAUSA DE FALLA, MECANISMO DE FALLA, ITEM MANTENIBLE, CONFIABILIDAD.

### **DESCRIPCION**

Esta Monografía propone un modelo cuyo objetivo principal es la organización de los datos y recolección de información de los correctivos o fallas basado en la Norma ISO 14224 versión 2006 para los equipos de la planta Araguane y de Ecopetrol S.A., teniendo en cuenta que la compañía actualmente está atravesando un proceso de cambio de CMMIS (Mincom Ellipse a SAP), lo cual nos permite adoptar buenas practicas que en el antiguo sistema no se implementaron. Dicho modelo se ajusta a las necesidades actuales de la Operación & Mantenimiento, permitiendo capturar la información de manera más organizada y así poder realizar análisis de confiabilidad de manera más rápida y poder tomar decisiones de costo – beneficio. Para la conformación taxonómica de los equipos de la planta Araguane y, se plantean los 9 niveles usados en la norma en donde se diferencia: industria, negocio, planta, sistemas, subsistemas, conjunto de componentes y componentes (ítem mantenible). Para la recolección de información de las fallas, se propone adoptar los catálogos de fallas para reportar de manera correcta los EVENTOS o WORKREQUEST en el CMMIS. Con esta estructura de clasificación y organización de la información, también facilitará calcular los Indicadores de Mantenimiento actualmente manejados en Ecopetrol – VIT como lo son: Confiabilidad, Disponibilidad Operacional y Técnica, MTTR, MTBF, %Proactivo, Backlog, Índice de Atención de Avisos, % Cumplimiento del Programa de PM, Pareto de Análisis por Modos de Falla.

---

\*Monografía

\*\*Facultad de Ingeniería Físico Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.  
Director: Ing. Carlos Eduardo Merchán Ramos

## SUMMARY

### TITLE:

MODEL OF HIERARCHY ORGANIZATION AND CLASIFICACION OF THE ASSETS PLANT ARAGUANEY ECOPETROL S.A. BASED STÁNDAR ISO14226 VERSION 2006 FOR IMPLEMENTATION IN MAINTENANCE MODEL SAP\*

### AUTHOR (S):

CARLOS YESID MORALES ROMERO\*\*  
CARLOS MAURICIO ULLOA NAVARRO\*\*

### KEY WORDS:

ISO 14224, FAILURE MODE, DETECTION METHOD, MAINTENANCE ACTIVITIES, FAILURE CAUSE, FAILURE MECHANISM, COMPONENT, RELIABILITY.

### DESCRIPTION

This Monograph proposes a model whose main objective is the data organization and collection of information of the correctives or failures based standard ISO14224 version 2006 for the assets of the plant ARAGUANEY, ECOPETROL S.A., considering that the company is currently undergoing a process of change of CMMIS (Mincom Ellipse to SAP), allowing us to adopt best practices in the old system were not implemented. This model fits the current needs of the Operation and Maintenance, allowing logging information more organized and be able to perform reliability analysis faster and make decisions cost – benefit. For the taxonomic makeup of the group of plant Araguaneý, nine levels used in standard arise where difference: industry, business, plant, systems, subsystems, components assembly and components. For the recollection of failures information, proposes to adopt the within fault for to report correctly the EVENT or WORKREQUEST in the CMMIS. With this classification structure and organization of information, it shall also calculate Indicators Maintenance currently handled in Ecopetrol - VIT such as: Reliability, Operational Availability and Technical, MTTR, MTBF, % Proactive, Backlog, Service Index of Reviews, % PM Compliance Program, Pareto Analysis Failure Modes.

---

\*Monograph

\*\*Faculty of Mechanical Engineering Physics. Specialization in Maintenance Management.  
Director: Ing. Carlos Eduardo Merchán Ramos

## INTRODUCCION

### 1. RESEÑA HISTORICA DE LA PLANTA ARAGUANAY – ECOPETROL S.A

#### 1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Figura 1. Vista aérea de la Planta Araguane<sup>1</sup>



La planta Araguane<sup>1</sup> se encuentra ubicada en la vereda La Niata del municipio de El Yopal, a la altura del Km 18 al margen izquierdo de la vía que conduce de El Yopal a Paz de Ariporo, en el departamento del Casanare. La planta recibe, filtra, mide, controla la calidad, almacena y despacha los crudos provenientes de PERENCO (Área Casanare), Floreña y crudo que se recibe en el descargadero de carrotanques de diversos campos para enviar a través del nuevo oleoducto Araguane<sup>1</sup> – Banadía y cuenta con una capacidad total de almacenamiento de 200 kbls..<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Plan De Contingencia Sistema Oleoducto Bicentenario De Colombia Línea Araguane<sup>1</sup>-Banadía Operación Y Mantenimiento, Oleoducto Bicentenario S.A.S., 2012. p. 44

## 1.2 ACTIVOS FÍSICOS

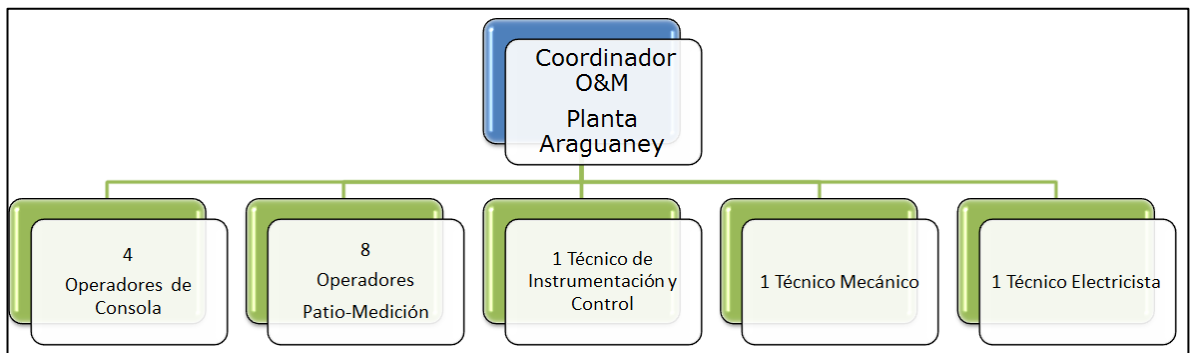
Las instalaciones están compuestas por los siguientes sistemas:

- Sistema de Bombeo Principal: compuesto por tres unidades con motor a gas marca Superior; con bombas centrifugas de 6 etapas marca Sulzer Bingham.
- Sistema de Almacenamiento Principal: compuesto por 4 tanques con una capacidad de 50 Kbls con instrumentación, protección catódica, anillos de espuma y sus respectivos diques.
- Sistema de Combustible Gas: compuesto por una etapa de regulación, 13 km de longitud tubería y 2 1/2" de diámetro, una estación de filtración y medición, estación de secado y entrega a los motores.
- Sistema Contraincendios Agua: compuesto por dos bombas centrifugas con Motor Diesel y motor eléctrico.
- Sistema Contraincendios Espuma: compuesto por dos bombas centrifugas con Motor Diesel y motor eléctrico.
- Sistema de Medición: compuesto por un Probador compacto y dos brazos de medición.
- Sistema de Compresores: compuesto por 4 compresores de tipo reciprocante.
- Descargadero de carrotanques: compuesto por 5 bahías con bombas de piñones, para el recibo de crudo de los diferentes campos de Casanare.

## 1.3 ORGANIGRAMA

La planta Araguaney, además de tener una organización de sus activos, cuenta con una organización del personal que labora allí, a continuación en la figura 2 presentaremos el Organigrama de la planta:

Figura 2 Organigrama Planta Araguaney<sup>2</sup>



<sup>2</sup> Organigrama Planta Araguaney, ECOPELROL S.A., 2014

## **2. DESCRIPCION DEL PROYECTO**

### **2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente, la empresa se encuentra en una etapa de migración de sus activos a un nuevo CMMIS sistema de información (Mincom Ellipse a SAP PM); la Gestión de Mantenimiento del sistema manejado en la actualidad, no está proyectado ni preparado y es un modelo que no obedece a la norma ISO 14224:2006; por consiguiente presentan las siguientes dificultades:

- Desorganización de la información.
- Falencia para calcular costos de mantenimiento y presupuestos.
- Dificultad en el cálculo de los indicadores de Gestión de Mantenimiento tales como: MTTF, MTTR, MTBF, Confiabilidad, Disponibilidad, Gestión de Información.
- Reporte de fallas con base en los catálogos de fallas.
- El contar con dos sistemas de información, uno para gerenciar el Mantenimiento (Mincom Ellipse) y otro (SAP) para la Administración Financiera, Proyectos, Inventarios, Compras y Contratación; al momento de migrar información de Mantenimiento de una plataforma a otra, se pierde trazabilidad de los datos.

### **2.2 OBJETIVOS**

#### **2.2.1 Objetivo General**

Definir el modelo para la implementar la norma ISO14224:2006 para la jerarquización y clasificación de los activos de la planta Araguaney de Ecopetrol S.A.

## **2.2.2 Objetivos Específicos**

Para lograr el Objetivo General se requiere contar con los siguientes:

- ✓ Clasificar los activos de la planta teniendo en cuenta los criterios de función y característica.
- ✓ Jerarquizar los activos de la planta teniendo en cuenta aspectos de ubicación geográfica y taxonomía del equipo específico.
- ✓ Elaborar la documentación pertinente para la migración de los activos de la planta Araguaney Ecopetrol S.A. al módulo de Mantenimiento SAP.
- ✓ Asociar a la propuesta la documentación de los catálogos de fallas que permitan trazabilidad de las mismas.

## **2.3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO**

La norma ISO 14224:2006, es un documento internacional aplicado al Sector Energético (Petróleo, Petroquímica y Gas Natural) y ha sido elaborada con base en su versión anterior (v. 2004) usando las mejores prácticas de la Industria.

“En las industrias de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica, se presta gran atención a la seguridad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos. El costo anual de los equipos en la Industria por falta de confiabilidad es muy elevado, aunque muchos propietarios de plantas han mejorado la confiabilidad de sus instalaciones operativas. Recientemente se ha puesto un mayor énfasis en el diseño y mantenimiento rentable para las nuevas y existentes instalaciones industriales. En este sentido, los datos sobre las fallas, los modos de falla y mantenimiento relacionado con estas instalaciones industriales y sus operaciones, han sido de mayor importancia. Esta información debe ser usada por y comunicada entre las distintas partes y sus disciplinas, dentro de la misma empresa o entre empresas. Diversas metodologías de análisis se utilizan para

estimar el riesgo de peligros para las personas y el medio ambiente, o para analizar la planta o el rendimiento del sistema. Para este tipo de análisis para ser eficaz y decisivo los datos de confiabilidad y mantenibilidad de equipos (RM) son vitales”.<sup>3</sup>

En el presente trabajo de investigación, se pretende mejorar la Gestión de Mantenimiento de los activos, que actualmente son Operados y Mantenidos en la planta Araguaney de Ecopetrol VIT S.A.; dicho mejoramiento va enfocado a la jerarquización de los equipos con base en la norma ISO14224 y que responda a las necesidades y metas actuales de la empresa.

Actualmente los activos de la planta Araguaney no se encuentran regulados bajo la norma en mención, y este tipo de implementación no se ha realizado en las instalaciones; por lo anterior se ve la necesidad de mejorarla y para ello es necesario actualizar los arboles de equipos de las instalaciones, y siempre pensando en la etapa de migración de un CMMIS a otro en la que se encuentra la empresa.

---

<sup>3</sup> ISO 14224:2006, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment, 2006, p. 7.

### 3. NORMA ISO 14224 VERSIÓN 2006

En el ámbito del Mantenimiento, cualquiera sea la rama de la industria de que se trate, es habitual encontrar abundancia de Especialistas con sólidos conocimientos y experiencias para resolver eficientemente problemas de campo. Sin embargo, esto está acompañado de una notoria falta de herramientas integrales para la Gestión de la actividad que permitan orientar los esfuerzos y los recursos, así como reducir los Costos y el Riesgo.

En general, no se reconoce en el Mantenimiento la importancia de la medición de resultados, del registro de datos sistemático y ordenado bajo un único criterio, como instrumento para administrarlo como un negocio. La falta de uso continuado de registros, imposibilita establecer mecanismos de comparación de los Indicadores con aquellos de clase mundial. Se percibe falta de rigor en la recolección y registro de datos que permitan alimentar esos cálculos; elementos fundamentales para la administración y toma de decisiones.

El mercado tiene en existencia diferente software que, en teoría, permitirían resolver estos conflictos, pero que no plantean lo básico. Y esto es, ¿Cómo administrar la información?, ¿Qué datos guardar?, ¿Cómo clasificarlos?, ¿Cómo relacionarlos?, etc., de modo que los cálculos y análisis que se deriven de aquellos no se constituyan en otro problema de interpretación y reproducibilidad, adicional a los existentes.

Así mismo, se encuentra bibliografía abundante y disponible en la que se dan guías acerca de este tema; pero con falta de criterios estrictos y límites a adoptar, su uso e implementación en Operación y Mantenimiento; y la circunstancia de que los Índices no pueden ni deben ser medidos en forma aislada, sino que necesitan de otros que los complementen<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Análisis ISO 14224 /OREDA. Relación Con RCM-FMEA. Ing. Mario Troffé. 9 p.

### 3.1 Antecedentes

Recopilar y analizar datos de mantenimiento y convertirlos en información. Esta es una de las partes más complicadas del proceso en un comienzo, ya que la información en mantenimiento es muy abundante y todos le damos formas diferentes. El mantenimiento preventivo para algunos solo incluye la rutina en sí, para otros el mantenimiento preventivo incluye reparaciones preventivas, confiabilidad para algunas organizaciones es el valor en porcentaje del tiempo de parada del equipo por eventos correctivos sobre el tiempo total de operación de la máquina en determinado período, mientras que otros dicen que es igual a la probabilidad de falla en un período determinado, en fin son muchos los criterios y formas que tenemos de hacer mantenimiento.

Todos defendemos nuestro lenguaje de mantenimiento puesto que seguramente es el más apropiado para nuestro negocio, o hemos aprendido a convivir con él. Sin embargo la unificación de este lenguaje es fundamental y seguramente tendremos que adoptar algunos términos diferentes a los nuestros, pero que a final nos traerán gran beneficio.

En vista de este problema un grupo de compañías exitosas se unieron y desarrollaron un sistema común que les permitió, primero solucionar el problema de lenguaje, identificar sus problemas y compararse entre sí, ver los problemas de los otros y la forma como los habían resuelto. Este programa tuvo tanto éxito, que se convirtió en la Norma ISO 14224, estándar internacional que recomienda un método práctico y sencillo para estructurar la base de datos de las fallas de los equipos de tal manera que podamos identificar fallas crónicas, hacer análisis de desviaciones a nuestra estrategia y mejorar la Confiabilidad de los activos de la empresa.

Las técnicas de mejoramiento como el análisis estadístico, benchmarking, etc.

También pueden ser aplicadas a este modelo con resultados exitosos.<sup>5</sup>

### **3.2 Propósito de la información en Mantenimiento**

La información es el camino al mejoramiento continuo, una excelente gestión documental se deriva en excelentes resultados de la Gestión de Mantenimiento; la DATA es el insumo para los Sistemas Informáticos de la Gerenciamiento de Mantenimiento en las industrias.

Una Información adecuada es el único camino hacia el mejoramiento. Toma de datos correcta, análisis estadístico traducido en indicadores nos permiten ver el camino, seguirlo y llegar a la meta.

### **3.3 Beneficios de una buena administración de la información**

Sin un camino, aunque sepamos a dónde queremos ir es muy difícil llegar. Pasa como en la selva, queremos salir, no hay camino, aunque caminamos muy fuerte, durante mucho tiempo y lo que hacemos es ir en círculos sin encontrar la salida. No puedes controlar lo que no mides y no puedes mejorar lo que no controlas. Mida, mida y mida. Para medir necesito los datos correctos, fuentes de información y un proceso de manejo de esos datos.

Conocernos a nosotros mismos y además conocer las mejores prácticas de las mejores empresas mediante el uso de un mismo lenguaje y compartiendo información nos puede permitir hacer mejoras sustanciales en:

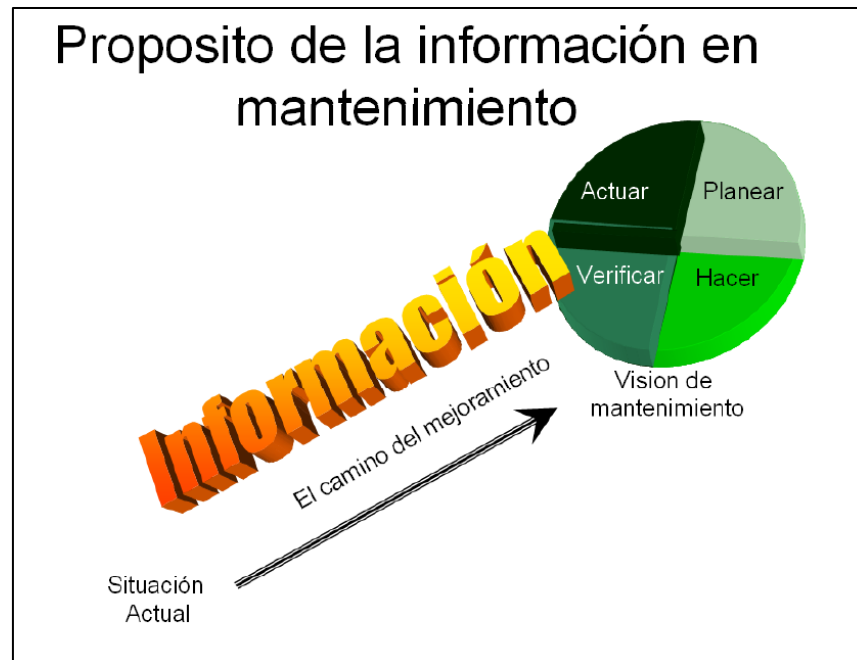
- Planeación estratégica (desarrollo de planes a corto y largo plazo).
- Pronósticos Tendencias y predicciones en áreas de confiabilidad y costos de mantenimiento.

---

<sup>5</sup> Administración de la información de Mantenimiento Centrada en Confiabilidad, Diplomado en Gestión y Control de Mantenimiento, Año 2011.

- Nuevas ideas. Aprendiendo de otras organizaciones.
- Comparaciones equipos / procesos.
- Fijación de objetivos.
- Otros beneficios de la toma, recolección y análisis de datos de confiabilidad y mantenibilidad incluye la toma de mejores decisiones, reducción de fallas.
- Mantiene centrados los esfuerzos de mantenimiento en lo que realmente se necesita.
- Guía la gestión de los resultados esperados.
- Permite mejorar constantemente: no puedes controlar lo que no mides, no puedes mejorar lo que no controlas, lo que mide se hace.
- Sin información adecuada es imposible mejorar la gestión de mantenimiento.

Figura 3. Ciclo PHVA<sup>6</sup>



<sup>6</sup> ECOPETROL SA. Presentación Proyecto Implementación Modulo PM SAP Oleoducto Bicentenario. 2013.

### **3.4 Introducción a la NORMA ISO 14224:2006**

Esta es la norma adoptada por la industria petrolera y de gas natural, consta de dos secciones, una normativa y otra de carácter informativo. La normativa contiene:

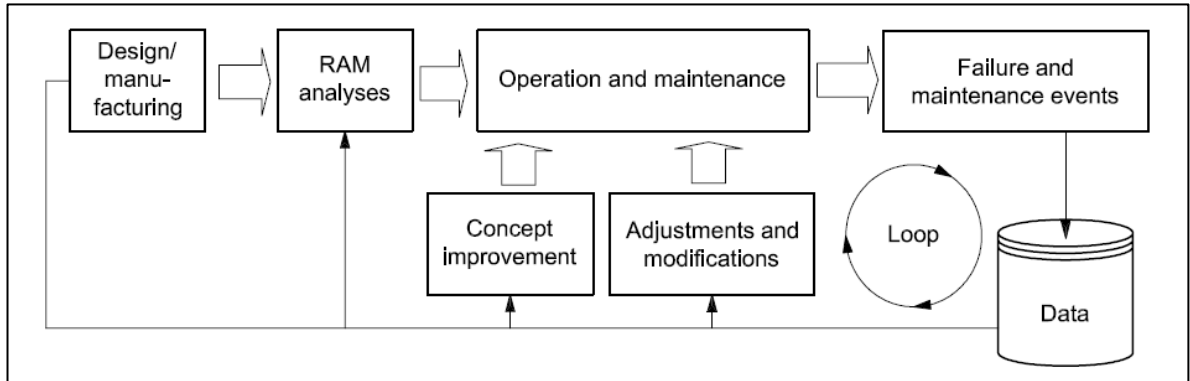
- Introducción
- Alcance
- Definiciones y abreviaciones
- Calidad de los datos. Definiciones, guías, toma de datos.
- Cuerpo y jerarquía de los equipos
- Estructura de la información
- Datos de fallas y mantenimiento de los equipos

La parte informativa contiene:

- Atributos de las clases de los equipos
- Notas de fallas y mantenimiento
- Lista de chequeo para control de calidad

El estándar fue desarrollado por iniciativa de un grupo de compañías petroleras que identificaron en los años 80 la necesidad de comparar el resultado del uso de sus equipos para mejorar su confiabilidad. Fue así como decidieron hacerse socias en este proyecto y desarrollaron una gran base de datos que tiene algo más de 18 años de historia (OREDA) que fueron evolucionando y haciendo mejoras hasta convertirse en un estándar el cual fue publicado en 1998 y revisado en Diciembre del 2006.

Figura 4. Proceso típico para la recolección de información de Mantenimiento y Confiabilidad<sup>7</sup>



### 3.5 Calidad de los datos

#### 3.5.1 Obtención calidad de los datos

La confianza en la recolección de los datos de RM (Reliability and Maintenance) y cualquier tipo de análisis sobre los mismos, depende mucho de la calidad de los datos recolectados. Los datos con alta calidad se caracterizan por lo siguiente:

- La integridad de los datos en relación con la especificación.
- La conformidad con las definiciones de los parámetros de confiabilidad, tipos de datos y formatos;
- La entrada precisa, la transferencia, manipulación y almacenamiento de los datos (de forma manual o electrónica);
- Cantidad suficiente y período adecuado para la recolección de los datos y así mismo dar confianza estadística;
- Importancia a las necesidades del usuario con respecto a los datos.

<sup>7</sup> ISO 14224:2006, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment, 2006, p. 12

### 3.5.2 Mediciones planeadas

Las siguientes medidas son necesarias tenerlas en cuenta antes de iniciar el proceso de recolección de datos:

- Definir el objetivo para recopilar los datos con el fin de recoger los datos más relevantes y necesarios para su uso. Ejemplos de análisis donde se pueden usar dichos datos son los análisis de riesgo cuantitativo (QRA); confiabilidad, la disponibilidad y el análisis mantenibilidad (RAM); mantenimiento centrado confiabilidad (RCM); coste del ciclo de vida (LCC); nivel de integridad de seguridad análisis (SIL).
- Investigar la(s) fuente (s) de los datos para asegurar que los mismos tengan la calidad suficiente y disponible.
- Definir la información taxonómica que se incluirán en la base de datos para cada equipo.
- Determinar la fecha de instalación, la población y los sets de funcionamiento del equipo.
- Definir los límites de cada categoría de equipo, indicar cuáles son los datos de RM a recolectar.
- Aplicar una definición uniforme de falla y un método de clasificación de las mismas.
- Aplicar una definición uniforme de fallas de mantenimiento y un método de clasificación de las mismas.
- Definir los controles utilizados en la verificación de la calidad de datos, como mínimo, los siguientes:
  - El origen de los datos está documentado y es trazado.
  - Los datos se originan de tipos de equipos, tecnología y condiciones operacionales similares.
  - El equipo es relevante para el propósito.
  - Los datos y definiciones cumplen con las reglas de interpretación.

- Los históricos de fallas se encuentran dentro de los límites de los equipos y el periodo de monitoreo.
  - La información es consistente.
  - Los datos están registrados en un formato correcto.
  - Se ha recopilado suficientes datos para permitir una confianza estadística suficiente.
  - El personal de operación y mantenimiento fue consultado para validar los datos.
- Definir un nivel de prioridad para la integridad de los datos por un método definido. Un método es distribuir la importancia de los diferentes datos por recopilar usando tres clases de importancia:
- Altos: Datos necesarios (100%)
  - Medianos: Datos altamente deseables (75%)
  - Bajos: Datos deseables (50%)
- Definir los niveles de detalle de los datos de confiabilidad y mantenimiento reportados y recopilados para relacionarlos con respecto a la importancia de la producción y la seguridad de los equipos. Basar la priorización en aspectos como seguridad u otras medidas de severidad.
- Preparar un plan para el proceso de recopilación de datos; por ejemplo: programas, hitos, secuencias y números de unidades de equipos, periodos de monitoreo que se cubrirán, etc.
- Planear como los datos se ensamblaran y reportaran, vislumbrando un método para transferir los datos desde las fuentes al sitio de almacenamiento de los datos usando métodos adecuados.
- Capacitar, motivar y organizar al personal encargado de la recopilación de datos. Asegurarse de que el personal conozca ampliamente: los equipos, las condiciones operacionales, Norma ISO 14224:2006, requerimientos de calidad de los datos.

- Crear un plan y tomar las medidas necesarias para asegurar la calidad del proceso de recopilación de datos. Esto debe incluir, como mínimo, procedimientos documentados para el control de calidad de los datos, registro y corrección de las desviaciones.
- Es recomendado realizar un análisis costo-beneficio de la recolección de datos de un ejercicio piloto de los métodos y herramientas de recopilación de datos (manuales, electrónicas) a fin de verificar la factibilidad de los procedimientos planeados de recopilación de datos.
- Revisar las medidas planeadas luego de un proceso usando el sistema. Adicionalmente investigar las fuentes de datos para asegurar de que se puedan hallar los datos de inventario necesarios y de que los datos operativos estén completos.

### **3.5.3 Verificación de calidad**

Durante y después del ejercicio de recolección de datos, el análisis de los mismos para verificar la consistencia, distribuciones razonables, códigos apropiados e interpretaciones correctas de acuerdo con las medidas de planificación (ver 3.5.2). Este proceso de verificación de calidad deberá estar documentado y puede variar dependiendo de si la recolección de datos es de una sola planta o involucra varias instalaciones de la empresa o industria. Al combinar las bases de datos individuales, es imperativo que cada registro de datos tenga una identificación única.

Evaluar la calidad de los datos recogidos tan pronto como sea posible en el proceso de recopilación de datos de conformidad con las medidas de planificación (véase ver 3.5.2). Un procedimiento adecuado es una evaluación por el recolector de datos, que deberán estar provistos de directrices para las medidas de calidad que él / ella debe centrarse en conformidad con el medidas de planificación. El objetivo principal de esta evaluación temprana es la búsqueda de los problemas

que pueden requerir las medidas de planificación para que se revisen de inmediato y evitar recolectar datos inaceptables.

El Personal que haya recogido los datos deberán verificar la calidad de cada registro de forma individual y el patrón general confiabilidad reflejada por la suma de los eventos individuales de acuerdo con las medidas planeadas (ver 3.5.2).

### 3.5.4 Problemas y Limitaciones

Algunos de los problemas y limitaciones para el proceso de recolección de datos podemos verlos en la siguiente tabla.

Tabla 1. Problemas, limitaciones y almacenamiento<sup>8</sup>

Problemas	Retos
Fuente	La fuente de datos puede carecer de los datos necesarios y la información de la fuente se puede propagar a través de varios sistemas (ordenadores, archivos, libros, dibujos). Se recomienda evaluar cuidadosamente este aspecto en las medidas de planificación (véase 3.5.2) con el fin de evaluar la calidad de los datos, el método de recolección y el costo.
Interpretación	Por lo general, los datos son compilados desde el código fuente en un formato estandarizado (base de datos). En este proceso, los datos de origen pueden ser interpretados de manera diferente por diferentes personas. Definiciones adecuadas, entrenamiento y controles de calidad pueden reducir este problema (ver 3.5.2).
Formato del Dato	Con el fin de limitar el tamaño de la base de datos y hacer más fácil para analizar los datos, la información codificada es preferible a un formato de texto libre; Sin embargo, tenga cuidado asegúrese que los códigos seleccionados son apropiados para la información necesaria y son conscientes, aunque los códigos reducen el tamaño de la base de datos, alguna información se pierde. El texto libre debe usarse, además de los códigos para describir situaciones inesperadas o poco claras.
Método de recolección de datos	La mayoría de los datos necesarios para esta categoría de la recopilación de datos hoy en día son almacenados en los sistemas de información (por ejemplo CMMIS). Mediante el uso de algoritmos de software y técnicas de conversión, es posible transferir datos entre diferentes bases de datos informáticas (semi-) de forma automatizada, ahorrando así el coste.

<sup>8</sup> ISO 14224:2006, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment, 2006, p. 15

Competencia y motivación	La recolección de datos en la forma manual "normal" puede convertirse en un ejercicio repetitivo y tedioso. Por lo tanto, tenga cuidado para emplear a personas con suficientes conocimientos para hacer el trabajo, evitar el uso de personal con baja competencia / experiencia, la calidad de los datos puede sufrir, y encontrar medidas para estimular la DataCollection RM personal, por ejemplo, la formación, haciendo visitas a las plantas y su participación en los análisis de datos y la aplicación de resultados. Otros ejemplos son los comentarios sobre los resultados de la reunión de datos, la participación en los procesos de control de calidad, campos de información pertinentes en las instalaciones CMMIS para estimular la calidad de la información, etc.
--------------------------	--

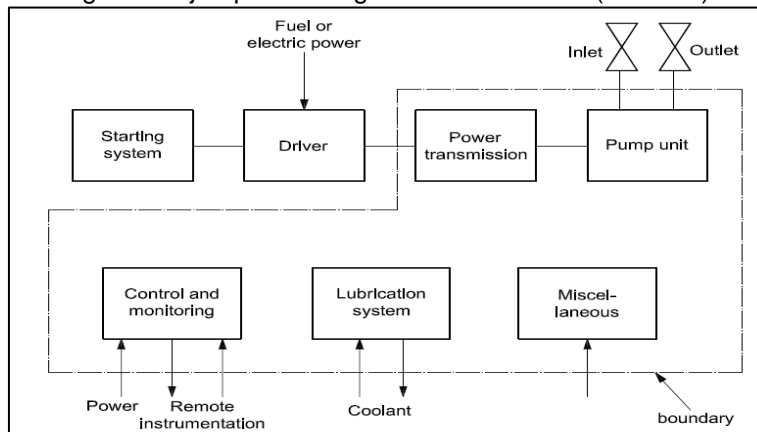
### **3.6 Límites, Taxonomía y Definiciones de Tiempo**

#### **3.6.1 Límites de Equipos**

Es fundamental aclarar cuáles son los límites de los equipos, hasta donde van, sobre todo en plantas industriales o equipos de transporte y minería donde no existe un límite claro para todos. Aunque no hay unos criterios universales, cada planta debe establecer sus límites usando sus propios criterios y/o utilizando el Manual del fabricante.

La norma da algunas guías para su delimitación, como por ejemplo: en la figura 5. Podemos ver que la bomba (unidad funcional) tiene varios sistemas como lo son: Power transmission, control & monitoring, lubrication system, pump unit and miscellaneous.

Figura 5. Ejemplo de Diagrama de Fronteras (Bombas)<sup>9</sup>



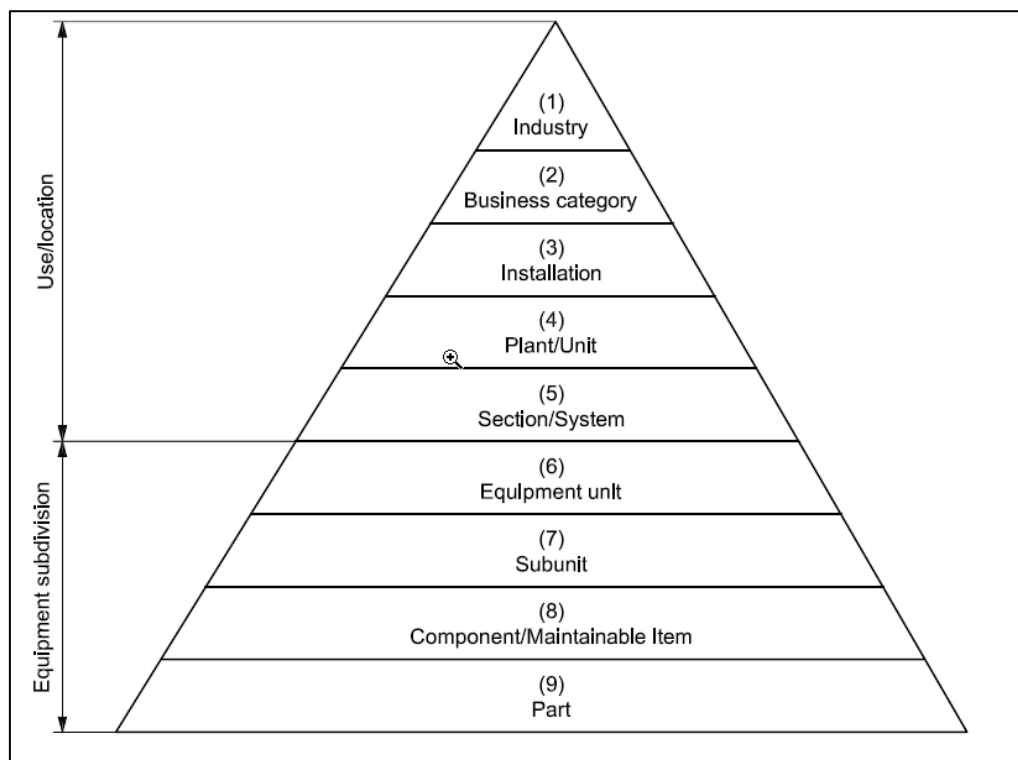
En general, la segregación de un equipo se hace de acuerdo a la importancia (criticidad - mantenibilidad) del mismo y al grado de seguimiento que deseamos hacerle. Es necesario hacer un balance costo efectivo de esta categorización, ya que un mayor detalle en el proceso implica un mayor manejo de órdenes de trabajo, con mayor utilización de horas hombre.

### 3.6.2 Niveles de Jerarquización de los Activos.

La norma nos plantea 9 niveles para jerarquizar los activos de la empresa y así mismo poder realizar una buena práctica para la Gestión a los activos. Cada nivel tiene igual de importancia a la hora de generar reportes, además para el cálculo de indicadores de gestión de mantenimiento se pueden usar cualquier de los 9 niveles planteados.

<sup>9</sup> ISO 14224:2006, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment, 2006, p. 17

Figura 6. Taxonomía Norma ISO14224<sup>10</sup>



“Los niveles 1 a 5 representan una categorización de alto nivel que se refiere a las industrias y aplicaciones de plantas independientemente de las unidades funcionales (nivel 6) que participan. Esto se debe a que una unidad funcional (por ejemplo, bomba) se puede utilizar en muchas industrias diferentes y de configuraciones de la planta y, para el análisis de la confiabilidad de un equipo similar, es necesario tener el contexto operativo. La información taxonómica sobre estos niveles (1 a 5) se incluirá en la base de datos para cada unidad de equipo como "datos de uso / ubicación" (ver Tabla 1)”.

“Los Niveles de 6 al 9 se refieren a la unidad Funcional (inventario) con la subdivisión en niveles inferiores contrato de emisión correspondiente a una relación padre-hijo. Esta Norma Internacional se centra en el nivel de unidad funcional (nivel 6) para la recogida de datos de RM y también indirectamente

<sup>10</sup> ISO 14224:2006, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment, 2006, p. 18 y 19

sobre los elementos contrato de emisión más bajas, como las subunidades y componentes.

El número de los niveles de subdivisión para la recogida de datos de RM depende de la complejidad de la unidad de equipo y el uso de los datos. Un solo instrumento puede ser que necesite sin mayores detalles, mientras que varios niveles pueden ser necesarios para un compresor grande. Para los datos utilizados en el análisis de la disponibilidad, la confiabilidad a nivel de equipo de unidad puede ser los únicos datos necesarios, mientras que un análisis RCM y el análisis de las causas pueden requerir datos sobre el mecanismo de falla en el elemento componente/mantenible, o partes, el nivel. Esta norma no se refiere específicamente al nivel 9”.

Tabla 2. Ejemplo de Taxonomía (Fuente: Norma ISO14224)<sup>11</sup>

Main category	Taxonomic Level	Taxonomy hierarchy	Definition	Examples
Use/location data	1	Industry	Type of main industry	Petroleum, natural gas, petrochemical
	2	Business category	Type of business or processing stream	Upstream (E and P), midstream, downstream (refining), petrochemical
	3	Installation category	Type of facility	Oil/gas production, transportation, drilling, LNG, refinery, petrochemical (see Table A.1)
	4	Plant/Unit category	Type of plant/unit	Platform, semi-submersible, hydrocracker, ethylene cracker, polyethylene, acetic acid plant, methanol plant (see Table A.2)
	5	Section/System	Main section/system of the plant	Compression, natural gas, liquefaction, vacuum gas oil, methanol regeneration, oxidation section, reaction system, distillation section, tanker loading system (see Table A.3)
Equipment subdivision	6	Equipment class/unit	Class of similar equipment units. Each equipment class contains comparable equipment units (e.g. compressors).	Heat exchanger, compressor, piping, pump, boiler, gas turbine extruder, agitator, furnace, Xmas tree, blow-out preventer (see Table A.4)
	7	Subunit	A subsystem necessary for the equipment unit to function	Lubrication subunit, cooling subunit, control and monitoring, heating subunit, pelletizing subunit, quenching subunit, refrigeration subunit, reflux subunit, distributed control subunit

<sup>11</sup> ISO 14224:2006, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment, 2006, p. 19

	8	Component/ Maintainable item (MI) <sup>a</sup>	The group of parts of the equipment unit that are commonly maintained (repaired/restored) as a whole	Cooler, coupling, gearbox, lubrication oil pump, instrument loop, motor, valve, filter, pressure sensor, temperature sensor, electric circuit
	9	Part <sup>b</sup>	A single piece of equipment	Seal, tube, shell, impeller, gasket, filter plate, bolt, nut, etc.
<sup>a</sup> For some types of equipment, there might not be a MI; e.g. if the equipment class is piping, there might be no MI, but the part could be "elbow" <sup>b</sup> While this level can be useful in some cases, it is considered optional in this International Standard.				

Es necesario que los datos de RM (Reliability and Maintenance) estén relacionados con un cierto nivel dentro de la jerarquía taxonómica para ser significativa y comparable. Por ejemplo, un tipo de falla se relaciona con la unidad de equipo, mientras que un mecanismo de falla se relaciona con el nivel más bajo de la jerarquía. La Tabla x proporciona orientación sobre esto.

Tabla 3. RM Parámetros en relación con los niveles Taxonómicos<sup>12</sup>

Recorded RM data	Hierarchy level <sup>a</sup>				
	4 Plant/Unit	5 Section/ n/	6 Equipment unit	7 Subunit	8 Component/ Maintainable
Impact of failure on safety	X <sup>b</sup>				
Impact of maintenance on safety	X				
Impact of failure on operations	X	(X)			
Impact of maintenance with regard to operations	X	(X)			
Failure impact on equipment			X	(X)	(X)
Failure mode		(X)	X	(	(X)
Failure mechanism			(X)	(X)	X
Failure cause				(	X
Detection method		(	X	(X)	(X)
Subunit failed				X	
Component/maintainable item					X
Down time	(	(X)	X		
Active maintenance time			X	(	(X)
<sup>a</sup> See Figure 3. <sup>b</sup> X = default. <sup>c</sup> (X) = possible alternatives.					

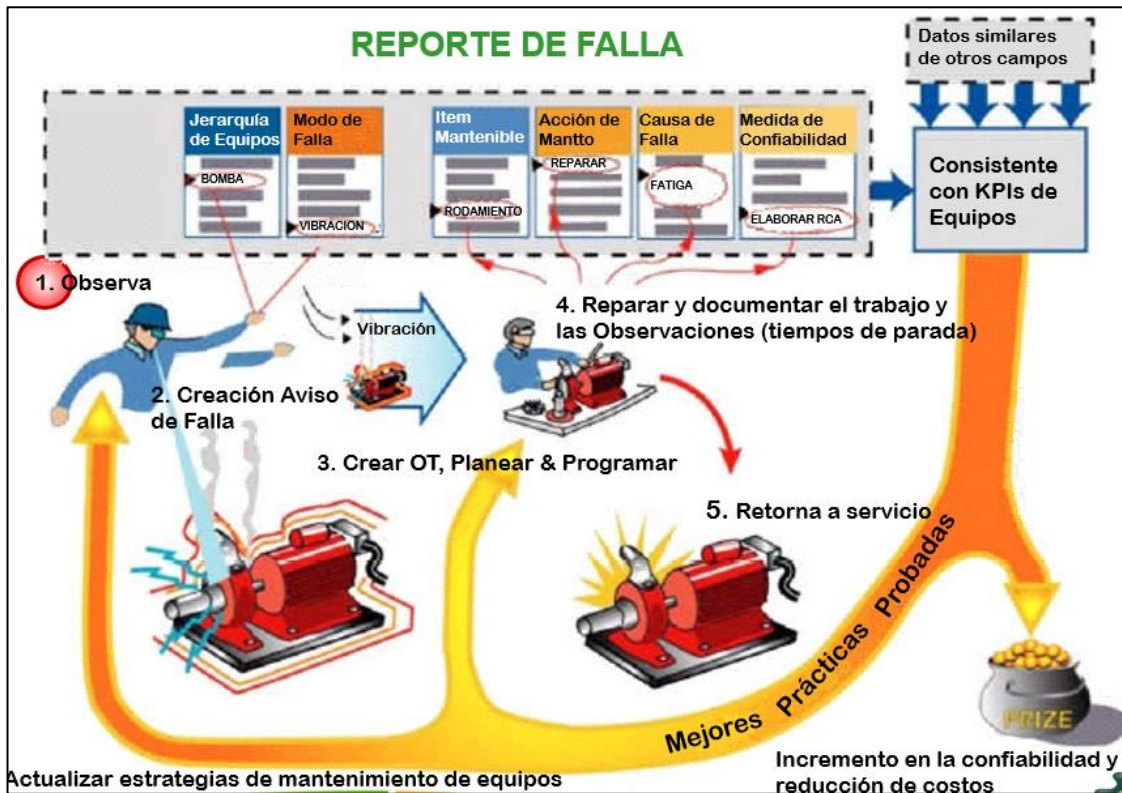
<sup>12</sup> ISO 14224:2006, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment, 2006, p. 20

### 3.7 Catálogos de Fallas

Los catálogos de falla de acuerdo a la Norma ya mencionada en esta Monografía, son una serie de opciones que permiten realizar un análisis de falla rápido y en el momento de la misma; están compuesto por los siguientes: parte o ítem mantenible, modo de falla, causa de falla, mecanismo de falla, método de detección y actividad de mantenimiento respectivamente en su orden; cada uno de ellos los estudiaremos puntualmente en este documento.

En la siguiente figura se ilustra cómo debe ser un reporte de falla correcto.

Figura 7. Reporte de Falla<sup>13</sup>



Inicialmente en el reporte de falla intervienen dos actores: inicialmente el operador es la persona que genera el evento documentando: el equipo, el componente, el

13 ECOPETROL SA. Presentación Proyecto Implementación Modulo PM SAP Oleoducto Bicentenario. 2013.

modo de falla y en ocasiones el Ítem mantenible; el segundo actor es el Técnico de Mantenimiento, quien una vez atiende la solicitud de mantenimiento (evento o reporte de falla) genera una Orden de Trabajo para restablecer el equipo y termina de documentar los catálogos del evento: parte o ítem mantenible, causa, mecanismo, método de detección y actividad de mantenimiento; una vez terminado su labor de documentación, en ese instante finaliza el reporte de falla.

Las definiciones indicadas por la NORMA ISO 14224: 2006 de los catálogos de falla son:

### **3.7.1 Ítem Mantenible:**

“Parte, componente, dispositivo, sistema, unidad funcional, equipo o sistema que puede ser considerado de forma individual”<sup>2</sup>.

“Elemento que constituye una pieza o un ensamble de piezas, que es normalmente el nivel más bajo en la jerarquía de equipos”<sup>14</sup>. Ej.: Cilindro, culata, bomba de agua, alternador, etc.

### **3.7.2 Modo de Falla:**

“Efecto por el cual una falla puede ser observada en el ítem mantenible”<sup>2</sup>.

“Es la forma en que detectamos una falla, generalmente se usa un sustantivo + verbo”. Ej.: Manguera con fuga de aceite.

---

<sup>14</sup> ACIEM. Curso Ingeniería De Confiabilidad Para La Gestión De Mantenimiento, Presentación Análisis de Causa Raíz, Carlos Andrés Cardona Agudelo, 2012.

### **3.7.3 Mecanismo de Falla:**

“Es el proceso físico, químico u otro proceso combinado que conduce a la falla”.

“Es el atributo técnico que se le da a la falla al momento de ser observada. Ej.: falla mecánica, falla eléctrica, falla instrumentación, falla externa y falla de material”.

### **3.7.4 Causa de Falla:**

“Circunstancias asociadas con diseño, manufactura o fabricación, instalación, mantenimiento que da lugar a fallas”. “Origen aparente observado de la falla”.

### **3.7.5 Método de detección:**

“Es el método o actividad por el cual la falla es descubierta. Esta información es vitalmente importante cuando se evalúan los efectos del mantenimiento, para distinguir entre fallas descubiertas por una acción planeada (Inspección, mantenimiento PM) o por un cambio (observación casual). Los métodos de detección son: Mantenimiento Preventivo, Prueba Funcional, Inspección, Monitoreo de Condiciones Periódicas, Mantenimiento Correctivo, Observación, Combinación, Interferencia con la Producción y Otras”

### **3.7.6 Acción de Mantenimiento**

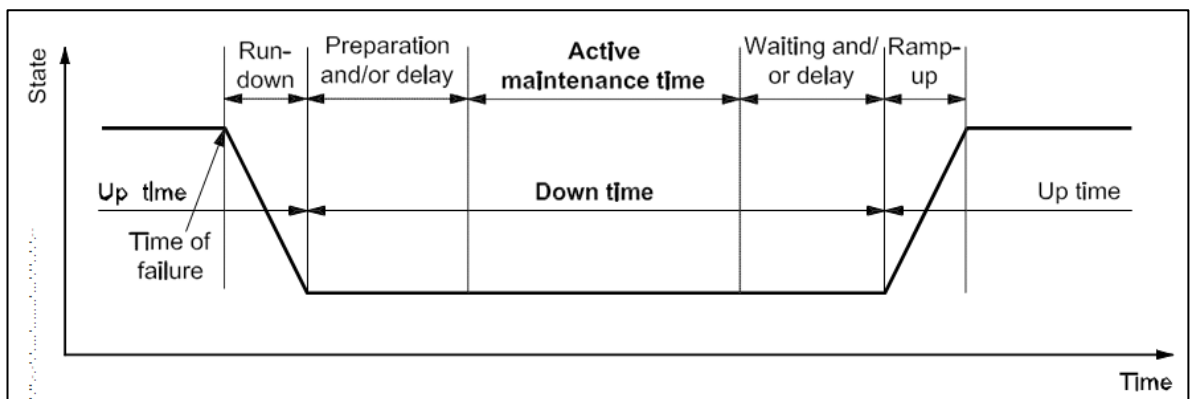
“Son las actividades que se realizaron para restablecer el componente a su condición inicial (disponible). Se divide en 12 categorías: reemplazar, reparar,

modificar, ajustar, pulir, resetear, servicio, test o prueba, inspección, overhaul, combinación, otros.”

### 3.8 Tiempos de Mantenimiento

Se recomiendan la recolección de datos en dos tiempos principales durante el mantenimiento, “Down time” y “Active Repair Time”, la diferencia entre los dos se ilustran en la siguiente figura 8.

Figura 8. Tiempos de Mantenimiento<sup>15</sup>



<sup>15</sup> ISO 14224:2006, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment, 2006, p. 22

## 4. SISTEMAS DE INFORMACION

### 4.1 MANTENIMIENTO INFORMACION ELLIPSE

Mincom Ellipse es una herramienta de Gestión de Activos Empresariales (EAM); suite de aplicaciones totalmente integrada que proporciona una completa visibilidad y gestión de activos para las industrias de capital intensivo de Minería, Servicios Públicos, Defensa, Transporte y Gobierno.

Permitiendo las mejores prácticas del mundo en la gestión de los activos, el trabajo, la logística, las finanzas y los recursos humanos, el empoderamiento de las organizaciones intensivas en activos para responder más rápidamente y tomar mejores decisiones que afectan directamente a la línea de fondo a través de:

- El aumento de la utilización de activos.
- La reducción de los costos de operación.
- La entrega de los productos y servicios de calidad.
- Cumplimiento de las normas reglamentarias para el cumplimiento de auditoría.
- Garantizar la disponibilidad de la cadena de suministro y la visibilidad.
- La asignación de recursos calificados apropiadamente.
- Mitigación de Riesgos.
- La mejora de la productividad.

Módulos de clase mundial de Mincom Ellipse de Gestión de Activos y Trabajo, Gestión de la Cadena de Suministro, Gestión Financiera y Gestión de Recursos Humanos son una base integrada, liberado de una arquitectura orientada a servicios de la plataforma (SOA). Estos módulos básicos se complementan con análisis de negocios, mantenimiento avanzado y planificación y soluciones de la

fuerza de trabajo móvil, que ofrece la funcionalidad más amplia y la solución más robusta en el mercado de Gestión de Activos Empresariales (EAM) de hoy.

Ecopetrol y Mincom iniciaron su alianza en 1994, cuando la primera implementó las soluciones de EAM de Mincom en su refinería de Cartagena, Colombia. La empresa luego amplió su implementación de soluciones Mincom a sus 32 instalaciones operacionales en Colombia.<sup>16</sup>

La gestión de materiales y mantenimiento de Ecopetrol que cuenta con más de 6.000 empleados, 32 distritos, más de 8.500 kilómetros de ductos, 320,000 activos, 125 bodegas, 16.000 órdenes mensuales de mantenimiento y 290.000 ítem catalogados en su inventario, se centraliza y optimiza por medio de Mincom Ellipse.

Gracias a esto, Ecopetrol logró racionalizar con éxito su inventario, aumentar la disponibilidad de sus equipos y reducir sus costos operacionales, lo que le permitió obtener el retorno de su inversión en cinco años y generar ahorros por millones de dólares en su primer proyecto de implementación.

Figura 9. Aplicación Mincom Ellipse



<sup>16</sup> <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/ecopetrol-firma-acuerdo-con-mincom-para-optimizar-desempeno-de-gestion-de-activo>

“Ecopetrol, la empresa petrolera integrada más grande de Colombia, está entre las 40 empresas petroleras más importantes del mundo y las cuatro más grandes de Latinoamérica. Además de Colombia, donde obtiene el 60% de la producción total, la empresa está involucrada en actividades de exploración y producción en Brasil, Perú y el Golfo de México de Estados Unidos. Ventyx Ellipse ayuda a Ecopetrol a gestionar más de 300.000 activos” 17

#### **4.1.1 Historia de ELLIPSE**

Ellipse es una solución de gestión de activos empresariales (EAM) y planificación de recursos empresariales (ERP) completamente integrada, creada con más de 30 años de experiencia de trabajo para una base de clientes intensivos en activos de todo el mundo, provee visibilidad completa y gestión de activos de toda la empresa para las organizaciones en industrias esenciales. 18

Las corrientes funcionales de Ellipse se entregan en una arquitectura orientada a servicios (SOA) y están complementadas por soluciones de análisis de negocios, mantenimiento y planificación de avanzada y fuerzas laborales móviles. Con aplicaciones completamente integradas pero modulares, Ellipse ofrece una amplia variedad de funcionalidad, que incluye:

**Gestión de Activos y de Trabajo:** Ellipse Asset & Work Management ofrece un amplio espectro de capacidades especializadas que mejoran el desempeño de activos.

**Despliegue Inteligente de la Fuerza de Trabajo:** Ellipse Intelligent Workforce Deployment ayuda a las organizaciones a gestionar la mano de obra capacitada. –

---

<sup>17</sup> <http://www.ventyx.com/es/solutions/chemical-oil-gas>

<sup>18</sup> <http://www.ventyx.com/es/solutions/business-operations/business-products/ellipse-erp>

asegurando que el personal tenga las calificaciones correctas y las certificaciones actualizadas.

**Gestión Financiera:** Ellipse Financial Management asegura que todas las transacciones financieras necesarias se capturen durante el ciclo de vida completo de los activos de una organización y se integren en la actividad principal.

**Gestión de la Cadena de Abastecimiento:** Ellipse Supply Chain Management gestiona automáticamente el proceso de inventario para asegurar que las operaciones de mantenimiento no se demoren por faltantes de inventario.

#### **4.1.2 Beneficios**

Con Ellipse, las organizaciones intensivas en activos pueden responder más rápidamente y tomar mejores decisiones que afectan directamente el resultado final al:

- Aumentar la utilización de activos.
- Reducir los costos operativos.
- Entregar productos y servicios de calidad.
- Cumplir estándares regulatorios para cumplimiento de auditoría.
- Asegurar la disponibilidad y visibilidad de la cadena de abastecimiento.
- Asignar adecuadamente los recursos calificados.
- Reducir el riesgo.
- Mejorar la productividad.

### **4.1.3 Capacidades**

Ellipse mejora el desempeño de los activos en todas las áreas de la actividad principal, incluyendo gestión de activos y de trabajo, recursos humanos, gestión financiera y cadena de abastecimiento y logística. La solución ofrece:

- Estadísticas detalladas de operación y producción.
- Análisis de historial y costos de equipos.
- Soporte para mano de obra móvil.
- Integración de herramientas para Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), monitoreo de condiciones, y sistemas SCADA.
- Programación de recursos y mantenimiento planificados.
- Gestión de talento y capacitación, incluyendo todas las fases del proceso de reclutamiento.

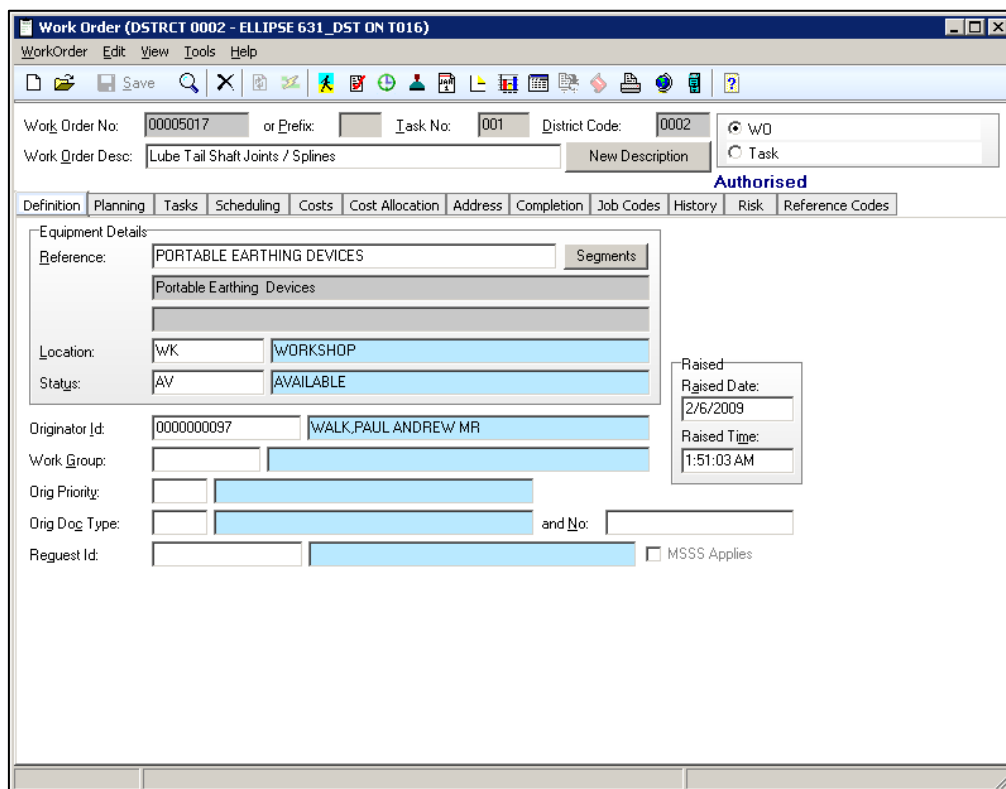
Gestión de la Salud, Seguridad, Responsabilidad Social, y la administración de los contratos de Medio Ambiente (HSSE), incluidos los SLA's y el desempeño de los proveedores.

### **4.1.4 Entorno visual**

Esta aplicación tiene un entorno visual amigable de ventanas, se instala en los equipos de sistemas operativos Windows de 32 bits.

Los usuarios de Ellipse tienen en el módulo de Mantenimiento MSQ620 el cual tienen esta interfaz Gráfica y pueden crear las Ordenes de Trabajo donde se planea las fechas de ejecución, número de Tareas, se estima tiempos de Horas Hombre, recursos materiales, costos reales, responsables, estándares de trabajo, detalles de los activos, especialidades, estado y tener una trazabilidad en una base de datos de cada uno de los activos.

Figura 10. Módulo Interfaz ELLIPSE



Mincom Ellipse contiene otros módulos estos son los comandos:

- MSQ600 => Árbol de Equipos
- MSQ700 => Planes de Mantenimiento
- MSQ620 => OT Ejecución de Mantenimiento (Crear – Consultar OT's)
- MSQ541 => Consulta y Cierre de Eventos
- MSO854 => Reporte de Tiempo HH a OT

Consultar Existencias Materiales:

- MSQ100 => Catalogo General Ecopetrol
- MSO178 => Catalogo Gerencia Andina (Seguimiento Materiales)
- MSQ140 => Cargar Materiales (Buscar - Crear - Modificar)
- MSO221 => Orden de Consulta de Compra

El módulo de Operaciones también cuenta con su comando para reportar la disponibilidad operacional de los activos es MSO420. Y finalmente tiene el MER el

cual es una herramienta donde realiza Querys a la base de datos, donde genera reportes para llevar el control de las metas e indicadores propuestos para cada un empresa.

Actualmente Ellipse se encuentra en la fase final el cual no tiene el soporte técnico para la herramienta, mientras que SAP inicia el 1 enero de 2015.

## **4.2 MANTENIMIENTO INFORMACIÓN SAP**

SAP es una suite de software de planificación de recursos empresariales diseñado para apoyar y automatizar los procesos de negocio - incluyendo la fabricación, distribución y finanzas - en medianas y grandes empresas.

Dentro de una organización de mantenimiento, el módulo de mantenimiento de planta SAP opera las funciones de negocio, tales como avisos de mantenimiento, órdenes y listas de tareas y gestión de despacho de trabajo. Mantenimiento preventivo.

El módulo SAP PM es capaz de planificar y gestionar programado, proactivo, procedimientos de mantenimiento diseñadas para prevenir o predecir, averías en los sistemas críticos, que puede ser costoso, no sólo en términos de reparación, sino también en términos de pérdida de producción. En difíciles y exigentes industrias, como la industria de la producción de petróleo, el módulo SAP PM puede aumentar la disponibilidad de la multitud de bombas, válvulas y otros equipos que constituyen una plataforma de extracción de petróleo. Problema Rectificación.

El módulo SAP PM también permite a las organizaciones de mantenimiento para identificar y corregir problemas con cualquiera de los equipos bajo su control, sean causa de fracaso o el deterioro con el tiempo.

El módulo SAP PM señala automáticamente la ubicación exacta de un equipo defectuoso y genera una orden de mantenimiento detallado, incluidas las especificaciones necesarias, diseños de ingeniería y precauciones de seguridad.

Todos estos detalles son muy importantes ya que si alguno de ellos han desaparecido de mantenimiento puede no ser posible, lo que podría detener la producción o poner en peligro la vida o ambas cosas.

#### **4.2.1 Ventajas**

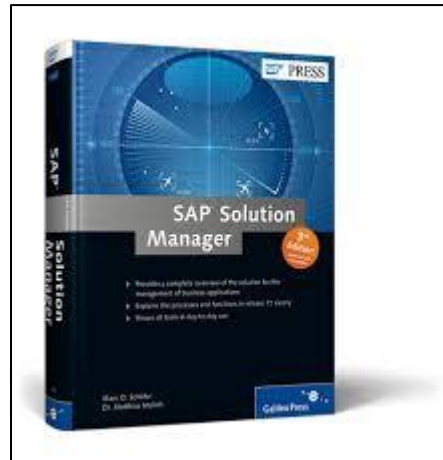
Una de las principales ventajas del módulo SAP PM es que permite el mantenimiento de plantas que se divide en varios niveles, tanto en la fase de planificación y rendimiento. El módulo de SAP PM obviamente permite equipo individual, independiente, tales como vehículos, para ser mantenido de forma independiente, sino que también permite que otros tipos de equipos, tales como una línea de producción - que se componen de varias piezas de equipo interdependientes - para ser mantenido como un "ubicación funcional", en lugar de una colección de componentes independientes.

#### **4.2.2 Beneficios**

En general, el módulo SAP PM permite a las empresas de mantenimiento de planta y funciones para estandarizar a través de una organización e integrarse con otras funciones, de este modo, se reduce la dependencia de los sistemas basados en papel o sistemas informáticos independientes. Además, el módulo SAP crea información estructurada - en relación con el costo y la historia de la técnica de los sistemas críticos - que permite un mejor control de los recursos, mano de obra y los costos de mantenimiento. El módulo SAP PM también sirve para promover la

propiedad de los datos de mantenimiento entre sus usuarios, así como el seguimiento y la mejora de las medidas de rendimiento en lo que se refiere a mantenimiento de la planta.<sup>19</sup>

Figura 11. Aplicación SAP PM



SAP es una empresa multinacional alemana dedicada al diseño de productos informáticos de gestión empresarial, tanto para empresas como para organizaciones y organismos públicos.

### 4.2.3 Historia de SAP

Fundada en 1972, y con sede en Walldorf, Baden-Württemberg, sus productos incluyen SAP ERP, SAP Business Warehouse (SAP BW), SAP Business Objects software, y SAP HANA.

Como parte de la estrategia de salida de Xerox en la industria de los ordenadores, Xerox mantuvo IBM para migrar sus sistemas de negocio a la tecnología de IBM.

---

<sup>19</sup> <http://ordenador.wingwit.com/software/other-computer-software/144374.html#.U6cvaGe571U>

Como parte de la indemnización de IBM por la migración, IBM adquirió el software SDS / SAPE, presuntamente por un contrato de crédito de 80.000 dólares. El software SAPE fue dado por IBM a los exempleados fundadores a cambio de Acciones constituyentes proporcionadas a IBM, según informes, el 8 %. Imperial Chemical Industries (ICI) fue el primer cliente de SAP en 1972.<sup>20</sup>

En 1973, la solución SAP R / 1 se puso en marcha. Seis años después, en 1979, SAP lanzó SAP R / 2. En 1981, SAP lanzó un producto rediseñado al mercado. Sin embargo, SAP R / 2 no mejoró hasta el período entre 1985 y 1990. SAP ha desarrollado y lanzado varias versiones de R / 3 desde 1992 hasta 1995. A mediados de la década de 1990, SAP siguió la tendencia de la computación mainframe para arquitecturas cliente/servidor. El desarrollo de la estrategia de Internet de SAP con mySAP.com re diseñó el concepto de procesos de negocio (integración a través de Internet)<sup>5</sup>. SAP fue premiada en la semana de la industria como la compañía con mejor gestión en 1999.

En 1976, "SAP GmbH" fue fundada, y al año siguiente trasladó su sede a Walldorf. SAP AG se convirtió en el nombre oficial de la compañía después de la junta general de accionistas de 2005. AG es la abreviatura en alemán de Aktiengesellschaft (sociedad anónima).

En agosto de 1988, SAP GmbH se transfirió a SAP AG (una corporación de derecho alemán), y el comercio público comenzó el 4 de noviembre. Las acciones cotizan en Fráncfort del Meno y en la bolsa de Stuttgart.

En 1995, SAP fue incluido en el índice bursátil alemán DAX. El 22 de septiembre de 2003, SAP se incluyó en el Dow Jones STOXX 50.

---

<sup>20</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/SAP\\_AG#cite\\_note-ICI-7](http://es.wikipedia.org/wiki/SAP_AG#cite_note-ICI-7)

En noviembre de 2010, SAP perdió un juicio de \$ 1.3 mil millones por la propiedad intelectual (en relación con las acciones de la TomorrowNow filial de SAP) a Oracle Corporation -. Citado como el juicio de software más grande de la piratería en la historia.<sup>9</sup> SAP presentó mociones posteriores al juicio para bajar el daño concedido a Oracle y afirmó que también podrían presentar una apelación.<sup>10</sup> El 9 de septiembre de 2011, la sentencia fue anulada por el juez Phyllis J. Hamilton, quien calificó la pena "extremadamente excesiva".

En 2008, SAP adquirió Business Objects, una compañía de inteligencia de negocios y añadió sus productos a su cartera. En 2010, SAP adquiere Sybase en un movimiento importante de adquisición. Sybase es la mayor empresa de software y proveedor de servicios especializada en la gestión de la información y el uso de datos móviles.

En diciembre de 2011, SAP AG acordó la compra de SuccessFactors Inc. por 3.4 billones en efectivo o un 52 por ciento más que el precio de cierre de las acciones el 2 de diciembre de 2011. Con la adquisición, SAP AG será más competitivo con Oracle Corporation. en el mercado de computación en la nube.

En mayo de 2012, SAP AG ha anunciado la adquisición de Sunnyvale, California, la cadena de suministro de red del operador Ariba Inc. por unos 4.3 mil millones de dólares. SAP dijo que ofrecerá 45 dólares por acción. La adquisición se supone que se completará en el tercer trimestre de 2012, sujeto a la aprobación de los accionistas y los reguladores de Ariba.

#### **4.2.4 Negocios y Mercados**

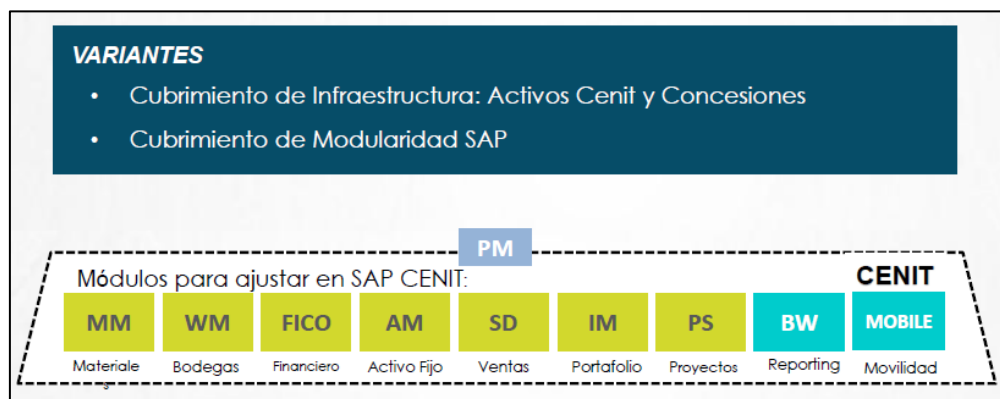
SAP es la mayor compañía mundial del negocio del Software en las áreas de CRM, ERP y SCM, y el tercero más grande como proveedor de software independiente.

Opera en: Europa, Oriente medio, África, Estados Unidos, Canadá, América Latina, el Caribe, Asia y Japón. Además, SAP opera una red de 115 filiales, y en I+D (Investigación y Desarrollo) con instalaciones en todo el mundo: Alemania, India, Estados Unidos, Canadá, Francia, Brasil, Turquía, China, Hungría, Israel, Irlanda y Bulgaria.

SAP se centra en seis sectores de la industria: Industrias de proceso, industrias discretas, las industrias de consumo, empresas de servicios, servicios financieros, y los servicios públicos ofrece más de 25 carteras de soluciones de la industria para las grandes empresas 14 y más de 550 soluciones verticales para pequeñas y medianas empresas.

ECOPETROL S.A. como contratista de su cliente CENIT para el año 2015 implementa el modelo de Gestión de Activos (Mantenimiento, Confiabilidad e Integridad) en el habilitador tecnológico PM de SAP, considerando los ajustes necesarios a los respectivos procesos de negocio tanto en propietario como en el operador.<sup>21</sup>

Figura 12. Módulos de SAP CENIT<sup>22</sup>



<sup>21</sup> CENIT; Transporte y Logística de Hidrocarburos - Proyecto GEM Transporte, Abril 2014

<sup>22</sup> CENIT; Transporte y Logística de Hidrocarburos - Proyecto GEM Transporte, Abril 2014

La migración a SAP busca integrar los diferentes módulos como, Materiales, Bodegas, Financiero, Activos, Ventas, Portafolio, Proyectos, Reportes, Movilidad.

Actualmente Ecopetrol tiene por separado los Sistemas de Información y es muy difícil el cruce de información por el volumen tan alto de datos que almacena, el cual es una unión entre: Tecnología e Infraestructura + Personas + Procesos.

Figura 13. Que es SAP<sup>23</sup>



#### 4.2.5 Beneficios para ECOPETROL y CENIT

Figura 14. Por qué SAP<sup>24</sup>



<sup>23</sup> CENIT; Transporte y Logística de Hidrocarburos - Proyecto GEM Transporte, Abril 2014

<sup>24</sup> CENIT; Transporte y Logística de Hidrocarburos - Proyecto GEM Transporte, Abril 2014

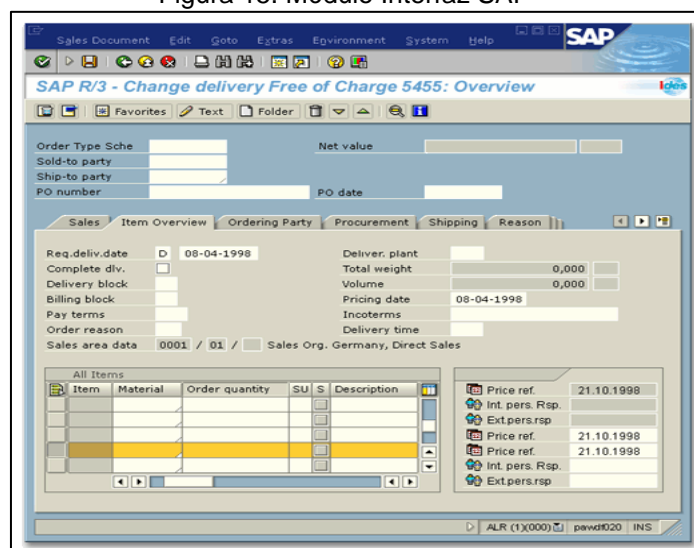
- Eliminación de las interfaces Ellipse SAP, proporcionando mayor confiabilidad en los datos.
- Es un modelo integrado, único y consistente para el segmento de transporte.
- Alineación proyecto GEM y GEM Transporte.
- Optimización del proceso, proporcionándole mayor visibilidad y trazabilidad.
- Aplicación de mejores prácticas y estándares para la Gestión de Activos.
- Competitividad en la empresa y en el recurso formado.
- Todas las filiales de Transporte gestionarían sus activos en SAP, facilitando la estandarización de los procesos.

#### 4.2.6 Entorno visual

Esta aplicación tiene un entorno visual amigable ya que está orientado hacia entorno Web.

La eficiencia en búsqueda de información es mucho más rápido para consultas, tiene más detalle y control de los activos ya que lo que busca la norma ISO 14224.

Figura 15. Módulo Interfaz SAP <sup>25</sup>



<sup>25</sup> [http://www.sapdesignguild.org/editions/philosophy\\_articles/colors.asp](http://www.sapdesignguild.org/editions/philosophy_articles/colors.asp)

## 4.2.7 Características

Las principales características de SAP son:

Figura 16. Características de SAP



- **Información "on-line"**

Esta característica significa que la información se encuentra disponible al momento, sin necesidad de esperar largos procesos de actualización y procesamiento habituales en otros sistemas.

- **Jerarquía de la información**

Esta forma de organizar la información permite obtener informes desde diferentes vistas.

- **Integración**

Esta es la característica más destacable de SAP y significa que la información se comparte entre todos los módulos de SAP que la necesiten y que pueden tener acceso a ella. La información se comparte, tanto entre módulos, como entre todas las áreas. La integración en SAP se logra a través de la puesta en común de la información de cada uno de los módulos y por la alimentación de una base de datos común. Por lo tanto, debemos tener en cuenta que toda la información que introducimos en SAP repercutirá, al momento, a todos los demás usuarios con

acceso a la misma. Este hecho implica que la información siempre debe estar actualizada, debe ser completa y debe ser correcta.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> <http://www.monografias.com/trabajos94/modulo-sistema-sap/modulo-sistema-sap.shtml>

## 5. PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DEL MODELO EN LOS ACTIVOS DE LA PLANTA ARAGUANAY – ECOPETROL S.A

### 5.1 Caracterización y Parametrización.

La primera etapa y una de las más importantes de la Caracterización & Parametrización; es el levantamiento físico de los equipos y para ello se tiene en cuenta los datos placa, localización física de los equipos y componentes.

#### 5.1.1 Metodología

- **Recorrido inicial de la estación:** consiste en realizar una visita a todos los procesos industriales de la planta, se identifican los sistemas, subsistemas, unidades operativas, equipos, sub-quipos y componentes, el tiempo de este recorrido depende de la magnitud de activos que existan.
- **Revisión del proceso:** por medio del HMI (Human Machines Interface), ubicado normalmente en la Sala de Operaciones de la Planta, se revisa los diferentes procesos y fronteras, también se revisa las variables como: consumos de energía, volúmenes, fluidos, presiones, temperaturas y todas aquellas variables que finalmente podrán hacer parte de los datos técnicos que se levantan para cada equipo.
- **Revisión y validación de árbol de equipos:** teniendo en cuenta que la planta ya cuenta con los equipos cargados en ELLIPSE, es decir que ya existe una jerarquización de equipos; dicha información es usada para iniciar la actualización del árbol de equipos, esta validación se hace en campo y debe revisarse por lo menos en 2 sesiones semanalmente con el

grupo de trabajo (Profesional de Confiabilidad, Profesionales y Técnicos de cada); con esto se evita reproceso a la hora de presentar el resultado final.

- **Caracterización y Parametrización de equipos:** una vez realizado la etapa de levantamiento de la DATA el paso a seguir es la parametrización de la misma, es decir la organización de cada uno de los equipos de acuerdo a la jerarquía planteada, para este caso se propone el modelo para poder realizar dicho procesamiento de la DATA.
- **Árbol de Equipos actualizado:** finalmente una vez organizado los datos con base en una jerarquía, se procede a actualizar el árbol de equipos en el CMMIS (Computarized Maintenance Management Integrated Software), sin embargo aquí no termina el proceso, el mantenimiento es un mejoramiento continuo, así que dichos datos deben renovarse periódicamente y así mismo poder actualizarse.

## 5.2 Análisis de la información Planta Araguaney.

Revisando el árbol de equipos actual de la Planta Araguaney podemos destacar lo siguiente:

Tabla 4. Resumen del Árbol de Equipos Existente, Planta Araguaney <sup>27</sup>

Descripción	Cantidad
Equipos y Componentes	1498
Unidades Productivas	121
Sistemas	24
Procesos	4

---

<sup>27</sup> Árbol de Equipos Planta Araguaney, archivo Excel, ECOPEPETROL SA.

## 5.2.1 Planteamiento de la estructura de los niveles de jerarquización según la Norma ISO 14224:2006.

Partiendo de la información analizada en el capítulo anterior, procedemos a clasificar los procesos, sistemas, unidades productivas y equipos de acuerdo con la Norma ISO 14224:2006, arrojándonos el siguiente resultado:

Tabla 5. Niveles Aplicados a nuestro caso de estudio (Planta Araguaney)

Main category	Taxonomic Level	Taxonomy hierarchy	Definition	Examples	ECOPETROL S.A.
Use/location data	1	Industry	Type of main industry	Petroleum, natural gas, petrochemical	PETROLEO, GAS NATURAL, CARBON, ENERGIA, PETROQUIMICA
	2	Business category	Type of business or processing stream	Upstream (E and P), midstream, downstream (refining), petrochemical	UPSTREAM, MIDSTREAM, DOWNSTREAM, PETROCHEMICALS
	3	Installation category	Type of facility	Oil/gas production, transportation, drilling, LNG, refinery, petrochemical (see Table A.1)	OFFSHORE OIL/GAS, ONSHORE, FACILIDADES DE PRODUCCIÓN, PERFORACIÓN, GLP, GLT, REFINING, TRANSPORTE, RETAIL, COMERCIALIZACIÓN, METANOL, POLIPROPILENO
	4	Plant/Unit category	Type of plant/unit	Platform, semi-submersible, hydrocracker, ethylene cracker, polyethylene, acetic acid plant, methanol plant (see Table A.2)	PLANTA O DUCTO. EJ.: PLANTA ARAGUANEY
	5	Section/System	Main section/system of the plant	Compression, natural gas, liquefaction, vacuum gas oil, methanol regeneration, oxidation section, reaction system, distillation section, tanker loading system (see Table A.3)	SISTEMA DE BOMBEO, SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, SISTEMA RECIBO, SISTEMA DE DESCARGADERO, SISTEMAS AUXILIARES, ETC.
Equipment subdivision	6	Equipment class/unit	Class of similar equipment units. Each equipment class contains comparable equipment units (e.g. compressors).	Heat exchanger, compressor, piping, pump, boiler, gas turbine extruder, agitator, furnace, Xmas tree, blow-out preventer (see Table A.4)	SUBSISTEMAS: TRAMA RECIBO, TRAMPA DE DESPACHO, FILTRACION, MEDICION, RELEVO, ETC.
	7	Subunit	A subsystem necessary for the equipment unit to function	Lubrication subunit, cooling subunit, control and monitoring, heating subunit, pelletizing subunit, quenching subunit, refrigeration subunit, reflux subunit, distributed control subunit	UNIDADES PRODUCTIVAS: UNIDAD DE BOMBEO #1, BRAZO DE MEDICION #2, TANQUE DE ALMACENAMIENTO #1, ETC.
	8	Component/Maintainable item (MI) <sup>a</sup>	The group of parts of the equipment unit that are commonly maintained (repaired/restored) as a whole	Cooler, coupling, gearbox, lubrication oil pump, instrument loop, motor, valve, filter, pressure sensor, temperature sensor, electric circuit	MOTOR, BOMBA, COMPRESOR, TABLERO, VALVULA, ACTUADOR, UPS, ETC.
	9	Part <sup>b</sup>	A single piece of equipment	Seal, tube, shell, impeller, gasket, filter plate, bolt, nut, etc.	TRANSMISORES, VALVULAS DE SEGURIDAD, RADIADOR, MOTOR AULIAR, ETC.

<sup>a</sup> For some types of equipment, there might not be a MI; e.g. if the equipment class is piping, there might be no MI, but the part could be "elbow"

<sup>b</sup> While this level can be useful in some cases, it is considered optional in this International Standard.

**Nivel 1 se nombran los tipos de industrias existentes en la actualidad:** Petróleo, Gas Natural, Carbón, Energía y Petroquímica.

**Nivel 2 Negocios actuales de la empresa y los posibles en la industria del petróleo:** Upstream, Midstream, Downstream, Petrochemicals.

**Nivel 3 Tipo de instalación y Filial:** Offshore oil/gas, Onshore, Facilidades de Producción, Perforación, GLP, GLT, Refining, Transporte, Ecopetrol-VIT, Retail, Comercialización, Metanol, Polipropileno.

**Nivel 4 Planta o Ducto:** Planta Araguaney, Planta Banadia, Planta Monterrey, Planta Campo Santiago, Planta El Porvenir, Planta Altos del Porvenir, Planta Miraflores.

**Nivel 5 Sistemas inmersos o Límite Geográfico en la Planta o Ducto:** Sistema de Recibo, Sistema de Almacenamiento, Sistema de Bombeo, Sistema de Despacho, Sistema de Carga & Descarga por Carrotanques, Sistemas Auxiliares de Proceso, Sistema Contra incendio, Sistema Infraestructura Planta Física, Sistema Costafuera (Offshore), Región Geográfica (Ejemplo: CAS - Casanare), Sistemas de Soporte a Línea.

**Nivel 6 Subsistemas de cada Sistema:** Facilidades Operacionales, Infraestructura de Soporte & Contención, Almacenamiento de Proceso, Trasiego o transferencia, Protección Catódica, Bombeo Principal, Bombeo Refuerzo (Booster), Bombeo Reinyección, Área común / Vías / Patios, Aire Industrial, Almacenamiento de Combustible, Alivio y Medio Ambiente, Centrifugado, Compresión de Gas, Comunicaciones, Control, Contingencia, Generación y Distribución Eléctrica, Mezcla y Dilución de Producto, Tratamiento de Crudo Combustible, Separación de Aguas Industriales y Domesticas, Relevos, Sumidero, Bodega de Materiales, Cuarto de Operaciones, Planta Física, Talleres de Mantenimiento, Detección y Alarma (Fire & Gas), Extinción con Agua, Extinción con Espuma, Extinción con Agente Limpio, Tramo Ducto, Tramo Derecho de Vía,

Seccionamiento, Cruces e Intersecciones, Control de Pérdidas, Detección de Intrusos, Generación y Distribución Eléctrica, Protección Catódica, Diques de Contención.

**Nivel 7 Unidades productivas o conjunto de equipos:** Unidad de Aire Acondicionado, Área común, Alumbrado, Apantallamiento & Puesta a Tierra, Brazo de Medición, Base de Respuesta de Emergencia, Brazo de Carga, Contenedor de Agente Limpio, Centro de Control de Motores, Centro de Media Tensión, Casa de Maquinas, Unidad de Control Distribuido, Tramo Derecho de Vía Km 0 - Km 3, Detección de Humo & Gas, Dique, Edificios, Grupo Electrónico, Herramienta Programable, Infraestructura, Muelle, Múltiple, Analizador Infrarrojo NIR, Patio, Punto de Control, Puente Grúa, Probador, Recipiente de Almacenamiento, Rectificador de Protección Catódica, Estación Reductora de Presión, Tramo Ducto, Subestación Eléctrica, Tea, Monoboya, Trampa de Raspador, Unidad de Bombeo, Unidad Compresora de Aire, Unidad de Comunicación y Datos, Unidad Centrifuga, Unidad Compresora de Gas, Unidad de Control SCADA, Unidad de Filtración, Unidad Intercambiadora de Calor, Unidad de Mezclado, Válvula Cheque de Seccionamiento, Vía, Válvula de Seccionamiento.

**Nivel 8 Equipos Padres:** se adjunta Tabla 7. Con la relación de todos los Equipos Padres aplicados a la Planta Arguaney.

**Nivel 9 Equipos Hijos:** se adjunta tabla 7. Con la relación de todos los Equipos Hijos aplicados a la planta Arguaney.

A continuación ilustra como sería la implementación de la Norma para las Instalaciones de la Planta Arguaney y el Oleoducto.

Figura 17. Ejemplo de Modelo de la Norma ISO 14224:2006 aplicado a la Planta Araguaney Niveles 1 al 7

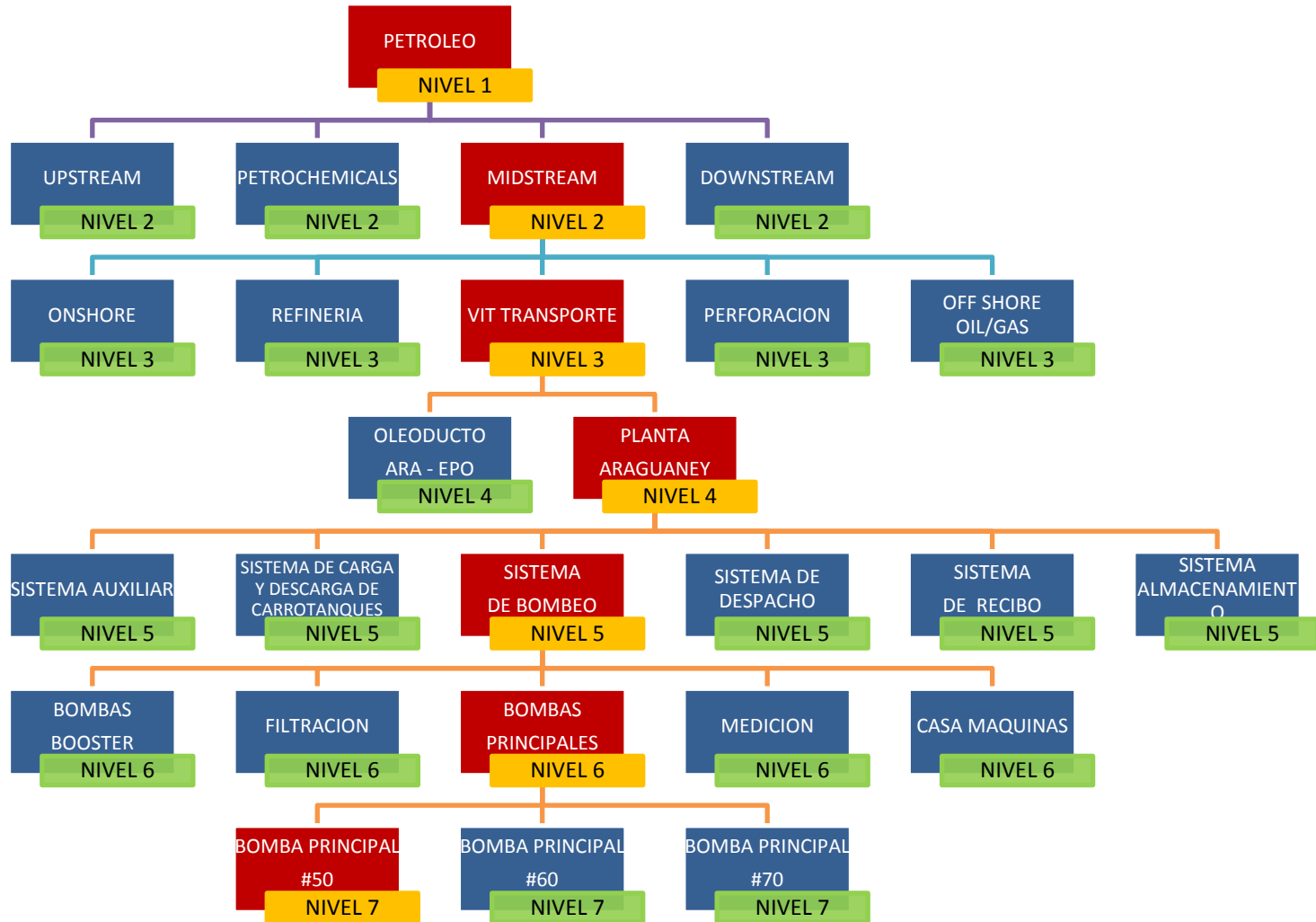


Figura 18. Ejemplo de Modelo de la Norma ISO 14224:2006 aplicado a la Planta Araguaney Niveles 8 al 9

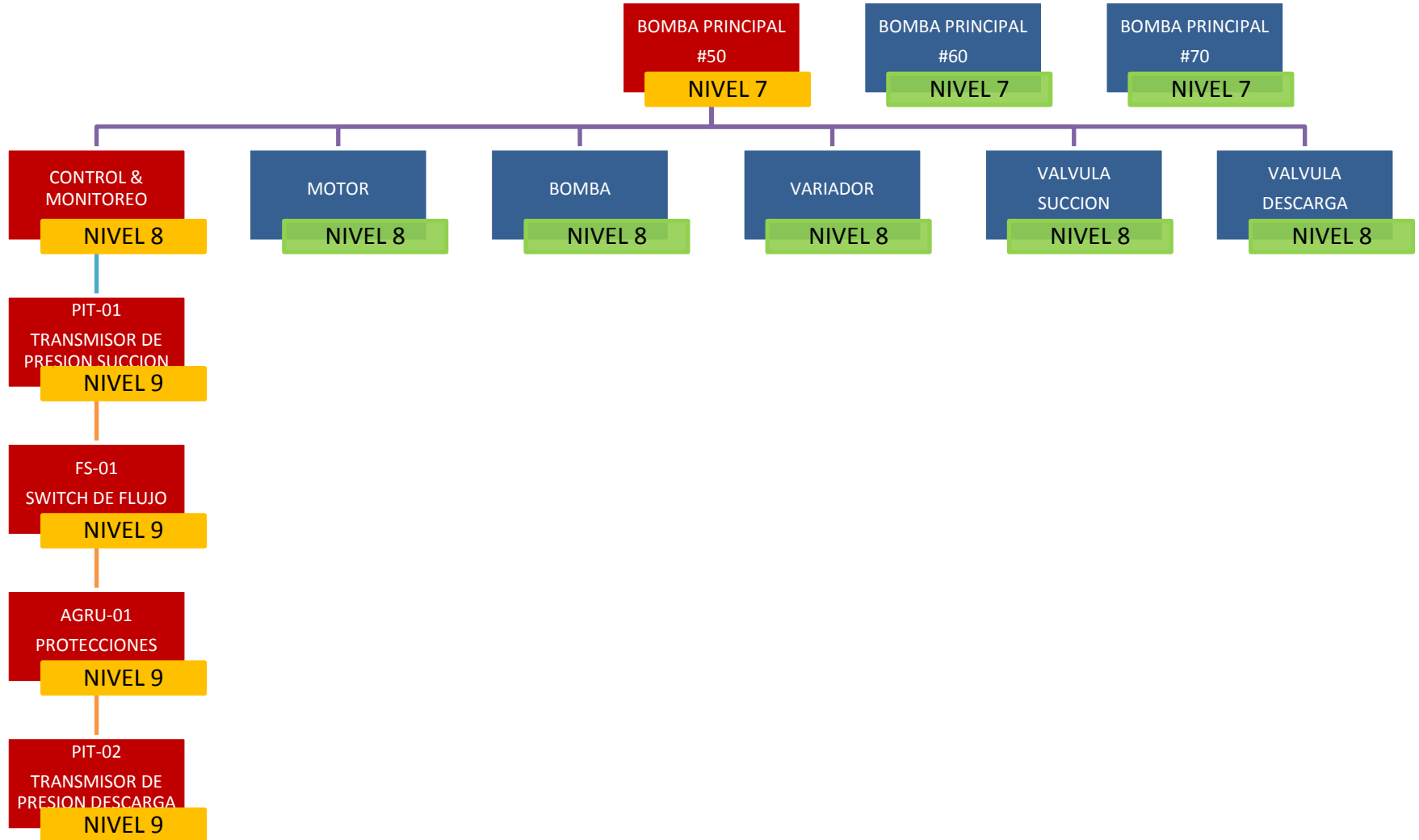


Figura 19. Ejemplo de Modelo de la Norma ISO 14224:2006 aplicado al Oleoducto ARA-EPO Niveles 1 al 7

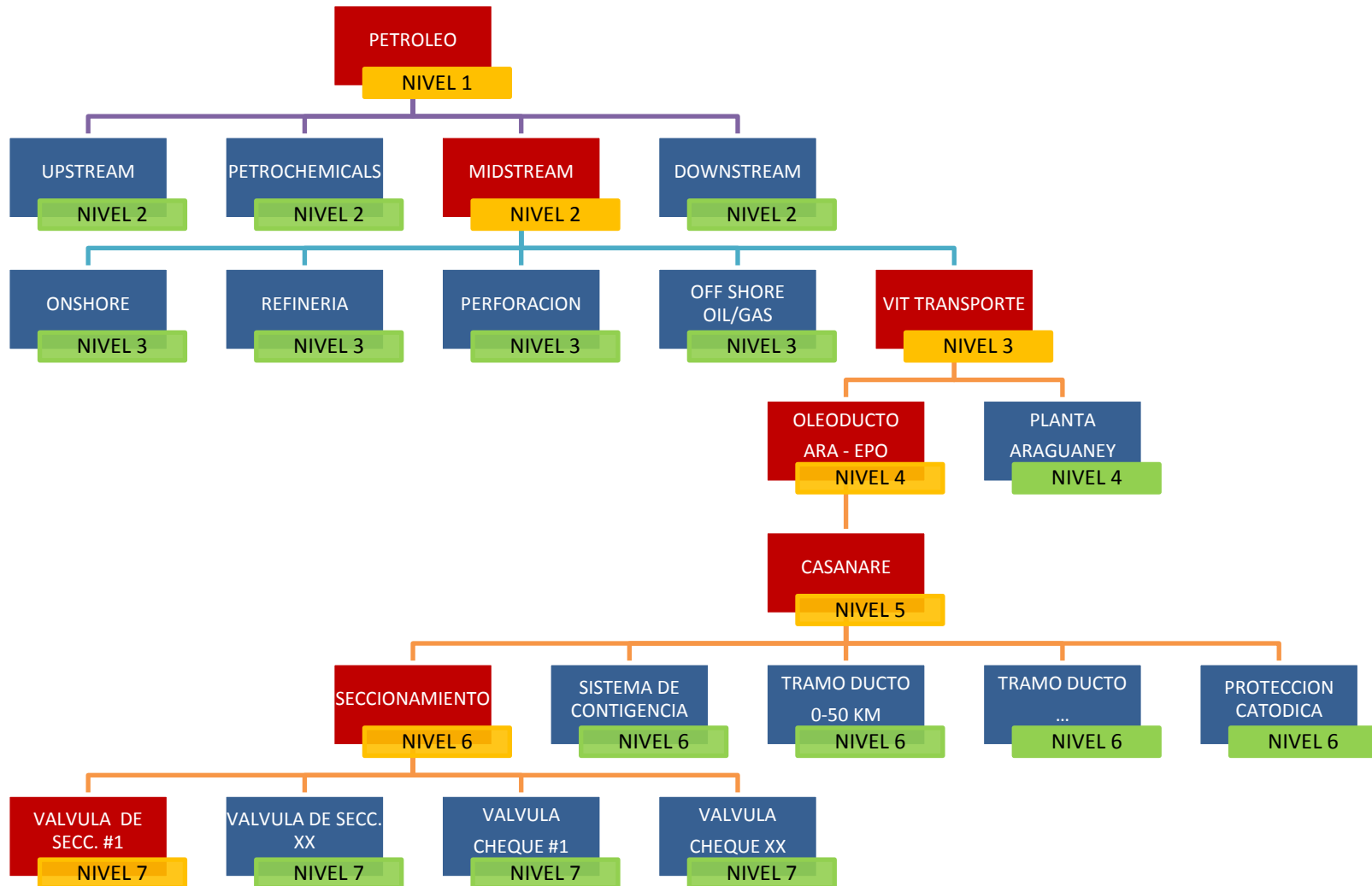
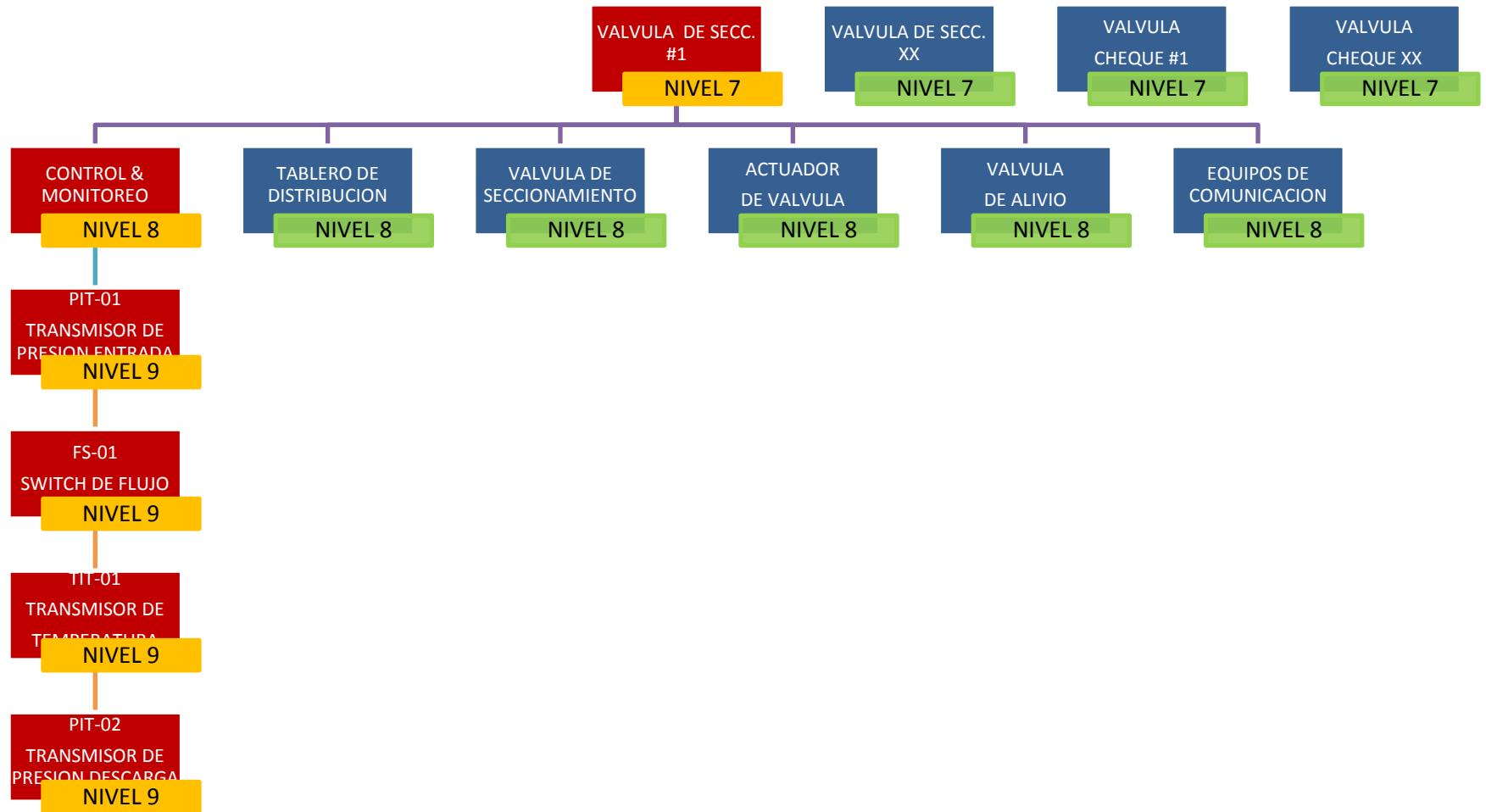


Figura 20. Ejemplo de Modelo de la Norma ISO 14224:2006 aplicado al Oleoducto ARA-EPO Niveles 8 al 9



## 5.2.2 Clasificación de los equipos Nivel 8 y 9 según la Norma ISO 14224:2006

Un aspecto fundamental para generar reportes de análisis de fallas como lo son los paretos, es la clasificación de los Equipos Padres y Equipos Hijos de acuerdo a su función, con esto se logra hacer búsquedas rápidas como por ejemplo cuantas válvulas de bola tenemos en una planta o cuantos motores eléctricos operan en la planta, etc., para ello la Norma nos brinda la siguiente clasificación:

Tabla 6. Categoría y Clase de Equipos – Nivel 8 y 9<sup>28</sup>

Equipment category type	Equipment class — Level 8 y 9	Example included in Annex A
<b>Rotating</b>	Combustion engines	Yes
	Compressors	Yes
	Electric generators	Yes
	Electric motors	Yes
	Gas turbines	Yes
	Pumps	Yes
	Steam turbines	Yes
	Turboexpanders	Yes
	Blowers and fans	No
	Liquid expanders	No
	Mixers	No
<b>Mechanical</b>	Cranes	Yes
	Heat exchangers	Yes
	Heaters and boilers	Yes
	Vessels	Yes
	Piping	Yes
	Winches	Yes
	Swivels	Yes
	Turrets	Yes
	Pipeline	No
	Storage tanks	No

<sup>28</sup> ISO 14224:2006, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment, 2006, p. 35, 36 y 37

	Loading arms	No
	Filters and strainers	No
	Steam ejectors	No
	Xmas trees (topside/onshore)	No
<b>Electrical</b>	Uninterruptible power supply	Yes
	Power transformers	Yes
	Switchgears/switchboards and distribution boards	No
	Frequency converters	No
	Power cables and terminations	No
<b>Safety and control</b>	Fire and gas detectors	Yes
	Input devices	Yes
	Control units	Yes
	Valves	Yes
	Nozzles	Yes
	Evacuation equipment	No
	Fire-fighting equipment	No
	Inert-gas equipment	No
<b>Subsea production</b>	Subsea production control	Yes
	Xmas trees	Yes
	Risers	Yes
	Subsea pumps	Yes
	Subsea processing equipment	No
	Templates	No
	Manifolds	No
	Pipelines	No
	Flowlines	No
	Subsea isolation equipment	No
	Intervention tools	No
	Electric-power distribution	No
<b>Drilling</b>	Blowout preventer a	Yes
	Top drive	Yes
	Derrick b	No
	Drawworks	No
	Mud pumps	No
	Mud-treatment equipment	No
	Diverter	No

	Choke manifold	No
	String-motion compensator	No
	Riser compensator	No
	Cementing equipment	No
	Drilling and completion risers	No
	Crown and travelling blocks	No
<b>Well completion (downhole)</b>	Downhole safety valves	Yes
	Casing	Yes
	Tubing	Yes
	Hangers	No
	Packers	No
	Electrical submersible pumps	No
	Downhole sensors	No
	Wellheads	No
<b>Well intervention</b>	Coiled tubing, surface equipment	No
	Coiled tubing, BOPs and control systems	No
	Coiled tubing, other pressure-control equipment and systems	No
	Coiled tubing, string and mechanical bottom hole assembly	No
	Coiled tubing, string and electrical bottom hole assembly	No
<b>Well intervention</b>	Wireline, surface equipment	No
	Wireline, BOPs and control systems	No
	Wireline, other pressure-control equipment and systems	No
	Wireline, slickline/braided cable and bottom-hole assembly	No
	Wireline, electric cable and bottom-hole assembly	No
	Rig-assisted snubbing (RAS), surface equipment	No
	Rig-assisted snubbing (RAS), BOPs and control systems	No
	Rig-assisted snubbing (RAS), other pressure-control equipment and systems	No
	Rig-assisted snubbing (RAS), tubing and bottom-hole assemblies	No
<b>Marine</b>	Anchor windlasses and mooring equipment	No
	Thrusters	No
	Dynamic positioning equipment	No
	Towing equipment	No
	Jacking equipment	No

	De-icing equipment	No
	Helicopter deck with equipment	No
<b>Utilities c</b>	Hydraulic power units	No
	Air-supply equipment	No
	De-superheaters	No
	Nitrogen-supply equipment	No
	Heating/cooling media	No
	HVACs	No
a	Subsea blowout preventer.	
b	Including heave compensation.	
c	Utilities may be associated with a number of equipment classes in this International Standard (e.g. pumps, valves, instrumentation).	

Tabla 7. Clase / Tipo de Equipos – Nivel 8 y 9<sup>29</sup>

<b>Clase/ Tipo</b>	<b>Descripción</b>
<b>AC</b>	<b>Anclas y Equipos de Amarre</b>
<b>ACAC</b>	<b>Anclas y Equipos de Amarre</b>
<b>AEAE</b>	<b>Equipos de Suministro de Aire</b>
<b>ADME</b>	Actuador Mecánico
<b>AT</b>	<b>Sistema de Apantallamiento y Puesta a Tierra</b>
<b>ATAE</b>	Anillo de Equipotenciacion
<b>ATPE</b>	Apantallamiento Proteccion Externa
<b>ATPI</b>	Apantallamiento Proteccion Interna
<b>ATPT</b>	Malla Sistema Puesta a Tierra
<b>ATAE</b>	<b>Anillo de Equipotenciacion</b>
<b>AL</b>	<b>Alumbrado</b>
<b>ALPE</b>	Alumbrado Perimetral
<b>ALED</b>	Alumbrado Edificaciones
<b>ALKZ</b>	Alumbrado para Casetas
<b>ALEM</b>	Alumbrado Emergencia
<b>BA</b>	<b>Barrera de Control</b>
<b>BAAB</b>	Barrera Absorbente
<b>BACO</b>	Barrera de Contencion
<b>BAGM</b>	Geomembrana
<b>BATP</b>	Barrera Trabajo Pesado

<sup>29</sup> ISO 14224:2006, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment, 2006, 182 pag.

<b>BLBL</b>	<b>Compresor Sopladores/Ventiladores</b>
<b>BPBP</b>	<b>Preventora</b>
<b>CACA</b>	<b>Tubería de Revestimiento de Pozo</b>
<b>CB</b>	<b>Tableros Control/Medición/Protección</b>
<b>CBME</b>	Tablero De Medici
<b>CBPH</b>	Tablero De Control Eléctrico
<b>CBPR</b>	Tablero De Protección
<b>CCCC</b>	<b>Equipos de Operación con Tubería Flexible, Preventora y Sistemas de Control</b>
<b>CE</b>	<b>Motores A Explosión</b>
<b>CEDE</b>	Motor Diesel
<b>CEGE</b>	Motor A Gasolina/Gas
<b>CHCH</b>	<b>Equipos de Operación con Tubería Flexible, Montaje Mecánico en Fondo de Pozo</b>
<b>CL</b>	<b>Sistemas de Control y SCADA</b>
<b>CLDC</b>	Unidad De Control Distribuido
<b>CLEL</b>	Tablero De Control Neumático
<b>CLLC</b>	PLC (Programador Logico de control)
<b>CLMT</b>	Unidad de Rechazo
<b>CLPA</b>	PAC (Controlador Automación Programable)
<b>CLPC</b>	Computador
<b>CLRL</b>	Controlador a Relay
<b>CLRT</b>	Unidad De Transmision Remota RTU
<b>CLSC</b>	Sistema SCADA central
<b>CLSL</b>	Controlador De Lazo Simple
<b>CLSS</b>	Controlador Estado Sólido
<b>CMCM</b>	<b>Múltiple de Estrangulamiento</b>
<b>CO</b>	<b>Compresores</b>
<b>COAX</b>	Compresor Axial
<b>COCE</b>	Compresor Centrífugo
<b>CORE</b>	Compresor Alternativo
<b>CORO</b>	Compresor a Paletas
<b>COSC</b>	Compresor Tornillo Rotativo
<b>CPCP</b>	<b>Equipos de Operación con Tubería Flexible, Otros Equipos de Control de Presión</b>
<b>CQCQ</b>	<b>Equipos de Cementación</b>
<b>CR</b>	<b>Grúas</b>
<b>CRTC</b>	Puente Grua / Aparejo
<b>CRVC</b>	Grúa Autotransportada
<b>CSCS</b>	<b>Equipos de Operación con Tubería Flexible, Equipos de Superficie</b>

<b>CT</b>	<b>Transferencia De Custodia</b>
<b>CTCG</b>	Surtidor de Condensado
<b>CTCP</b>	Surtidor de Producto Claro (Combustible)
<b>CTDP</b>	Surtidor de Producto Oscuro
<b>CTEE</b>	Medidor de Energía Eléctrica
<b>CTGA</b>	Surtidor de Gas
<b>CTOI</b>	Unidad LACT
<b>CWCW</b>	<b>Coronas y Poleas Viajeras</b>
<b>CYCY</b>	<b>Equipos de Operación con Tubería Flexible, Montaje Eléctrico en Fondo de Pozo</b>
<b>DCDC</b>	<b>Elevadores de Perforación y Completamiento</b>
<b>DEDE</b>	<b>Equipo de Deshielo</b>
<b>DHDH</b>	<b>Supercalentadores</b>
<b>DNDN</b>	<b>Sensores de Fondo de Pozo</b>
<b>DPDP</b>	<b>Equipos de Posicionamiento Dinámico</b>
<b>DRDR</b>	<b>Torre de Perforación</b>
<b>DSDS</b>	<b>Válvulas de Seguridad en Fondo de Pozo</b>
<b>DVDV</b>	<b>Desviadores</b>
<b>DWDW</b>	<b>Malacate</b>
<b>EEEE</b>	<b>Equipos de Evacuación</b>
<b>EG</b>	<b>Generador Eléctrico</b>
<b>EGLT</b>	Generador de Baja Tensión
<b>EGMT</b>	Generador de Media Tensión
<b>EL</b>	<b>Líneas de Transmisión Eléctrica</b>
<b>ELCC</b>	Línea de transmisión Eléctrica CC
<b>ELFC</b>	Capacitor Corrección Factor De Potencia
<b>ELHT</b>	Línea de transmisión Eléctrica AT
<b>ELLT</b>	Línea de transmisión Eléctrica BT
<b>ELMT</b>	Línea de transmisión Eléctrica MT
<b>EM</b>	<b>Motores Electricos</b>
<b>EMAC</b>	Motor Eléctrico de Corriente Alterna
<b>EMAE</b>	<b>Actuador Eléctrico</b>
<b>EMDC</b>	Motor Eléctrico de Corriente Continua
<b>EP</b>	<b>Equipos de Proceso de Material Sólido</b>
<b>EPES</b>	Estrechadoras
<b>EPEX</b>	Extrusor
<b>EPHI</b>	Hidrolizadora
<b>EPHP</b>	Tolvas

<b>EPIM</b>	Molino / Triturador
<b>EPMD</b>	Detectores De Metales
<b>EPPS</b>	Prensa
<b>EPVS</b>	Zaranda
<b>ES</b>	<b>Aparatos De Maniobra Eléctrico</b>
<b>ESDH</b>	Seccionador De Alta Tensión
<b>ESDL</b>	Seccionador De Baja Tensión
<b>ESDM</b>	Seccionador De Media Tensión
<b>ESCC</b>	Cortacircuitos
<b>ESIH</b>	Interruptor de Alta Tensión
<b>ESIL</b>	Interruptor de Baja Tensión
<b>ESIM</b>	Interruptor de Media Tensión
<b>ESRM</b>	Reconectador De Media Tensión
<b>FE</b>	<b>Equipos de Fraccionamiento</b>
<b>FEBD</b>	Dobladora de Bolsa
<b>FEBP</b>	Embolsadora
<b>FEBS</b>	Cosedora de Bolsas
<b>FECM</b>	Cortadora
<b>FEEN</b>	Envolvedora
<b>FEFL</b>	Llenadora de envases
<b>FEPE</b>	Pelletizadora
<b>FEPP</b>	Impresora de envases y etiquetas
<b>FETS</b>	Termo selladora
<b>FEWM</b>	Bobinadoras
<b>FF</b>	<b>Equipos de Lucha Contra Fuego</b>
<b>FFCD</b>	Anillos de enfriamiento
<b>FFEX</b>	Extintidor
<b>FFFD</b>	Red contra incendio
<b>FFFM</b>	Monitores fijos de red contra incendio
<b>FFFP</b>	Bomba contra incendio
<b>FFRO</b>	Rociadores
<b>FFHY</b>	Hidrante
<b>FFSP</b>	Arrestallama
<b>FG</b>	<b>Detectores De Fuego Y Gas</b>
<b>FG</b>	<b>Filtros</b>
<b>FGAB</b>	Detector De Gas Hidrocarburo
<b>FGOR</b>	<b>Filtro de anillo</b>

<b>FGAO</b>	Detector De Gas
<b>FGAS</b>	Detector De Gas Tóxico
<b>FGBA</b>	Detector De Fuego
<b>FGBF</b>	Detector De Llama
<b>FGBH</b>	Detector De Calor
<b>FGBS</b>	Detector De Humo/Combustión
<b>FI</b>	<b>Filtros</b>
<b>FIAD</b>	Equipo secador aire instrumentos
<b>FIBF</b>	Filtro de Canasto
<b>FICF</b>	Filtro de Cartucho
<b>FICY</b>	Filtro Ciclónico
<b>FIOR</b>	Filtro de Anillo
<b>FISA</b>	Filtro de Arena, Grava, Cáscara de Nuez, Paja
<b>FL</b>	<b>Tea (Quemador/Antorcha)</b>
<b>FLFC</b>	Quemador Vertical
<b>FLFD</b>	Quemador Horizontal
<b>FNFN</b>	<b>Lineas de Flujo</b>
<b>GL</b>	<b>Gas Lift</b>
<b>GLNP</b>	Unidad Bombeo Neumatico BPZ
<b>GLPL</b>	Sistema de Bombeo Por Pistón Viajero
<b>GT</b>	<b>Transporte De Solidos</b>
<b>GTBE</b>	Elevador a Cangilones
<b>GTCB</b>	Cinta Transportadora
<b>GTEV</b>	Elevador Vibratorio Tipo Caracol
<b>GTHE</b>	Transporte Helicoidal
<b>GTHW</b>	Manipuladores
<b>HB</b>	<b>Recipientes con Fuego Interno</b>
<b>HBDF</b>	Calentador De Fuego Directo
<b>HBEH</b>	Calentador Eléctrico
<b>HBHB</b>	Caldera de Alta Presión de Tubos de Agua
<b>HBHF</b>	Horno Horizontal (tipo cabina)
<b>HBHT</b>	Calentador / Tratador
<b>HBIC</b>	Caldera De Agua A Llama Indirecta (HC)
<b>HBIF</b>	Calentador de Fuego Indirecto
<b>HBLB</b>	Caldera de Baja Presión de Tubos de Humo
<b>HBVF</b>	Horno Vertical (tipo Petrochem)
<b>HE</b>	<b>Intercambiadores De Calor</b>

<b>HEAC</b>	Intercambiador Calor Enfriado a Aire
<b>HECO</b>	Condensador
<b>HEDP</b>	Intercambiadores Calor Doble Tubo
<b>HEFF</b>	Aeroenfriador (Fin-Fan)
<b>HEPC</b>	Enfriador de Plástico Extrusión (batea)
<b>HERB</b>	Intercambiador Calor Re-Hervidor
<b>HEST</b>	Intercambiador Calor Tubo y Carcaza
<b>HEWC</b>	Intercambiador Calor Enfriado a Agua
<b>HGHG</b>	<b>Colgadores de Tubería</b>
<b>HMHM</b>	<b>Medios de Calefacción y Refrigeración</b>
<b>HPHP</b>	<b>Unidades de Potencia Hidráulica</b>
<b>HVHV</b>	<b>Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado</b>
<b>IEIE</b>	<b>Equipos de Gas-inerte</b>
<b>IP</b>	<b>Elemento De Entrada (Sensor)</b>
<b>IPAL</b>	Analizadores
<b>IPCM</b>	Equipos de control y monitoreo
<b>IPCR</b>	Cromatógrafo
<b>IPCT</b>	Medidor de corrosión
<b>IPDE</b>	Detector paso raspador
<b>IPDP</b>	Transmisor de Presión, diferencial
<b>IPDT</b>	Transmisor de Temperatura, diferencial
<b>IPDW</b>	Transmisor de peso, diferencial
<b>IPFS</b>	Detector de Flujo (flujostato)
<b>IPFT</b>	Transmisor de Caudal
<b>IPGT</b>	Turbidímetro
<b>IPLT</b>	Transmisor de Nivel
<b>IPPS</b>	Presostato
<b>IPPT</b>	Transmisor Presión / Vacío
<b>IPST</b>	Transmisor de Velocidad / Frecuencia
<b>IPTS</b>	Termostato
<b>IPTM</b>	Toma Muestra
<b>IPTT</b>	Transmisor de Temperatura
<b>IPUT</b>	Transmisor Multivariable
<b>IPVS</b>	Detector de vibraciones
<b>IPVT</b>	Transmisor de vibraciones
<b>IPWT</b>	Transmisor de peso
<b>IPZS</b>	Detector de fin de carrera

<b>IPZT</b>	Transmisor de posición
<b>ITIT</b>	<b>Herramientas de Intervención</b>
<b>JEJE</b>	<b>Equipos de Hincamiento o Atracamiento</b>
<b>LELE</b>	<b>Expansores Líquidos</b>
<b>MB</b>	<b>Medición</b>
<b>MBGA</b>	Puente De Medición De Gas
<b>MBOI</b>	Puente De Medición De Petróleo
<b>MBPR</b>	Probador
<b>MBPW</b>	Balanzas de Proceso Productivo
<b>MBWA</b>	Puente De Medición De Agua
<b>MEME</b>	<b>Equipos de Tratamiento de Lodos</b>
<b>MNMN</b>	<b>Múltiples</b>
<b>MPMP</b>	<b>Bombas de Lodo</b>
<b>MX</b>	<b>Mezcladores</b>
<b>MXME</b>	Mezclador Mecánico (Agitador)
<b>NO</b>	<b>Eyectores</b>
<b>NOSR</b>	Eyector Tipo Ducha / Lluvia
<b>NOWM</b>	Vaporizador
<b>NSNS</b>	<b>Equipos de Suministro de Hidrógeno</b>
<b>OC</b>	<b>Instalaciones civiles de uso general</b>
<b>OCAC</b>	Equipamiento de aire acondicionado
<b>OCBU</b>	Infraestructura Civil
<b>OCPC</b>	Punto de Control
<b>PCPC</b>	<b>Cables de Poder y Terminales (REVISAR EXISTE????)</b>
<b>PCPO</b>	Postes de energía
<b>PDPD</b>	<b>Distribución de Energía Eléctrica</b>
<b>PI</b>	<b>Ducto</b>
<b>PIAL</b>	Ducto Metálicos
<b>PICP</b>	Colector de campo de Producción
<b>PIID</b>	Satélite distribución Inyección
<b>PIPO</b>	Ducto Polímeros Incluye Fibra/Reforzada
<b>PISB</b>	Cruce Subfluvial
<b>PKPK</b>	<b>Empaques</b>
<b>PT</b>	<b>Transmisión De Potencia</b>
<b>PTGE</b>	Caja Engranajes (Incrementador/Reductor)
<b>PTHY</b>	Convertidor de Potencia Hidráulico
<b>PTTC</b>	Cámara De Empuje

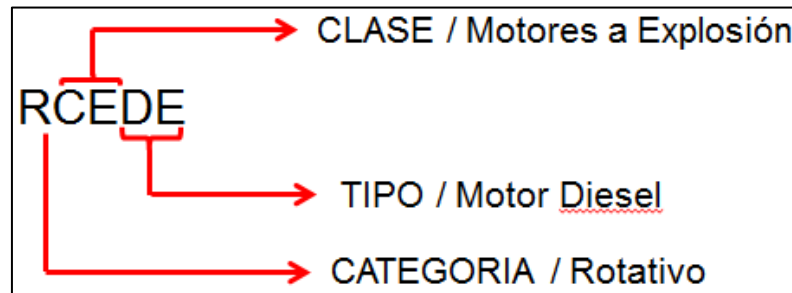
<b>PU</b>	<b>Bombas</b>
<b>PUAW</b>	Bomba alternativa pozo accionada por AIB
<b>PUCE</b>	Bomba Centrifuga
<b>PUCP</b>	Bomba De Cavidad Progresiva PCP
<b>PUDI</b>	Bomba De Diafragma
<b>PUGE</b>	Bomba A Engranajes
<b>PULR</b>	Bomba de vacío
<b>PURE</b>	Bomba Alternativa de superficie
<b>PURO</b>	Bomba Rotativa A Paletas
<b>PUSC</b>	Bba. centrífuga sumergida acc. mecánico
<b>PUSP</b>	Bomba a Tornillo
<b>RBRB</b>	<b>Torre de Perforacion Asistida (RAS), Preventora y Sistemas de Control</b>
<b>RCRC</b>	<b>Torre de Perforacion Asistida (RAS), Otros Equipos de Control de Presion</b>
<b>RHRH</b>	<b>Torre de Perforacion Asistida (RAS), Montaje Mecanico en Fondo de Pozo</b>
<b>RIRI</b>	<b>Elevadores</b>
<b>RP</b>	<b>Unidades de bombeo artificial</b>
<b>RPCP</b>	Bombeo de Varilla Rotativo (Cabezal PCP)
<b>RPLS</b>	Bombeo de Carrera Larga (Rotaflex)
<b>RPRE</b>	Bombeo de Varillas Alternativo (AIB)
<b>RSRS</b>	<b>Torre de Perforacion Asistida (RAS), Equipos de Superficie</b>
<b>SA</b>	<b>Servicios auxiliares de energía</b>
<b>SAAS</b>	Batería Solución Ácida
<b>SACH</b>	Cargador De Baterías
<b>SADR</b>	Batería Seca
<b>SAER</b>	Rectificador Electrico de CA/CC
<b>SAFF</b>	Filtro Ferroresonante
<b>SASS</b>	UPS
<b>SB</b>	<b>Tablero De Accionamiento Eléctrico</b>
<b>SBAC</b>	Variador de Velocidad
<b>SBBT</b>	Tablero Eléctrico De Baja Tensión
<b>SBMC</b>	Centro de Control de Motores CCM
<b>SBMT</b>	Tablero Eléctrico De Media Tensión
<b>SCSC</b>	<b>Control de Producción Submarino</b>
<b>SG</b>	<b>Celdas De Potencia Eléctrica</b>
<b>SGHT</b>	Celda De Alta Tensión
<b>SGMT</b>	Celda De Media Tensión
<b>SISI</b>	<b>Equipos de Aislamiento Submarino</b>

<b>SMSM</b>	<b>Compensador de Cadena Móvil</b>
<b>SPSP</b>	<b>Bombas de Subsuelo</b>
<b>SQSQ</b>	<b>Equipos de Proceso Submarino</b>
<b>SUSU</b>	<b>Bomba Electrosumergibles ESP</b>
<b>SV</b>	<b>Recipientes De Almacenamiento</b>
<b>SVAP</b>	Pileta Separadora (API/Infilco)
<b>SVCI</b>	Tanques Cilíndricos (Zeppelin)
<b>SVDR</b>	Tambor
<b>SVFR</b>	Tanque De Almacenamiento Techo Flotante
<b>SVSP</b>	Tanque De Almacenamiento Esférico
<b>SVST</b>	Tanque De Almacenamiento Techo Fijo
<b>SVSW</b>	Tanque almacenamiento Agua de Incendio
<b>SVTS</b>	Silo
<b>SVUN</b>	Tanque De Almacenamiento Soterrado
<b>SWSW</b>	<b>Gancho Giratorio</b>
<b>TB</b>	<b>Turbinas</b>
<b>TBGT</b>	Turbina de Gas
<b>TBST</b>	Turbina A Vapor
<b>TC</b>	<b>Telecomunicaciones</b>
<b>TCRA</b>	Sistemas De Alarma
<b>TCRB</b>	Sistemas De Radio Generales
<b>TCRC</b>	Circuito Cerrado De Televisión
<b>TCRQ</b>	Red Comunicación De Datos
<b>TCRT</b>	Sistema De Telemetría
<b>TCRU</b>	Radio UHF/VHF
<b>TCRV</b>	Sistema De Registro De Personal
<b>TCRW</b>	Sistema De Monitoreo Ambiental
<b>TCRZ</b>	Equipos De Telecomunicaciones
<b>TDTD</b>	<b>Top Drive</b>
<b>TE</b>	<b>Turboexpansores</b>
<b>TEAX</b>	Turboexpansor Axial
<b>TECE</b>	Turboexpansor Centrífugo
<b>THTH</b>	<b>Motores de Propulsión</b>
<b>TMTM</b>	<b>Configuraciones de Pozo</b>
<b>TO</b>	<b>Herramientas</b>
<b>TOBA</b>	Balanza
<b>TODE</b>	Densímetro

<b>TOFE</b>	Elementos de labranza
<b>TOFM</b>	Máquinas/Herramientas de taller
<b>TOHY</b>	Hidrolavadora
<b>TOSM</b>	Pileta De Maniobras
<b>TOWM</b>	Máquinas de soldar
<b>TOPC</b>	Plataforma de Carga
<b>TQTQ</b>	<b>Remolcadores</b>
<b>TR</b>	<b>Transformador Eléctrico</b>
<b>TRCU</b>	Transformador De Corriente
<b>TRPW</b>	Transformador De Potencia
<b>TRTE</b>	Transformador De Tensión
<b>TU</b>	<b><u>Tubería de Producción de Pozo</u></b>
<b>TUBI</b>	<u>Tubería de Producción de Pozo</u>
<b>TUCS</b>	<u>Tubería de Revestimiento de Pozo</u>
<b>TV</b>	<b>Vehículos de Transporte y Carga</b>
<b>TVHT</b>	Vehículo De Carga (Pesada)
<b>TVLI</b>	Monta Carga (Auto Elevador)
<b>TVLT</b>	Vehículo De Transporte De Pasajeros
<b>UPUP</b>	<b>Sistema de Alimentación Ininterrumpida</b>
<b>VE</b>	<b>Recipientes De Proceso</b>
<b>VEAC</b>	Acumulador
<b>VEAD</b>	Deshidratador de Aire
<b>VEBS</b>	Separador Bifásico
<b>VECA</b>	Coalescedor
<b>VECH</b>	Torre De Enfriamiento
<b>VEDA</b>	Desaireador
<b>VEDC</b>	Columna De Destilación
<b>VEDE</b>	Devolatizadores
<b>VEDF</b>	Desulfurador
<b>VEDT</b>	Decantador
<b>VEET</b>	Tratador Electrostático
<b>VEFD</b>	Vaporizador
<b>VEFL</b>	Celda de Flotación (WEMCO)
<b>VEFW</b>	Separador Agua Libre FWKO
<b>VEGD</b>	Deshidratador de Gas
<b>VEGW</b>	Lavador de Gases
<b>VEHY</b>	Hidrociclón

<b>VEMS</b>	Separador De Membrana
<b>VEOD</b>	Deshidratador de Crudo
<b>VERE</b>	Reactor
<b>VERF</b>	Reformador
<b>VESA</b>	Saturador
<b>VESB</b>	Recipiente Scrubber
<b>VESC</b>	Sistema De Purga
<b>VESK</b>	Desnatador / Skimmer
<b>VETS</b>	Separador Trifásico
<b>VETW</b>	Torres de proceso
<b>VL</b>	<b>Válvulas</b>
<b>VLBA</b>	Válvula Esférica
<b>VLBP</b>	Válvula De Mariposa
<b>VLCH</b>	Válvula De Retención (Check Valve)
<b>VLDI</b>	<b>Valvula de diluvio</b>
<b>VLCV</b>	Válvula de Control
<b>VLDI</b>	Válvula De Diafragma
<b>VLSP</b>	Valvula de doble sello y purga
<b>VLDL</b>	Válvula de Diluvio
<b>VLDV</b>	Válvula Direccional (Control)
<b>VLFL</b>	Válvula De Charnela (Clapeta)
<b>VLGA</b>	Válvula Esclusa o Compuerta
<b>VLGL</b>	Válvula De Globo
<b>VLMO</b>	Válvula De Multi Vías
<b>VLNE</b>	Válvula De Aguja
<b>VLPG</b>	Válvula De Tapón
<b>VLPV</b>	Válvula De Presión y Vacío
<b>VLSB</b>	Válvula de Seguridad y/o Alivio
<b>VLWA</b>	Válvula De 3 Vías
<b>WBWB</b>	<b>Equipos de Operación con Cable, Preventora y Sistemas de Control</b>

Figura 21. Ejemplo de Clasificación según Norma Equipo Motor Diesel



Beneficios:

- Fácil análisis del # poblacional de equipos específicos.
- Análisis de los modos de falla por categoría, clase y tipo de equipo.
- Identificación de malos actores por categoría, clase y tipo de equipo.
- Campos de Nameplate por categoría, clase y tipo de equipo.

### 5.3 Planteamiento de los catálogos de falla en los equipos del último nivel de la Norma ISO 14224:2006.

El mantenimiento correctivo se ha caracterizado por ser una fuente de oportunidad de mejora, una ventana de tiempo de la cual podemos extraer valiosa información que nos permita realizar análisis de confiabilidad; las fallas son el insumo de la labor de un Dpto. de Confiabilidad.

Como ya lo habíamos visto en el capítulo xx, cada catálogo de falla está definido por la norma las cuales son las que usaremos para nuestro caso Estudio la Planta Arguaney:

Tabla 8. Mecanismos de Falla

Failure mechanism		Subdivision of the failure mechanism		Description of the failure mechanism
Code number	Notation	Code number	Notation	
1	Mechanical failure	1.0	General	A failure related to some mechanical defect but where no further details are known
		1.1	Leakage	External and internal leakage, either liquids or gases: If the failure mode at equipment unit level is coded as "leakage", a more causally oriented failure mechanism should be used wherever possible.
		1.2	Vibration	Abnormal vibration: If the failure mode at equipment level is vibration, which is a more causally oriented failure mechanism, the failure cause (root cause) should be recorded wherever possible.
		1.3	Clearance/alignment	Failure caused by faulty clearance or alignment
		1.4	Deformation	Distortion, bending, buckling, denting, yielding, shrinking, blistering, creeping, etc.
		1.5	Looseness	Disconnection, loose items
		1.6	Sticking	Sticking, seizure, jamming due to reasons other than deformation or clearance/alignment failures
2	Material failure	2.0	General	A failure related to a material defect but no further details known
		2.1	Cavitation	Relevant for equipment such as pumps and valves
		2.2	Corrosion	All types of corrosion, both wet (electrochemical) and dry (chemical)
		2.3	Erosion	Erosive wear
		2.4	Wear	Abrasive and adhesive wear, e.g. scoring, galling, scuffing, fretting
		2.5	Breakage	Fracture, breach, crack
		2.6	Fatigue	If the cause of breakage can be traced to fatigue, this code should be used.
		2.7	Overheating	Material damage due to overheating/burning
		2.8	Burst	Item burst, blown, exploded, imploded, etc.
3	Instrument failure	3.0	General	Failure related to instrumentation but no details known
		3.1	Control failure	No, or faulty, regulation
		3.2	No signal/indication/	No signal/indication/alarm when expected
		3.3	Faulty signal/indication/	Signal/indication/alarm is wrong in relation to actual process. Can be spurious, intermittent, oscillating, arbitrary
		3.4	Out of	Calibration error, parameter drift

		3.5	Software failure	Faulty, or no, control/monitoring/operation due to software failure
		3.6	Common cause/ mode	Several instrument items failed simultaneously, e.g. redundant fire and gas detectors; also failures related to a common cause.

Tabla 9. Causas de Falla

Code number	Notation	Subdivision code number	Subdivision of the failure cause	Description of the failure cause
1	Design-related causes	1.0	General	Inadequate equipment design or configuration (shape, size, technology, configuration, operability, maintainability, etc.), but no further details known
		1.1	Improper	Inadequate dimensioning/capacity
		1.2	Improper	Improper material selection
2	Fabrication/ installation-related causes	2.0	General	Failure related to fabrication or installation, but no further details known
		2.1	Fabrication	Manufacturing or processing failure
		2.2	Installation error	Installation or assembly failure (assembly after maintenance not included)
3	Failure related to operation/ maintenance	3.0	General	Failure related to operation/use or maintenance of the equipment but no further details known
		3.1	Off-design service	Off-design or unintended service conditions, e.g. compressor operation outside envelope, pressure above specification, etc.
		3.2	Operating error	Mistake, misuse, negligence, oversights, etc. during operation
		3.3	Maintenance error	Mistake, errors, negligence, oversights, etc. during maintenance
		3.4	Expected wear and tear	Failure caused by wear and tear resulting from normal operation of the equipment unit
4	Failure related to management	4.0	General	Failure related to management issues, but no further details known
		4.1	Documentation error	Failure related to procedures, specifications, drawings, reporting, etc.
		4.2	Management	Failure related to planning, organization, quality assurance, etc.
5	Miscellaneous <sup>a</sup>	5.0	Miscellaneous -	Causes that do not fall into one of the categories listed above
		5.1	No cause	Failure investigated but no specific cause found
		5.2	Common	Common cause/mode
		5.3	Combined causes	Several causes are acting simultaneously. If one cause is predominant, this cause should be highlighted.
		5.4	Other	None of the above codes applies. Specify cause as free text.
		5.5	Unknown	No information available related to the failure cause

<sup>a</sup> The data acquirer should judge which is the most important cause if more than one exist, and try to avoid the 5.4 and 5.5 codes.

Tabla 10. Métodos de Detección

Numb	Notation <sup>a</sup>	Description	Activity
1	Periodic maintenance	Failure discovered during preventive service, replacement or overhaul of an item when executing the preventive maintenance programme	Scheduled activities
2	Functional testing	Failure discovered by activating an intended function and comparing the response against a predefined standard. This is one typical method for detecting hidden failures	
3	Inspection	Failure discovered during planned inspection, e.g. visual inspection, non-destructive testing	
4	Periodic condition monitoring <sup>b</sup>	Failures revealed during a planned, scheduled condition monitoring of a predefined failure mode, either manually or automatically, e.g. thermography, vibration measuring, oil analysis, sampling	
5	Continuous condition Monitoring <sup>b</sup>	Failures revealed during a continuous condition monitoring of a predefined failure mode	Continuous monitoring
6	Production interference	Failure discovered by production upset, reduction, etc.	
7	Casual observation	Casual observation during routine or casual operator checks, mainly by senses (noise, smell, smoke, leakage, ...)	Casual occurrences
8	Corrective maintenance	Failure observed during corrective maintenance	
9	On demand	Failure discovered during an on-demand attempt to activate an equipment unit (e.g. safety valve fails to close on ESD-signal, fail to start a gas turbine on demand, etc.)	
10	Other	Other observation method and/or combination of several	Other

<sup>a</sup> Specific notation for fire and gas detectors, process sensors and control logic units: The codes above should be interpreted as follows:

functional test                      periodic functional  
testing casual observation              field  
observation  
periodic CM                      abnormal state discovered by control room personnel (no fault  
annunciation) continuous CM              fault annunciation in control room (audible and/or visible alarm)

<sup>b</sup> Condition monitoring implies use of specific equipment and/or algorithms to monitor the condition of the equipment with respect to predefined failure modes (note that "test" and "inspection" are separate codes). Condition monitoring (CM) can be further divided into either 1) periodic monitoring or 2) continuous monitoring as follows:

1) periodic CM: periodic condition monitoring includes techniques such as thermography, off-line vibration measuring, oil analyses, calibration checks and sampling;

2) continuous CM: continuous instrumental surveillance of process parameters and equipment condition e.g.

Tabla 11. Actividades de Mantenimiento

Code Numb	Activity	Description	Examples	Use <sup>a</sup>
1	Replace	Replacement of the item by a new or refurbished item of the same type and	Replacement of a worn-out bearing	C, P
2	Repair	Manual maintenance action performed to restore an item to its original appearance or state	Repack, weld, plug, reconnect, remake, etc.	C
3	Modify <sup>b</sup>	Replace, renew or change the item, or a part of it, with an item/part of a different type, make, material or design	Install a filter with smaller mesh diameter, replace a lubrication oil pump with another type,	C, P
4	Adjust	Bringing any out-of-tolerance condition into tolerance	Align, set and reset, calibrate, balance	C, P
5	Refit	Minor repair/servicing activity to bring back an item to an acceptable appearance, internal and external	Polish, clean, grind, paint, coat, lube, oil change, etc.	C, P
6	Check <sup>c</sup>	The cause of the failure is investigated, but no maintenance action performed, or action is deferred. Able to regain function by simple actions, e.g. restart or resetting.	Restart, resetting, no maintenance action, etc. Particularly relevant for functional failures, e.g. fire and gas detectors, subsea equipment	C
7	Service	Periodic service tasks: Normally no dismantling of the item	e.g. cleaning, replenishment of consumables, adjustments and calibrations	P
8	Test	Periodic test of function or performance	Function test of gas detector, accuracy test of flow meter	P
9	Inspection	Periodic inspection/check: a careful scrutiny of an item carried out with or without dismantling, normally by use of	All types of general check. Includes minor servicing as part of the inspection task	P
10	Overhaul	Major overhaul	Comprehensive inspection/overhaul with extensive disassembly and replacement of items as specified or	C, P
11	Combination	Several of the above activities are included	If one activity dominates, this may alternatively be recorded	C, P
12	Other	Maintenance activity other than specified above	may dominates	C, P

<sup>a</sup> C: used typically in corrective maintenance; P: used typically in preventive maintenance.

<sup>b</sup> Modification is not defined as a maintenance category, but is often performed by persons trained in the maintenance disciplines. Modification to a major extent can have influence on the operation and reliability of an equipment unit.

<sup>c</sup> "Check" includes the circumstances both where a failure cause was revealed but maintenance action was considered either not necessary or not possible to carry out and where no failure cause could be found.

## 6. CONCLUSIONES

- La información recibida por el Departamento de Operaciones y Mantenimiento Casanare referente a los datos técnicos de los activos de la planta Araguaney, cumplen en gran parte lo indicado en la NORMA ISO14224:2006.
- Con esta estructura de clasificación y organización de la información, facilitará costear Horas hombre, materiales y servicios de manera eficaz en todos los activos llámese equipos hijos, equipos padres, unidad productiva, subsistema, sistema, lo cual genera un control a nivel finanzas de la compañía dando cumplimiento a la Ley SOX que rige a las empresas vinculadas en la bolsa de Valores de NY.
- Con esta estructura de clasificación y organización de la información, también facilitará calcular los Indicadores de Mantenimiento actualmente manejados en Ecopetrol – VIT como lo son: Confiabilidad, Disponibilidad Operacional y Técnica, MTTR, MTBF, %Proactivo, Backlog, Índice de Atención de Avisos, % Cumplimiento del Programa de PM, Pareto de Análisis por Modos de Falla.
- Con una buena documentación y gestión de la información se pueden analizar los indicadores anteriormente mencionados y tomar decisiones para aplicar las diferentes técnicas de confiabilidad como lo son: HAZOP, CBM, Análisis de costos, RCA, etc.
- Se define un modelo basado en la Norma ISO14224:2006, para que la Planta Araguaney pueda Implementarlo en su activos, ya que este Proyecto va enfocado en mostrar la mejor forma de aplicar los parámetros de la Norma.
- Con esta nueva estructura se puede tener trazabilidad de las fallas más comunes y generar planes de Inventario para aquellos equipos que presentan

mayores fallas, manejando un stock de mínimos y máximos; lo que finalmente apunta a disminuir costos en compra de materiales de equipos no críticos.

- Facilidad de crear Órdenes de Trabajo a equipos específicos para ingresar datos de Horas hombre, recursos, materiales, y servicios estimados.
- El modelo implementado en el sistema (CMMIS) facilitará la generación de reportes en tiempo real, de costos, de mantenimiento y de operación, permitiendo tomar decisiones rápidas y que ayuden a reducir gastos innecesarios y optimizar el mantenimiento.
- Eliminación de las interfaces Ellipse SAP, proporcionando mayor confiabilidad en los datos.
- Aplicación de mejores prácticas y estándares para la gestión de activos, creando un modelo integrado, único y consistente para el segmento de transporte.
- Competitividad en la empresa y en el recurso formado además que todas las filiales de Transporte gestionarían sus activos en SAP, facilitando la estandarización de los procesos.

## 7. RECOMENDACIONES

- Para iniciar el proceso de Implementación es indispensable involucrar personal de la Planta Araguaney, personal de Ingeniería, personal de Integridad, personal de confiabilidad y Consultores de SAP, con esto se logra cubrir las necesidades de los involucrados en el proceso.
- El levantamiento de la información de datos de los activos debe ser completo y realizado por personas competentes y con experiencia.
- Realizar las visitas a campo necesarias que garanticen la validación de la información levantada.
- Una vez finalizado la implementación, se debe divulgar al personal encargado sobre las definiciones y resultados obtenidos.
- Capacitar a todo el personal Técnico y Operacional del nuevo sistema de información implementado, para que facilite la ejecución de las actividades y no se dramático el cambio.

## BIBLIOGRAFIA

- ACIEM, "Diplomado en gestión y control de mantenimiento", 11a promoción modalidad virtual, 5 de noviembre al 2 de Diciembre de 2011.
- ALBARRACIN AGUILLON, Pedro Ramón, Mantenimiento Predictivo, 2012.
- BORRAS PINILLA, Carlos, Mantenimiento Preventivo, 2013.
- BORRAS PINILLA, Carlos, Principios de Mantenimiento, 2013.
- ECOPETROL S.A. Presentación Proyecto Implementación Modulo PM SAP Oleoducto Bicentenario 2013.
- FUENTES DIAZ, David, Sistemas de Información en Mantenimiento, 2013.
- GARCIA CASTRO, Alfonso, Análisis de Vibraciones en Maquinas diagnóstico de fallas y mantenimiento Predictivo, 2012.
- GIRALDO, Sebastián, Mantenimiento Productivo Total, 2014.
- GONZALEZ JAIMES, Isnardo, Seminario 1: Profundización Bibliográfica, 2013.
- GONZALEZ JAIMES, Isnardo, Seminario 2: Monografía de Especialización, 2014.
- ISO 14224:2006, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment, 2006.
- JARAMILLO, Julián, Mantenimiento Predictivo, 2012.
- QUIROGA MENDEZ, Jabid, Gerencia de Sistemas Integrados Aplicados al Mantenimiento: Modulo Gestión Documental, 2013.
- TAMAYO DOMINGUEZ, Carlos Mario, Gerencia Estratégica y Operacional del Mantenimiento, 2013.
- TROFFE, Mario, Análisis ISO14224 / OREDA Relación con RCM – FMEA, 2006.
- VECINO ARENAS, Carlos Enrique, Fundamentos de Ingeniería Económica, 2010.
- VELANDIA JAGUA, Holger Alberto, Gerencia y Habilidades de Dirección en Mantenimiento, 2013.

- VERA GARCIA, Cesar Edmundo, Gerencia de Sistemas Integrados Aplicados al Mantenimiento: Modulo Salud Ocupacional, 2013.