



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EVALUAR  
LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO DE UN CENTRO DE  
PROCESO DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRA EN INGENIERÍA**

INGENIERÍA DE SISTEMAS – PLANEACIÓN

P R E S E N T A:

**MARTHA HELENA SÁNCHEZ VERA**

TUTOR:

**DR. JAVIER SUÁREZ ROCHA**



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F., 2012

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. José Jesús Acosta Flores  
Secretario: Dr. Gabriel de las Nieves Sánchez Guerrero  
Vocal: Dr. Javier Suárez Rocha  
1er. Suplente: M.I. Francisca Irene Soler Anguiano  
2do. Suplente: M.I. Mariano A. García Martínez

Lugar donde se realizó la tesis:

Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad Universitaria  
México, D.F.

**TUTOR DE TESIS:**

Dr. Javier Suárez Rocha

---

**FIRMA**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios y la Santísima Virgen por darme la oportunidad de vivir con salud y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres por darme la vida y ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo, quererme mucho y creer en mí.

A mi esposo por apoyarme y motivarme en todo momento. Por su paciencia, consejos, comprensión y confianza depositada en mí.

Al Dr. Javier Suárez Rocha por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación profesional.

A mis sinodales y profesores del Posgrado de Ingeniería, por sus aportes a mi formación y esta tesis.

A los participantes en esta tesis, por sus aportaciones y compromiso mostrado durante el desarrollo de este trabajo.

Al CONACYT por el apoyo económico que me proporcionó para que pudiera realizar estos estudios.

A mis amigos Rafa, Gris, Nadia y Lily por su amistad sincera e incondicional, por acompañarme durante todo este tiempo, animarme y apoyarme para ver realizada esta meta.

## CONTENIDO

Resumen .....	8
Abstract.....	8
Introducción .....	9
<b>1. Problema de investigación .....</b>	<b>10</b>
1.1 Formulación de la problemática.....	10
1.1.1 Ubicación y contexto.....	10
1.1.2 Antecedentes de la problemática .....	15
1.2 Delimitación del problema .....	22
1.3 Problema concreto por resolver .....	22
1.4 Supuestos.....	23
1.5 Justificación de la solución planteada .....	23
1.6 Objetivo general y objetivos específicos .....	25
<b>2. Marco teórico de referencia para el desarrollo del sistema de monitoreo y control. ....</b>	<b>26</b>
2.1 Metodología de Sistemas Suaves.....	26
2.1.1 Descripción de la metodología.....	26
2.1.2 Etapas de la metodología de sistemas suaves .....	31
2.1.3 Críticas a la metodología de sistemas suaves .....	44
2.2 Indicadores de desempeño .....	46
<b>3. Desarrollo de un sistema de monitoreo y control para evaluar la ejecución del mantenimiento de un centro de proceso de PEP. ....</b>	<b>50</b>
3.1 Etapa preparatoria para la intervención .....	51
3.2 Construcción del sistema .....	54
3.3 Diagnóstico.....	59
3.4 Elaboración de modelos de actividad con propósito relevantes .....	63
3.5 Cambios deseables y factibles.....	69
3.6 Desarrollo del sistema de monitoreo y control .....	76
Conclusiones .....	85
Recomendaciones .....	86

Bibliografía .....	87
Básica .....	87
Complementaria .....	88
Anexos.....	90
Anexo 1. Sistema de Confiabilidad Operacional de PEP .....	90
Anexo 2. Sistema de monitoreo y control en Excel .....	95
Anexo 3. Descripción de indicadores del Sistema de monitoreo y control .....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura Orgánica de Petróleos Mexicanos .....	10
Figura 2. Estructura Orgánica de Pemex Exploración y Producción .....	12
Figura 3. Localización de la Región Marina de PEP .....	13
Figura 4. Localización del activo Integral Ku-Maloob-Zaap .....	14
Figura 5. Conformación del Activo Integral Ku-Maloob-Zaap.....	14
Figura 6. Organigrama común de un centro de proceso .....	15
Figura 7. Elementos de evaluación de PEP .....	16
Figura 8. Mapa estratégico de PEP .....	17
Figura 9. Mapa estratégico de la RMN .....	18
Figura 10. Mapa estratégico del AIKM .....	18
Figura 11. Tableros de control de PEP .....	19
Figura 12. Tablero de Confiabilidad Operacional .....	20
Figura 13. Forma general de un modelo de actividad con propósito .....	27
Figura 14. Proceso básico de la MSS .....	28
Figura 15. Representación del ciclo de aprendizaje de la MSS .....	31
Figura 16. Análisis 1 de la MSS .....	33
Figura 17. Análisis 2 de la MSS .....	34
Figura 18. Análisis 3 de la MSS .....	35
Figura 19. Directrices que ayudan a construir modelos de actividades con propósito.....	38
Figura 20. Proceso lógico para construir modelos de actividad de la MSS .....	40
Figura 21. Proceso formal para usar modelos para cuestionar la situación del mundo real .....	41
Figura 22. El rol de los modelos en la MSS .....	42
Figura 23. Postura de la MSS al introducir cambios en situaciones humanas .....	44
Figura 24. Proceso de transformación e indicadores .....	48
Figura 25. Estrategia a utilizar para desarrollar el sistema de monitoreo y control .....	50
Figura 26. Organigrama común de un centro de proceso .....	55
Figura 27. Organigrama de la coordinación de MEDySA .....	57
Figura 28. Diagrama de caja negra de la coordinación de MEDySA.....	58
Figura 29. Modelo de actividad con propósito para la coordinación de mantenimiento .....	67
Figura 30. Modelo de actividad con propósito para el sistema de monitoreo y control .....	68
Figura 31. Fuente de datos para el SMC.....	77
Figura 32. Reporte mensual generado por el SMC.....	78
Figura 33. Reporte acumulado generado por el SMC.....	79
Figura 34. Check list para la ejecución del mantenimiento .....	81
Figura 35. Reporte de desempeño .....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos-ideales de problemas .....	24
Tabla 2. Criterios Prácticos para la Construcción de Indicadores .....	49
Tabla 3. Roles y aspectos útiles para la intervención (Análisis 1) .....	53
Tabla 4. Análisis 2 (social o cultural).....	60
Tabla 5. Análisis 3 (político).....	61
Tabla 6. Directrices para elaborar modelos de actividad con propósito relevantes (1).....	64
Tabla 7. Directrices para elaborar modelos de actividad con propósito relevantes (2).....	65
Tabla 8. Matriz de discusión para las actividades del modelo de la coordinación de mantenimiento .....	70
Tabla 9. Evaluación de criterios para la selección de indicadores .....	71
Tabla 10. Indicadores de eficacia propuestos .....	72
Tabla 11. Indicadores de eficiencia propuestos .....	73
Tabla 12. Indicadores de efectividad propuestos .....	73
Tabla 13. Matriz de discusión para las actividades del modelo del sistema de monitoreo y control para evaluar la ejecución del mantenimiento .....	75
Tabla 14. Directrices del SMC desarrollado .....	83

## **Resumen**

Las empresas en general, pequeñas, medianas o grandes, requieren tener un control adecuado de sus actividades y contar con información oportuna para la toma de decisiones. Esto es posible mediante un sistema de monitoreo y control que permita evaluar constantemente su desempeño con base en indicadores de cumplimiento de eficacia, eficiencia y efectividad.

En el área de mantenimiento de los centros de proceso de Pemex Exploración y Producción (PEP) se cuenta con mecanismos de medición del desempeño operativo de los equipos, pero es necesario un sistema de monitoreo y control para evaluar de manera integral la ejecución del mantenimiento. En esta tesis se aplicó la Metodología de Sistemas Suaves para desarrollarlo.

Palabras Clave: Metodología de Sistemas Suaves; Sistema de monitoreo y control; toma de decisiones; evaluación del desempeño; indicadores de eficacia, eficiencia y efectividad; Pemex Exploración y Producción (PEP).

## **Abstract**

Companies in general, small, medium or large, need to have appropriate control of their business and to have timely information for decision making. This is possible through a monitoring and control system to constantly evaluate the company based on performance indicators of efficacy, efficiency and effectiveness.

The maintenance area of the processing centers of Pemex Exploración y Producción (PEP) has mechanisms for measuring the operating performance of equipment, but requires a monitoring and control system to comprehensively evaluate the performance of maintenance itself. In this work it is applied the Soft Systems Methodology to develop it.

Keywords: Soft Systems Methodology; Monitoring and control system; decision making; performance evaluation; indicators of efficacy, efficiency and effectiveness; Pemex Exploración y Producción (PEP).



## Introducción

Toda empresa es creada con la finalidad de lograr determinados propósitos, con una misión que es su razón de ser y se manifiesta en sus actividades diarias. Sin embargo, si quiere permanecer en el mercado y ser competitiva es importante definir hacia dónde se quiere llegar, para esto es necesario establecer objetivos que permitan lograrlo.

La mayoría de las empresas lo establecen en sus programas y proyectos a ejecutar, sin embargo el problema se presenta cuando se desea medir su grado de cumplimiento. Es vital conocer los resultados que se están logrando y compararlos con los que se espera alcanzar. Muchas veces esto se realiza de manera cualitativa, sin embargo no proporciona la objetividad necesaria para la evaluación y toma de decisiones. Cuando se expresan cuantitativamente los resultados esperados, es posible conocer y evaluar el desempeño.

Cuando se trata de una empresa muy grande, puede suceder que los mecanismos de medición del desempeño no permeen en todos los niveles de la organización. Como sucede en el área de mantenimiento de los centros de proceso de Pemex Exploración y Producción (PEP), donde se mide el desempeño operativo de los equipos pero no se evalúa de manera integral la ejecución del mantenimiento. Esta problemática es descrita en el primer capítulo del presente trabajo, donde se formula y delimita el problema de investigación.

Como resultado de esto, el objetivo que se planteó en este trabajo fue desarrollar un sistema de monitoreo y control para evaluar la ejecución del mantenimiento de un centro de proceso de PEP.

Para lograr este objetivo se utilizó la Metodología de Sistemas Suaves y los Indicadores de desempeño como elementos teórico-metodológicos, los cuales son descritos en el segundo capítulo.

En el tercer capítulo se desarrolla el sistema de monitoreo y control planteado en el objetivo del caso de aplicación, para lo cual se realiza una etapa preparatoria para la intervención, se construye el sistema y se elabora el diagnóstico del área. Posteriormente se elaboran modelos de actividad con propósito relevantes de acuerdo a la Metodología de Sistemas Suaves, y se determinan los cambios deseables y factibles que permiten el desarrollo del sistema de monitoreo y control.

Con esto se alcanza el objetivo del caso de aplicación. La solución o propuestas de solución a las desviaciones detectadas en el desempeño mediante el sistema de monitoreo y control no están en el alcance del presente trabajo.

## 1. Problema de investigación

### 1.1 Formulación de la problemática

#### 1.1.1 Ubicación y contexto

Petróleos Mexicanos (PEMEX) es un organismo descentralizado que opera en forma integrada, con la finalidad de llevar a cabo la exploración y explotación del petróleo y demás actividades estratégicas que constituyen la industria petrolera nacional, maximizando para el país el valor económico de largo plazo de los hidrocarburos, satisfaciendo con calidad las necesidades de sus clientes nacionales e internacionales, en armonía con la comunidad y el medio ambiente (Pemex en línea).

PEMEX opera por conducto de un corporativo, cuatro organismos subsidiarios y dos áreas de apoyo (Pemex Mercado Internacional-PMI e Instituto Mexicano del Petróleo-IMP), mostrados en la Figura 1.

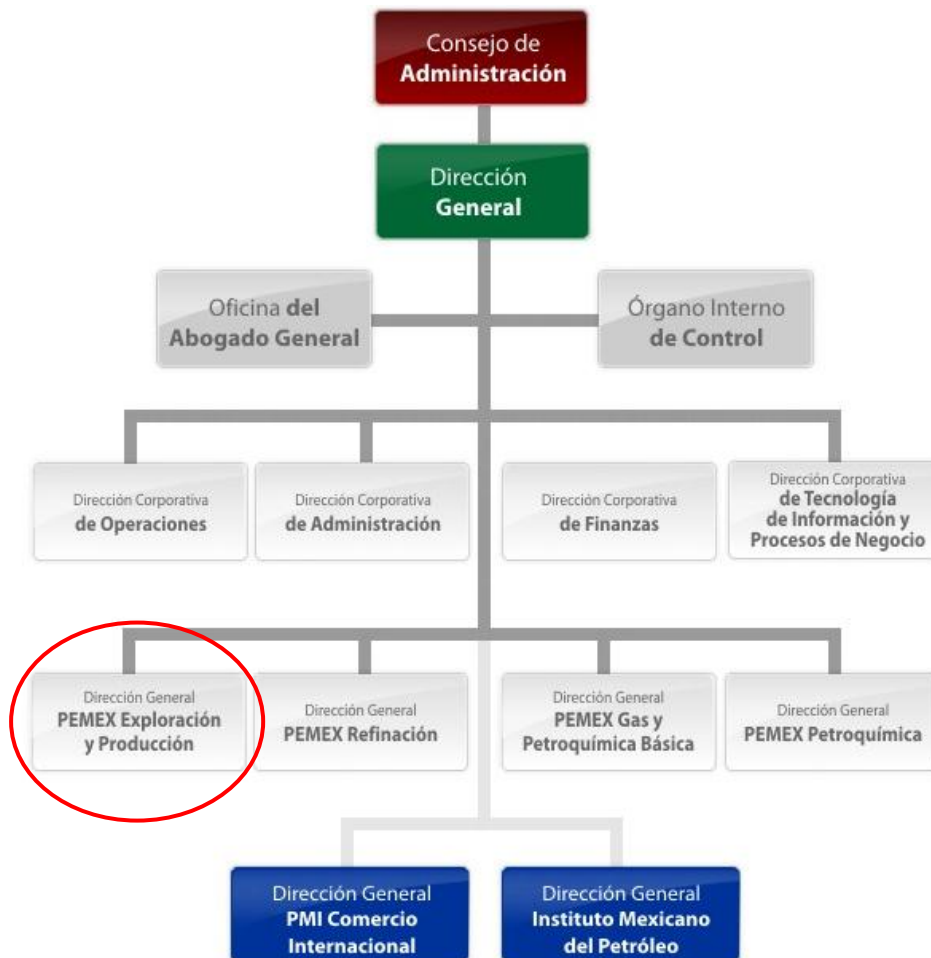


Figura 1. Estructura Orgánica de Petróleos Mexicanos

Fuente: Página web de Petróleos Mexicanos

Petróleos Mexicanos es responsable de la conducción central y de la dirección estratégica de la industria petrolera estatal, y de asegurar su integridad y unidad de acción.

- **Pemex Exploración y Producción (PEP)** tiene a su cargo la exploración y explotación del petróleo y el gas natural.
- *Pemex Refinación* produce, distribuye y comercializa combustibles y demás productos petrolíferos.
- *Pemex Gas y Petroquímica Básica* procesa el gas natural y los líquidos del gas natural; distribuye y comercializa gas natural y gas LP; y produce y comercializa productos petroquímicos básicos.
- *Pemex Petroquímica* a través de sus centros de trabajo Camargo, La Cangrejera, Cosoleacaque, Escolín, Morelos, Pajaritos y Tula elabora, distribuye y comercializa una amplia gama de productos petroquímicos secundarios.
- *PMI Comercio Internacional* es el brazo comercial de PEMEX en el mercado internacional. Con operaciones en todo el mundo, PMI maneja las importaciones y exportaciones de crudo y derivados de PEMEX, abasteciendo diversos mercados alrededor del mundo.
- El *Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)* es el centro de investigación de México dedicado al área petrolera, cuyos objetivos principales son la investigación y desarrollo tecnológico, la ingeniería y servicios técnicos y la capacitación, así como el otorgamiento de grados académicos, la comercialización de los resultados de la investigación y desarrollo tecnológico y la suscripción de alianzas estratégicas y tecnológicas.

Por su parte, Pemex Exploración y Producción, organismo subsidiario de nuestro interés, tiene la estructura orgánica mostrada en la Figura 2.

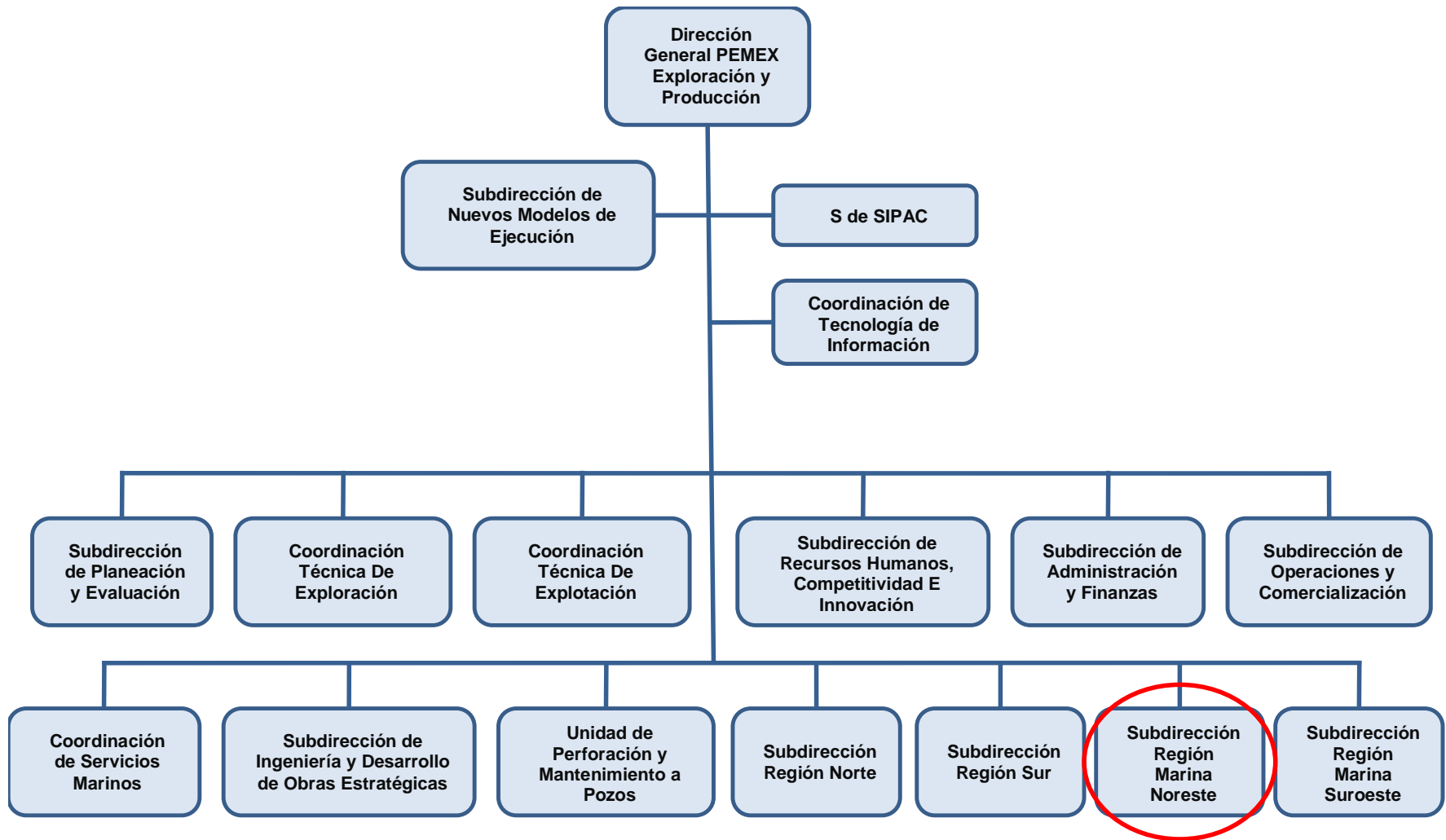


Figura 2. Estructura Orgánica de Pemex Exploración y Producción

Fuente: Página web de PEP

Dentro de PEP se encuentra la **Región Marina Noreste (RMNE)** con una extensión de 166 mil kilómetros cuadrados de aguas territoriales (Figura 3), se sitúa en la plataforma y talud continentales del Golfo de México; está constituida por los activos integrales Cantarell y Ku-Maloob-Zaap.



**Figura 3. Localización de la Región Marina de PEP**  
**Fuente: Anuario estadístico 2010**

Esta región inició el 2006 con el desafío que representa la explotación de campos maduros al tener que enfrentar las dificultades derivadas de la declinación natural del yacimiento más importante de México y uno de los más grandes del mundo, Cantarell.

El activo Integral Ku-Maloob-Zaap (AIKMZ) se encuentra situado aproximadamente a 105 kilómetros al noreste de Ciudad del Carmen, Campeche, en aguas territoriales del Golfo de México (Figura 4). Tanto el activo integral Cantarell como Ku-Maloob-Zaap están conformados por **centros de proceso** (Figura 5), plataformas marinas donde se lleva a cabo la separación del crudo y gas, la compresión del gas y su envío a plantas endulzadoras, así como el bombeo del crudo a los centros de distribución y/o venta internacional.



Figura 4. Localización del activo Integral Ku-Maloob-Zaap  
Fuente: Reporte Anual PEP 2005

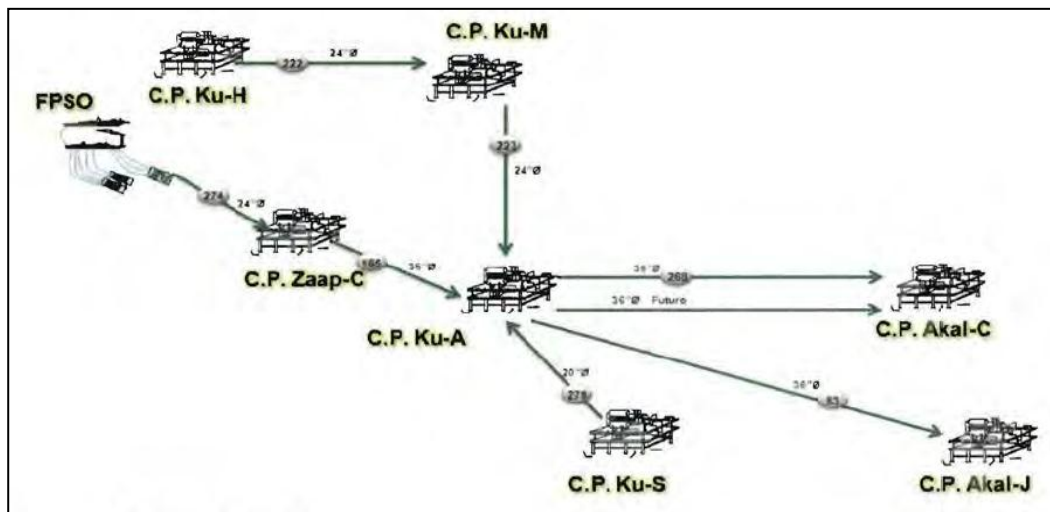
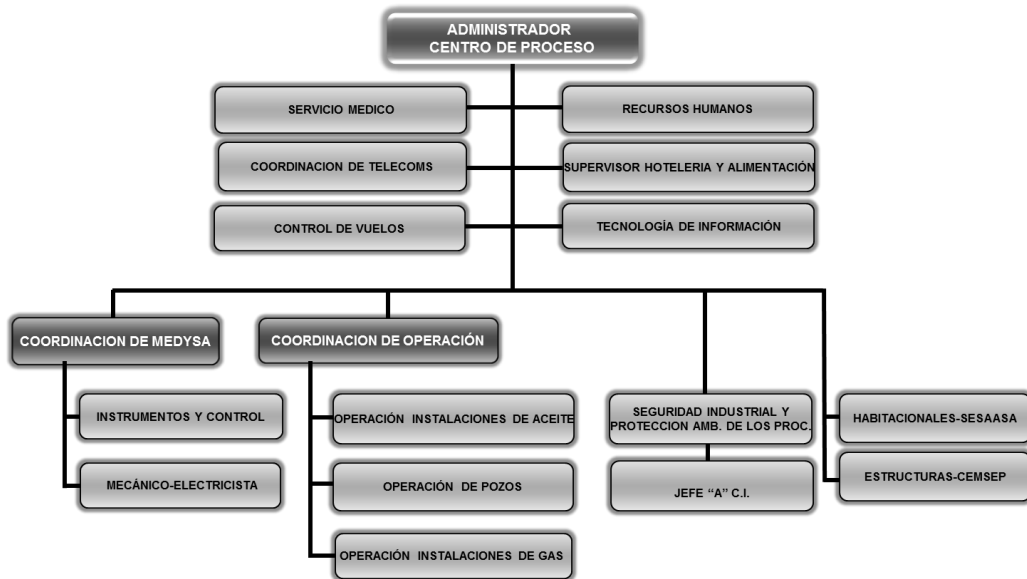


Figura 5. Conformación del Activo Integral Ku-Maloob-Zaap  
Fuente: Plan maestro para el aprovechamiento del gas 2010-2014. RMNE. P. 16

En todos los centros de proceso existe un área encargada del **Mantenimiento a equipo dinámico y servicios auxiliares (MEDySA)**, cuya misión es conducir la gestión de mantenimiento en el centro de proceso, optimizando de manera continua la rentabilidad del equipo, administrando los riesgos y respetando el medio ambiente (Servidor de PEP).

La Figura 6 muestra el organigrama común de un centro de proceso, donde se puede observar la Coordinación de MEDySA. Es en esta área del centro de proceso donde se desarrolla la problemática abordada por este caso de aplicación.



**Figura 6. Organigrama común de un centro de proceso**  
Fuente: Elaboración propia

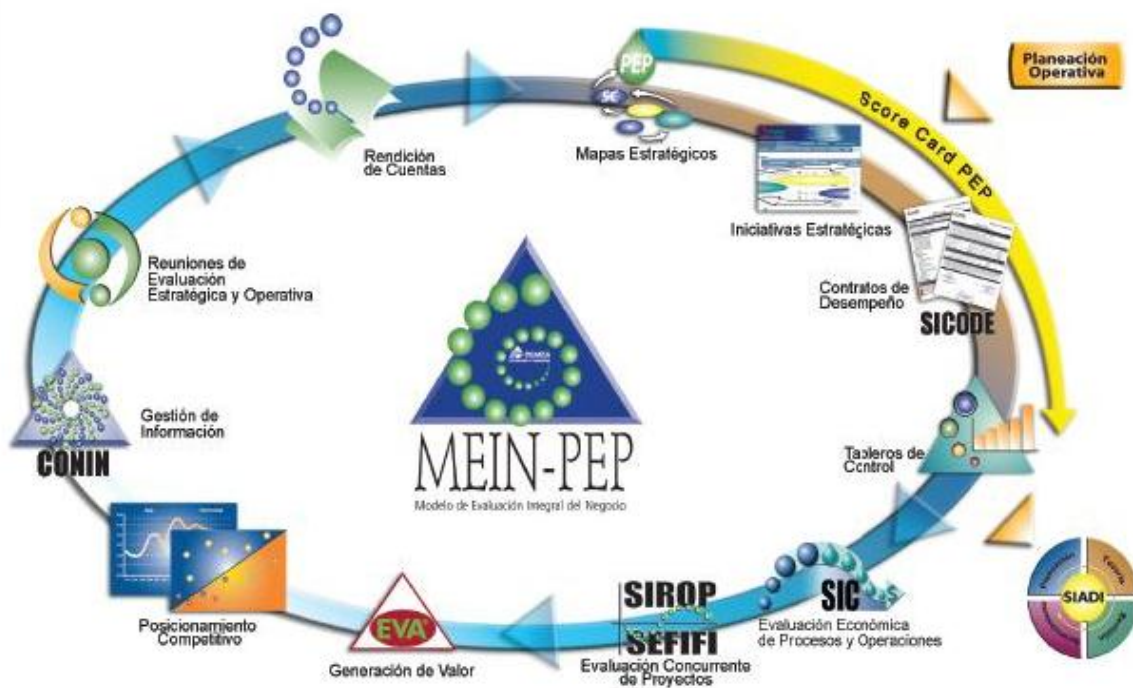
### 1.1.2 Antecedentes de la problemática

Para alcanzar los objetivos del Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos, los organismos subsidiarios, conforme a sus propios planes dirigen su estrategia hacia la consecución de sus objetivos específicos.

En el área de exploración y producción, Petróleos Mexicanos aspira a ser la mejor inversión de los mexicanos, alcanzar los más altos estándares de eficiencia y ética profesional y ser reconocida como una empresa líder en esta materia en el ámbito internacional.

Es claro que cada organismo subsidiario maneja sus propias iniciativas, estrategias y herramientas para contribuir a la gestión y evaluación del negocio propio y así alcanzar los objetivos del Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos. Sin embargo, es necesario analizar si estas herramientas de gestión, monitoreo y control para la evaluación del desempeño estratégico y operativo llegan a todos los niveles de la organización. Dado que el caso de aplicación se desarrolla dentro de PEP analizaremos con mayor detalle a esta unidad organizacional.

Concebido en el año 2003 como un mecanismo para introducir en PEP las mejores prácticas mundiales en planeación y dirección del negocio, el Modelo de Evaluación Integral del Negocio (MEIN) se convirtió en el eje de apoyo para alcanzar la aspiración del Organismo de convertirse en una empresa líder en exploración y explotación de hidrocarburos en el ámbito petrolero internacional. Se integran en el MEIN los resultados estratégicos y operativos, focalizando los compromisos y responsabilidades de cada unidad y línea de negocio. Su funcionamiento está constituido por diversas iniciativas, entre las que se encuentra el Score Card (PEP, 2005).



**Figura 7. Elementos de evaluación de PEP**  
**Fuente: Reporte Anual PEP 2005**

Elemento fundamental en el modelo, el Score Card fue conformado a partir de la construcción de los Mapas Estratégicos de los activos y regiones, las Iniciativas Estratégicas, los Contratos de Desempeño y Adendas, así como los Tableros de Control, que son la herramienta integradora para visualizar el desempeño estratégico y operativo. Se tiene el resultado de ambas iniciativas en una misma plataforma, la cual permite visualizar el desempeño de la operación y el avance de la estrategia del negocio.

Los mapas estratégicos describen la manera en que la estrategia vincula los procesos de creación de valor, de acuerdo con cuatro perspectivas básicas del negocio: Financiera, Clientes, Procesos, y Aprendizaje e Innovación; también traducen el Plan Estratégico del Organismo en objetivos estratégicos, mismos que representan los principales retos y las relaciones causa-efecto. Las Figuras 8, 9 y 10 muestran los mapas estratégicos de PEP, RMNE y AIKMZ, respectivamente.

Si bien existe consistencia entre los mapas estratégicos de los niveles organizativos presentados, como se puede observar en los elementos resaltados con marco rojo, no existe un desarrollo hacia los siguientes niveles en la estructura, es decir, hacia los niveles operativos. Por esta razón, *la aplicación de mapas estratégicos y Score Card en los centros de proceso no se lleva a cabo.*



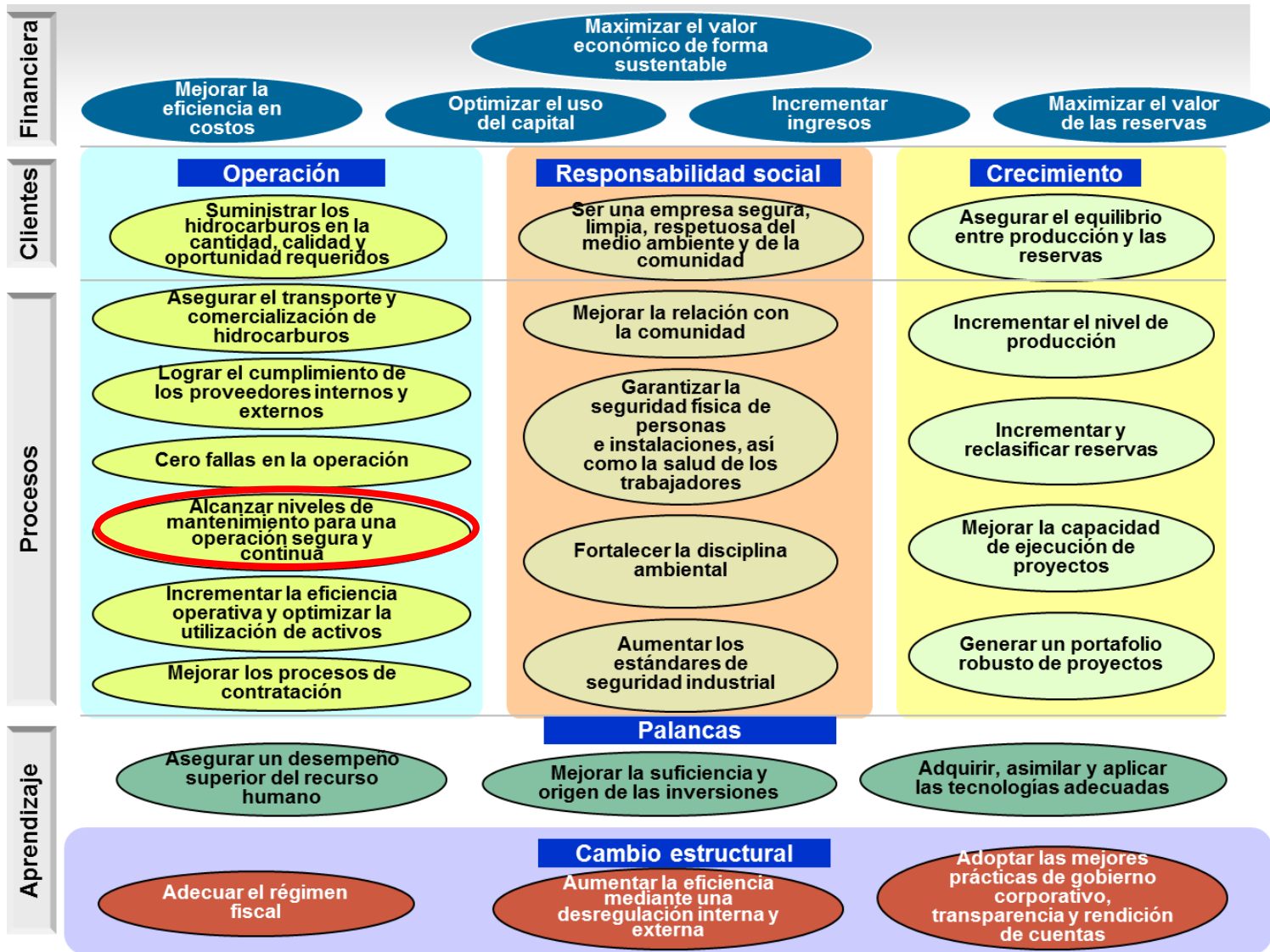


Figura 8. Mapa estratégico de PEP  
Fuente: Servidor de PEP

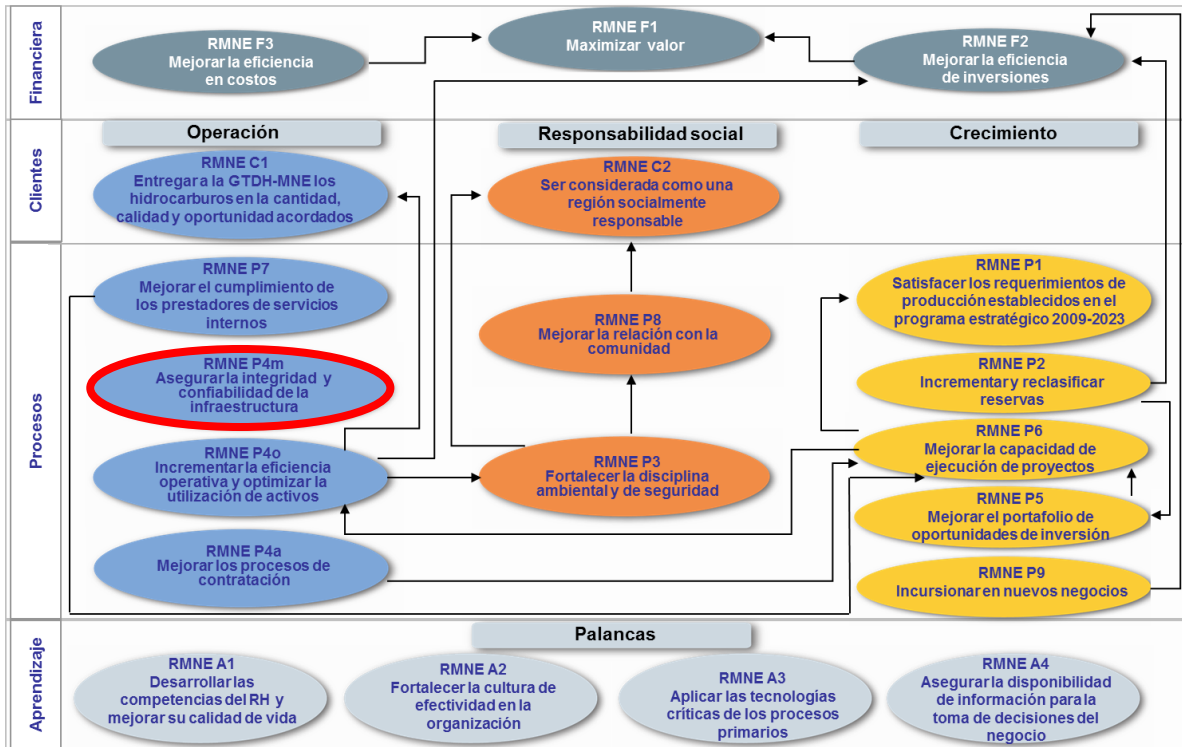


Figura 9. Mapa estratégico de la RMNE  
Fuente: Servidor de PEP

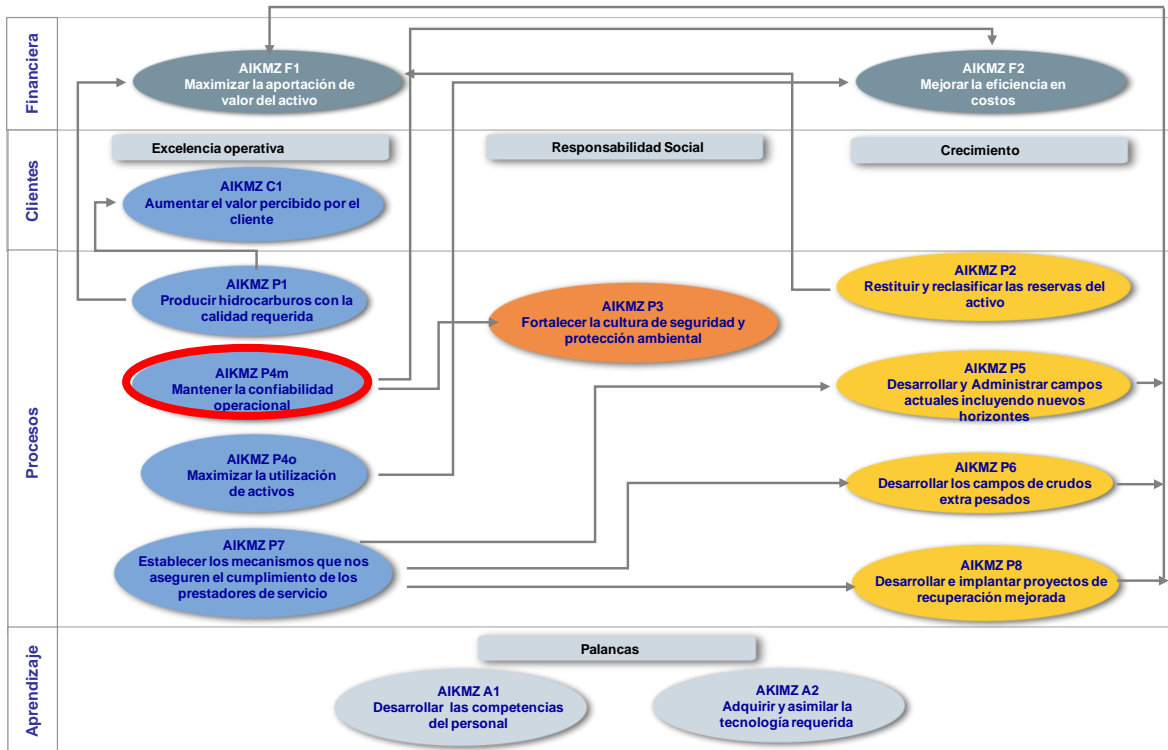


Figura 10. Mapa estratégico del AIKM  
Fuente: Servidor de PEP

Con base en el reporte anual de PEP 2005, en su proceso de evolución, los Tableros de Control (Figura 11) se convirtieron en una referencia necesaria de visualización de los avances, tanto en el sentido estratégico como operativo, ya que poseen los elementos necesarios para analizar los resultados de cada unidad de negocio o prestador de servicios, a través de diversas formas de revisión en los detalles que el indicador requiera, permitiendo al usuario navegar y encontrar las causas y explicaciones de los resultados, así como los planes que hagan posible alcanzar los objetivos del programa; por el lado de la estrategia del negocio, proporcionan una visualización de los avances en los indicadores de carácter estratégico, de las iniciativas y proyectos involucrados en la mejora de los objetivos.



Figura 11. Tableros de control de PEP  
Fuente: Servidor de PEP

Estos *tableros de control*, desarrollados en el nivel estratégico poseen muchos indicadores que en el nivel operativo resultan *excesivos o inadecuados, e incluso existen áreas (como mantenimiento) donde no han sido desarrollados* en los centros de proceso. Por ejemplo, el área de evaluación de MEDySA desarrolló sus propios indicadores.

Recientemente, el Ejecutivo Federal estableció el Programa de Mejora de la Gestión (PMG), una estrategia enmarcada en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 enfocada a realizar mejoras que orienten de manera sistemática la gestión pública en beneficio de la sociedad. Por esta razón, Pemex modificó el Catálogo Institucional de Procesos del Sistema de Gestión por Procesos (SGP), con el objetivo de propiciar una mayor coordinación y cohesión operativa, tanto en el ámbito productivo como en las actividades de soporte. Se realizó el diagnóstico de identificación de proyectos de mejora, y uno de los proyectos que se integraron al PMG fue el de Pemex-Confiable para el área de Mantenimiento. Este proyecto<sup>1</sup> posee su propio Tablero de Confiable Operacional (Figura 12), con indicadores que miden los resultados operativos, de gestión y desempeño, para reflejar la mejora en el proceso.

**Modelo PEMEX - Confiable**  
**Tablero de Confiable Operacional**

Centro de Trabajo:

Fecha de aplicación:

Periodo que aplica:

Indicadores	Resultado del CT	Cuartil Actual	Ponderación Actual	Peso del Indicador	Cuartiles			
					1er	2do	3er	4to
<b>Negocio</b>		2	13.5	18.0				
Costo de Mantenimiento / Valor de Reemplazo de Activos, %		2	8.1	10.8	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	3.0 - 3.5	>3.5
Costo de Producción por Unidad de Salida		2	5.4	7.2	Varía de acuerdo a la Unidad de Producción			
		2						
<b>Instalaciones - Equipo</b>		2	16.5	22.0				
Disponibilidad Mecánica, %		2	5.4	7.3	>97	95-97	80-95	<80
Utilización de activos con respecto a su capacidad, %		2	5.6	7.5	>89	80-89	70-79	<70
Índice de Paros No Programados, %		2	5.4	7.3	<=1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	> 3.0
		2						
<b>Planeación y Programación</b>		2	10.8	18.0				
Trabajo Planeado / Trabajos Totales, %		2	2.7	3.6	>85	75-85	65-75	<65
Backlog, semanas		2	2.7	3.6	3 - 4	4 - 6	6 - 8	>8
Cumplimiento de Programas, %		2	2.7	3.6	>90	75-90	60-75	<60
Trabajo de emergencia, %		2	2.7	3.6	<10	10-20	20-30	>30
Tiempo extraordinario, %			0.0	3.6	<5	05 - 10	10 - 20	>20
<b>Operación Segura</b>			0.0	16.0				
Cumplimiento de Programas de Producción, %			0.0	3.0	>95	90 - 95	75 - 90	<75
Índice de Energía Consumida, %			0.0	4.0	<100	100 - 120	120 - 140	>140
Equipos críticos operando fuera de rangos operacionales, %			0.0	5.0	< 5	05 - 10	10 - 15	>15
Sistemas de Control fuera de servicio, número			0.0	4.0	0	1 - 3	3 - 5	>5
<b>Mantenimiento Preventivo y Predictivo</b>			0.0	11.0				
Mantenimiento Preventivo-Predictivo / Mantenimiento Total, %			0.0	4.0	60	40-60	20-40	<20
Análisis de Fallas completos (ACR), %			0.0	4.0	>95	80-95	60-80	<60
Cumplimiento de mantenimiento preventivo y predictivo, %			0.0	3.0	>95	90 - 95	75 - 90	<75
<b>Efectividad de Programas de Confiable</b>			0.0	15.0				
Tiempo Medio Entre Fallas			0.0	3.0	Varía de acuerdo al Tipo de Equipo			
Tiempo Medio Para Reparar			0.0	3.0	Varía de acuerdo al Tipo de Equipo			
Fallas detectadas previas a la falla, %			0.0	3.0	>95	80 - 95	50 - 80	<50
Nivel de Vibraciones promedio, pulgadas/segundo			0.0	3.0	-0.08	0.08-0.12	0.12-0.15	>0.15
Fallas por lubricación / Fallas totales, %			0.0	3.0	0	<5	05 - 20	>20
<b>Calificación Global del Centro de Trabajo</b>			<b>40.8</b>	<b>100</b>	<b>&gt; 80</b>	<b>60 - 80</b>	<b>40 - 60</b>	<b>&lt; 10</b>

**Figura 12. Tablero de Confiable Operacional**  
**Fuente: Manual del Sistema de Confiable Operacional, 2009**

Este Sistema Pemex-Confiable está refrendado en el Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios 2012-2016, por lo que continúa siendo implementado en los centros de trabajo.

<sup>1</sup> El Anexo 1 proporciona más información sobre el Sistema de Confiable Operacional de PEP.

Por otro lado, los resultados de la evaluación del desempeño de cada área conducen de manera necesaria a la evaluación individual, para lo cual las subdirecciones de Planeación y Evaluación, y de Recursos Humanos Competitividad e Innovación han colaborado conjuntamente para que, a partir de los objetivos estratégicos de las áreas, sus indicadores operativos y estratégicos con sus metas asociadas, sean utilizados como punto de partida en el Sistema Institucional de Administración del Desempeño Individual (SIADI), el cual enlaza el proceso de evaluación con el ámbito individual. Sus propósitos son alinear los objetivos individuales con los del negocio, detectar brechas en competencias críticas, reconocer al capital humano, apoyar su desarrollo y mejorar su desempeño.

El SIADI sí se aplica para todos los trabajadores de PEP. Los trabajadores de los centros de proceso, a través de entrevistas personales, han expresado que para ellos representa un *llenado de documentación y formatos engorrosos*, pues no son visibles sus ventajas y posibles contribuciones en la mejora de su desempeño.

De hecho, con objeto de contar con el personal necesario y adecuado para ejecutar el plan de negocios, se formalizaron las estructuras macro y fusión de procesos del Programa de Restructuración de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios derivado de la Reforma Energética, se rediseñó el SIADI y se complementó con el diseño de un Sistema de Reconocimientos No Monetarios. Los resultados del SIADI en el segundo semestre de 2010, mostraron que no se lograron las metas de que al menos un 55% de los trabajadores tendrían un nivel de desempeño superior (Memoria de Labores, 2010).

En resumen, Pemex Exploración y Producción ha implementado diversas herramientas de gestión, evaluación de desempeño, monitoreo y control con el fin de alcanzar los objetivos establecidos en su plan de negocios, sin embargo sus resultados e iniciativas no han logrado permear a lo largo de la organización (Hernández, 2010). Además, conforme se modifica el plan de negocios, se modifican también las iniciativas y proyectos desarrollados, por lo que en algunos casos no hay continuidad ya que siendo una empresa tan grande, el tiempo para implementar en todos los niveles de la organización un determinado proyecto es muy grande.

PEP específicamente, cuenta con muchos elementos de orientación a la estrategia, evaluación, monitoreo y control que a nivel operativo, en las distintas áreas de los centros de proceso, en su mayoría o no se aplican o resultan excesivos o inadecuados, y por lo tanto inefectivos para la mejora del desempeño y contribución a los objetivos particulares y generales. Esto trae como consecuencia que las distintas áreas operativas de los centros de proceso consideren la gestión, evaluación, monitoreo y control del desempeño como una carga extra a sus funciones y responsabilidades pues implica la generación de reportes y documentación a la que no encuentran mayor utilidad.

## 1.2 Delimitación del problema

El desarrollo del caso de aplicación se llevó a cabo en la Coordinación de Mantenimiento (MEDySA) de un Centro de Proceso, cuya ubicación y contexto ya se ha descrito en el apartado anterior.

Como se mencionó en los antecedentes, existen muchos elementos de monitoreo y control en PEP. Sin embargo, los aplicados en el centro de proceso son, en su totalidad, indicadores operativos, de confiabilidad y de cumplimiento de programas, que no permiten evaluar la ejecución del mantenimiento. De acuerdo a la problemática<sup>2</sup> expresada por la coordinación de mantenimiento, no se tiene una forma de **monitorear integralmente la ejecución** de todas las actividades requeridas para cumplir con las responsabilidades asignadas al área y que se han descrito anteriormente, por lo tanto, no se puede evaluar adecuadamente su desempeño.

La coordinación de mantenimiento del centro de proceso requiere un sistema de monitoreo y control que permita evaluar la ejecución del mantenimiento, con el fin de detectar, registrar y controlar las causas que actualmente originan obstrucciones para la ejecución de sus responsabilidades.

Es importante aclarar que el objetivo del caso de aplicación se enfocó en el desarrollo del sistema de monitoreo y control requerido. Los hallazgos, desviaciones o deficiencias detectados mediante éste, tendrán que atenderse usando las técnicas, estrategias o métodos para solución de problemas apropiados para cada caso, que permitan eliminar las obstrucciones manifestadas en el desempeño. Sería demasiado ambicioso y tema de otras investigaciones, abarcar la solución de cada caso particular detectado.

## 1.3 Problema concreto por resolver

La coordinación de mantenimiento del centro de proceso de PEP, enfrenta problemas para monitorear la ejecución de sus responsabilidades, detectar y registrar las causas que originan obstrucciones en su cumplimiento, es decir, tiene problemas de evaluación de desempeño, por lo que requiere un sistema de monitoreo y control para evaluar la ejecución del mantenimiento.

---

<sup>2</sup> Ackoff (1994) afirma que los problemas no son objetos de experiencia directa. Son abstracciones extraídas de la experiencia mediante el análisis. Los administradores no se enfrentan a problemas separados sino con situaciones que consisten en sistemas complejos de problemas de fuerte interacción. Él las nombra como “situaciones desordenadas” (messes en inglés).

Para Checkland (1981) un “problema de la vida real” es aquel que se plantea en el mundo cotidiano, y puede ser percibido de manera diferente por diferentes personas. Una “situación problemática” es un conjunto de eventos e ideas que al menos una persona percibe como problemática, por lo que vale la pena investigarla. Checkland también define un “problema de laboratorio” como aquél que el investigador define, en términos de forma, contenido y límites. El investigador decide qué se toma en cuenta y qué no, por lo tanto estos problemas difieren de los “problemas de la vida real”.

## 1.4 Supuestos

El desarrollo de un sistema de monitoreo y control en la coordinación de mantenimiento del centro de proceso mediante indicadores permitirá evaluar su desempeño y mejorar su Eficacia, Eficiencia y Efectividad<sup>3</sup> a través de información oportuna y relevante que permita tomar las mejores decisiones.

Para lograr el desarrollo de un sistema de monitoreo y control eficaz, eficiente y efectivo se puede utilizar la *Metodología de Sistemas Suaves* como herramienta metodológica.

## 1.5 Justificación de la solución planteada

A través del tiempo, PEP ha implementado varias iniciativas estratégicas para monitorear y controlar sus actividades, como ejemplo tenemos el Balanced ScoreCard con sus mapas estratégicos descritos en un apartado anterior. Sin embargo, estas estrategias se han dejado atrás y no se desarrollaron en el centro de proceso, por lo que no se consideran adecuadas como posible solución a la problemática expuesta, ya que requieren capacitación intensa y respaldo en el nivel organizacional para su correcta implementación.

El enfoque de sistemas provee una gran variedad de metodologías para resolver con efectividad diferentes tipos de problemas. Flood y Jackson (1991) realizaron una clasificación de tipos de problemas con la finalidad de agrupar las diferentes metodologías de sistemas de acuerdo a su uso más apropiado. Con esta finalidad, encontraron útil agrupar los problemas de acuerdo a dos dimensiones: *sistemas* y *participantes*.

La dimensión de sistemas se refiere a la complejidad en términos de sistema o sistemas que conforman la situación problemática, por lo que pueden ser clasificados como “simples” o “complejos”. La dimensión de participantes se refiere a la relación (de acuerdo o desacuerdo) entre los individuos o partes que salen ganando (o perdiendo) de una intervención de sistemas. Los participantes se clasifican de acuerdo a sus relaciones en unitarios, pluralistas y coercitivos<sup>4</sup>.

El argumento consiste en que estos dos aspectos de los problemas ofrecen una forma útil de caracterizar las situaciones problemáticas.

---

<sup>3</sup> De acuerdo a Checkland et al (1990), la eficacia consiste en determinar si el proceso funciona en el sentido de producir las salidas que se requieren. La eficiencia consiste en utilizar el mínimo de recursos y el menor tiempo posible para alcanzar los objetivos. Por último, la efectividad nos indica si los bienes y servicios, contribuyen a alcanzar los objetivos de la organización.

<sup>4</sup> Los unitarios tienen las siguientes características:

- Comparten intereses comunes. Sus valores y creencias son altamente compatibles. Están de acuerdo sobre los fines y los medios. Todos participan en la toma de decisiones. Actúan de acuerdo a los objetivos acordados.

Los participantes pluralistas:

- Tienen una compatibilidad básica de intereses. Sus valores y creencias divergen en cierta medida. No necesariamente están de acuerdo sobre los fines y medios, pero se comprometen con ellos. Todos participan en la toma de decisiones. Actúan de acuerdo con los objetivos acordados.

Los participantes coercitivos:

- No comparten intereses comunes. Sus valores y creencias están mayormente en conflicto. No están de acuerdo sobre los fines y medios y no tienen un compromiso genuino. Algunos obligan a otros a aceptar sus decisiones. No hay acuerdo sobre los objetivos.

Así, los problemas pueden ser clasificados en los tipos-ideales que muestra la Tabla 1.

	UNITARIO	PLURALISTA	COERCITIVO
SIMPLE	Simple-Unitario	Simple-Pluralista	Simple-Coercitivo
COMPLEJO	Complejo-Unitario	Complejo-Pluralista	Complejo-Coercitivo

**Tabla 1. Tipos-ideales de problemas**  
Fuente: Flood y Jackson, 1991

La clasificación de estos seis “tipos-ideales” de problemas implica la necesidad de seis tipos de metodologías de solución de problemas. Flood y Jackson (1991) proponen distintas metodologías para cada tipo de problemas<sup>5</sup>.

Esta clasificación de problemas y metodologías resulta útil para identificar las metodologías apropiadas que pueden ser aplicadas para intervenir el problema concreto por resolver en el caso de aplicación presentado en esta tesis. Primeramente ubiquemos el problema en las dos dimensiones identificadas por Flood y Jackson: sistemas y participantes.

Dadas las características expresadas de los sistemas complejos, fácilmente se puede ubicar dentro de esta clasificación al sistema a intervenir, ya que cuenta con un gran número de elementos que interactúan entre sí, evoluciona con el tiempo, cada sub-sistema (área) persigue y genera sus propias metas, además de que todo el sistema está sujeto a ser influido por el comportamiento de sus miembros, y está abierto al ambiente (condiciones operativas, técnicas, necesidades del

<sup>5</sup> **Simple-Unitario.** Las metodologías propuestas asumen que el solucionador de problemas puede establecer objetivos fácilmente ya que hay muy poca o nula discusión sobre ellos.

- Investigación de operaciones; Análisis de sistemas; Ingeniería de sistemas; Dinámica de sistemas

**Complejo-Unitario.** Los problemas tienen todas las características de un sistema complejo pero hay acuerdo general sobre las metas a alcanzar. Por lo que las metodologías propuestas para este tipo de situaciones no incluyen pasos que propicien debate sobre los objetivos y propósitos.

- Diagnóstico del sistema viable; Teoría general de sistemas; Pensamiento de sistemas socio-técnicos; Teoría de contingencia.

**Simple-Pluralista.** Estas metodologías asumen que los problemas son difíciles de tratar en un principio porque hay desacuerdo entre los participantes sobre las metas a alcanzar por el sistema. Pero una vez alcanzado el consenso, cualquier problema restante puede ser relativamente fácil de manejar usando métodos simples-unitarios.

- Diseño de sistemas sociales; Hipótesis estratégica

**Complejo-Pluralista.** Estas metodologías están diseñadas para manejar contextos en los que hay falta de acuerdos sobre metas y objetivos entre los participantes, pero se puede alcanzar un compromiso genuino. También proveen información sobre cómo manejar dificultades derivadas de la complejidad percibida.

- Planeación interactiva; Metodología de sistemas suaves

**Simple-Coercitivo.** La metodología propuesta puede revelar las políticas de las situaciones problemáticas, donde pueden existir diferencias de intereses, valores y creencias, y diferentes grupos buscan usar el poder que poseen para imponer sus estrategias a otros. Sugiere que se puede establecer un debate organizado de manera clara.

- Heurística de sistemas críticos

**Complejo-Coercitivo.** En este tipo de problemas la complejidad de las situaciones esconde las verdaderas fuentes de poder de los participantes. Ninguna metodología de sistemas en la actualidad se basa en la hipótesis que los problemas son complejos y coercitivos. Por lo tanto, todavía no se poseen las herramientas para hacer frente a tales contextos.



entorno económico, de producción, situación de la industria petrolera nacional e internacional, etc.)

En cuanto a la dimensión de participantes, la coordinación de mantenimiento del centro de proceso se ubica en la clasificación de pluralistas. Esto se debe a que las partes involucradas en el sistema tienen intereses compatibles entre sí (producción sin interrupciones, diferimientos ni contratiempos, asegurar la confiabilidad operativa de los equipos, etc.) a pesar de tener valores y creencias que no necesariamente son los mismos. En ocasiones difieren respecto a los medios para alcanzar los fines establecidos pero todos participan en la toma de decisiones de tal manera que se comprometen con los acuerdos establecidos.

Combinando ambas dimensiones, sistemas y participantes, se tiene un “problema-tipo” **complejo y pluralista**, que de acuerdo a la propuesta de Flood y Jackson puede ser intervenido mediante las metodologías de *Planeación Interactiva de Russell L. Ackoff* y *Metodología de Sistemas Suaves de Peter Checkland*.

Se ha decidido utilizar la **Metodología de Sistemas Suaves** por sus aportaciones al campo de los sistemas de información, dada la necesidad de monitorear y controlar las actividades de cualquier sistema.

Por lo tanto, la aplicación de la Metodología de Sistemas Suaves es apropiada para el caso presentado y permitirá abordar la situación problemática descrita en el apartado 1.3 mediante el *desarrollo de un sistema de monitoreo y control*, dado que no se puede mejorar lo que no se mide y por lo tanto, se requiere medir constantemente para tomar decisiones adecuadas.

## **1.6 Objetivo general y objetivos específicos**

### ***Objetivo General.***

Desarrollar un sistema de monitoreo y control para evaluar la ejecución del mantenimiento de un centro de proceso de PEP.

### ***Objetivos Específicos***

- Preparar la intervención
- Construir el sistema.
- Elaborar diagnóstico del área a intervenir.
- Elaborar modelos de actividad con propósito relevantes.
- Determinar los cambios deseables y factibles.
- Desarrollar el sistema de monitoreo y control para la toma de decisiones.

## 2. Marco teórico de referencia para el desarrollo del sistema de monitoreo y control.

### 2.1 Metodología de Sistemas Suaves

#### 2.1.1 Descripción de la metodología

La Metodología de Sistemas Suaves (MSS) es una forma estructurada de pensar que se centra en algunas situaciones del mundo real<sup>6</sup> percibidas como problemáticas. El objetivo es siempre producir mejoras en la situación. El pensamiento estructurado de la MSS está basado en el enfoque de sistemas (Checkland y Scholes, 1990a).

Este enfoque ha probado ser muy útil para manejar situaciones complejas que involucran el manejo de personal, como las existentes en las empresas. La complejidad se debe a las múltiples interacciones entre los diferentes elementos que constituyen una situación problemática, considerada como un todo. El enfoque de sistemas está fundamentalmente enfocado en las interacciones entre las partes de un todo, por lo que ayuda a estructurar el pensamiento (Checkland y Poulter, 2006).

Hay algunos aspectos básicos que es necesario describir para comprender las bases de la metodología<sup>7</sup>. Uno de ellos es lo que se considera como “la vida cotidiana y las situaciones problemáticas”. Experimentamos la vida cotidiana como algo excepcionalmente complejo, nos sentimos arrastrados por una corriente turbulenta, un flujo de ideas, acciones, entorno, competencia, etc., que continuamente está cambiando. Como parte de nuestra naturaleza humana, no solamente experimentamos estos cambios, tenemos un deseo innato de darles significado, de verlos como “situaciones”. Son nuestras percepciones las que crean las situaciones como tales, sus fronteras y su contenido cambiarán continuamente con el tiempo. Algunas de las situaciones que percibimos, debido a que nos afectan de alguna manera, nos provocan la necesidad de abordarlas, hacer algo con ellas, mejorarlas, son lo que la metodología considera como “situaciones problemáticas”, evitando el uso de la palabra “problemas”<sup>8</sup>, ya que esto implica una “solución” que elimine el problema por siempre, sin embargo el mundo real es demasiado complejo para pretender que eso suceda, pues las percepciones de los problemas son siempre subjetivas y cambian con el tiempo (Checkland, 1981).

Por consiguiente, una situación problemática, de acuerdo a la epistemología de la MSS, es una situación del mundo real en la que hay un sentido de malestar, un sentimiento de que las cosas podrían ser mejor de lo que son, o algún problema que se percibe que requiere atención (Checkland y Scholes, 1990a).

Cuando abordamos una situación que consideramos problemática, estamos interviniendo para mejorarla. Para poder hacerlo, debemos tener una idea clara de la situación inmersa en la vida

---

<sup>6</sup> De acuerdo a la MSS, el “mundo real” es la interacción constante del flujo de eventos e ideas experimentadas como vida diaria.

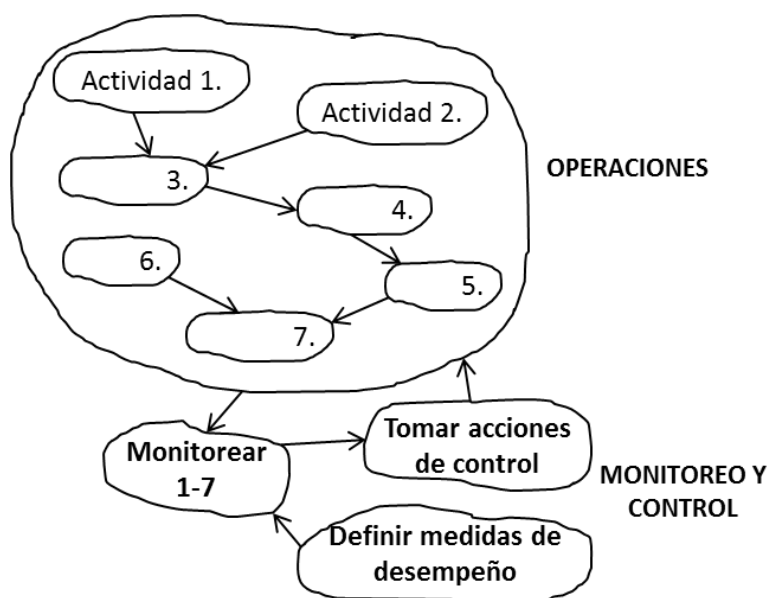
<sup>7</sup> Checkland y Scholes (1990a) establecen la epistemología de la MSS, para definir el lenguaje a través del que su proceso cobra sentido.

<sup>8</sup> Checkland (1981) reconoce problemas de dos tipos: *problemas estructurados* que pueden ser explícitamente formulados de tal manera que se puede identificar una teoría sobre su solución; y *problemas no estructurados* que se manifiestan en forma de malestar pero no pueden ser explícitamente formulados, pues la designación de objetivos es en sí problemática. La MSS aborda situaciones problemáticas que se perciben como problemas no estructurados.

cotidiana. Cuando interactuamos con las situaciones de la vida real, hacemos juicios sobre ellas: ¿están bien o mal, son aceptables o inaceptables, permanentes o transitorias? Para hacer esos juicios recurrimos a algunos criterios o estándares que son las características que definen lo bueno o malo para nosotros. Estos criterios e interpretaciones conllevan a establecer una mirada relativamente estable a través de la cual percibimos el mundo. Esto es lo que la metodología nombra como “la visión del mundo”<sup>9</sup> y que es particular para cada persona.

Otro aspecto básico a comprender es que la metodología es flexible, algo que resulta obvio considerando que en la vida existe una complejidad cambiante y cualquier enfoque requiere ser flexible. La MSS proporciona un conjunto de principios que pueden ser adoptados y adaptados para usarse en cualquier situación en la que se requiera tomar acción para mejorarla.

El último elemento fundamental es el concerniente con el uso del enfoque de sistemas. La relevancia de esta clase de pensamiento para la MSS surge al notar que todas las situaciones problemáticas tienen una característica en común: todas contienen personas tratando de actuar con un propósito, intencionadamente. De aquí surge la idea de considerar las acciones con propósito como un sistema. La Figura 13 muestra la forma de representar esto de acuerdo a la metodología.



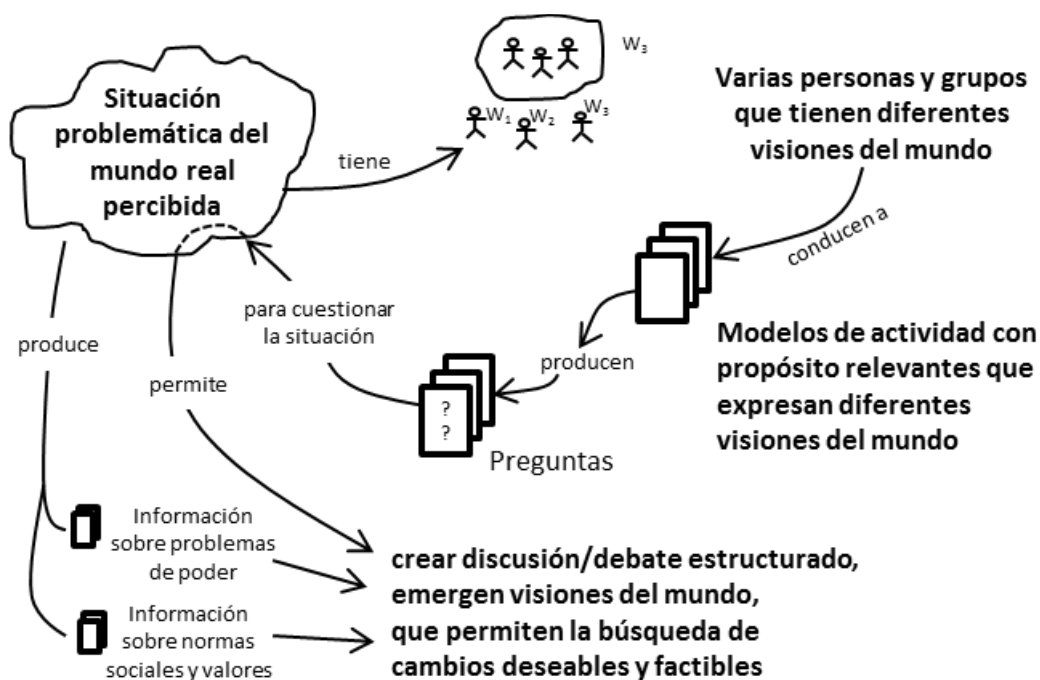
**Figura 13. Forma general de un modelo de actividad con propósito**  
**Fuente: Checkland y Poulter, 2006.**

El modelo contiene un conjunto de actividades ligadas lógicamente que constituyen un proceso de transformación. Cada actividad es descrita mediante un verbo. Las actividades enfocadas a alcanzar el propósito (operaciones) son monitoreadas contra medidas de desempeño definidas, de tal manera que se pueden tomar acciones de control si fuera necesario. Esto es lo que la metodología define como un “modelo de actividad con propósito”. Representa la visión del mundo

<sup>9</sup> Checkland y Poulter (2006) describen este concepto de la visión del mundo como Weltanschauung, palabra alemana que mejor lo describe. Es el concepto más importante en la comprensión de la complejidad de las situaciones humanas, y de hecho, la naturaleza y forma de SSM.

de quien elabora el modelo, por lo tanto habrá un número de visiones del mundo que podrían ser tomados en cuenta y conducirán a un número de modelos relevantes. Como consecuencia de esto, estos modelos de actividad con propósito no pueden ser descripciones del mundo real, únicamente expresan una forma de ver y pensar sobre la situación real, y habrá múltiples posibilidades.

Para que estos modelos sean útiles, deben ser vistos como una fuente que permite elaborar buenas preguntas respecto a cómo mejorar la situación real, permitiendo que sea explorada ampliamente. Por ejemplo, podríamos enfocarnos en las diferencias entre un modelo y la situación, y preguntar si nos gustaría que la actividad en la situación real fuera más, o menos, como se describe en el modelo. Estos cuestionamientos organizan y estructuran una discusión o debate sobre la situación real, el propósito de esta discusión es sacar a la superficie diferentes visiones del mundo y buscar posibles maneras de cambiar la situación problemática para mejorarla. Esto significa encontrar un arreglo o acuerdo que represente las diferentes visiones del mundo de los participantes. Los cambios que conlleve el acuerdo deben ser deseables y culturalmente factibles. Esto se representa en la Figura 14.



**Figura 14. Proceso básico de la MSS**  
**Fuente: Checkland y Poulter, 2006**

En resumen, la MSS es un proceso estructurado orientado a la acción, de investigación sobre situaciones problemáticas del mundo cotidiano. Los usuarios aprenden, a su manera, desde cómo descubrir y describir la situación hasta cómo definir y tomar acciones para mejorarla. El aprendizaje surge a través de un proceso organizado en el cual la situación real es explorada, usando como elementos intelectuales –los cuales sirven para proveer de estructura a la discusión– modelos de actividad con propósito contruidos para encapsular visiones del mundo declaradas (Checkland y Poulter, 2006).

### Ámbito de aplicación.

La MSS ha sido desarrollada en su aplicación a varios cientos de situaciones problemáticas en organizaciones grandes y pequeñas, en sectores públicos y privados, así como en situaciones que incluyen más de una organización. Es especialmente útil en problemas de cambio organizacional, fundamentalmente estructurales, operativos y en los agentes que llevan a cabo el proceso de transformación.

Surgió de la necesidad de afrontar situaciones problemáticas administrativas o de dirección. Hay algunos problemas que están bien definidos y cuya solución va implícita en la necesidad percibida (por ejemplo, el desarrollo tecnológico). Sin embargo, en problemas administrativos, definir la necesidad o situación problemática que se tiene es, por sí misma, parte del problema. La administración, dirección o gestión siempre implica definir tanto ¿qué hacer? y ¿cómo hacerlo? La MSS da una respuesta a estas preguntas.

El área de aplicación de la MSS es muy amplia. Esto se debe a que detrás de la metodología se encuentran dos ideas centrales bastante generales. Una de ellas es que existe una situación problemática que conlleva a tomar una acción para mejorarla y esto crea un proceso de aprendizaje personalizado. La otra idea central es, que se puede estar seguro, que este aprendizaje es organizado y estructurado usando modelos de actividad con propósito como fuente de cuestionamiento para las situaciones presentadas. Esto es porque cada situación de la vida real contiene personas tratando de actuar con algún propósito, es decir, intencionadamente (Checkland y Poulter, 2006). Estas dos ideas centrales se presentan en el núcleo de las actividades con propósito de los seres humanos, por ello su amplia aplicabilidad.

Específicamente hay dos áreas en las que la MSS ha mostrado mayormente su efectividad. Una de ellas es la administración y otra los sistemas de información, dada la necesidad de monitorear y controlar las actividades de cualquier sistema. De hecho, los desarrollos más recientes de la MSS han sido en el campo de los sistemas de información.

Una vez aprehendida la metodología como una forma natural de pensar, puede ser usada para guiar el proceso de manejar *cualquier* situación, ya que las confusiones y complejidades que surgen tan pronto se inicia una intervención para abordar una situación problemática, conllevan a pensar que se pueden elaborar “modelos de actividad con propósito” sobre la forma en que se llevará a cabo la intervención misma antes de verse inmerso en ella. Esto se puede realizar aún si se va a usar una metodología distinta a la MSS para abordar la situación en cuestión. Es decir, la MSS *puede ser usada siempre para organizar el pensamiento sobre cómo llevar a cabo una intervención.*

Esto es a lo que se refieren Checkland y Winter (2006) cuando afirman que hay dos formas de aplicar la MSS. Al efectuar una revisión de algunos aspectos cruciales de la intervención en sí, identificaron dos usos diferentes de la metodología dentro de cualquier intervención. Uno dedicado al *contenido* percibido y descrito de la situación problemática (MSSc)<sup>10</sup> y otro enfocado al *proceso* intelectual de la intervención en sí (MSSp)<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> Metodología de Sistemas Suaves dedicada al contenido (MSSc).

<sup>11</sup> Metodología de Sistemas Suaves dedicada al proceso (MSSp).

### Número y tipo de participantes

Una intervención con la MSS implica tres roles en los participantes:

1. El rol de “cliente”, que es la persona o personas por las que el estudio se llevará a cabo, es decir, aquéllos que lo solicitaron. Es importante mantener en mente las razones del cliente para llevar a cabo la intervención.
2. El rol de “facilitador” es la persona o personas que conducen la investigación o intervención. Algunas veces el cliente delega la participación en la intervención a otros, en este caso es importante que el facilitador se asegure de que el cliente se mantenga informado sobre el curso de la intervención, para que los resultados de ésta no lo tomen por sorpresa. También debe asegurarse que los recursos disponibles para llevar a cabo la investigación estén en línea con lo que pretende.
3. Por último, quien quiera que esté en el rol de facilitador puede escoger y listar un número de personas que pueden ser considerados como preocupados o afectados por la situación y las consecuencias de su mejora. Este es el rol de “propietario de la cuestión tratada” o “propietario del problema” como lo describía el autor de la metodología en un principio<sup>12</sup>.

La lista de los “propietarios de la situación problemática” puede incluir pero no estar limitada a quien quiera que esté en el rol de cliente y en el rol de facilitador. Esta lista es muy importante, pues introduce múltiples visiones del mundo a la intervención, que a su vez abre la posibilidad de un mayor aprendizaje para todos los involucrados, a un nivel más profundo, conllevando quizá a un mayor cambio.

Las diferentes visiones del mundo de esa lista abren la posibilidad de que la riqueza de la investigación pueda hacer frente a la complejidad de la situación real. Sugieren ideas para los modelos de actividad con propósito "relevantes" a ser considerados.

### Duración de la aplicación

La metodología no está asociada con ninguna escala de tiempo particular. Algunos estudios pueden tomar horas mientras que otros meses, dependerá del tipo de problema a resolver, la magnitud de la situación problemática y de la organización donde se encuentre, así como del nivel de conocimiento de la situación. Parte de la MSS puede ser usada instantáneamente, cuando se ha asimilado la metodología y guía el pensamiento.

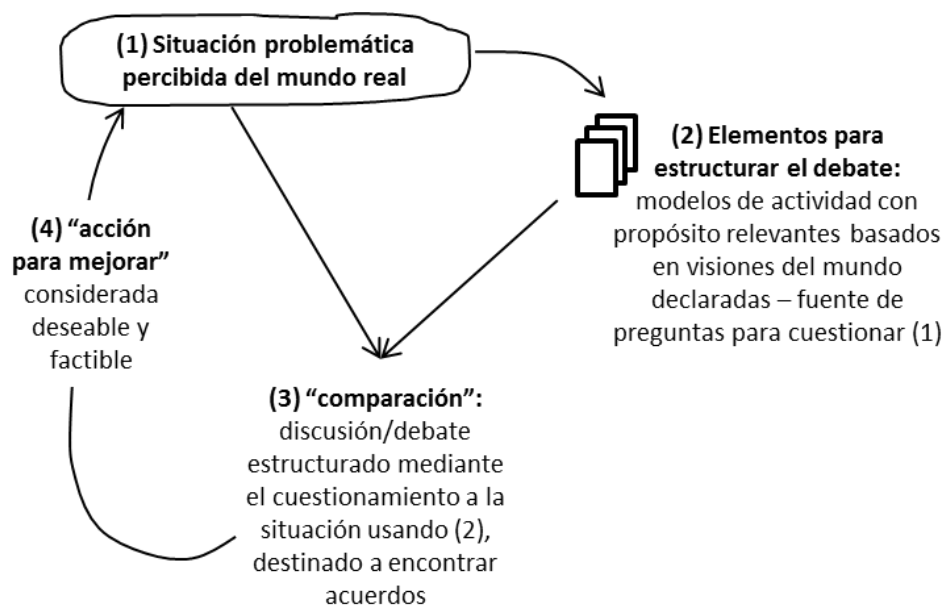
---

<sup>12</sup> Durante los años de desarrollo de la metodología, su autor ha ido refinando algunos elementos como resultado de la experiencia que la aplicación, en infinidad de casos, le ha ido proporcionando. Este es el caso del análisis de la intervención, pues en un inicio consideraba tres roles: el rol de “cliente”, que sigue siendo el mismo ya descrito; el rol de “posible solucionador del problema” (que también podía ser el cliente), es quien quiera que desee hacer algo acerca de la situación en cuestión y dispone de los recursos necesarios. Por último, el solucionador del problema debe decidir a quiénes considerar como posibles “propietarios del problema” (Checkland y Scholes, 1990a). Posteriormente, Checkland y Winter (2006) analizaron las intervenciones en múltiples casos y encontraron que generalmente quien quiera que esté en el rol de “solucionador del problema” se podría considerar a él mismo en la lista de “propietarios del problema”, dado que su problema era decidir exactamente cómo llevar a cabo la intervención.

### 2.1.2 Etapas de la metodología de sistemas suaves<sup>13</sup>

El proceso de la MSS toma la forma de un ciclo. Es un ciclo de aprendizaje que va desde el descubrimiento de una situación problemática hasta definir/ejecutar las líneas de acción para mejorarla. Contiene cuatro diferentes clases de actividades, las cuales no son precisamente pasos a seguir, pero guían la aplicación:

1. *Describir* la situación inicial que es vista como problemática.
2. *Elaborar algunos modelos de actividad con propósito* que se consideren relevantes para la situación.
3. *Usar los modelos para cuestionar la situación real*. Esto conlleva a estructurar una discusión sobre la situación, cuyo objetivo es encontrar cambios deseables y factibles.
4. *Definir/ejecutar acciones para mejorar la situación*. Algunos estudios terminan definiendo la acción, otros después de implementarla.



**Figura 15. Representación del ciclo de aprendizaje de la MSS**  
Fuente: Checkland y Winter, 2006

La Figura 15 muestra la representación del ciclo de aprendizaje de la MSS, cuyas actividades se describen con mayor detalle y claridad a continuación.

<sup>13</sup> La Metodología de Sistemas Suaves se ha ido refinando desde su surgimiento, aunque sus bases teóricas e ideológicas han permanecido, su autor ha tratado de perfeccionarla basándose en las experiencias que su aplicación a lo largo del tiempo le han proporcionado; por lo que en su último libro publicado (Checkland y Poulter, 2006) presenta su versión definitiva de la MSS, incorporando los descubrimientos – elementos- que permiten su mejor comprensión y aplicación. Es por esto que el procedimiento aquí presentado está basado mayormente en esta última publicación del autor, complementándolo, donde es pertinente, con las aportaciones de los trabajos anteriores.

## Describir

Hay cuatro formas de descubrir y describir la situación problemática (Checkland y Poulter, 2006):

1. Elaborar “figuras ricas”. Se requiere tener una descripción abundante de la situación, que servirá para elaborar figuras o imágenes ricas cuyo objetivo es capturar, informalmente, las principales entidades, estructuras y puntos de vista de la situación, el proceso, y cualquier elemento actual. Es una buena manera de mostrar relaciones<sup>14</sup>.
2. Llevar a cabo el Análisis 1 (la intervención en sí). El facilitador adaptará los principios y técnicas de la metodología para organizar las tareas de dirigir e intervenir la situación. Aquí es donde se usa la *metodología aplicada al proceso* (MSSp), que Checkland y Winter (2006) describen, pues se pueden elaborar modelos relevantes para llevar a cabo la intervención.

En este análisis se debe identificar a las personas que adoptarán los roles mencionados como participantes en la descripción de la metodología. La Figura 16 representa esta etapa.

Interviniendo la situación problemática mediante la MSS se puede llegar a expresar el contenido percibido de la situación. Para lograrlo, se requiere que existan los tres roles descritos en la figura, pues la lista de “propietarios de la cuestión” proporcionará ideas sobre las visiones del mundo que se pueden considerar relevantes para construir posteriormente los modelos de actividad con propósito relevantes.

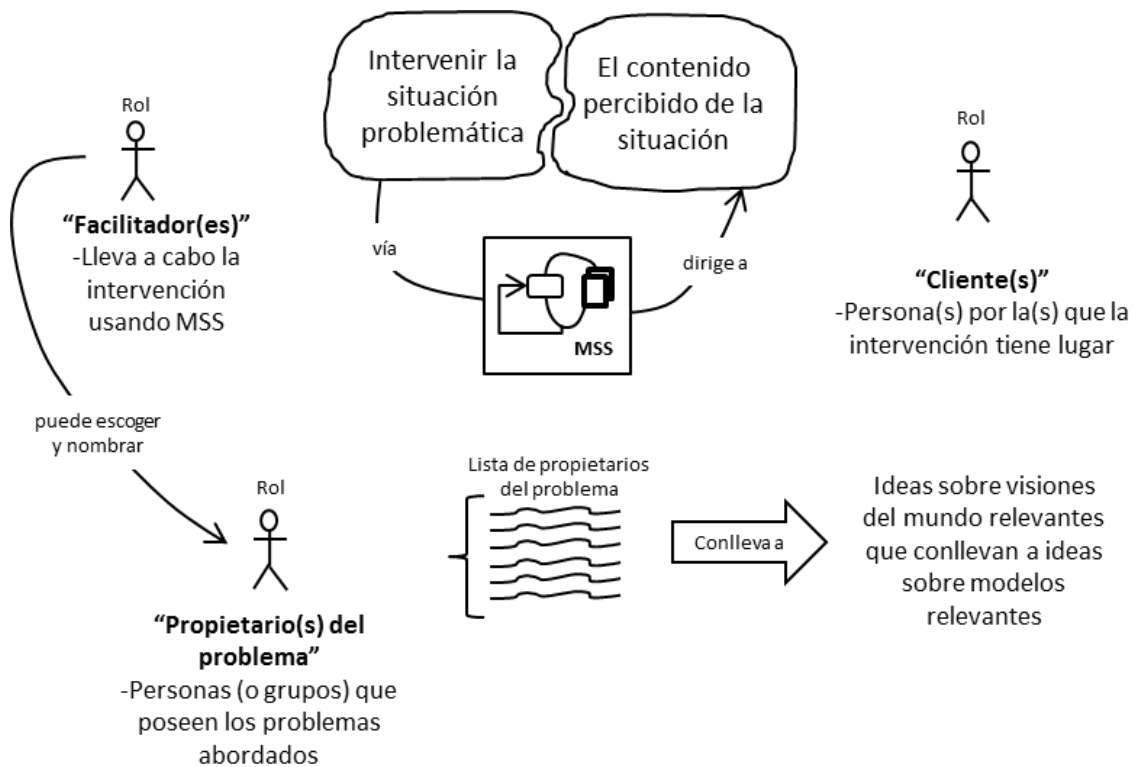
Checkland (1981) proporciona una manera de aplicar el análisis 1 mediante un “libro de trabajo para iniciar los estudios de sistemas”<sup>15</sup> que, aunque fue elaborado en las primeras versiones de la metodología donde los roles varían ligeramente, puede guiar el análisis pues establece preguntas claves para identificar aspectos útiles en la intervención, como las siguientes: ¿quién es el cliente?, ¿cuáles son sus aspiraciones?, ¿quiénes son los propietarios del problema (o cuestión)?, ¿cuál es la(s) versión(es) de la naturaleza del problema del propietario del problema?, ¿cuáles son sus razones para considerar la situación problemática como tal?, ¿cuáles son sus expectativas para la mejora de la situación?, ¿qué aspectos son altamente valorados por los propietarios del problema?, ¿el solucionador del problema (cliente) sabrá que la situación problemática ha mejorado cuando...?

---

<sup>14</sup> Checkland (1979a) proporciona algunas guías para elaborar diagramas de sistemas suaves. Sin embargo, Bowen (1985) sugiere que en el caso de los diagramas, esenciales para describir las situaciones de acuerdo a la metodología, éstos deben aportar mucha más reflexión y guía para su elaboración.

<sup>15</sup> Este libro de trabajo puede consultarse en el apéndice 2 del libro “Systems Thinking, Systems Practice”.

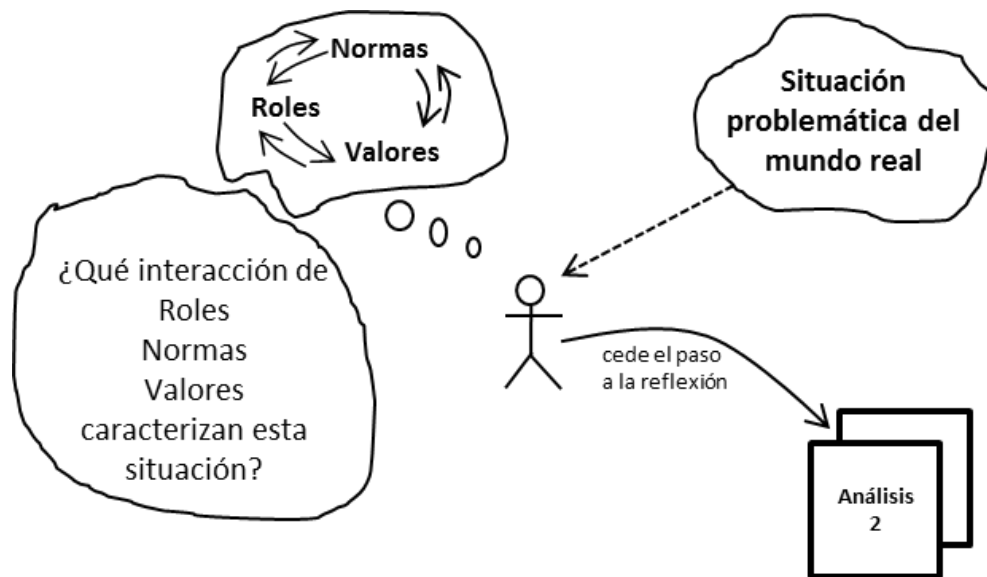




**Figura 16. Análisis 1 de la MSS**  
**Fuente: Checkland y Poulter, 2006**

3. Llevar a cabo el Análisis 2 (social o cultural). Es necesario realizar un análisis de la realidad social que existe en la empresa, es decir, la "cultura" local que impera más allá de las visiones del mundo individuales, pues las acciones de mejora, además de ser deseables deben ser culturalmente factibles, debe ser posible implementarlas.

La cultura de una organización está compuesta por los *roles* (formales e informales), *normas* (comportamiento esperado y asociado con un rol) y *valores* (estándares y criterios por los cuales es juzgado el comportamiento asociado a un rol) que prevalecen; la sutileza viene del hecho de que ninguno de estos tres elementos es estático. La Figura 17 representa el análisis 2.



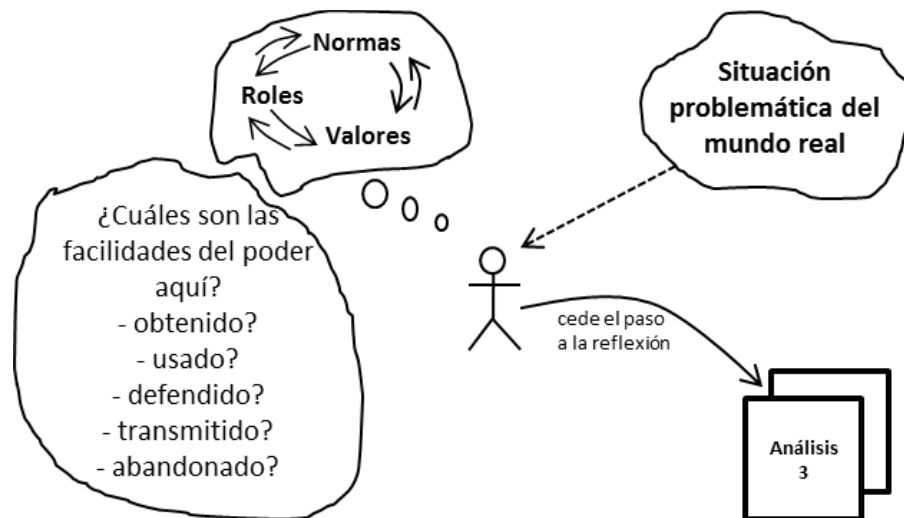
**Figura 17. Análisis 2 de la MSS**  
**Fuente: Checkland y Poulter, 2006**

Cada elemento cambia con el tiempo, continuamente uno de ellos ayuda a crear y modificar los otros dos, esto es representado en la figura mediante doble línea en ambos sentidos que une los roles, normas y valores, cada flecha significa que se crean y recrean.

Es importante tener en cuenta que el análisis de la cultura local no se puede llevar a cabo mediante preguntas directas a los involucrados, pues éstos darán siempre “respuestas oficiales”. Una manera de llevar a cabo este análisis es abriendo un archivo llamado “Análisis 2” al inicio de la intervención. Entonces, cada vez que el facilitador interactúe con la situación – hablando informalmente con las personas, leyendo un documento, sentado en una reunión, conduciendo una entrevista, conviviendo fuera del trabajo- debe preguntarse después si lo observado le enseña algo sobre los roles, normas y valores que imperan. Posteriormente debe registrar lo que encontró en el archivo abierto en un inicio. Se debe continuar haciendo esto a lo largo de la intervención y poner fecha a cada registro para que luego se pueda revisar el progreso del aprendizaje obtenido y reflexionar sobre sus implicaciones.

4. Llevar a cabo el Análisis 3 (político). Encontrar la estructura de poder en la situación y el proceso para contenerlo. Este es un elemento importante para determinar lo que es culturalmente factible y decidir lo que puede o no hacerse. Bowen (1985), basado en una reflexión de Churchman, menciona: “a menos que desde un inicio, haya un entendimiento claro de lo que puede o no puede ser cambiado en una situación, es difícil explorar adecuadamente la situación problemática”, por eso es importante este análisis.

Para realizar el análisis es necesario preguntar: ¿cómo se expresa el poder en esta situación?, ¿cuáles son las “facilidades” proporcionadas por el poder?, ¿cuáles son los procesos por los cuales estas facilidades son obtenidas, usadas, protegidas, defendidas, transmitidas, abandonadas, etc.? Esto nos señalará los grupos de poder en la situación problemática. El Análisis 3 está representado en la Figura 18.



**Figura 18. Análisis 3 de la MSS**  
**Fuente: Checkland y Poulter, 2006**

El Análisis 3 está relacionado con el 2, dado que el hecho de ocupar un rol particular conlleva poder. Muchas facilidades proporcionadas por el poder también provienen del uso que se le puede dar a información importante a la que unos pocos tienen acceso.

La manera de efectuar este análisis es similar a la del Análisis 2, se debe abrir un archivo y registrar en él –con fecha- cada aprendizaje obtenido sobre el poder reinante en la situación y los procesos a través de los cuales es ejercido. Es necesario reflexionar sobre el impacto de las relaciones de poder en todo el curso de la intervención.<sup>16</sup>

### Elaborar modelos de actividad con propósito

Cada modelo de actividad con propósito es construido de acuerdo a una visión del mundo, modela una forma de ver la compleja realidad. Son usados para proporcionar un marco organizado para el debate sobre las acciones requeridas para mejorar. Es importante estar conscientes de que nunca habrá un único modelo de actividad con propósito, siempre habrá varios posibles modelos, todos válidos de acuerdo a una particular visión del mundo.

El conjunto de directrices para elaborar los modelos son las siguientes (Checkland y Poulter, 2006) y cada punto está representado en la Figura 19:

- (1). Primeramente se requiere tener una(s) sentencia(s) que describa(n) el sistema de actividad a ser modelado. Estas sentencias son conocidas como “definiciones raíz” (RD por sus siglas en inglés, Root Definitions)<sup>17</sup>, son la manera central de describir el sistema o

<sup>16</sup> Checkland y Scholes (1990a), en el apéndice 1 del capítulo 4 de su libro “Soft Systems Methodology in Action”, describen un ejemplo del uso del Análisis, 1, 2 y 3 en un estudio particular, donde se puede observar cómo expresar estos análisis.

<sup>17</sup> Las definiciones raíz son “definiciones concisas que expresan la naturaleza de los sistemas de actividad con propósito considerados como relevantes para explorar la situación” (Checkland y Scholes, 1990a).

situación. Para ayudarnos a redactarlas, la metodología sugiere apoyarse en tres preguntas básicas: ¿"qué" hace el sistema? (*P*), ¿"cómo" lo hace? (*Q*) y, ¿"por qué" lo hace? (*R*). Es decir, hacer *P*, por medio de *Q*, para alcanzar *R*, así *PQR* se usa para responder a las preguntas qué, cómo y por qué. El "cómo" *Q* debe ser consistente para alcanzar el "qué" definido por *P*.

- (2). La fórmula *PQR* permite establecer un enunciado de definición raíz (*RD*). Las definiciones raíz describen las actividades a ser modeladas como un proceso de transformación, en el cual algo es transformado a un estado diferente. Sin embargo las definiciones raíz y los modelos no estarían completos sin considerar los puntos (3) y (4) de la Figura 19, pues éstos constituyen una fuente de preguntas para cuestionar la situación real en la siguiente etapa de la metodología.
- (3). Una manera de enriquecer el modelo es considerando los elementos que la metodología resume como *CATWOE* (por sus siglas en inglés)<sup>18</sup> en la elaboración de las definiciones raíz y del modelo. El concepto es que una actividad con propósito, definida por un proceso de transformación (*T*) y una visión del mundo (*W*), requerirá personas (*A*) para realizar las actividades que conforman *T*, afectará personas que son sus beneficiarios o víctimas (*C*), tomará como dadas varias limitaciones del entorno (*E*) y, podrá ser suspendido o cambiado por algunas personas (*O*), quienes pueden ser consideradas como propietarias. Se deben considerar todos estos elementos cuando se elabore el modelo.

Para cada *W* considerada relevante, se deberá formular una *RD* separada. En este punto, para evitar que en las siguientes etapas de la metodología se descubra que las definiciones raíz formuladas y seleccionadas fueron irrelevantes o improductivas al comparar sus modelos con la realidad, el facilitador puede ir poniéndolas a prueba rápidamente echando un vistazo a las siguientes etapas y visualizando qué clase de modelos surgirán de las definiciones raíz elaboradas y qué clase de cambios probablemente surgirán cuando los modelos sean examinados junto a la situación real. Al proponer una definición raíz particular se está afirmando que, desde el punto de vista del facilitador, ésta es relevante, por lo que al elaborar el modelo y compararlo con la realidad presente, probablemente conducirá a clarificar la situación y por consiguiente a su mejora (Checkland, 1981).

Una vez considerados los elementos anteriores es necesario definir las medidas de desempeño con las que puede ser monitoreado y controlado el proceso *T*. Existen tres criterios (las 3 *E*'s) que son relevantes para definir estas medidas y deben ser tomados en cuenta en todos los casos (Checkland y Forbes, 1990):

- Eficacia (*E*<sub>1</sub>). ¿La transformación *T* funciona, en el sentido de producir las salidas que se requieren?
- Eficiencia (*E*<sub>2</sub>). ¿La transformación está siendo realizada con un mínimo uso de recursos?

---

<sup>18</sup> *C* (Customers: clientes, víctimas o beneficiarios), *A* (Actors: actores participantes), *T* (Transformation: proceso de transformación), *W* (Weltanschauung: visión del mundo), *O* (Owners: propietarios del sistema), *E* (Environmental constraints: limitaciones del entorno). Checkland (1979b).

- Efectividad (E<sub>3</sub>). ¿La transformación está ayudando a alcanzar algunos de los objetivos a más alto nivel o largo plazo?

En circunstancias particulares pueden ser considerados otros criterios, tales como Estética (¿es estéticamente satisfactorio?) o Ética (¿es moralmente correcto?), convirtiéndose en 5 E's (Checkland y Forbes, 1990).<sup>19</sup>

- (4). La última consideración cuando se formulan definiciones raíz es la distinción entre aquéllas basadas en la “*tarea primaria*” (PT, por sus siglas en inglés, Primary Task) y definiciones “*basadas en la cuestión o problema*” (IB, Issue-based). Una RD basada en la tarea primaria expresa la tarea “oficial” o pública explícita que realiza la organización, sección o departamento en cuestión. Checkland (1981) describe una RD basada en la tarea primaria como la definición raíz de un sistema, que expresa algunas de sus principales tareas evidentes en el mundo real. Así mismo, describe una RD basada en la cuestión como la definición raíz de un sistema elegido por su relevancia para lo que el facilitador y las personas en la situación problemática perciben como motivos de controversia.

Los modelos que surgen de las RD basadas en la cuestión (IB), son modelos cuyos límites no coinciden con los límites organizacionales, es decir no describen las actividades propias de un departamento, división, sección u organización, como lo hacen las RD basadas en la tarea primaria (PT). Cuando tales modelos son usados para cuestionar la situación problemática, se incrementa el interés y atención de los involucrados. La distinción entre PT/IB es similar a la distinción entre funciones “manifiestas” y funciones “latentes”.

Como regla general se debe considerar no trabajar nunca exclusivamente con RD basadas en la tarea primaria o con RD basadas en la cuestión, es mejor contar con una mezcla de ambos tipos (Checkland y Poulter, 2006).

- (5). El modelo de actividades con propósito se construye definiendo y ligando las actividades necesarias para realizar el proceso de transformación, de tal manera que las directrices anteriores faciliten el modelado. Un error común es ignorar la definición raíz y empezar a modelar alguna versión del mundo real de la actividad con propósito que está siendo modelada (Checkland, 1979b).

---

<sup>19</sup> Estos cinco criterios pueden ser utilizados más adelante para elaborar indicadores de medición que permitan diseñar un sistema de monitoreo y control para atacar los problemas de control de resultados de las organizaciones.

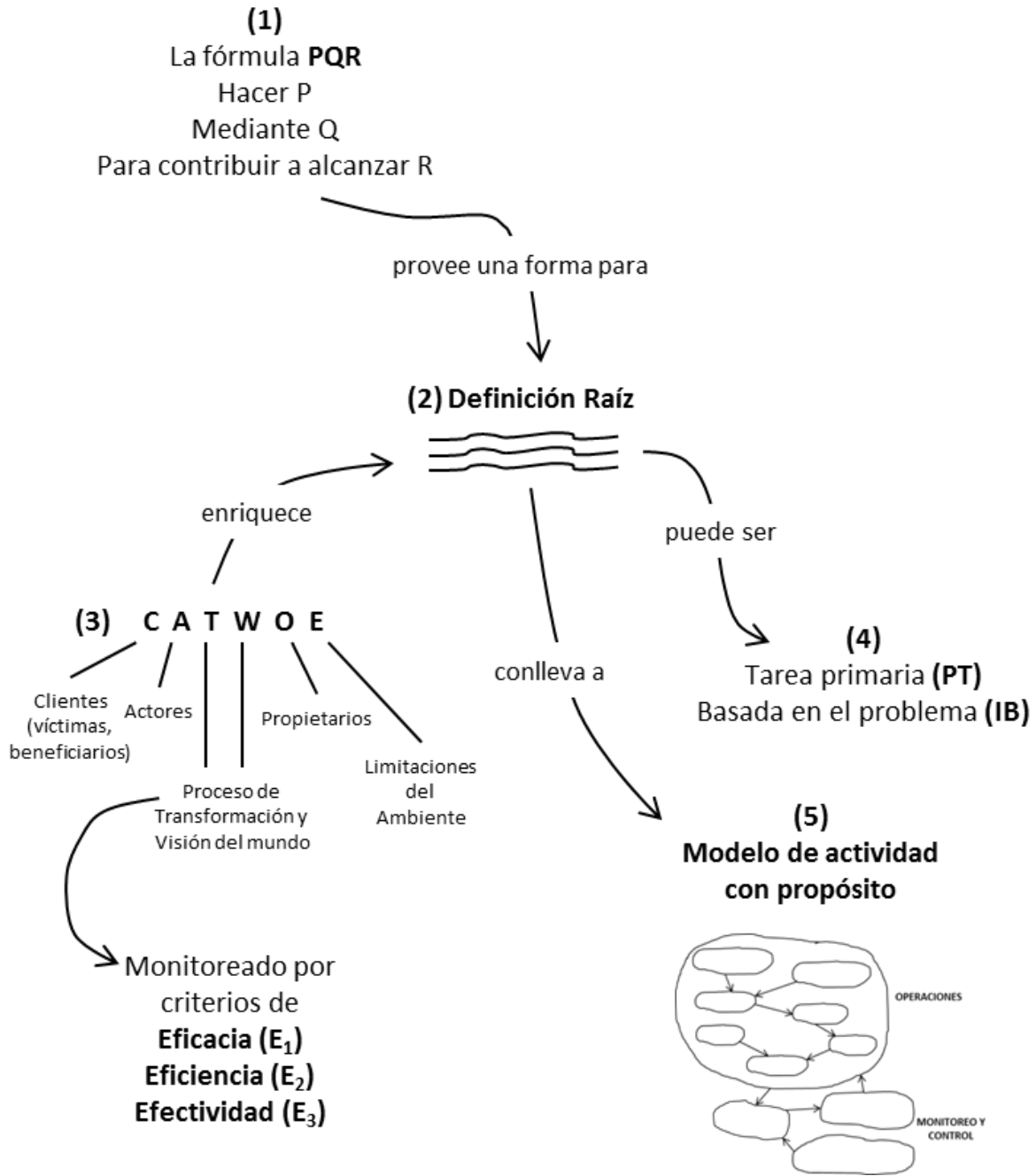


Figura 19. Directrices que ayudan a construir modelos de actividades con propósito  
Fuente: Checkland y Poulter, 2006

Cada persona encuentra su propia forma de hacer modelos relevantes, pero una secuencia lógica a seguir es la siguiente:

1. Reunir las directrices descritas: PQR, CATWOE,  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ , PT/IB, definición raíz.

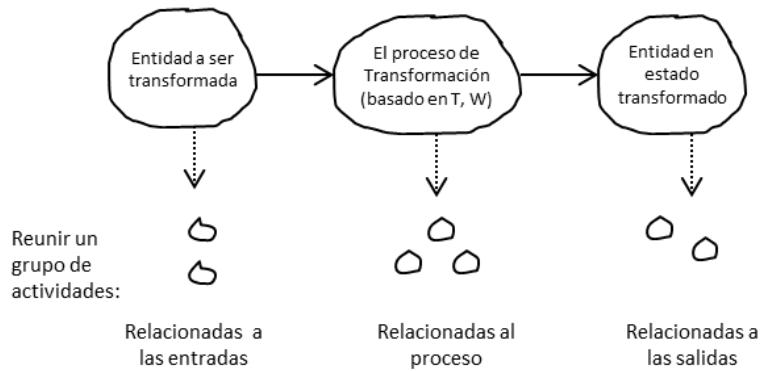
2. Anotar tres grupos de actividades: aquellas referentes a lo que será transformado (entradas), las actividades para hacer la transformación (proceso), y las referentes a las entradas ya transformadas (salidas).
3. Conectar las actividades con flechas que indiquen la dependencia de una actividad sobre otra. El lenguaje básico usado para la construcción del modelo está constituido por todos los verbos que conozcan el facilitador y los involucrados, es decir, las actividades deben comenzar con un verbo. El modelo debe contener el mínimo de verbos necesarios para describir las actividades requeridas por la definición raíz, conectadas lógicamente (Checkland, 1979b).

En general, debemos tener el propósito de expresar las operaciones principales del modelo en el número de  $7 \pm 2$  actividades. Esto proviene de un famoso documento de Miller sobre el área de la psicología en el cual sugiere que el cerebro humano tiene la capacidad para hacer frente a este número de conceptos simultáneamente. Si esto parece escaso, no hay problema, cada actividad en el modelo puede a su vez convertirse en una definición raíz a ser expandida en un siguiente nivel más detallado (Checkland y Scholes, 1990a).

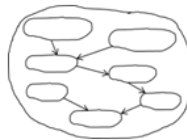
4. Añadir las tres actividades de monitoreo y control, las cuales siempre tienen la estructura mostrada en la Figura 13. Es decir, debe contener una actividad para “tomar acciones de control”, y esto será posible únicamente sabiendo cómo van las operaciones, conocimiento que se obtiene de la actividad “monitorear las operaciones”. El monitoreo busca ciertas características relacionadas con estándares de rendimiento considerados buenos o malos. Así, el monitoreo será posible sólo con la actividad de “definir medidas de desempeño” (Checkland y Forbes, 1990).
5. Checar el modelo contra las directrices. Preguntarse: ¿cada frase de la definición raíz conlleva a algo en el modelo?, ¿se puede ligar a cada actividad del modelo con algo en la definición raíz, el CATWOE, etc.? Lo importante es que se considere todo lo expresado en el modelo. Debe haber un vínculo entre las palabras y frases en la definición raíz (incluyendo el CATWOE) y las actividades en el modelo (Checkland y Scholes, 1990b).

Esta secuencia está representada por la Figura 20, el proceso lógico para construir modelos de actividad de la MSS.

1. Reunir las directrices: T, W; PQR; PT/IB; CATWOE; E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>
2. Empezando desde T y W nombrar la acción con propósito como una transformación:

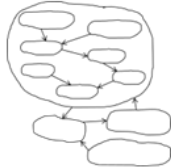


3. Estructurar las actividades de acuerdo a la dependencia de unas con otras



Apuntar a  $7 \pm 2$

4. Añadir las actividades de monitoreo y control



5. Checar la mutua dependencia de las directrices y el modelo

**Figura 20. Proceso lógico para construir modelos de actividad de la MSS**  
Fuente: Checkland y Poulter, 2006

### Usar modelos para estructurar la discusión sobre la situación y su mejora

Habiendo construido un modelo relevante o dos, se está listo para empezar una discusión estructurada sobre la situación y cómo podría ser modificada, lo cual conllevaría a definir las acciones que deberían ser tomadas. Los modelos son elementos que permiten que la discusión sea estructurada y no al azar.

Esta fase de la MSS usualmente era referida como una “comparación” entre la situación y los modelos (Checkland, 1981; Checkland y Scholes, 1990a), pero esta forma de expresarla es peligrosa si se toma para dar a entender que la discusión se centra en las deficiencias de la situación cuando se compara con los modelos “perfectos”. Los modelos no pretenden ser una expresión de lo que deseáramos que fuera el mundo real. No podrían serlo pues son elementos artificiales basados en una visión del mundo, y los grupos de personas están siempre



caracterizados por múltiples y conflictivas visiones del mundo, las cuales cambian con el tiempo (Checkland y Poulter, 2006).

Definitivamente los modelos de actividad con propósito simplemente nos permiten tener una discusión organizada. Esto es posible usando los modelos como una fuente de cuestionamientos acerca de la situación. Por ejemplo: "Aquí tenemos una actividad en este modelo, ¿existe en la situación real?, ¿quién la hace?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿quién más podría hacerla?, ¿en la situación real depende de la actividad a la que está asociada en el modelo?, ¿las medidas de desempeño son las mismas que en la situación real?, ¿cuáles son los criterios que indicarían el grado en que esta actividad es eficaz, eficiente y efectiva?".

El objetivo de esta discusión es involucrar a todos los participantes, identificar diferentes visiones del mundo, poner atención a la necesidad de un sistema de monitoreo y control de las actividades, generar diferentes propuestas. La discusión puede ser conducida de distintas maneras. Checkland (1981) describe 4 formas de realizarla: discusión informal, interrogatorio formal, escribiendo escenarios, y tratando de modelar el mundo real en la misma estructura que los modelos (aunque esta última opción ya no es considerada en las publicaciones recientes).

El enfoque informal se refiere a tener una discusión sobre las mejoras a la situación en presencia de los modelos, colocando en las paredes rotafolios con los modelos relevantes, de tal manera que estén visibles, se pueda acceder a ellos e incluirse en la discusión.

Un enfoque más formal, y quizá el más utilizado, es crear una tabla matriz, como muestra la Figura 21, con preguntas definidas. El modelo provee la primera columna, que consiste de actividades y conexiones del modelo, mientras el otro eje contiene las preguntas para cuestionar esos elementos. La última columna, a la derecha, es una fuente resumida de ideas para cambios en la situación o de nuevas ideas para definiciones raíz relevantes (Checkland y Scholes, 1990a).

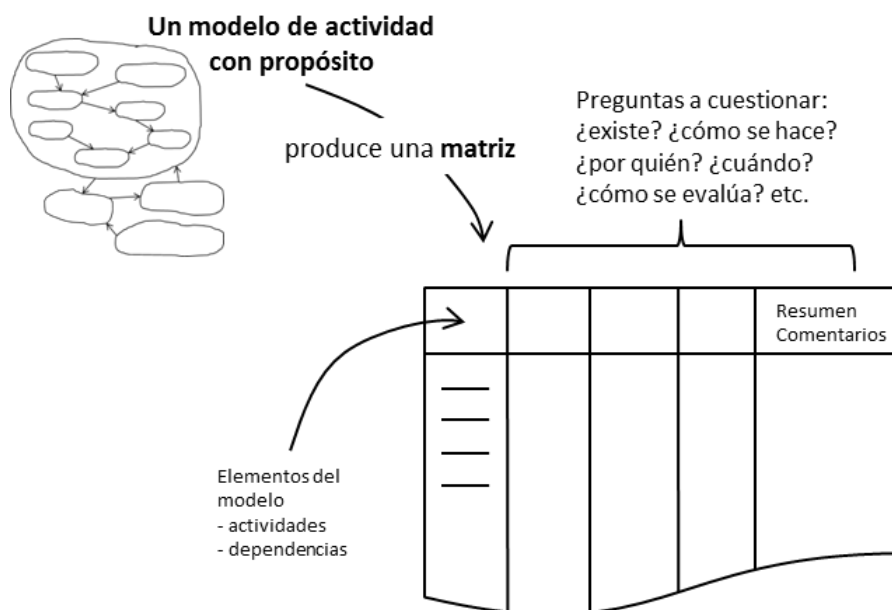


Figura 21. Proceso formal para usar modelos para cuestionar la situación del mundo real  
 Fuente: Checkland y Poulter, 2006

La tercera forma de organizar la discusión es utilizar el modelo como base para describir cómo sería hecha alguna actividad con propósito de acuerdo al modelo, y comparar la historia o escenario, con una descripción de algo similar que suceda en la vida real.

Como quiera que se conduzca la discusión, el objetivo es el mismo: encontrar una versión de la situación real y formas de cómo mejorarla, en las que diferentes personas con diferentes visiones del mundo puedan convivir. La Figura 22 representa el proceso del uso de modelos.

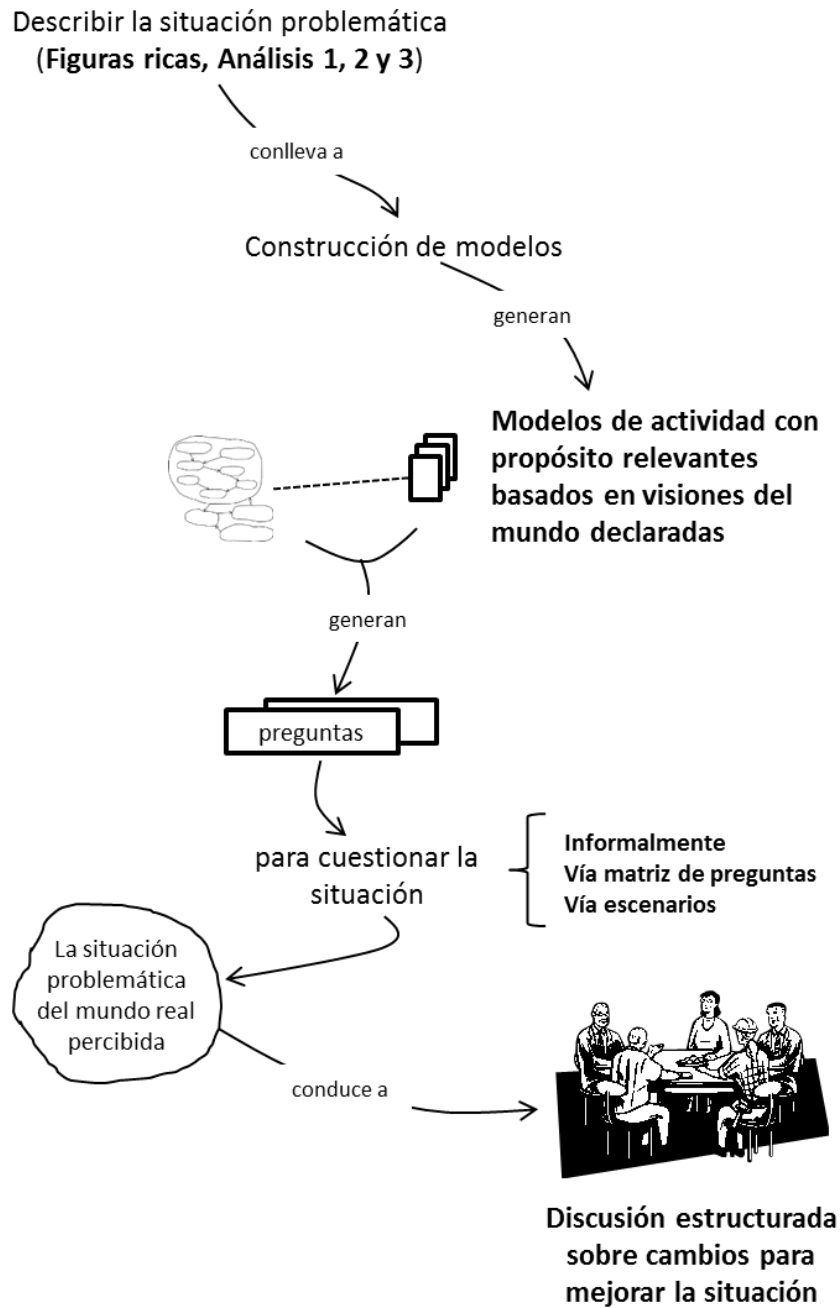


Figura 22. El rol de los modelos en la MSS  
Fuente: Checkland y Poulter, 2006

### Definir acciones para la mejora

Con el fin de hacer frente a la complejidad de las situaciones problemáticas y estructurar una discusión o debate para definir acciones para la mejora, la MSS usa la idea de encontrar un arreglo o acuerdo entre un grupo de personas con una preocupación común, dado que cada persona tiene una forma de pensar distinta y diferentes opiniones resultantes de diferentes visiones del mundo. Llegar a un acuerdo conlleva encontrar una versión de la situación, un escenario, en el que todos puedan convivir. Estos acuerdos implican, por supuesto, compromiso por parte de los involucrados o incluso, que alguno tenga que ceder un poco de poder.

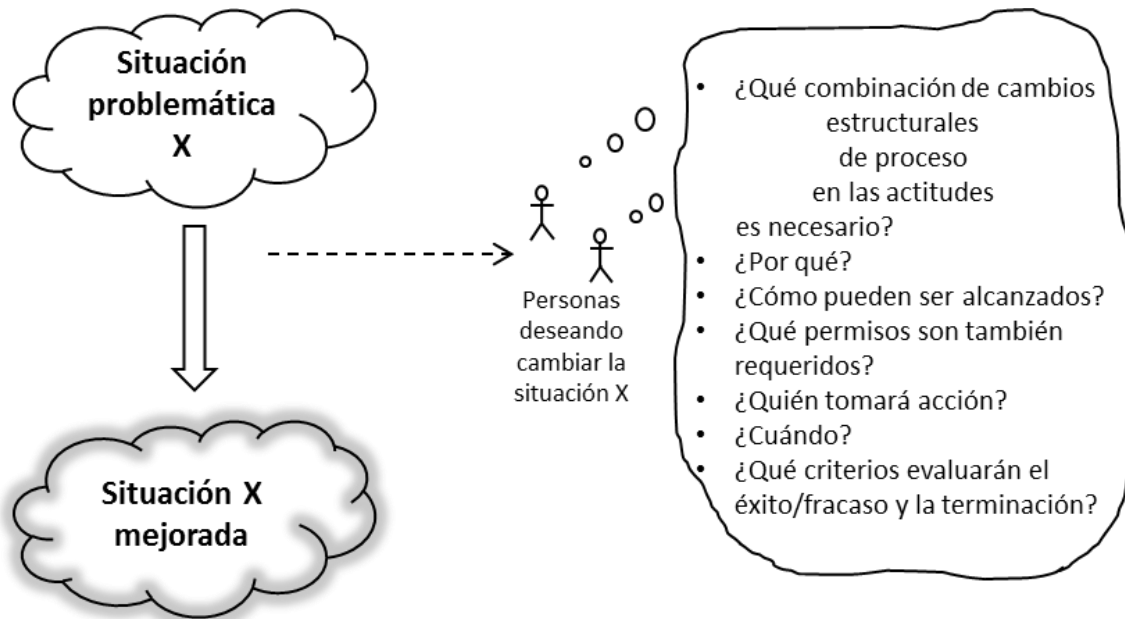
Cualquier acuerdo conlleva a hacer cambios en la situación y la discusión se enfocará en encontrar algunos cambios que sean igualmente deseables y culturalmente factibles<sup>20</sup>. Estos cambios pueden ser en las estructuras, en los procesos y/o procedimientos, y en las actitudes.

Los *cambios estructurales* son cambios hechos a esas partes de la realidad que en el corto plazo, en el curso de la ejecución de las cosas, no cambian. Pueden ser a grupos organizacionales, estructuras de información, o estructuras de responsabilidad funcional. Los *cambios de procedimientos* son cambios a los elementos dinámicos: los procesos de reportar e informar, verbalmente o de forma escrita, todas las actividades que ocurren dentro de las estructuras relativamente estáticas. Estos dos tipos de cambios son fáciles de especificar y relativamente fáciles de implementar, al menos por aquellos que tienen la autoridad o influencia suficientes. Este no es el caso del tercer tipo de cambios, *en las actitudes*. El término pretende incluir cosas como cambios en influencia, y cambios en las expectativas que las personas tienen del comportamiento apropiado para varios roles, así como cambios en la prontitud para calificar el comportamiento de otros como “bueno” o “malo”. Tales cambios ocurrirán continuamente como resultado de experiencias compartidas en un grupo de personas, y también serán afectados por cambios deliberados hechos a las estructuras y los procedimientos. Es posible tratar deliberadamente de efectuar cambios en las actitudes, aunque en la práctica es difícil alcanzar exactamente los resultados previstos (Checkland, 1981).

Una vez definidos los cambios deseables y factibles, es importante hacerse algunas preguntas: ¿por qué?, ¿cómo pueden ser alcanzados?, ¿qué acciones serán necesarias para lograr el cambio?, ¿quién tomará acción?, ¿cuándo?, ¿qué criterios definirán la implementación de los cambios como exitosos o no?, ¿cuál debe ser el sistema de monitoreo y control? Tal como lo esquematiza la Figura 23.

---

<sup>20</sup> Más allá de la definición de los cambios necesarios, el facilitador busca implementarlos. Esta implementación es, por supuesto, una situación problemática en sí, y se puede usar la MSS para manejarla. La implementación de los cambios se realizará en una cultura dada, y modificará dicha cultura, al menos un poco. Pero los cambios serán implementados únicamente si son percibidos como *significativos* dentro de esa cultura, dentro de su visión del mundo (Checkland y Scholes, 1990a).



**Figura 23. Postura de la MSS al introducir cambios en situaciones humanas**  
**Fuente: Checkland y Poulter, 2006**

La información que arrojen estas preguntas servirá para implementar los cambios deseados. Y aunque esta es la última etapa de la metodología, su forma de ciclo (Figura 15) se puede visualizar fácilmente al llegar a este punto, dado que la implementación de los cambios definidos conlleva a dos posibles situaciones: su introducción puede cambiar la situación de tal forma que, aunque la situación problemática percibida originalmente haya sido eliminada, nuevas situaciones problemáticas surgen; o bien, la actividad de implementar los cambios puede ser problemática en sí misma. En ambos casos la nueva situación problemática puede también ser manejada por medio de la MSS (Checkland, 1981).

### 2.1.3 Críticas a la metodología de sistemas suaves

Flood y Jackson (1991) realizan una crítica a la MSS que dividen en los siguientes apartados:

#### Teoría

- a) La primera crítica se refiere a la naturaleza restrictiva de la teoría interpretativa sobre la que la MSS está explícitamente basada. Los pensadores interpretativos ven la realidad social como la creación consciente de los actores humanos. Los “problemas” surgen cuando las percepciones individuales de la realidad de los actores no coinciden. No se considera que las fallas pueden deberse a sistemas de comunicación y control pobremente diseñados (enfoque cibernético). Además, la posibilidad de que las dificultades surjan porque diferentes individuos y grupos tienen diferencias de intereses reales, no es conceptualizada dentro de la lógica de la MSS.
- b) Otra crítica son las bases idealistas más que materialistas de la metodología de Checkland. La MSS es fundamentalmente idealista. Falla al hacer cualquier intento de ligar ideas de las

circunstancias sociales y económicas. El no hacer ningún intento de considerar estas serias características, es definitivamente una debilidad de la MSS.

### Metodología

- a) Los cambios que emergen de su implementación suponen ser sistemáticamente deseables y culturalmente viables. Sin embargo, en la práctica, el criterio de viabilidad cultural domina sobre la conveniencia sistémica.
- b) La viabilidad cultural, por consiguiente, juega un rol extremadamente importante en la MSS. Pero, ¿es esto coherente? La MSS simplemente parece negar la existencia de diferentes sub-culturas en las organizaciones y la sociedad.
- c) El punto anterior parece resaltar una contradicción que va directamente al corazón de la MSS. El pensamiento interpretativo abarca una forma de relativismo donde cada punto de vista debe ser aceptado como igualmente válido. Generar un entendimiento mutuo explorando los diferentes puntos de vista es un proceso que teóricamente puede continuar por siempre. Esto implica una mayor dificultad en situaciones prácticas.
- d) Como en la planeación interactiva de Ackoff, la participación también juega un papel importante en la MSS como garantía de que los resultados obtenidos son legítimos y que estarán suficientemente apoyados para ser implementados. Sin embargo, Checkland no especifica en qué medida esta participación debe ser extendida o quienes deben ser involucrados<sup>21</sup>.

### Ideología

- a) Se puede argumentar, dados los puntos anteriormente descritos, que la falla para establecer las bases de una genuina participación significa que la metodología servirá siempre a aquéllos con poder en la situación social.
- b) A pesar de la pretensión de Checkland de que la metodología es neutra en la práctica, ha sido evidente que la teoría en la cual está basada inevitablemente la condiciona a ser administrativa y reformista.

### Utilidad

La MSS es más adecuada para situaciones donde hay una coalición de las partes interesadas de la organización y la necesidad es crear, temporalmente al menos, una apreciación compartida entre estas partes de cuál es la mejor forma de abordar una situación problemática dada. En contextos coercitivos la MSS debe ser evitada debido a la facilidad con la que presta su apoyo a los tomadores de decisiones ya de por sí poderosos.

---

<sup>21</sup> Aunque Checkland describe los roles que deben ser considerados, la incorporación de un análisis de stakeholders como etapa preparatoria a la aplicación de la MSS sería tomada como una contribución a su desarrollo.

## 2.2 Indicadores de desempeño

Según la Real Academia Española el desempeño se refiere a “actuar, trabajar, dedicarse a una actividad”, lo cual nos da una idea básica, pero que requiere una elaboración conceptual más amplia para el ámbito de la planeación.

El concepto de desempeño en el ámbito gubernamental normalmente comprende tanto la eficiencia como la eficacia de una actividad de carácter recurrente o de un proyecto específico. En este contexto la eficiencia se refiere a la habilidad para desarrollar una actividad al mínimo costo posible, en tanto que la eficacia mide si los objetivos predefinidos para la actividad se están cumpliendo (ILPES, 2003).

Para evaluar el desempeño en los términos descritos anteriormente, se han desarrollado una gran cantidad de herramientas metodológicas, pero su uso puede conducir a confusiones dado que distintos autores y expertos utilizan diferente terminología para referirse a métodos similares. El campo académico de la evaluación del desempeño ha incluido dentro de la “evaluación del desempeño” a distintos instrumentos tales como:

- Información de monitoreo y seguimiento;
- Evaluación de proyectos y programas (tipo ex-ante, de seguimiento físico-financiero o ex-post);
- Auditoría de desempeño y
- Auditoría financiera.

Cualquiera que sea el instrumento que se utilice, se requerirá de indicadores que permitan evaluar el desempeño.

Un indicador de desempeño es un parámetro de medición que permite dar seguimiento y evaluar el cumplimiento de los objetivos de un sistema. Los indicadores proporcionan información oportuna sobre el estado de las actividades desarrolladas.

Los indicadores de desempeño son instrumentos de medición de las principales variables asociadas al cumplimiento de los objetivos, que a su vez constituyen una expresión cualitativa o cuantitativa concreta de lo que se pretende alcanzar con un objetivo específico establecido. La evaluación del desempeño se asocia al juicio que se realiza una vez culminada la acción o la intervención. Busca responder a interrogantes claves sobre cómo se ha realizado la intervención, si se han cumplido los objetivos (concretamente, la medida en que éstos han sido cumplidos), el nivel de satisfacción de la población objetivo, entre otras. En suma, se busca evaluar cuán bien o cuán aceptable ha sido el desempeño de determinado sistema con el objetivo de tomar las acciones necesarias para perfeccionar la gestión (ILPES, 2003).

La Metodología de Sistemas Suaves propone la construcción de un modelo conceptual que representa lo que un sistema debería hacer. La transición entre lo que el sistema hace y lo que debería hacer es necesario que sea monitoreado y controlado. Para poder controlar un sistema es necesario primero definir las medidas de desempeño. Estas medidas de desempeño deben incluir todo lo relacionado con mantener la estructura y contenido de las operaciones del sistema, el desempeño operacional debe ser analizado para saber si es satisfactorio o no.

En la Metodología de Sistemas Suaves, las operaciones en un modelo conceptual son siempre expresadas como un proceso de transformación entrada-salida. Se puede explorar la idea de decidir si las operaciones son satisfactorias o no preguntándose: ¿cómo podría el proceso de transformación fallar o ser considerado como fallido? (Checkland y Forbes, 1990).

De acuerdo con Checkland, hay tres maneras distintas en las que esto podría pasar:

- 1) Los medios seleccionados para efectuar la transformación no son los adecuados. Por esta razón hay que preguntarse: ¿La transformación funciona, en el sentido de producir las salidas que se requieren? Esto representa un indicador de **eficacia**.
- 2) Los medios pueden satisfacer el criterio anterior, pero podrían estarlo haciendo usando una elevada cantidad de los recursos que requiere el proceso. Es necesario preguntarse: ¿Los recursos usados son mínimos? Esto representa un indicador de **eficiencia**.
- 3) Finalmente, se podrían estar satisfaciendo los dos criterios anteriores, pero podría suceder que no se contribuye a alcanzar algunos objetivos a mayor largo plazo. Es necesario preguntarse: ¿Los bienes y servicios contribuyen a alcanzar los objetivos a largo plazo? Este es un indicador de **efectividad**.

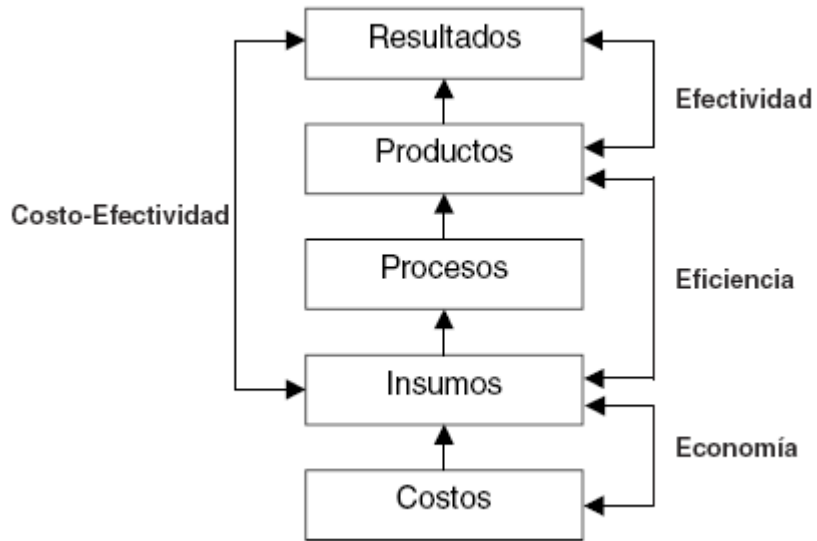
Estos son los 3 tipos de indicadores principales que Peter Checkland considera necesarios desarrollar para medir el desempeño de un sistema.

El proceso de transformación al que hace referencia la Metodología de Sistemas Suaves es comparable al proceso que describe la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

En primer lugar asume que los insumos son recursos que la organización o un gerente tienen disponibles para lograr un producto o resultado. Los insumos pueden incluir los trabajadores, equipos o instalaciones, materiales y los bienes o servicios recibidos. Los costos constituyen los gastos incurridos al usar los insumos.

Lo interesante de este proceso es la distinción que hace de “productos” y “resultados”. Los productos están relacionados con los bienes y servicios producidos directamente por el sistema. Los resultados se relacionan con los impactos o consecuencias para la comunidad de los productos o actividades del sistema. Los resultados reflejan los impactos intencionados y no intencionados de las acciones del sistema. Así, los resultados estarían relacionados con el indicador de efectividad, mientras que los productos se relacionarían con el indicador de eficacia, ambos descritos por Checkland.

La Figura 24 presenta la interrelación entre los cuatro conceptos y las relaciones que establecen los indicadores de eficiencia, efectividad, economía y costo-efectividad de acuerdo a la OCDE.



**Figura 24. Proceso de transformación e indicadores**  
**Fuente: ILPES, 2003**

En el caso de aplicación de este trabajo se aplicarán los indicadores de desempeño que Checkland propone en su metodología. Sin embargo, para su definición es importante considerar algunos criterios prácticos (Tabla 2).



<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
<b>Pertinencia</b>	Debe referirse a los procesos y productos esenciales que desarrolla cada sistema para reflejar el grado de cumplimiento de sus objetivos. La medición de todos los productos o actividades que realiza el sistema genera una saturación de información, tanto al interior de la organización como fuera de ésta.
<b>Homogeneidad</b>	La unidad de producto debe ser equivalente entre sí, en términos de volumen de trabajo y de recursos. Si no se da la equivalencia, para alcanzar las metas se tenderá a ejecutar sólo las acciones que demandan relativamente menos recursos, postergando o anulando las más costosas o complejas, que a menudo son las que tienen un mayor impacto sobre la gestión.
<b>Independencia</b>	Los indicadores deben responder en lo fundamental a las acciones que desarrolla y controla el sistema o a las variables del entorno que se vean afectadas directamente por esas acciones. No puede estar condicionado a factores externos.
<b>Costo</b>	La obtención de la información para la elaboración del indicador debe ser a costos que tengan correlación con los recursos que se invierten en la actividad.
<b>Confiabilidad</b>	Digno de confianza, independiente de quién realice la medición. En principio la base estadística de los indicadores debe estar en condiciones de ser auditada.
<b>Simplicidad y Comprehensividad</b>	Existe una tensión entre ambos criterios: se deben cubrir los aspectos más significativos del desempeño, pero la cantidad de indicadores no puede exceder la capacidad de análisis de los usuarios, tanto internos como externos. Los indicadores deben ser de fácil comprensión, libre de complejidades.
<b>Oportunidad</b>	Debe ser generado en el momento oportuno dependiendo del tipo de indicador y de la necesidad de su medición y difusión.
<b>No-redundancia</b>	Debe ser único y no repetitivo.
<b>Focalizado en áreas controlables</b>	Focalizado en áreas susceptibles de corregir en el desempeño del sistema generando a la vez responsabilidades directas en el personal.
<b>Participación</b>	Su elaboración debe involucrar en el proceso a todos los actores relevantes, con el fin de asegurar la legitimidad y reforzar el compromiso con los objetivos e indicadores resultantes. Esto implica además que el indicador y el objetivo que pretende evaluar sea lo más consensual posible al interior del sistema.

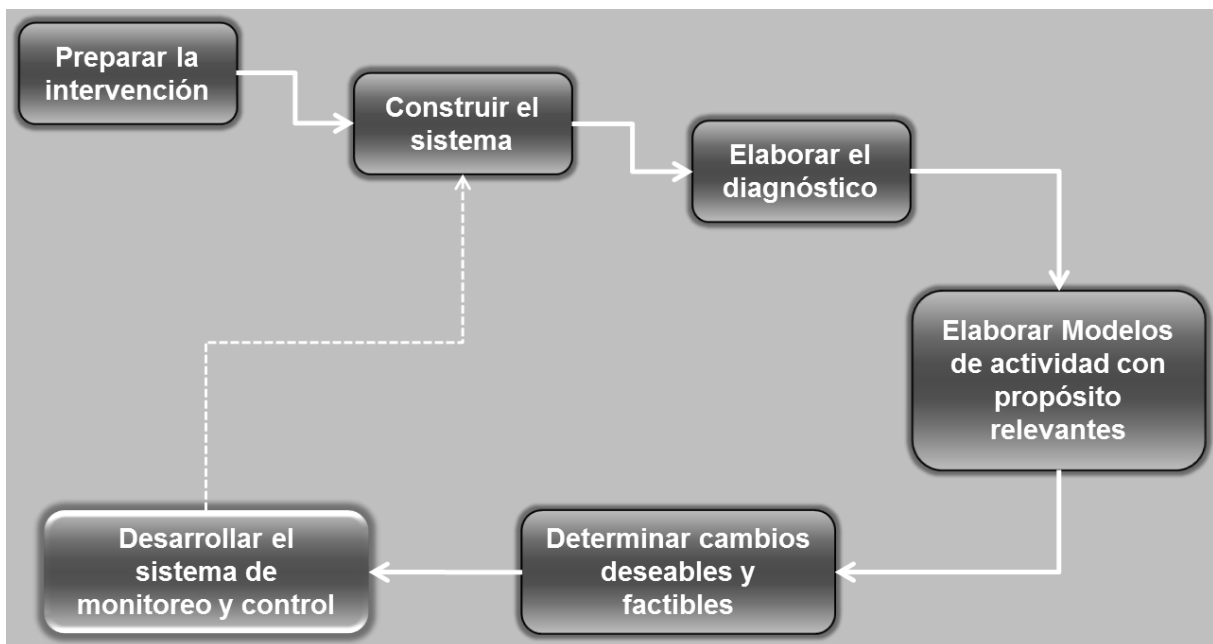
**Tabla 2. Criterios Prácticos para la Construcción de Indicadores**  
Fuente: ILPES, 2003

### 3. Desarrollo de un sistema de monitoreo y control para evaluar la ejecución del mantenimiento de un centro de proceso de PEP.

De acuerdo a las etapas descritas de la Metodología de Sistemas Suaves en el capítulo anterior, éstas se pueden agrupar y resumir de la siguiente manera:

1. Describir la situación inicial que es vista como problemática
  - Análisis 1 (la intervención en sí)
  - Análisis 2 (social o cultural)
  - Análisis 3 (político)
2. Elaborar algunos modelos de actividad con propósito relevantes. Usando algunas directrices definidas previamente.
3. Usar los modelos para cuestionar la situación real. Discusión organizada utilizando tabla matriz.
4. Definir/ejecutar acciones para mejorar la situación.

Con la finalidad de hacer este proceso de la MSS más comprensible y sencillo de aplicar, en este caso de aplicación se propone la siguiente estrategia a seguir para el desarrollo del sistema de monitoreo y control (Figura 25).



**Figura 25. Estrategia para desarrollar el sistema de monitoreo y control**  
Fuente: Elaboración propia

Primeramente es necesario *preparar la intervención*, lo que la MSS considera como Análisis 1, donde se definen los roles de los participantes en la intervención. Posteriormente se *construye el sistema*, aunque esta actividad no está considerada como tal en la MSS, la información que se obtiene de ésta es muy útil para las etapas siguientes en la metodología.

Después se propone *elaborar el diagnóstico*, contemplando el Análisis 2 y 3 de la MSS. Con esto se estaría completando la etapa 1 de la metodología de Checkland (“Describir”).

Con los elementos obtenidos en los análisis anteriores y usando las directrices que establece la MSS, se deben *elaborar modelos de actividad con propósito relevantes*, segunda etapa de la metodología.

Los modelos elaborados se usan para organizar una discusión sobre los *cambios deseables y factibles*, como lo establece la tercera etapa de la MSS. Todas estas actividades proporcionan los elementos para *desarrollar el sistema de monitoreo y control* requerido, lo que constituye la cuarta y última etapa de la Metodología de Sistemas Suaves.

Así como la metodología tiene forma de ciclo (Figura 15), la estrategia a seguir en este caso también tiene forma de ciclo, pues una vez desarrollado el sistema de monitoreo y control, dado que también es susceptible de ser monitoreado a través de los criterios de eficacia, eficiencia y efectividad, se pueden tomar acciones de control para su mejora, volviendo a iniciar el proceso.

Se espera que siguiendo esta estrategia basada en la MSS se logren los objetivos planteados por el caso de aplicación. A continuación se desarrolla cada una de las etapas propuestas.

### **3.1 Etapa preparatoria para la intervención**

La intervención implica definir inicialmente quiénes serán los involucrados en el proceso del desarrollo del sistema de monitoreo y control. De acuerdo a la Metodología de Sistemas Suaves (MSS), para iniciar el proceso de describir la situación inicial que es vista como problemática hay que llevar a cabo el Análisis 1, que es precisamente la intervención en sí.

#### Análisis 1

El desarrollo de este caso de aplicación se presentó pues en entrevista con el Coordinador de Mantenimiento de un centro de proceso se detectó la situación problemática expresada en apartados anteriores y permitió que la intervención tuviera lugar, por lo tanto él representa el rol del “cliente”.

El rol de “facilitador” es asumido por el autor de esta tesis, pues es quien guió la intervención aplicando la Metodología de Sistemas Suaves (MSS) durante todo el caso. Es importante mencionar que dada la ubicación costa afuera de la instalación o área de trabajo donde se presentó la situación a intervenir, sólo las personas que ahí laboran tienen acceso a estas instalaciones, tanto por políticas de seguridad de PEP como por cuestiones de logística (transporte aéreo o marítimo, alojamiento, capacidad máxima de la instalación, etc.).

Por esta razón fue necesario primeramente instruir al cliente en el proceso de la MSS y sus conceptos básicos, ya que físicamente el facilitador no tendría acceso al área de trabajo y a la interacción con los “propietarios del problema”, el tercer rol que la MSS establece.

Esta situación condujo al establecimiento de un esquema de trabajo que contempló:

- Capacitación presencial en la MSS al cliente, al inicio de la intervención y durante todo el proceso, mediante reuniones.
- Asesoría del facilitador durante todo el proceso de intervención vía videoconferencia y correo electrónico.
- Reuniones vía videoconferencia con todos los participantes en el proceso, cada vez que la metodología así lo requiere.
- Elaboración de formatos, cuando la metodología lo permite, para facilitar la intervención.
- Participación del cliente como facilitador para conducir físicamente el proceso de intervención en el área de trabajo con los propietarios del problema.

Una vez definido el esquema de trabajo para la intervención, se procedió a nombrar el rol de “propietarios del problema” que la metodología establece. Para hacerlo, se elaboró un formato tipo cuestionario para formalizar los roles y algunos aspectos útiles de la intervención. La Tabla 3 resume la información recopilada.

Esta información fue obtenida después de definir a los propietarios del problema y realizar una reunión de formalización del equipo para la intervención, donde se les explicó su objetivo, esquema de trabajo y la metodología a utilizar. Con esto se considera concluida la etapa preparatoria para la intervención en este caso de aplicación.

Después del Análisis 1 la MSS sugiere continuar con el Análisis 2 (cultural) y 3 (político), sin embargo como el mismo autor afirma esta metodología es flexible y su proceso no se presenta como pasos a seguir, solamente guían la aplicación. Por lo que en este punto, como se expresó en la estrategia inicial, antes de realizar estos análisis es necesario *construir el sistema* para contar con mayor información en las etapas siguientes del proceso.

Preguntas	Respuestas
¿Quién es el <i>cliente</i> ?	Coordinador de mantenimiento
¿Cuáles son sus pretensiones?	Tener un sistema de monitoreo y control (SMC) para la ejecución del mantenimiento que permita detectar, registrar y controlar las obstrucciones que se presentan en el área.
¿Quién es el <i>facilitador</i> ?	Realizador del caso de aplicación y el coordinador de mantenimiento
¿Quiénes son los <i>propietarios del problema</i> ?	Coordinador de mantenimiento Ingeniero mecánico-eléctrico Ingeniero de instrumentos y control Ingeniero de control de satélites Administrador del centro de proceso
¿Cuál es el problema percibido por los propietarios del problema?	<i>Ingenieros/coordinador:</i> Cuando en la ejecución de las responsabilidades a su cargo surgen situaciones que obstruyen su cumplimiento, no existe un sistema para registrarlas y documentarlas. Con los elementos de medición que se tienen actualmente (operativos) se evalúa únicamente el desempeño de los equipos (físicos) de trabajo y el cumplimiento de programas de mantenimiento, pero este sistema no permite monitorear las causas que originan desviaciones en el cumplimiento.  <i>Administrador:</i> Aunque se conozcan cuáles son las causas más comunes que originan obstrucciones en la ejecución del mantenimiento, no contar con registros organizados dificulta que se pueda justificar la toma de acciones para coordinar las áreas involucradas.
¿Cuáles son sus expectativas para la mejora de la situación?	Contar con un SMC de la ejecución del mantenimiento permitirá evaluar y mejorar su desempeño, pues la información obtenida servirá para tomar decisiones oportunamente.
¿Qué aspectos son altamente valorados por los propietarios del sistema?	El sistema de monitoreo y control creado debe ser sencillo de comprender y los datos que requiera deben ser de fácil obtención.
¿Qué limitaciones visualizan los propietarios del sistema?	El tiempo del que disponen entre sus actividades de trabajo es reducido para participar en la intervención; que los trabajadores vean al SMC como “más papeleo” engorroso.

Tabla 3. Roles y aspectos útiles para la intervención (Análisis 1)

Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Construcción del sistema

Una vez definidos los participantes en el proceso, es necesario realizar la construcción del sistema donde se requiere el desarrollo del sistema de monitoreo y control, es decir, describir el área, sus elementos e interrelaciones entre sí, contextualizarla dentro de la organización, detallar sus responsabilidades.

El primer paso para la construcción del sistema es contextualizar el área de mantenimiento dentro de la organización del centro de proceso haciendo una breve descripción de ésta, ubicando el área en cuestión y definiendo sus relaciones con las demás áreas.

A través de reuniones de trabajo se logró recopilar esta información y establecer la siguiente descripción del área:

*“La coordinación de mantenimiento (MEDySA) del centro de proceso asegura la disponibilidad y confiabilidad operativa de los equipos de proceso, proporcionando el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo establecidos en el programa y órdenes de mantenimiento, para contribuir al logro de los objetivos operativos del centro de proceso.”*

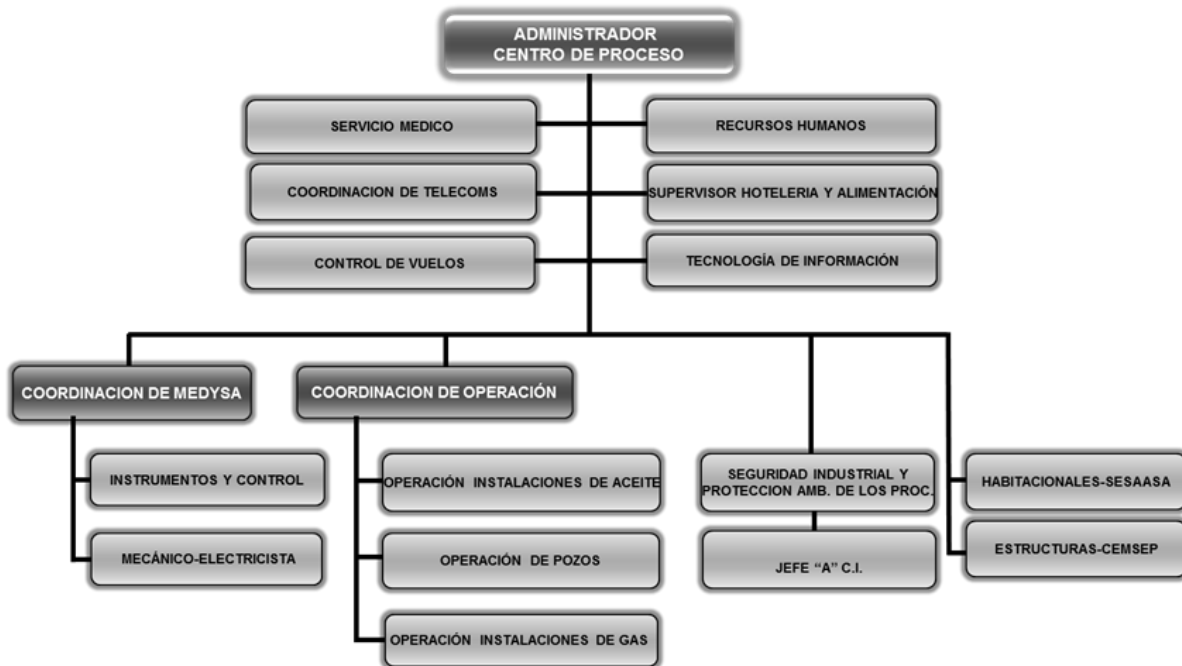
La Figura 26 muestra el organigrama del centro de proceso, que aunque ya se había presentado en el apartado 1.1.1 del presente trabajo, es pertinente retomarlo para contextualizar el lugar de la coordinación de mantenimiento en la organización.

La máxima autoridad dentro del centro de proceso es el Administrador, que como ya se definió en el Análisis 1, es uno de los “propietarios del problema”. Tiene a su cargo todas las instalaciones que integran el centro de proceso, para lo cual cuenta con el personal de apoyo que describe el organigrama. Las dos áreas centrales que soportan el proceso productivo son la Coordinación de MEDySA y la Coordinación de Operación.

La Coordinación de MEDySA tiene relación directa con la Coordinación de Operación, pues requiere que ésta le proporcione libranza de los equipos a ser mantenidos de acuerdo a sus programas establecidos. En caso de que algún equipo falle, Operación solicita el mantenimiento correctivo necesario a través de órdenes de trabajo.

MEDySA también se relaciona con el área de Seguridad Industrial y Protección Ambiental, pues la ejecución del mantenimiento tiene que ser realizada mediante “Permisos de trabajo” que deben contar con la autorización del área de seguridad para verificar que no entre en conflicto con otras actividades y cuente con todos los requisitos de seguridad.

De manera menos directa MEDySA se relaciona con las demás áreas de soporte a la Operación: control de vuelos cuando los mantenimientos serán ejecutados en otra plataforma y requiere transportar personal; tecnología de información para soporte en sus equipos de cómputo; y así sucesivamente.



**Figura 26. Organigrama común de un centro de proceso**  
**Fuente: Elaboración propia**

Ya que se ha descrito y ubicado el sistema a abordar, es necesario describir sus responsabilidades o funciones.

La coordinación de MEDySA en el centro de proceso tiene las siguientes responsabilidades:

- Mantener la integridad mecánica y eléctrica de equipos, sistemas e instalaciones a su cargo, implementando las acciones de inspección verificación y mantenimiento que sean requeridas.
- Garantizar la continuidad operativa de equipos, sistemas e instalaciones libres de fallas por acciones u omisiones de mantenimiento.
- Evitar la ocurrencia de fallas en equipos, sistemas e instalaciones, tomando las acciones necesarias, entre las cuales estará la vigilancia del comportamiento aero-termodinámico de la turbo maquinaria, análisis de parámetros operativos, elaboración y análisis de tendencias, verificación de funcionamiento de equipos y sistemas.
- Garantizar que exista "0" cero diferimiento de producción de aceite y "0" cero gases amargos quemados por acciones u omisiones de mantenimiento, por lo que dirigirá y verificará la aplicación del mantenimiento en las instalaciones en función a la seguridad, el manejo de la producción y la protección ambiental.
- Evitar la ocurrencia de anomalías técnicas y de seguridad por acciones u omisiones de mantenimiento, asimismo corregir las anomalías ya existentes.

- Administrar eficientemente y solicitar oportunamente las refacciones críticas, estratégicas, de mantenimiento preventivo y el material de uso común con sus correspondientes especificaciones técnicas y/o números de parte, que se requieran para el sostenimiento operativo de equipos e instalaciones.
- Garantizar que la aplicación del mantenimiento y las intervenciones en equipos y sistemas sean de óptima calidad, por lo que no deberán presentarse fallas o daños de equipos a consecuencia de las intervenciones de mantenimiento, por lo que deberá tomar las acciones de verificación y control que sean necesarias.
- Informar inmediatamente a la superintendencia de mantenimiento que corresponda, de los eventos relevantes asociados al personal, equipos, producción diferida, instalaciones y afectaciones al medio ambiente, emitiendo la nota informativa correspondiente al concluir el análisis del evento con la causa diagnosticada.
- Verificar y validar que los servicios contratados realizados por terceros se ejecuten con calidad y cumpliendo con los disposiciones institucionales.
- Tomar las acciones necesarias para la implementación y cumplimiento de los programas y proyectos institucionales tales como SSPA, SiEDE, SCO<sup>22</sup>.
- Registrar en los sistemas SAP<sup>23</sup> y SiEDE todo lo correspondiente a Mantenimiento Dinámico, de tal forma que estos sistemas se mantengan actualizados con la información de las actividades de mantenimiento preventivo, correctivo, fallas y aclaraciones correspondientes a cada sistema.

Para ejecutar estas funciones, la coordinación de mantenimiento tiene una estructura organizacional como la que se muestra en la Figura 27. Los Ingenieros mecánico-eléctrico, de instrumentos y control; y de control de satélites son los “propietarios del problema” descritos en el Análisis 1. Se eligieron porque ellos, junto con el coordinador de mantenimiento, son los responsables del control y seguimiento de todas las funciones del área.

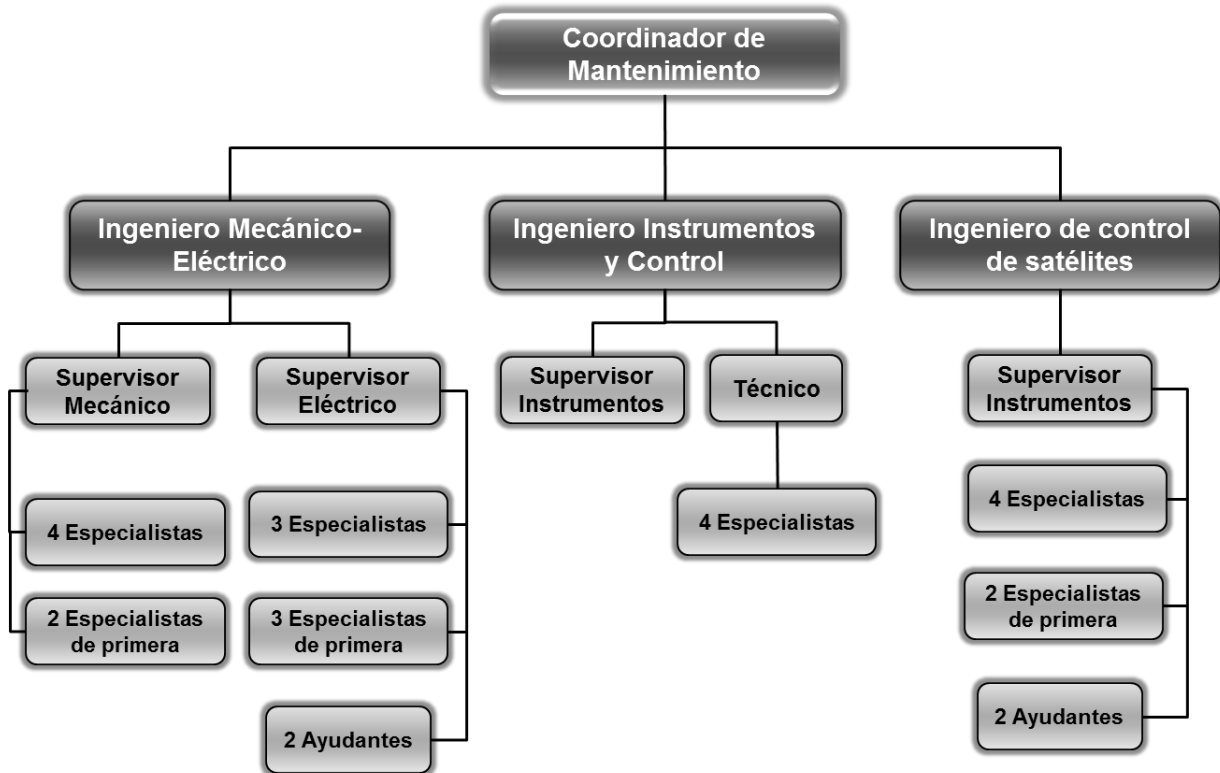
En el siguiente nivel de desagregación del organigrama se encuentran los supervisores, éstos verifican la ejecución del mantenimiento que los especialistas y ayudantes realizan directamente en campo. Por esta razón no fueron considerados como propietarios del sistema, pues se encargan de la ejecución manual del mantenimiento.

---

<sup>22</sup> SSPA: Sistema de Seguridad, Salud y Protección Ambiental, proyecto institucional de la empresa; SiEDE: Sistema Institucional de Evaluación de Equipos; SCO: Sistema de Confiabilidad Operacional.

<sup>23</sup> SAP: acrónimo de "Systems, Applications, and Products in Data Processing" (Sistemas, aplicaciones y productos para el procesamiento de datos).





**Figura 27. Organigrama de la coordinación de MEDySA**  
**Fuente: Elaboración propia**

Una vez descritos todos estos elementos, se debe elaborar un diagrama de “caja negra”, en el que se describan las entradas, el proceso de transformación, las salidas, desechos, entorno de primer orden y entorno de segundo orden del área estudiada.

La Figura 28 muestra el diagrama de caja negra de la coordinación de MEDySA, obtenida con la colaboración de todos los participantes en la intervención.

Después de discutir sobre lo que implica el proceso de transformación según las responsabilidades descritas, los participantes coincidieron en que la manera como las cumplen es principalmente a través de la ejecución del mantenimiento, es decir, la intervención de los equipos ya sea para su mantenimiento preventivo o correctivo. Algunas responsabilidades como el cumplimiento de programas y proyectos institucionales, así como registrar en los sistemas la información del mantenimiento, son actividades secundarias a la función principal del mantenimiento.

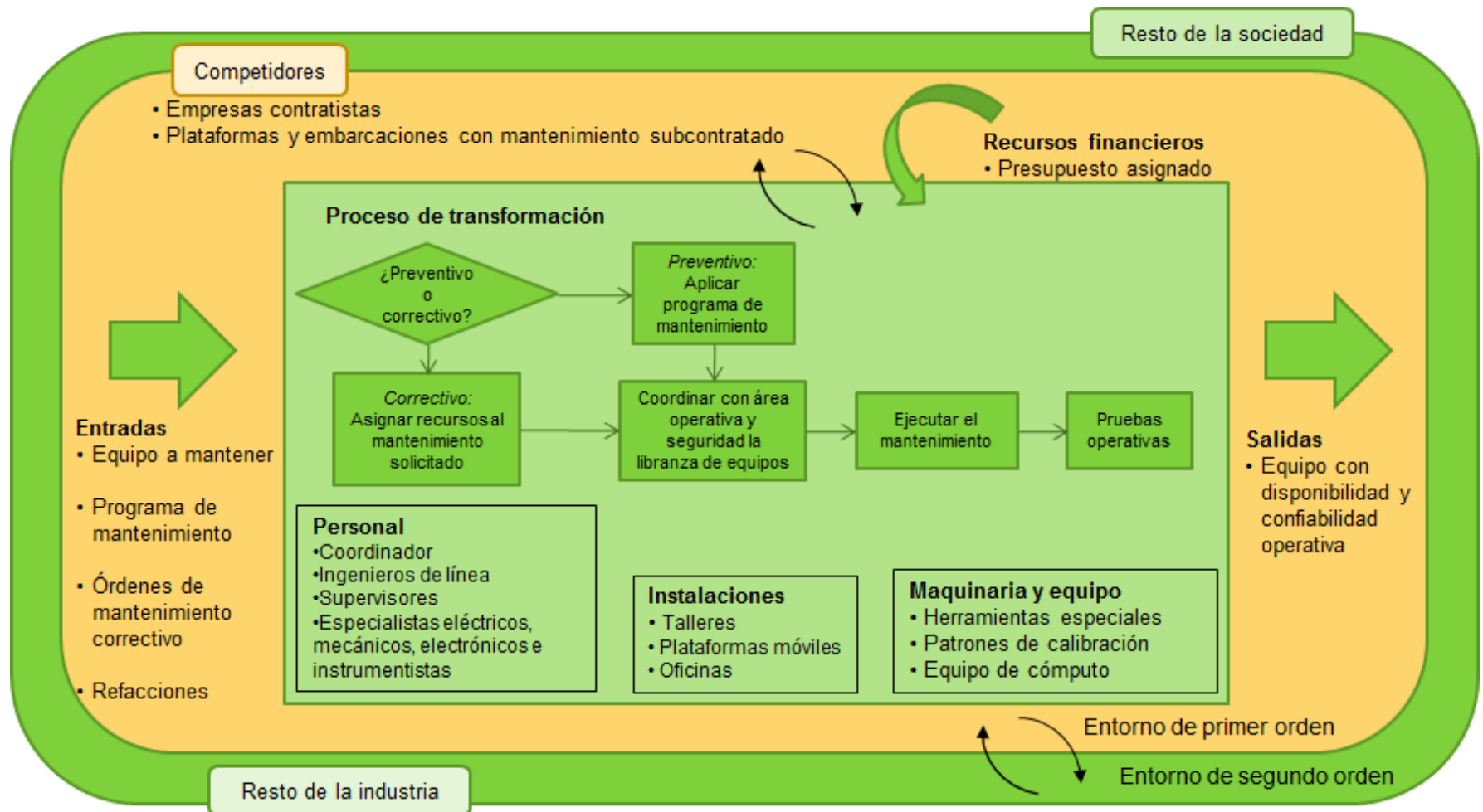


Figura 28. Diagrama de caja negra de la coordinación de MEDySA  
Fuente: Elaboración propia

Partiendo de esto, se definieron los elementos para la construcción del sistema. Las entradas son los equipos a los que se les dará mantenimiento de acuerdo al programa de mantenimiento o a las órdenes de trabajo correctivo, así como las refacciones necesarias.

El proceso de transformación inicia con la distinción entre el mantenimiento preventivo o correctivo, pues si se trata del primero se procede directamente a la aplicación del programa establecido, contando ya con el personal, refacciones, herramienta, procedimientos, etc. que se requieren. Pero si se presenta un mantenimiento correctivo hay que asignar los recursos necesarios, solicitándolos a las áreas pertinentes de ser necesario.

Una vez que ya se cuenta con los recursos para realizar el mantenimiento, es necesario acordar la libranza de los equipos con el coordinador de operación y el área de seguridad. Recibidos los equipos, se ejecuta el mantenimiento y al concluirlo se realizan las pruebas operativas necesarias para entregar los equipos con disponibilidad y confiabilidad operativa.

Como todas las áreas, MEDySA cuenta con un presupuesto asignado de acuerdo a sus programas de trabajo. Además, tiene contratos con empresas externas, plataformas y embarcaciones para ejecutar ciertos mantenimientos, por lo que dentro de la construcción del sistema éstos constituyen sus competidores.

En el entorno de segundo orden se encuentra el resto de la industria y la sociedad.

De esta manera se construyó el sistema, que es de fundamental importancia para dar claridad a las siguientes etapas de la metodología.

### **3.3 Diagnóstico**

Una vez definido el sistema a intervenir, es posible realizar lo que este caso de aplicación considera como diagnóstico, que consiste en recolectar datos relevantes y analizarlos para conocer la situación actual.

En el apartado 1 de este trabajo se formuló la problemática con su contexto y antecedentes, por lo que en esta sección lo que se pretende es realizar los Análisis Social o Cultural (2) y Político (3) que Checkland propone en la Metodología de Sistemas Suaves como parte de la primera etapa *“Describir la situación inicial que es vista como problemática”*.

#### Análisis 2

El análisis social o cultural de la MSS se realizó a lo largo de la intervención, observando los roles, normas y valores (formales e informales) que prevalecen entre los participantes en el proceso y se encontró lo descrito en la Tabla 4.

<b>Criterio</b>	<b>Hallazgos</b>
<b>Roles</b>	<p>El rol del área de mantenimiento es asegurar la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos en la instalación. Cada uno de los miembros del área contribuye desde su posición a lograrlo.</p> <p>Otro rol del área es corregir anomalías o fallas de los equipos para no afectar al proceso de producción.</p> <p>El área de Operación asocia al área de Mantenimiento el rol de “responsable de que nada falle”, por lo tanto si algún elemento del proceso falla, la primera reacción es asignarle la responsabilidad, aunque se deba a razones ajenas como errores operativos, condiciones de operación, etc.</p>
<b>Normas</b>	<p>Las normas asociadas al área de mantenimiento y cada uno de sus miembros son las mismas que para todo el personal, pues están regidos por el Reglamento para los trabajadores de Petróleos Mexicanos.</p> <p>Una norma propia del área de mantenimiento establecida por su coordinador abordo<sup>24</sup> es documentar todos los sucesos relevantes, necesidades, requerimientos, anomalías, etc. Esto ha sido muy útil para asignar y deslindar responsabilidades sobre todo cuando se realizan investigaciones de fallas o incidentes.</p>
<b>Valores</b>	<p>Compromiso de todos los miembros del área de mantenimiento con las responsabilidades asignadas.</p> <p>Trabajos desarrollados con apego a la normatividad en seguridad, salud y protección ambiental.</p> <p>Toma de decisiones con conocimiento y responsabilidad, por lo que los trabajadores se sienten respaldados por el coordinador.</p> <p>Los trabajadores de planta tienen su trabajo “seguro” por lo que algunos no se esfuerzan en realizar actividades más allá de las asignadas.</p> <p>Los trabajadores sindicalizados cuentan con respaldo y protección del Sindicato, por lo que algunos se resguardan en esto para no esforzarse “más de lo necesario”.</p> <p>Cuando otro centro de proceso requiere apoyo ya sea de personal, material o herramientas, el área de mantenimiento lo proporciona, aunque esto signifique realizar las actividades con menos recursos.</p>

**Tabla 4. Análisis 2 (social o cultural)**

**Fuente: Elaboración propia**

<sup>24</sup> “Abordo” es un término que se utiliza para indicar que se encuentra en la plataforma marina de trabajo, para diferenciarlo del coordinador “en tierra”, que coordina todas las plataformas y centros de proceso.

### Análisis 3

El análisis político se realizó al igual que el análisis 2, mediante la observación a lo largo de la intervención. La Tabla 5 describe los hallazgos.

<b>Criterio</b>	<b>Hallazgos</b>
<b>Disposición del poder</b>	<p>El coordinador de mantenimiento, por su rol y liderazgo tiene el poder sobre los trabajadores a su cargo. Sin embargo, las áreas encargadas de asignar al personal son las oficinas en tierra, por lo que éstas pueden hacer movimientos de personal a su consideración (rotación). Esto genera cierta incertidumbre entre los trabajadores.</p> <p>Las decisiones del área son tomadas por el coordinador de mantenimiento, aunque en algunas ocasiones se genere controversia con el administrador del centro de proceso.</p> <p>El administrador del centro de proceso toma las decisiones sobre la libranza de equipos para el mantenimiento de acuerdo a sus programas, los cuales en ocasiones entran en conflicto con las de mantenimiento.</p> <p>De manera informal hay conflicto de poder entre el área de mantenimiento y operación.</p> <p>La coordinación de MEDySA en tierra tiene tendencia a responsabilizar a los trabajadores de las fallas y desviaciones del cumplimiento que se puedan presentar, lo que genera inquietud entre el personal de mantenimiento del centro de proceso, pues consideran arbitrario el ejercicio del poder y no se sienten respaldados por la Coordinación en tierra.</p>
<b>Naturaleza del poder</b>	<p>La coordinación de MEDySA en tierra usa el poder del rol superior para crear intimidación.</p> <p>Desconfianza entre los trabajadores, por el posible acercamiento de sus compañeros al “grupo de poder” de MEDySA en tierra o al área de operación, su acceso a la información y habilidad para persuadir.</p> <p>Manejo y retención de la información, creando falsas expectativas e incertidumbre.</p>

**Tabla 5. Análisis 3 (político)**

**Fuente: Elaboración propia**

Los análisis 2 y 3 proporcionan información útil para entender las relaciones en el área intervenida, su influencia en el desarrollo de la intervención y en los resultados obtenidos al final del ejercicio. El análisis 1 también arrojó algunos aspectos útiles referentes al problema percibido por los participantes y sus expectativas.

Básicamente se detectó que la mayor preocupación es que aunque se conocen las causas más comunes que originan obstrucciones en la ejecución del mantenimiento (los recursos necesarios para las actividades programadas no siempre están disponibles o son los adecuados; los programas de trabajo en ocasiones difieren con los recursos asignados y con los programas del área operativa) no existe un mecanismo para registrarlas y documentarlas aparte de las notas informativas que no generan un registro histórico cuantitativo para la toma de decisiones.

De acuerdo a los análisis 2 y 3, cuando ocurre una falla en los equipos o una anomalía en el cumplimiento del programa de mantenimiento, la tendencia más común en el área de Operación es responsabilizar al área de Mantenimiento, y en la coordinación de MEDySA en tierra es responsabilizar directamente a los trabajadores, haciéndoles llamados de atención, castigos o cambiándolos de centro de trabajo. Esta es una de las razones principales que ha motivado al coordinador de mantenimiento en el centro de proceso a documentar todas las necesidades, requerimientos, anomalías, etc. conforme se presentan, para evitar que se responsabilice a los trabajadores.

Por lo tanto, el desarrollo del sistema de monitoreo y control (SMC) para evaluar la ejecución del mantenimiento surgió de la necesidad de encontrar un mecanismo para registrar y documentar las causas que generan obstrucciones, permitiendo mejorar su desempeño, pues la información obtenida servirá para tomar decisiones oportunamente. Estas son las expectativas de los propietarios del problema.

En cuanto a la limitación que visualizan de que los trabajadores encuentren el SMC como una carga extra a sus actividades o como un papeleo engorroso, los análisis 2 y 3 reflejan que los trabajadores del área se sienten respaldados por el Coordinador Abordo, por su liderazgo en la toma de decisiones y su práctica de documentar los eventos que posteriormente podrían deslindarlos de la responsabilidad de alguna falla, anomalía o incumplimiento.

Por esta razón, se considera que entre los trabajadores no se generará rechazo hacia el SMC. Además el hecho de que los propietarios del problema participen en la intervención para su desarrollo genera compromiso y respaldo.

Es importante mencionar que la información generada por los Análisis 2 y 3 fue obtenida mediante observaciones del facilitador para su consideración en todo el proceso de intervención y ampliar su visión de los cambios que pudieran ser factibles. Estos Análisis *no fueron compartidos con los participantes en la intervención*, ya que podrían ser sensibles a su contenido y como la metodología menciona, éstos dan “versiones oficiales” de la cultura que impera.

### **3.4 Elaboración de modelos de actividad con propósito relevantes**

La siguiente etapa en la Metodología de Sistemas Suaves sugiere elaborar modelos de actividad con propósito relevantes para la situación. Este concepto se explicó en el marco teórico de referencia, apartado 2.1.1 del presente trabajo.

Para elaborar los modelos se realizaron una serie de reuniones de trabajo de acuerdo al esquema definido al principio de la intervención. Una manera de facilitar su construcción fue aplicando las directrices que la MSS establece mediante un formato que fue llenado con la colaboración de todos los participantes (Tabla 6).

En esta etapa fue de fundamental importancia la guía y asesoría del facilitador para lograr la comprensión de los conceptos de la MSS. El apartado 3.2, construcción del sistema, fue de gran ayuda para este caso.

Ya que se tienen las definiciones raíz basadas tanto en la tarea primaria (PT) del sistema como en el problema (IB) que está siendo intervenido, es crucial para el facilitador visualizar qué clase de modelo surgirá a partir de cada definición raíz. Esto se debe a que los modelos a construir deben ser “relevantes” para la situación, es decir, deben conducir a mejorar la situación problemática detectada.

La definición raíz basada en la tarea primaria conllevará a construir un modelo de actividades con propósito donde se definan y conecten las actividades necesarias para realizar el proceso de transformación del área de mantenimiento, lo cual permitirá identificarlas a detalle y definir sus medidas de desempeño para monitorearlas y tomar acciones de control. Estas medidas de desempeño contribuirán al desarrollo de indicadores para el sistema de monitoreo y control del área de mantenimiento.

En el caso de la definición raíz basada en el problema, ésta conducirá a elaborar un modelo con las actividades necesarias para desarrollar el sistema de monitoreo y control del área de mantenimiento, por lo que será útil para lograr los objetivos planeados al inicio del caso de aplicación y mejorar la situación problemática.

Por lo tanto, ambas definiciones raíces llevarán a construir modelos relevantes. En el caso de la definición raíz basada en el problema es necesario aplicar nuevamente las directrices de la MSS, para completar la información que conducirá a la construcción del modelo. La Tabla 7 muestra las descripciones obtenidas.

Directriz	Descripción
PQR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>¿Qué hace el área de mantenimiento?</b> La coordinación de mantenimiento (MEDySA) del centro de proceso asegura la disponibilidad y confiabilidad operativa de los equipos de proceso.</li> <li>• <b>¿Cómo lo hace?</b> Proporcionando el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo establecidos en el programa y órdenes de mantenimiento.</li> <li>• <b>¿Por qué lo hace?</b> Para contribuir al logro de los objetivos operativos del centro de proceso.</li> </ul>
CATWOE	<p><b>C</b> – Operación  <b>A</b> – Trabajadores de mantenimiento  <b>T</b> – De acuerdo al programa u orden de mantenimiento, se asignan recursos, se coordina con el área operativa y de seguridad para la libranza de equipos, y se ejecuta el mantenimiento preventivo o correctivo. Al finalizar el mantenimiento se realizan las pruebas operativas y se entrega el equipo con disponibilidad y confiabilidad operativa al área de operación (Figura 28).  <b>W</b> – El mantenimiento es indispensable para la operación.  La evaluación de la ejecución del mantenimiento es indispensable para mejorar su desempeño.  <b>O</b> – Coordinador de mantenimiento  <b>E</b> – Plataforma marina, la coordinación de mantenimiento abordo depende de la logística y asignación de recursos de otra área en tierra.</p>
Eficacia, Eficiencia, Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Eficacia:</b> ¿El proceso de mantenimiento funciona, en el sentido de mantener los equipos con disponibilidad y confiabilidad operativa?</li> <li>• <b>Eficiencia.</b> ¿El mantenimiento está siendo realizado con un mínimo uso de recursos y el menor tiempo posible?</li> <li>• <b>Efectividad.</b> ¿El mantenimiento está ayudando a alcanzar algunos de los objetivos a más alto nivel o largo plazo (operativos)?</li> </ul>
PT/IB	<p><b>PT:</b> La ejecución del mantenimiento.  <b>IB:</b> La necesidad de un SMC para evaluar la ejecución del mantenimiento.</p>
Definiciones Raíz	<p><b>PT:</b> La coordinación de mantenimiento (MEDySA) del centro de proceso asegura la disponibilidad y confiabilidad operativa de los equipos de proceso, proporcionando el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo establecidos en el programa y órdenes de mantenimiento, a través de los recursos asignados y siguiendo los protocolos de seguridad, para contribuir al logro de los objetivos operativos del centro de proceso.</p> <p><b>IB:</b> Un sistema de monitoreo y control en la coordinación de mantenimiento del centro de proceso permite evaluar su desempeño y mejorar su eficacia, eficiencia y efectividad a través de información oportuna y relevante que permite tomar las mejores decisiones.</p>

Tabla 6. Directrices para elaborar modelos de actividad con propósito relevantes (1)

Fuente: Elaboración propia



Directriz	Descripción
PQR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>¿Qué hace el sistema de monitoreo y control?</b> El sistema de monitoreo y control evalúa la ejecución del mantenimiento del centro de proceso y detecta las causas de obstrucciones.</li> <li>• <b>¿Cómo lo hace?</b> Recopilando información del desempeño de las actividades realizadas, registrándola para el cálculo de los indicadores de desempeño, monitoreando los indicadores, reportando los hallazgos y tomando las acciones de control necesarias.</li> <li>• <b>¿Por qué lo hace?</b> Para mejorar el desempeño del área de mantenimiento</li> </ul>
CATWOE	<p><b>C</b> – Coordinador de mantenimiento / Ingenieros / Administrador  <b>A</b> – Trabajadores de mantenimiento  <b>T</b> – Se recopila información del desempeño de las actividades realizadas, se registran en la base de datos elaborada para el cálculo de los indicadores de eficacia, eficiencia y efectividad definidos, se monitorea el comportamiento de los indicadores comparándolos con los parámetros de referencia establecidos y su evolución histórica. Por último se reporta y se toman las medidas de control necesarias.  <b>W</b> – La evaluación de la ejecución del mantenimiento es indispensable para mejorar su desempeño al detectar las causas de obstrucciones.  <b>O</b> – Coordinador de mantenimiento  <b>E</b> – La coordinación de mantenimiento abordo depende de la logística y asignación de recursos de otra área en tierra.</p>
Eficacia, Eficiencia, Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Eficacia:</b> ¿El sistema de monitoreo y control evalúa la ejecución del mantenimiento y detecta las causas de obstrucciones?</li> <li>• <b>Eficiencia:</b> ¿Se invierte el mínimo de recursos y tiempo para mantener funcional el sistema de monitoreo y control?</li> <li>• <b>Efectividad:</b> ¿El sistema de monitoreo y control está ayudando a mejorar el desempeño del área de mantenimiento?</li> </ul>
PT/IB	<p><b>PT/IB:</b> La necesidad de un SMC para evaluar la ejecución del mantenimiento.</p>
Definiciones Raíz	<p><b>PT/IB:</b> El sistema de monitoreo y control evalúa la ejecución del mantenimiento del centro de proceso y detecta las causas de obstrucciones, recopilando información del desempeño de las actividades realizadas, registrándola para el cálculo de los indicadores de desempeño, monitoreando los indicadores, reportando los hallazgos y tomando acciones de control necesarias para mejorar el desempeño del área de mantenimiento.</p>

Tabla 7. Directrices para elaborar modelos de actividad con propósito relevantes (2)

Fuente: Elaboración propia.

Una vez reunidas las directrices para la segunda definición raíz, éstas ayudaron a mejorar la definición para contar con los elementos necesarios para construir el modelo de actividad con propósito, que es el siguiente paso a seguir en la MSS.

La Figura 29 muestra el modelo de actividad con propósito relevante elaborado para la definición raíz de la coordinación de mantenimiento:

*“La coordinación de mantenimiento (MEDySA) del centro de proceso asegura la disponibilidad y confiabilidad operativa de los equipos de proceso, proporcionando el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo establecidos en el programa y órdenes de mantenimiento, a través de los recursos asignados y siguiendo los protocolos de seguridad, para contribuir al logro de los objetivos operativos del centro de proceso.”*

La Figura 30 muestra el modelo de actividad con propósito relevante para la definición raíz del sistema de monitoreo y control:

*“El sistema de monitoreo y control evalúa la ejecución del mantenimiento del centro de proceso y detecta las causas de obstrucciones, recopilando información del desempeño de las actividades realizadas, registrándola para el cálculo de los indicadores de desempeño, monitoreando los indicadores, reportando los hallazgos y tomando acciones de control necesarias para mejorar el desempeño del área de mantenimiento.”*

Con la construcción de estos modelos de actividad con propósito relevantes concluye esta etapa del caso de aplicación.

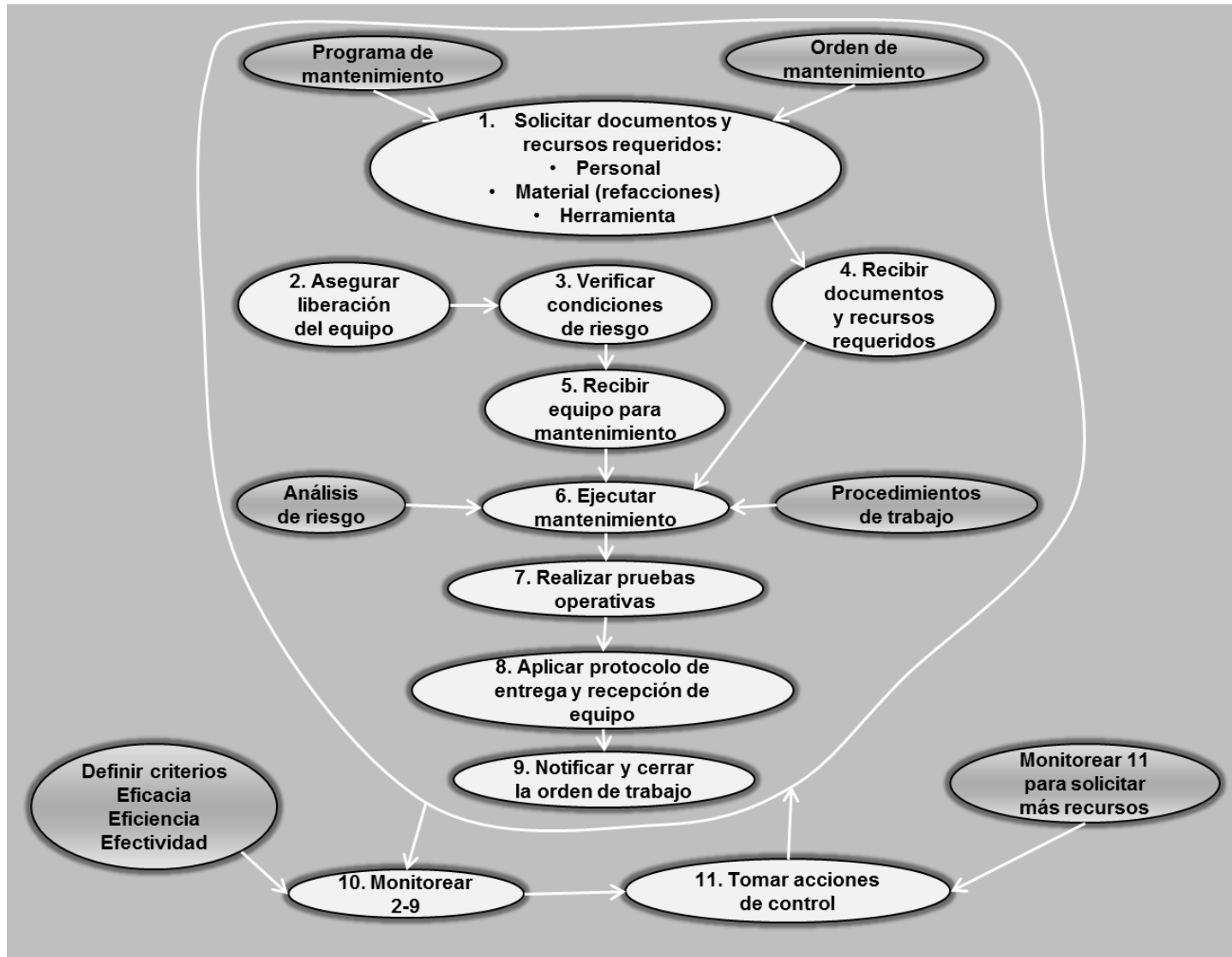


Figura 29. Modelo de actividad con propósito para la coordinación de mantenimiento  
Fuente: Elaboración propia

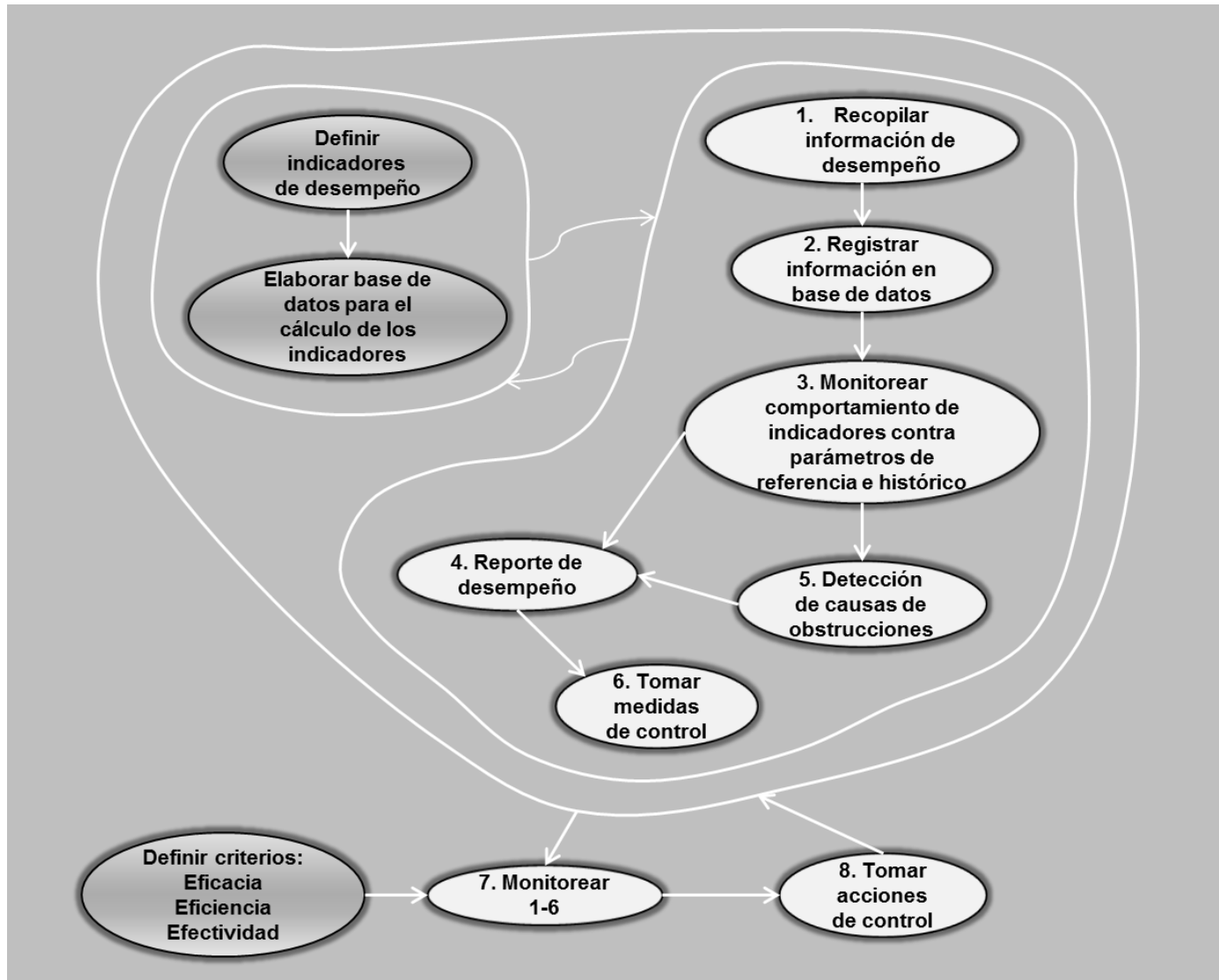


Figura 30. Modelo de actividad con propósito para el sistema de monitoreo y control  
 Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Cambios deseables y factibles

Una vez elaborados los modelos de actividad con propósito relevantes, se puede aplicar la siguiente etapa en la MSS: *usarlos para cuestionar la situación problemática real*, mediante un debate estructurado sobre los cambios necesarios para mejorar la situación.

Las discusiones sobre los modelos relevantes se formalizaron involucrando a todos los participantes mediante interrogatorios con preguntas definidas y organizadas en una tabla matriz para cada modelo.

#### Modelo de la coordinación de mantenimiento

Primero se realizó el debate estructurado para el modelo de la coordinación de mantenimiento, pues como ya se indicó, éste proporciona los indicadores de desempeño que se requieren para desarrollar el SMC. Las actividades que el modelo indica que deben ser monitoreadas fueron las que se incluyeron en el análisis.

Para cada actividad se cuestionó si efectivamente es realizada cuando se ejecuta el mantenimiento. De ser así se interrogó sobre cuál sería su medida de desempeño, lo que constituye el indicador para esa actividad. Para efectuar la medición del indicador se preguntó cuál sería la información necesaria y quién la proveería. Por último todos los comentarios apuntaron a que actualmente no se medía ninguna de las actividades, por lo tanto, no se recopila la información que el indicador requiere. Los resultados obtenidos se encuentran expresados en la Tabla 8.

Ahora bien, existen varios factores que desaconsejan el desarrollo de un sistema de indicadores para todas y cada una de las actividades. Principalmente estos factores se relacionan con la restricción para recolectar y procesar dicha información; con la sobrecarga de trabajo que genera; con la saturación de información para la toma de decisiones; con el exceso de detalles que tienden a confundir al receptor en términos de discriminar lo urgente, lo importante, lo redundante y lo insignificante.

Por lo tanto, se requiere una acción de validación de los indicadores que se han propuesto. Dado que el indicador es sólo un instrumento que apoya la evaluación, su calidad y provecho para este fin estará condicionada por la claridad y pertinencia del indicador.

La mayor parte de los criterios para seleccionar los indicadores son de sentido común para los participantes de acuerdo a su experiencia, pero la generación en forma participativa es consustancial al éxito de la implementación y merecen ser discutidos. Por esta razón, se organizó una consulta entre todos los participantes para determinar la selección de los indicadores por medio de los criterios recomendados por el ILPES (2003) que fueron definidos en la Tabla 2.

La Tabla 9 describe la evaluación hecha a cada indicador propuesto en la Tabla 8 y referenciado mediante una letra, de acuerdo a los criterios elegidos por los participantes en la intervención.

Actividad del modelo	¿Se realiza en la realidad?	Medida de desempeño	Información necesaria	¿Quién la provee?	Comentarios
1. Asegurar liberación del equipo	Sí	<b>A.</b> % Equipos liberados para mantenimiento	No. Equipos liberados para mantenimiento	Supervisor de mantenimiento	Actualmente no se evalúa
2. Verificar condiciones de riesgo	Sí	<b>B.</b> % Condiciones aseguradas para mantenimiento	No. Condiciones seguras para mantenimiento	Supervisor de mantenimiento	Actualmente no se evalúa
3. Recibir documentos y recursos requeridos	Sí	<b>C.</b> Disponibilidad de recursos materiales <b>D.</b> Disponibilidad de recursos humanos <b>E.</b> Disponibilidad de herramientas	No. de mantenimientos realizados con todos los recursos materiales necesarios. No. de mantenimientos realizados con todos los recursos humanos necesarios y capacitados No. de mantenimientos realizados con todas herramientas necesarias	Supervisor de mantenimiento	Actualmente no se evalúa
4. Recibir equipo para mantenimiento	Sí	<b>F.</b> Disponibilidad de equipo para su mantenimiento	No. Equipos entregados en tiempo y forma por operación	Supervisor de mantenimiento	Actualmente no se evalúa
5. Ejecutar mantenimiento	Sí	<b>G.</b> % Actividades ejecutadas	No. Actividades ejecutadas durante mantenimiento	Supervisor de mantenimiento	Actualmente no se evalúa
6. Realizar pruebas operativas	Sí	<b>H.</b> Disponibilidad de equipos para pruebas operativas	No. Equipos entregados para pruebas	Supervisor de mantenimiento	Actualmente no se evalúa
7. Aplicar protocolo de entrega y recepción de equipo	Sí	<b>I.</b> % Equipos entregados a operación	No. Equipos mantenidos entregados	Supervisor de mantenimiento	Actualmente no se evalúa
8. Notificar y cerrar la orden de trabajo	Sí	<b>J.</b> % Órdenes de trabajo cerradas	No. De órdenes de trabajo cerradas	Supervisor de mantenimiento	Actualmente no se evalúa

**Tabla 8. Matriz de discusión para las actividades del modelo de la coordinación de mantenimiento**

**Fuente: Elaboración propia**

No. Indicador Criterio	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
<b>Pertinencia</b>	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí
<b>Independencia</b>	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí
<b>Confiabilidad</b>	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí
<b>Simplicidad y Comprehensividad</b>	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí
<b>Oportunidad</b>	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí
<b>No-redundancia</b>	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí
<b>Focalizado en áreas controlables</b>	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí
<b>Participación</b>	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí
<b>¿Conveniente?</b>	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí

**Tabla 9. Evaluación de criterios para la selección de indicadores**

**Fuente: Elaboración propia**

Para asegurar su apropiación por parte de los trabajadores, el indicador debe ser sencillo y expresar la realidad que mide. El último criterio, conveniencia, determina su aplicación e incorporación al SMC, aquellos que fueron evaluados como “No” fueron eliminados. Por lo tanto, únicamente se considerarán los indicadores evaluados como “Sí” convenientes. Como se explicó, no se recopila información para el cálculo de estos indicadores, por lo que será necesaria la creación de un “*Check list para la ejecución del mantenimiento*” que recopile los datos necesarios.

Una vez definidos estos indicadores para monitorear las actividades descritas en el modelo, se procedió a definir los criterios de eficacia, eficiencia y efectividad que el mismo modelo solicita. Esto es fundamental pues si se requiere un monitoreo integral de la ejecución del mantenimiento es necesario definir cada uno de los criterios de desempeño, ubicar a cada indicador dentro de estos criterios y complementarlos de ser necesario.

Esta actividad se realizó por consenso entre todos los participantes. Primero se definieron los criterios de desempeño que guiaron las aportaciones, de acuerdo a su descripción en la MSS:

- **Eficacia.** ¿El proceso de mantenimiento funciona, en el sentido de mantener los equipos con disponibilidad y confiabilidad operativa?
- **Eficiencia.** ¿El mantenimiento está siendo realizado con un mínimo uso de recursos?
- **Efectividad.** ¿El mantenimiento está ayudando a alcanzar algunos de los objetivos a más alto nivel o largo plazo (operativos)?

Estas preguntas guiaron la clasificación de los indicadores obtenidos y se complementaron con algunos indicadores que ya se tienen dentro del tablero de confiabilidad operacional (consultar Figura 12 y Anexo 1), por lo que su obtención está referenciada a este tablero para evitar su repetición. La Tabla 10 resume los indicadores de eficacia propuestos. El mismo procedimiento se aplicó para los criterios de eficiencia (Tabla 11) y efectividad (Tabla 12).<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Para información complementaria sobre el cálculo de los indicadores consultar el Anexo 3.

<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción del indicador</b>
<b>Eficacia</b>	Cumplimiento de programas	<b>Definición:</b> El porcentaje de trabajos ejecutados contra los trabajos programados, medido en cantidad de órdenes de trabajo. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> Clase mundial >90% <b>Fuente de datos:</b> Tablero de confiabilidad operacional
<b>Eficacia</b>	% Condiciones aseguradas para mantenimiento	<b>Definición:</b> Porcentaje de trabajos realizados bajo condiciones seguras del total de mantenimientos realizados. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> 100% <b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento
<b>Eficacia</b>	Disponibilidad de recursos materiales	<b>Definición:</b> Porcentaje de trabajos realizados con todos los recursos materiales necesarios del total de mantenimientos realizados. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> 100% <b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento
<b>Eficacia</b>	Disponibilidad de recursos humanos	<b>Definición:</b> Porcentaje de trabajos realizados con todos los recursos humanos necesarios y capacitados del total de mantenimientos realizados. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> 100% <b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento
<b>Eficacia</b>	Disponibilidad de herramientas	<b>Definición:</b> Porcentaje de trabajos realizados con todas las herramientas necesarios del total de mantenimientos realizados. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> 100% <b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento
<b>Eficacia</b>	Disponibilidad de equipo para su mantenimiento	<b>Definición:</b> Porcentaje de equipos entregados en tiempo y forma por operación para su mantenimiento del total de mantenimientos realizados. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> 100% <b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento
<b>Eficacia</b>	% Órdenes de trabajo cerradas	<b>Definición:</b> Porcentaje de órdenes de trabajo cerradas del total de mantenimientos realizados. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> 100% <b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento

**Tabla 10. Indicadores de eficacia propuestos**  
**Fuente: Elaboración propia**



<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción del indicador</b>
<b>Eficiencia</b>	Costo de Mantenimiento / Valor de Reemplazo de Activos	<b>Definición:</b> Refleja el porcentaje en términos económicos, del nivel de costos en los que se está incurriendo para mantener en condición operativa al activo, con relación a su valor de reemplazo. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Anual <b>Valor de referencia:</b> Clase mundial >2.0-2.5% <b>Fuente de datos:</b> Tablero de confiabilidad operacional
<b>Eficiencia</b>	Backlog	<b>Definición:</b> Es el tiempo necesario para realizar los trabajos de mantenimiento rezagado. <b>Unidad:</b> Semana <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> 4-6 <b>Fuente de datos:</b> Tablero de confiabilidad operacional
<b>Eficiencia</b>	Tiempo medio para reparar	<b>Definición:</b> El tiempo medio para la reparación permite conocer el tiempo promedio que toma efectuar la reparación de un equipo o instalación en un período determinado. <b>Unidad:</b> Horas-equipo <b>Frecuencia:</b> Trimestral <b>Valor de referencia:</b> Específico para c/equipo <b>Fuente de datos:</b> Tablero de confiabilidad operacional
<b>Eficiencia</b>	Cumplimiento de fechas programadas de mantenimiento	<b>Definición:</b> Porcentaje de trabajos realizados dentro de fechas programadas del total de mantenimientos realizados. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> 100% <b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento
<b>Eficiencia</b>	Costo de mantenimiento real contra programado	<b>Definición:</b> Proporción del costo real del mantenimiento contra el costo programado. <b>Unidad:</b> Índice <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> ≤ 1 <b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento

**Tabla 11. Indicadores de eficiencia propuestos**

**Fuente: Elaboración propia**

<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción del indicador</b>
<b>Efectividad</b>	Índice de paros no programados (IPNP)	<b>Definición:</b> El índice de horas de paro no programado permite conocer el porcentaje del tiempo que el equipo incurrió en paros que no han sido programados durante un período de análisis. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> Clase mundial ≤ 1 % <b>Fuente de datos:</b> Tablero de confiabilidad operacional
<b>Efectividad</b>	Sistemas de control fuera de servicio, número	<b>Definición:</b> Cantidad de sistemas críticos de control de seguridad y equipos que los soportan fuera de servicio, considerando aquellos que se encuentran fuera de operación o en falla. <b>Unidad:</b> Cantidad de sistemas/equipos <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> Clase mundial = 0 <b>Fuente de datos:</b> Tablero de confiabilidad operacional

**Tabla 12. Indicadores de efectividad propuestos**

**Fuente: Elaboración propia**

### Modelo del sistema de monitoreo y control

El debate estructurado sobre los cambios necesarios para mejorar la situación en el modelo del sistema de monitoreo y control se realizó mediante reuniones de trabajo usando una tabla matriz con preguntas definidas.

La tabla para este modelo fue distinta que la del modelo anterior, pues mientras en el modelo de la coordinación de mantenimiento el objetivo era obtener los indicadores de desempeño necesarios para evaluar la ejecución, en este modelo el objetivo es definir las acciones requeridas para el desarrollo del sistema de monitoreo y control para evaluar la ejecución del mantenimiento.

Se elaboró la tabla matriz primero describiendo cada una de las actividades del modelo. Después se cuestionó si se realizan actualmente, haciendo énfasis en que las actividades descritas corresponden al sistema de monitoreo y control para evaluar la ejecución del mantenimiento, por lo que si hay actividades similares que se realizan pero para otras mediciones, éstas no cuentan para el SMC que se desea desarrollar.

Aclarado este cuestionamiento de la matriz, se procedió a preguntar, en caso de realizarse en la realidad, cómo se haría y qué debe hacerse, agregando los comentarios pertinentes.

La Tabla 13 muestra la información recopilada. Los resultados de las columnas “¿Qué debe hacerse?” y “Comentarios” acordados durante la discusión son tomados como los cambios deseables y factibles resultantes en esta etapa del caso de aplicación.

Actividad del modelo	¿Se realiza en la realidad?	¿Cómo se realiza?	¿Qué debe hacerse?	Comentarios
Definir indicadores de desempeño	Sí	Mediante la MSS, clasificados en criterios de eficacia, eficiencia y efectividad.	Aplicar los indicadores definidos para el desarrollo del sistema de monitoreo y control.	Estos indicadores servirán para elaborar la base de datos del sistema. Algunos indicadores ya se miden actualmente en el tablero de confiabilidad operacional, por lo que sólo se deben ligar a esta base de datos para no duplicar su cálculo.
Elaborar base de datos para el cálculo de los indicadores	No	N/A	Elaborar en Excel la base de datos con los indicadores ya definidos.	La base de datos debe ser visual para facilitar el monitoreo de los indicadores.
1. Recopilar información de desempeño	Parcialmente	Mediante el tablero de confiabilidad operacional	Completar la información requerida mediante un "Check list para la ejecución del mantenimiento".	Es necesario elaborar este check list y aplicarlo a cada mantenimiento realizado.
2. Registrar información en la base de datos	No	N/A	Registrar la información obtenida en la base de datos creada.	Asignar la responsabilidad de esta actividad.
3. Monitorear comportamiento de indicadores contra parámetros de referencia e histórico	No	N/A	Comparar la evaluación obtenida para cada indicador, contra su parámetro de referencia y contra el histórico del mismo.	Asignar la responsabilidad de esta actividad.
4. Reporte de desempeño	No	N/A	A partir de la actividad anterior, generar un reporte de desempeño.	Asignar la responsabilidad de esta actividad.
5. Detección de causas de obstrucciones	No	N/A	En el reporte de desempeño describir las causas que generan obstrucciones en la ejecución, información dada por los indicadores.	Asignar la responsabilidad de esta actividad.
6. Tomar medidas de control	No	N/A	De acuerdo al reporte de desempeño generado, tomar las medidas de control pertinentes.	Canalizar las medidas de control al responsable de ejecutarlas.

**Tabla 13. Matriz de discusión para las actividades del modelo del sistema de monitoreo y control para evaluar la ejecución del mantenimiento**  
Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Desarrollo del sistema de monitoreo y control

La última etapa de la Metodología de Sistemas Suaves consiste en *Definir/ejecutar acciones para mejorar la situación*. Checkland propone generar una serie de cuestionamientos sobre los cambios deseables y factibles identificados en la etapa anterior, referentes a cómo pueden ser alcanzados.

En este caso de aplicación, el modelo elaborado del sistema de monitoreo y control para evaluar la ejecución del mantenimiento (Figura 30) permitió identificar claramente las acciones a realizar para el desarrollo del SMC, mediante la discusión de las actividades del modelo expresadas en la Tabla 13.

Así, las actividades identificadas para el desarrollo del SMC son:

- Elaborar la base de datos del SMC usando los indicadores de desempeño descritos
- Elaborar el “Check list para la ejecución del mantenimiento”
- Elaborar el reporte de desempeño basado en la base de datos del SMC
- Elaborar las directrices del SMC, asignando responsabilidades

Antes de iniciar con estas actividades, es conveniente recordar la definición raíz del SMC que permitió construir el modelo:

*“El sistema de monitoreo y control evalúa la ejecución del mantenimiento del centro de proceso y detecta las causas de obstrucciones, recopilando información del desempeño de las actividades realizadas, registrándola para el cálculo de los indicadores de desempeño, monitoreando los indicadores, reportando los hallazgos y tomando acciones de control necesarias para mejorar el desempeño del área de mantenimiento.”*

Teniendo en cuenta tanto la definición raíz como el modelo del SMC y la matriz de la Tabla 13, se puede empezar a ejecutar las acciones necesarias para el desarrollo del SMC.

#### Elaborar la base de datos del SMC usando los indicadores de desempeño descritos

Usando los indicadores de eficacia (Tabla 10), eficiencia (Tabla 11) y efectividad (Tabla 12) se elaboró una base de datos en Excel<sup>26</sup> para registrar los datos de entrada y generar el cálculo de todos los indicadores y el reporte de desempeño. Aunque, como algunos indicadores pertenecen al tablero de confiabilidad operacional, éstos únicamente se vincularon para evitar repetir su cálculo.

La Figura 31 muestra la sección de la base de datos donde se ingresan los datos recopilados para el cálculo de los indicadores. El resto de las secciones se calculan automáticamente al ingresar esta información. Se estableció que la frecuencia de evaluación mediante el SMC será mensual.

---

<sup>26</sup> Consultar el Anexo 2 (Sistema de monitoreo y control en Excel) para consultar las pantallas de cada una de las secciones descritas del SMC.

Centro de Proceso: \_\_\_\_\_  
 Mes a evaluar: \_\_\_\_\_  
 Fecha de realización: \_\_\_\_\_

**SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EVALUAR LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Fuente de datos	
Elemento	Cantidad
No. De mantenimientos realizados	27
No. Condiciones seguras para mantenimiento	27
No. de manttos. realizados con todos los recursos materiales necesarios	25
No. de manttos. realizados con todos recursos humanos necesarios y capacitados	27
No. de manttos. realizados con todas las herramientas necesarias	26
No. Equipos entregados en tiempo y forma por operación	26
No. De órdenes de trabajo cerradas	27
No. Manttos. Efectuados dentro de fechas programadas	26
Monto de costo mantto. Real	\$ 165,000.00
Monto de costo mantto. Programado	\$ 165,000.00

**Figura 31. Fuente de datos para el SMC**  
**Fuente: Elaboración propia**

Una vez que el responsable de la base de datos del SMC introduce la información recopilada, automáticamente se genera el reporte mensual como el mostrado en la Figura 32, donde se muestran los resultados de la evaluación de cada indicador de eficacia, eficiencia y efectividad. El sistema automáticamente compara la valoración obtenida por cada indicador con su parámetro de referencia. Si es igual o mayor el resultado se resalta con un color verde, para indicar visualmente que se encuentra dentro del parámetro de referencia. Si el valor es menor que el parámetro, se destaca con un color rojo, para advertir visualmente la necesidad de analizarlo y tomar acciones de control para su mejora.

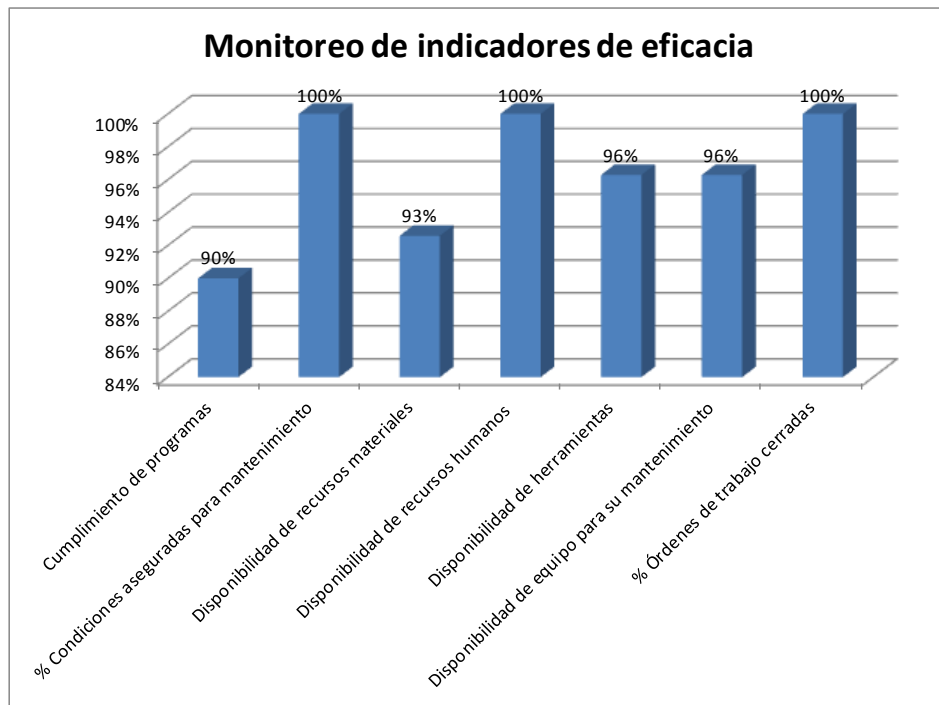
También se genera automáticamente una gráfica para el monitoreo visual de los indicadores de eficacia, pues son los que más rápidamente pueden reflejar causas de obstrucciones en la ejecución del mantenimiento.

Se incluyó en el SMC un reporte acumulado de la evaluación de todos los meses del año (Figura 33), aquí sólo es necesario que el responsable de la base de datos copie y pegue los resultados obtenidos en cada mes para cada indicador de desempeño. Automáticamente se generarán las gráficas con la evolución histórica de los principales indicadores.

Centro de Proceso: \_\_\_\_\_  
 Mes a evaluar: \_\_\_\_\_  
 Fecha de realización: \_\_\_\_\_

**SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EVALUAR LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Indicador	Evaluación	Parámetro de referencia
<b>EFICACIA</b>		
Cumplimiento de programas	90%	>90%
% Condiciones aseguradas para mantenimiento	100%	100%
Disponibilidad de recursos materiales	93%	100%
Disponibilidad de recursos humanos	100%	100%
Disponibilidad de herramientas	96%	100%
Disponibilidad de equipo para su mantenimiento	96%	100%
% Órdenes de trabajo cerradas	100%	100%
<b>EFICIENCIA</b>		
Costo de Mantenimiento / Valor de Reemplazo de Activos	2	2.0-2.5%
Backlog	5	4-6
Tiempo medio para reparar	0	Específico para cada equipo
Cumplimiento de fechas programadas de mantenimiento	96%	100%
Costo de mantenimiento real contra programado	1	≤ 1
<b>EFFECTIVIDAD</b>		
Índice de paros no programados (IPNP)	0.9	≤ 1 %
Sistemas de control fuera de servicio, número	0	0

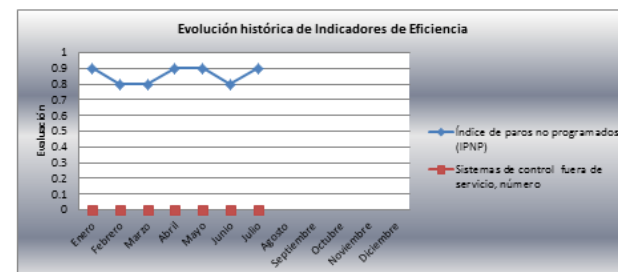
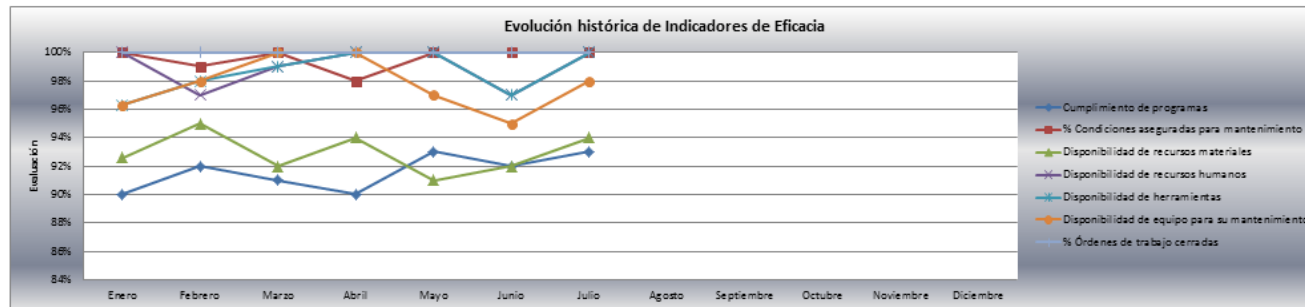


**Figura 32. Reporte mensual generado por el SMC**  
 Fuente: Elaboración propia

Centro de Proceso: \_\_\_\_\_  
 Mes a evaluar: \_\_\_\_\_  
 Fecha de realización: \_\_\_\_\_

**SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EVALUAR LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Indicador	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Parámetro de referencia
<b>EFICACIA</b>													
Cumplimiento de programas	90%	92%	91%	90%	93%	92%	93%						> 90%
% Condiciones aseguradas para mantenimiento	100%	99%	100%	98%	100%	100%	100%						100%
Disponibilidad de recursos materiales	93%	95%	92%	94%	91%	92%	94%						100%
Disponibilidad de recursos humanos	100%	97%	99%	100%	100%	97%	100%						100%
Disponibilidad de herramientas	96%	98%	99%	100%	100%	97%	100%						100%
Disponibilidad de equipo para su mantenimiento	96%	98%	100%	100%	97%	95%	98%						100%
% Órdenes de trabajo cerradas	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%						100%
<b>EFICIENCIA</b>													
Costo de Mantenimiento / Valor de Reemplazo de Activos	2	2	2	2	2	2	2						2.0-2.5%
Backlog	5	5	4	5	4	4	4						4-6
Tiempo medio para reparar	0	0	0	0	0	0	0						Específico para cada equipo
Cumplimiento de fechas programadas de mantenimiento	96%	98%	100%	99%	100%	98%	100%						100%
Costo de mantenimiento real contra programado	1	1	1	1	1	1	1						≤ 1
<b>EFFECTIVIDAD</b>													
Índice de paros no programados (IPNP)	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9						≤ 1%
Sistemas de control fuera de servicio, número	0	0	0	0	0	0	0						0



**Figura 33. Reporte acumulado generado por el SMC**  
 Fuente: Elaboración propia

### Elaborar el “Check list para la ejecución del mantenimiento”

Con la finalidad de obtener los datos que el SMC requiere, se elaboró un check list (Figura 34) muy sencillo que se debe aplicar a cada uno de los mantenimientos ejecutados. El responsable del SMC debe recopilar la información proporcionada por todos los check lists del mes para alimentar la fuente de datos que se mostró en la Figura 31.

### Elaborar el reporte de desempeño basado en la base de datos del SMC

Con toda la información presentada por el SMC, después de monitorear los indicadores de desempeño se debe llenar un reporte de desempeño, para lo cual se elaboró un formato que facilita esta tarea.

La Figura 35 presenta el formato del reporte de desempeño. Automáticamente aparece el cuadro de indicadores con su evaluación. Únicamente es necesario llenar los recuadros de las causas de obstrucciones detectadas, las medidas de control propuestas y comentarios adicionales.



Centro de Proceso: \_\_\_\_\_  
 Fecha de realización: \_\_\_\_\_

**SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EVALUAR LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO**

**Check list para la ejecución del mantenimiento**

No. OT: \_\_\_\_\_

No.	Elemento	Sí	No	Comentarios*
1	¿Condiciones seguras para el mantenimiento?			
2	¿Cuenta con todos los recursos materiales necesarios (refacciones, kit, filtros, etc.)?			
3	¿Cuenta con todo el personal necesario?			
4	¿Cuenta con todo el personal capacitado?			
5	¿Cuenta con todas las herramientas necesarias?			
6	¿El equipo fue entregado en tiempo y forma por operación?			
7	Al finalizar el mantenimiento, ¿realizó el cierre de la OT?			
8	¿El mantenimiento se efectuó dentro de las fechas programadas inicialmente?			
9	Monto del costo real del mantenimiento efectuado			
10	Monto del costo programado del mantenimiento efectuado			

\* En caso de marcar con "No" algún elemento, favor de explicar el motivo.

**Figura 34. Check list para la ejecución del mantenimiento**  
 Fuente: Elaboración propia

Centro de Proceso: \_\_\_\_\_  
 Mes a evaluar: \_\_\_\_\_  
 Fecha de realización: \_\_\_\_\_

**SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EVALUAR LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO**

**Reporte mensual de desempeño**

Evaluación de indicadores de desempeño:

Indicador	Evaluación	Parámetro de referencia
<b>EFICACIA</b>		
Cumplimiento de programas	90%	>90%
% Condiciones aseguradas para mantenimiento	100%	100%
Disponibilidad de recursos materiales	93%	100%
Disponibilidad de recursos humanos	100%	100%
Disponibilidad de herramientas	96%	100%
Disponibilidad de equipo para su mantenimiento	96%	100%
% Órdenes de trabajo cerradas	100%	100%
<b>EFICIENCIA</b>		
Costo de Mantenimiento / Valor de Reemplazo de Activos	2	2.0-2.5%
Backlog	5	4-6
Tiempo medio para reparar	0	Específico para cada equipo
Cumplimiento de fechas programadas de mantenimiento	96%	100%
Costo de mantenimiento real contra programado	1	≤ 1
<b>EFFECTIVIDAD</b>		
Índice de paros no programados (IPNP)	0.9	≤ 1 %
Sistemas de control fuera de servicio, número	0	0

De acuerdo a la evaluación de los indicadores de eficacia, se encontró que las siguientes causas están generando obstrucciones en la ejecución:

Medidas de control recomendadas para mejorar el desempeño (definir responsable de ejecutarlas):

Comentarios adicionales:

**Figura 35. Reporte de desempeño**  
 Fuente: Elaboración propia

Elaborar las directrices del SMC, asignando responsabilidades

La última actividad para implementar el sistema de monitoreo y control en el área de mantenimiento es establecer las directrices del SMC, para que cualquier trabajador pueda aplicarlo. Esto se realizó con la colaboración de todos los participantes, utilizando como apoyo el modelo del SMC (Figura 30) y la matriz de discusión para las actividades del modelo (Tabla 13). La Tabla 14 muestra las directrices establecidas para el SMC desarrollado.

Directriz	Responsables
1. Aplicar el “Check list para la ejecución del mantenimiento” a cada uno de los mantenimientos programados y/o realizados.	Supervisores de mantenimiento
2. De manera mensual recopilar la información de todos los check lists realizados y registrarla en la sección “Base de datos” del SMC.	Ingeniero de mantenimiento asignado
3. Monitorear el desempeño de cada indicador contra su parámetro de referencia, mediante la sección “Reporte mensual” generada automáticamente por el SMC.	Ingeniero de mantenimiento asignado
4. Copiar los resultados de cada indicador de desempeño en el mes correspondiente dentro del “Reporte acumulado”.	Ingeniero de mantenimiento asignado
5. Monitorear el desempeño histórico de cada indicador, mediante las gráficas generadas automáticamente en el “Reporte acumulado” del SMC.	Ingeniero de mantenimiento asignado
6. Generar el reporte de desempeño del mes, identificando las causas de obstrucciones detectadas mediante los indicadores, las medidas de control propuestas y los comentarios adicionales. Registrar esta información en el formato de la sección “Reporte de desempeño” del SMC.	Ingeniero de mantenimiento asignado
7. Entregar el reporte de desempeño al Coordinador de mantenimiento para que se tomen las medidas de control propuestas.	Ingeniero de mantenimiento asignado
8. Evaluar mensualmente el SMC para su mejora: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficacia: ¿El sistema de monitoreo y control evalúa la ejecución del mantenimiento y detecta las causas de obstrucciones?</li> <li>• Eficiencia: ¿Se invierte el mínimo de tiempo para mantener funcional el sistema de monitoreo y control?</li> <li>• Efectividad: ¿El sistema de monitoreo y control está ayudando a mejorar el desempeño del área de mantenimiento?</li> </ul>	Coordinador de mantenimiento
9. Tomar las acciones de control necesarias para mejorar el SMC.	Coordinador de mantenimiento

**Tabla 14. Directrices del SMC desarrollado**

Fuente: Elaboración propia

Con esta última actividad se considera finalizado el desarrollo del sistema de monitoreo y control para evaluar la ejecución del mantenimiento de un centro de proceso de PEP, con lo que se alcanza el objetivo general planteado al inicio del caso de aplicación, así como los objetivos específicos.

El uso de este sistema fue implementado en el área de mantenimiento donde se desarrolló, permitiendo evaluar su desempeño y registrar las causas de las principales obstrucciones en su ejecución, principal preocupación del cliente.

Como se aclaró en la delimitación del problema del primer capítulo de este trabajo, los hallazgos y desviaciones detectados mediante el sistema de monitoreo y control deben atenderse usando las técnicas o métodos de solución de problemas adecuados para cada caso, pues quedan fuera del alcance de este tesis de investigación.

## Conclusiones

La Metodología de Sistemas Suaves es flexible por lo que no se requiere aplicar de manera rígida como norma cada una de las etapas propuestas, y llega a ser una forma estructurada de pensar para resolver situaciones problemáticas bajo distintas visiones del mundo, una vez que es completamente asimilada.

En este caso se pudo aplicar, adaptándola a la situación problemática detectada y estableciendo una estrategia que permitiera el logro de los objetivos planteados.

La MSS requiere tener una comprensión amplia de sus bases y proceso, ya que el autor ha creado varios conceptos propios que son primordiales para entender y aplicar la metodología, por lo que es necesario un trabajo intenso del facilitador para que los demás participantes en la intervención puedan asimilar el proceso que se lleva a cabo. Para las personas que no están familiarizadas con el enfoque de sistemas les resulta menos fácil comprender la metodología desde sus fundamentos.

Esto aunado al hecho de que el caso de aplicación se desarrolló en un centro de proceso costa afuera dificultó la aplicación de la metodología, al ser ésta participativa. Sin embargo, gracias al esquema de trabajo implementado fue posible lograr los objetivos planteados.

El sistema de monitoreo y control producto de esta tesis de investigación es considerado amigable y efectivo por los participantes del proceso de intervención, pues como se describió en el diagnóstico, la participación en su desarrollo generó consenso y compromiso.

Un resultado deseable de esta investigación habría sido la implementación sistema de monitoreo y control en todos los centros de proceso, no solamente en el que se desarrolló. Sin embargo, el análisis 3 de la metodología mostró que debido a la disposición del poder en el nivel organizacional superior del área intervenida, este cambio no sería factible por el momento.

Por último, la Metodología de Sistemas Suaves, a través de un proceso estructurado y de aprendizaje, permitió conducir a los participantes, en la intervención, al logro de los objetivos planteados al inicio del caso de aplicación, al tiempo que también facilitó delimitar claramente su alcance.

## **Recomendaciones**

Considerando las fortalezas y debilidades de la Metodología de Sistemas Suaves detectadas a lo largo del caso de aplicación, es recomendable primeramente asimilar las bases, conceptos y proceso de la metodología, tratando de verla no como un proceso rígido con reglas a seguir en un orden dado e inamovible, sino como un proceso flexible que permite ser aplicado a muchas situaciones problemáticas.

La amplia aplicabilidad de la MSS permite ponerla en práctica en muchas situaciones, por lo que es recomendable hacerlo tan frecuentemente como sea posible, de tal manera que con las experiencias adquiridas, se mejore nuestra manera de abordar los problemas, e incluso llegar a estructurar nuestro pensamiento de manera natural.

Por otra parte, se recomendó a los participantes en el caso de aplicación que frecuentemente evaluaran el sistema de monitoreo y control desarrollado, mediante los criterios de eficacia, eficiencia y efectividad definidos para tal fin. Esto les permitirá mejorarlo al tomar las acciones de control que se requieran.

Conforme se vayan obteniendo mejores resultados en el desempeño del área, gracias a la detección de las principales causas de obstrucciones en la ejecución del mantenimiento por medio del sistema de monitoreo y control desarrollado, y su corrección, este sistema podría implementarse en otros centros de proceso.

La Metodología de Sistemas Suaves también puede ser usada para corregir o solucionar los problemas, deficiencias o desviaciones que se detecten mediante el sistema de monitoreo y control.

## Bibliografía

### Básica.

Bowen, Ken. (1985). Towards a Soft Systems Methodology. *The Journal of the Operational Research Society*. 36(9): 876-878.

Checkland, P.B. (1979a). Techniques in "Soft" Systems Practice Part 1: Systems diagrams-Some tentative guidelines. *Journal of Applied Systems Analysis*. 6: 33-40.

Checkland, P.B. (1979b). Techniques in "Soft" Systems Practice Part 2: Building conceptual models. *Journal of Applied Systems Analysis*. 6: 41-49.

Checkland, P.B. (1981). *Systems Thinking, Systems Practice*. Chichester: Wiley.

Checkland, P.B. (1985). Achieving 'Desirable and Feasible' Change: An Application of Soft Systems Methodology. *The Journal of the Operational Research Society*. 36(9): 821-831.

Checkland, P.B., Forbes, P. & Martin, S. (1990). Techniques in "Soft" Systems Practice Part 3: Monitoring and control in conceptual models and in evaluation studies. *Journal of Applied Systems Analysis*. 17: 29-37.

Checkland, P.B. & Scholes, J. (1990a). *Soft Systems Methodology in Action*. Chichester: Wiley.

Checkland, P.B. & Scholes, J. (1990b). Techniques in "Soft" Systems Practice Part 4: Conceptual model building revisited. *Journal of Applied Systems Analysis*. 17: 39-43.

Checkland, P.B. & Holwell, S.E. (1998a). *Information, Systems and Information Systems*. Chichester: Wiley.

Checkland, P.B. & Holwell, S.E. (1998b). Action Research: Its Nature and Validity. *Systemic Practice and Action Research*. 11(1): 9-21.

Checkland, P.B. (2000). The Emergent Properties of SSM in Use: A Symposium by Reflective Practitioners. *Systemic Practice and Action Research*. 13(6): 799-823.

Checkland, P.B. & Poulter, J. (2006). *Learning for Action. A short definitive account of Soft Systems Methodology and its use for practitioners, teachers and students*. Chichester: Wiley.

Checkland P.B. & Winter, M. (2006). Process and Content: Two Ways of Using SSM. *The Journal of the Operational Research Society*. 57(12): 1435-1441.

Flood, R.L. & Jackson, M.C. (1991). *Creative problem solving. Total Systems Intervention*. Chichester: Wiley.

Flood, R.L. & Jackson, M.C. (1991). Soft Systems Methodology (SSM). In *Creative problem solving. Total Systems Intervention*. (pp. 167-195). Chichester: Wiley.

Jackson, M.C. & Keys, P. (1984). Towards a system of systems methodologies. *Journal of the Operational Research Society*. 35(6): 473-486.

Kaplan, R. & Norton, D.P. (2001). Transforming the Balanced Scorecard from Performance Measurement to Strategic Management: Part I. *Accounting Horizons*. 15(1): 87-104.

Mingers, J. & White, L. (2010). A review of the recent contribution of systems thinking to operational research and management science. *European Journal of Operational Research*. 207: 1147-1161.

### **Complementaria.**

Aguilar Martínez, Ricardo (2005). *Una estrategia de intervención para el diseño de indicadores de desempeño: un estudio de caso*. UNAM. Ciudad Universitaria.

Ahumada Aguilar, Virginia (2003). *Diseño de indicadores de gestión mediante el desarrollo de un modelo de Cuadro de Mando Integral (CMI) en el ámbito de la planeación; en la Subdirección de Programación (SDP) dependiente de la Dirección General de la Comisión Federal de Electricidad (CFE)*. Instituto Politécnico Nacional. México.

De la Peña González, Enrique (2000). *Medición del desempeño en las empresas no lucrativas: uso del cuadro de mando integral*. UNAM. Ciudad Universitaria.

González Cano Alonso (2007). *Utilización de la Metodología de Sistemas Suaves en la creación de Sistemas de Información para una dependencia de humanidades de la UNAM*. UNAM. Ciudad Universitaria

González Tiburcio Fernando (2004). *Metodología para elaborar un sistema de información para la gestión: "El caso de un Centro Público de Investigación"*. UNAM. Ciudad Universitaria.

Hernández García Gustavo (2010). *El enfoque estratégico en una empresa de Exploración y Producción*. Trabajo de ingreso a la Academia de Ingeniería.

Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES, 2003). Boletín del instituto 13. *Los indicadores de evaluación del desempeño: Una herramienta para la Gestión por Resultados en América Latina*. Chile.

PEMEX. *Anuario estadístico 2009, 2010, 2011*

Disponibles en: <http://www.pemex.com/informes/descargables/index.html>



PEMEX (2009). Guía técnica para el cálculo de Indicadores de Confiabilidad Operacional en Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. Clave: DCO-SCM-GT-012.

PEMEX. Memoria de Labores 2005. *Capítulo 3: Avances en los planes de negocios de los organismos subsidiarios*. pp. 35-40.

PEMEX. Memoria de Labores 2009, 2010  
Disponible en: <http://www.pemex.com/informes/descargables/index.html>

PEMEX. Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios 2012-2016.  
Disponible en: <http://www.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=1&catID=14222>

PEMEX. *Reporte Anual 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010*  
Disponible en: <http://www.pemex.com/informes/descargables/index.html>

PEP (2011). Guía técnica para el cálculo de Indicadores de Desempeño y Gestión del Mantenimiento en Pemex Exploración y Producción. Clave: GG-NO-OP-0001-2011.

PEP (2009). Manual del Sistema de Confiabilidad Operacional. Versión 2.

PEP (2010). *Plan maestro para el aprovechamiento del gas 2010-2014*. Región Marina Noreste.  
Ramírez Calderón, Martha (2007). *Indicadores: qué son y cómo se construyen*. UNAM. Ciudad Universitaria.

Ramírez Fierro, Afrodita I. (2005). *El cuadro de mando integral: guía y ejemplo de aplicación*. UNAM. Ciudad Universitaria.

Ramírez Sabag, Abraham (2002). *“Diseño e implantación de un sistema de monitoreo y control: el caso del programa de becarios de posgrado del Instituto Mexicano del Transporte”*. UNAM. Ciudad Universitaria.

Torres Celis, Genaro (2006). *Metodología para obtener un sistema de indicadores: un estudio de caso*. UNAM. Ciudad Universitaria.

## Anexos

### Anexo 1. Sistema de Confiabilidad Operacional de PEP

El Plan Nacional de Desarrollo 2007 – 2012, muestra las estrategias y acciones para profundizar en la modernización de la Administración Pública. En su apartado relativo a “Economía Competitiva y Generadora de Empleos” dentro de energía, electricidad e hidrocarburos establece la necesidad de garantizar que se suministre a la economía el petróleo crudo, el gas natural y los productos derivados que requiere el país, a precios competitivos, minimizando el impacto al medio ambiente y con estándares de calidad internacionales. Ello requiere de medidas que permiten elevar la eficiencia y productividad en los distintos segmentos de la cadena productiva de Petróleos Mexicanos, para lo cuál la Dirección General ha establecido dentro de sus principales iniciativas estratégicas el alcanzar estándares sobresalientes de desempeño en:

- Seguridad Industrial
- Eficiencia y Confiabilidad Operativa

Considerando todo lo antes expuesto la empresa ha decidido implementar una iniciativa que con respecto a la seguridad, salud y protección ambiental, permita garantizar la disponibilidad de las instalaciones productivas y de soporte, necesaria para lograr los niveles esperados de *eficiencia y eficacia*, así como optimizar los recursos disponibles, con el objeto de dejar la cultura Reactiva en donde se premia al que más rápido repara y/o poner en operación un equipo o sistema y obtener una cultura Proactiva enfocada a resultados, que evite las fallas antes de que se presenten, todo esto a través de la gestión integral de sus activos vía el Modelo de Confiabilidad Operacional “PEMEX-Confiabilidad”.

El Modelo de Confiabilidad Operacional “PEMEX-Confiabilidad” es una iniciativa de negocio integral y dirigida a toda la Organización, para que de una forma segura se alcancen con sustentabilidad los valores más altos posibles para los activos en cuanto a: efectividad de ciclo de vida, utilización, productividad y rentabilidad.

#### Objetivo

“PEMEX-Confiabilidad” tiene como objetivo el guiar a la empresa para maximizar su rentabilidad, con un proceso de mejoramiento continuo y sistemático en la eficiencia y Confiabilidad Operacional, mediante la aplicación de las mejores tecnologías, metodologías y prácticas mundiales que nos permitan mejorar el desempeño humano, obtener alta certeza en el cumplimiento de los planes y programas operativos, presupuestos y recursos alineados acorde a los programas y a la edad de los activos y rendición de cuentas para garantizar el cumplimiento del mejoramiento continuo. Este modelo está dirigido a:

- Establecer y/o mantener total cumplimiento a todas las normas, regulaciones y mejores prácticas de seguridad, operación, sociales y ambientales, aplicables para la industria.
- Obtener el mayor valor del negocio a través de la óptima disponibilidad, integridad, desempeño operativo, efectividad de capital y los menores costos sustentables, para las condiciones específicas de mercado y de operación.

- Aplicar sistemáticamente priorizaciones en base a valor para todas las oportunidades de mejora, así como implementar oportunamente éstas a los procesos, prácticas y tecnología que determinan la utilización, efectividad y confiabilidad de los activos físicos.
- Incrementar valor minimizando los desperdicios en todas sus formas.

### Misión

Creación de valor a través de activos que operen en forma eficiente, segura y confiable, de manera que se optimicen los costos y se eliminen las pérdidas asociadas a fallas, mediante la eficiente y eficaz aplicación de los recursos disponibles.

### Visión al 2015

La Gestión Óptima de Activos es la base para que Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios estén posicionados como empresas de clase mundial, rentables e innovadoras. Situación sustentada en la excelencia y mejora continua de su gente, Procesos y Tecnología, bajo el esquema de “Confiabilidad Operacional”, proporcionando máxima seguridad en sus instalaciones y absoluto respeto a su entorno.

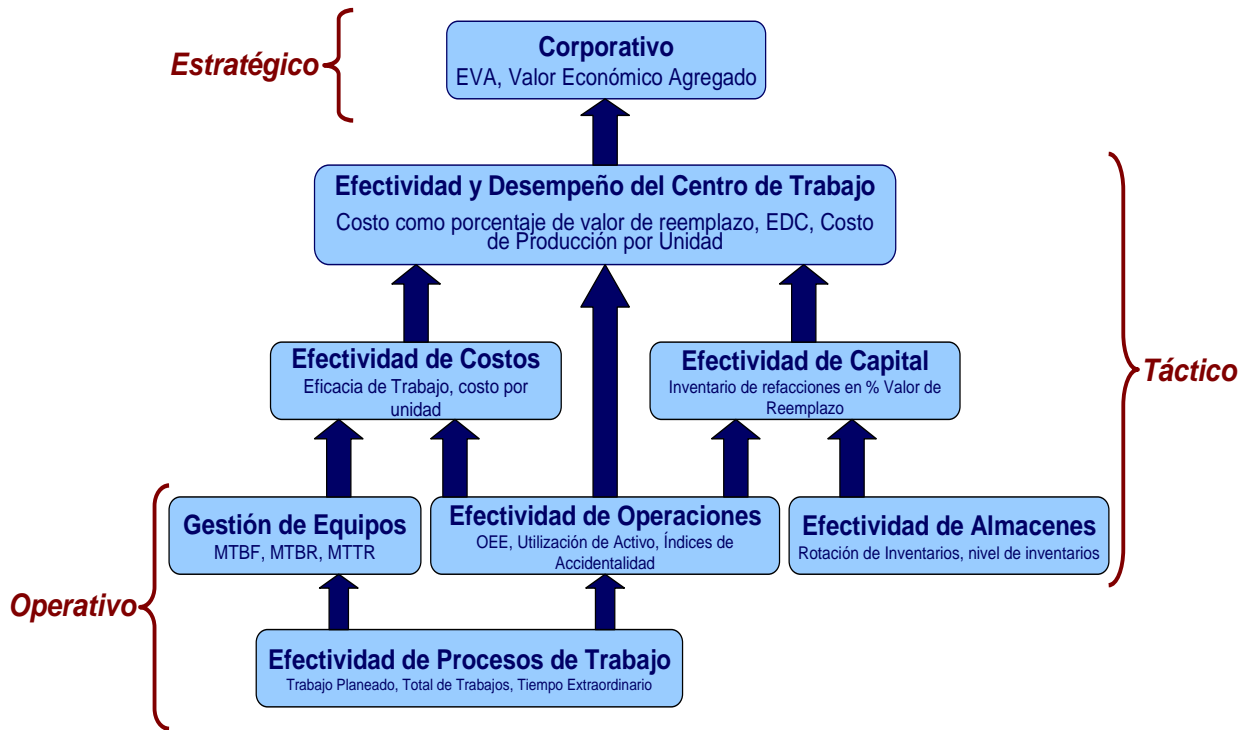
### Metas

El Modelo de Confiabilidad Operacional, de acuerdo a su objetivo y misión, converge en el logro de resultados focalizados en la Gestión Óptima de Activos, resultados orientados al beneficio económico de la empresa.

Indicadores de desempeño que miden la efectividad del negocio, integrando y reflejando la contribución de la disponibilidad de activos, valores de producción, nivel de calidad y eficiencia en costos, como impulsores de la rentabilidad de los Centros de Trabajo, son: el “Valor Económico Agregado” (EVA, por sus siglas en inglés de Economic Value Added), el “Retorno sobre los Activos Netos” (RONA, por sus siglas en inglés de Return On Net Assets) y “Retorno sobre Capital Empleado” (ROCE, por sus siglas en inglés de Return On Capital Employed).

De acuerdo al grado de utilización que tiene el indicador “EVA” en el nivel estratégico de la empresa, las Metas Estratégicas de Confiabilidad Operacional, serán medidas principalmente a través de este indicador y sus valores deben ser definidos por cada binomio Subdirección Operativa – Centro de Trabajo, de acuerdo a su contexto operativo y a la máxima efectividad del ciclo de vida de los activos.

Asimismo, para el logro de las Metas Estratégicas, es necesario establecer metas Tácticas y Operativas, que soporten y fundamenten en específico, el desempeño de los activos, los procesos de trabajo y las prácticas desarrolladas, de acuerdo a una estructura jerárquica de indicadores de desempeño, como se muestra a continuación:



A manera de presentar una serie de indicadores clave de desempeño que pueden ser considerados para el establecimiento y formalización de las metas en cada Centro de Trabajo, se muestra un resumen del *Tablero de Confiabilidad Operacional*, con la identificación de cuartiles de desempeño, de acuerdo a estudios de benchmarking. Los indicadores que se muestran a continuación, pueden ser utilizados para representar la evolución de la implantación de PEMEX-Confiabilidad, orientada a resultados.

## Modelo PEMEX - Confiabilidad

### Tablero de Confiabilidad Operacional




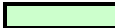



Centro de Trabajo:

Fecha de aplicación:

Periodo que aplica:

Indicadores	Resultado del CT	Cuartile Actual	Ponderación Actual	Peso del Indicador	Cuartiles			
					1er	2do	3er	4to
<b>Negocio</b>								
Costo de Mantenimiento / Valor de Reemplazo de Activos, %	2.3	2	8.1	10.8	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	3.0 - 3.5	>3.5
Costo de Producción por Unidad de Salida	5.0	2	5.4	7.2	Varía de acuerdo a la Unidad de Producción			
<b>Instalaciones - Equipo</b>								
Disponibilidad Mecánica, %	97.0	1	7.3	7.3	>97	95-97	80-95	<80
Utilización de activos con respecto a su capacidad, %	86.0	1	7.5	7.5	>89	80-89	70-79	<70
Índice de Paros No Programados, %	0.9	1	7.3	7.3	<=1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	> 3.0
<b>Planeación y Programación</b>								
Trabajo Planeado / Trabajos Totales, %	80.0	2	2.7	3.6	>85	75-85	65-75	<65
Backlog, semanas	5.0	2	2.7	3.6	3 - 4	4 - 6	6 - 8	>8
Cumplimiento de Programas, %	80.0	2	2.7	3.6	>90	75-90	60-75	<60
Trabajo de emergencia, %	20.0	2	2.7	3.6	<15	15-25	25-35	>35
Tiempo extraordinario, %	8.0	2	2.7	3.6	<5	05 - 10	10 - 20	>20
<b>Operación Segura</b>								
Cumplimiento de Programas de Producción, %	94.0	2	2.3	3.0	>95	90 - 95	75 - 90	<75
Índice de Energía Consumida, %	101.0	2	3.0	4.0	<100	100 - 120	120 - 140	>140
Equipos críticos operando fuera de rangos operacionales, %	6.0	2	3.8	5.0	< 5	05 - 10	10 - 15	>15
Sistemas de Control fuera de servicio, número	2.0	2	3.0	4.0	0	1 - 3	3 - 5	>5
<b>Mantenimiento Preventivo y Predictivo</b>								
Mantenimiento Preventivo-Predictivo / Mantenimiento Total, %	50.0	2	3.0	4.0	60	40-60	20-40	<20
Análisis de Fallas completos (ACR), %	85.0	2	3.0	4.0	>95	80-95	60-80	<60
Cumplimiento de mantenimiento preventivo y predictivo, %	91.0	2	2.3	3.0	>95	90 - 95	75 - 90	<75
<b>Efectividad de Programas de Confiabilidad</b>								
Tiempo Medio Entre Fallas	2.3	2	2.3	3.0	Varía de acuerdo al Tipo de Equipo			
Tiempo Medio Para Reparar	2.3	2	2.3	3.0	Varía de acuerdo al Tipo de Equipo			
Fallas detectadas previas a la falla, %	85.0	2	2.3	3.0	>95	80 - 95	50 - 80	<50
Nivel de Vibraciones promedio, pulgadas/segundo	0.1	2	2.3	3.0	-0.08	0.08-0.12	0.12-0.15	>0.15
Fallas por lubricación / Fallas totales, %	4.0	2	2.3	3.0	0	<5	05 - 20	>20

<b>Calificación Global del Centro de Trabajo</b>	<b>80.5</b>	<b>100</b>	<b>&gt; 80</b>	<b>60 - 80</b>	<b>40 - 60</b>	<b>&lt; 10</b>
--	-------------	------------	----------------	----------------	----------------	----------------

	Captura del Resultado en el Centro Trabajo
	Resultado automático, producto del Cuartile Actual y Peso del Indicador
	Indica el impacto que representa a la Confiabilidad Operacional
<b>Cuartiles:</b>	Clasificación de resultados internacionales, donde el "1er" equivale a los Mejores y el "4to." a los Rezagados
	Alcanzar esta zona se califica con el 100% de implantación
	Alcanzar esta zona se califica con el 75% de implantación
	Alcanzar esta zona se califica con el 50% de implantación
	Esta zona se califica con el 25% de implantación

Para mayor referencia, consultar la "GUÍA TÉCNICA PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES DE CONFIABILIDAD EN PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS", DCO-SCM-GT-012.

Por su parte, Pemex Exploración y Producción en su Programa Estratégico 2007-2015, definió las iniciativas estratégicas que ejecutará para convertirse en una empresa que mantenga el compromiso con la maximización del valor económico.

Estableció cinco objetivos estratégicos, entre los cuales está considerado el de *“Mantener niveles competitivos en costos de descubrimiento y desarrollo, así como de producción”*.

Para asegurar el cumplimiento de este objetivo, fragmentó la estrategia en 18 iniciativas estratégicas, clasificadas en cinco grupos principales distribuidos a lo largo de la Cadena de Valor, así, en la fase de producción se estableció la iniciativa estratégica *“Realizar una Transformación Operativa de la Función de Mantenimiento”*, la cual considera entre sus iniciativas principales:

*Desarrollar e implantar un Sistema de Confiabilidad Operacional institucionalizando los procesos en PEP.*

Para la ejecución de esta iniciativa estratégica, se desarrolló el Sistema de Confiabilidad Operacional (SCO) de PEP y el plan para su implantación.

Este Sistema define la Confiabilidad Operacional como la capacidad de un sistema productivo para cumplir su función, sin fallas, dentro de sus límites de diseño y operación, bajo un contexto operacional establecido, para un tiempo definido, obteniendo productos con la calidad, cantidad y oportunidad requeridas.

Para medir los resultados operativos, de gestión y desempeño, derivados de la implantación del SCO, el Corporativo instituyó el mismo *Tablero De Confiabilidad Operacional* de Pemex-Confiabilidad. Este tablero es manejado a través de una hoja de cálculo en Excel y soportado por una *“Guía técnica para el cálculo de Indicadores de Desempeño y Gestión del Mantenimiento en Pemex Exploración y Producción”*.

## Anexo 2. Sistema de monitoreo y control en Excel

Como ya se describió en el capítulo 3 de este trabajo, se desarrolló una base de datos en Excel para el Sistema de monitoreo y control elaborado. A continuación se muestran las impresiones de pantalla de cada una de las secciones del SMC en Excel.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following content:

**PEMEX**  
EXPLORACION Y PRODUCCION  
REGION MARINA NORESTE

**Activo integral Ku Maloob Zaap**  
**Coordinación de Mantenimiento a Equipo Dinamico y Sistemas Auxiliares**

Centro de Proceso: \_\_\_\_\_  
Mes a evaluar: \_\_\_\_\_  
Fecha de realización: \_\_\_\_\_

**SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EVALUAR LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Fuente de datos	
Elemento	Cantidad
No. De mantenimientos realizados	27
No. Condiciones seguras para mantenimiento	27
No. de mantos. realizados con todos los recursos materiales necesarios	25
No. de mantos. realizados con todos recursos humanos necesarios y capacitados	27
No. de mantos. realizados con todas las herramientas necesarias	26
No. Equipos entregados en tiempo y forma por operación	26
No. De órdenes de trabajo cerradas	27
No. Mantos. Efectuados dentro de fechas programadas	26
Monto de costo mantto. Real	\$165,000.00
Monto de costo mantto. Programado	\$165,000.00

Base de datos | Reporte mensual | Reporte acumulado | Reporte de desempeño | Check List | Glosario

Figura 1. Sección “Fuente de datos” donde se ingresan los datos recopilados para el SMC

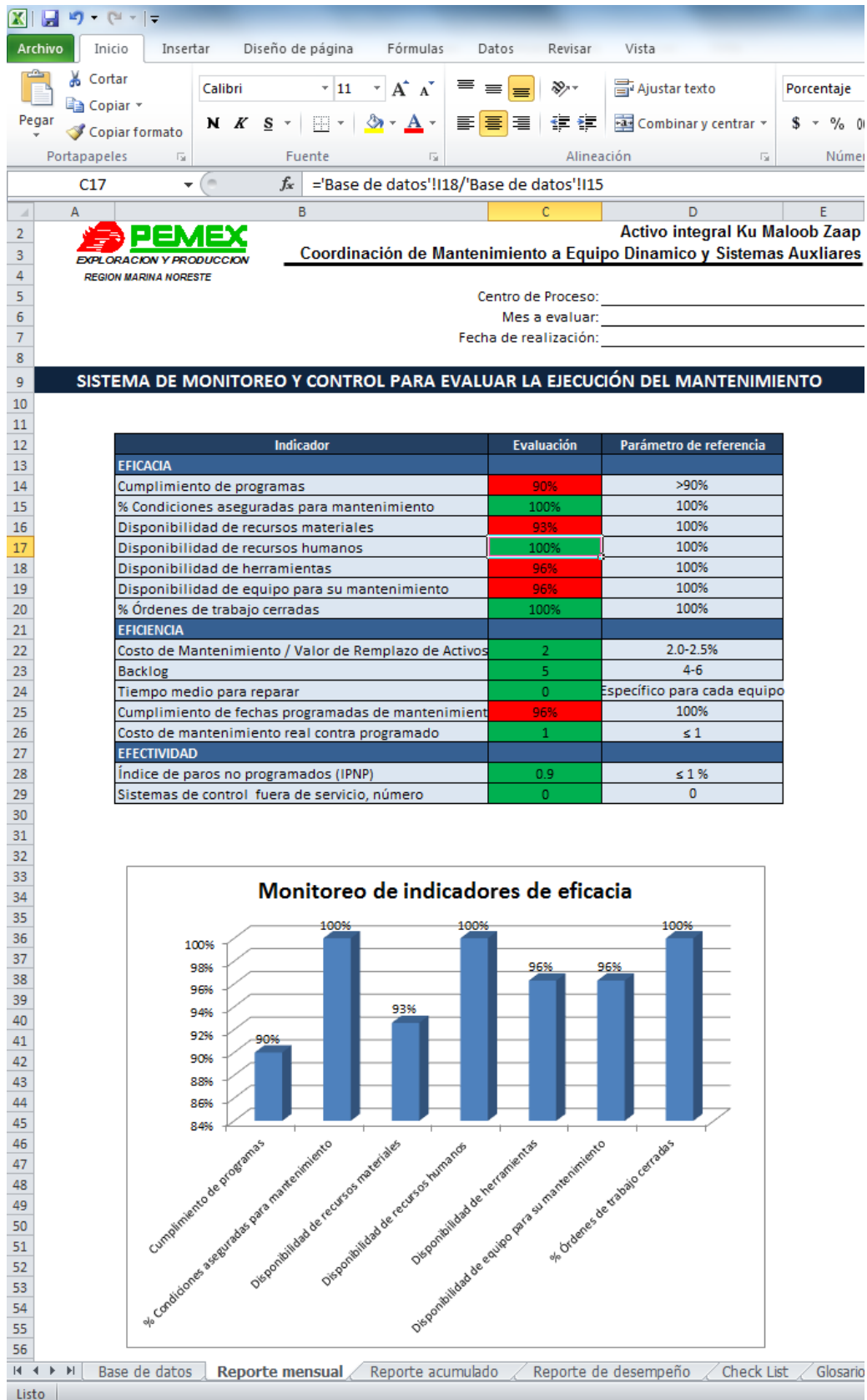


Figura 2. Sección "Reporte mensual" del SMC



Y28

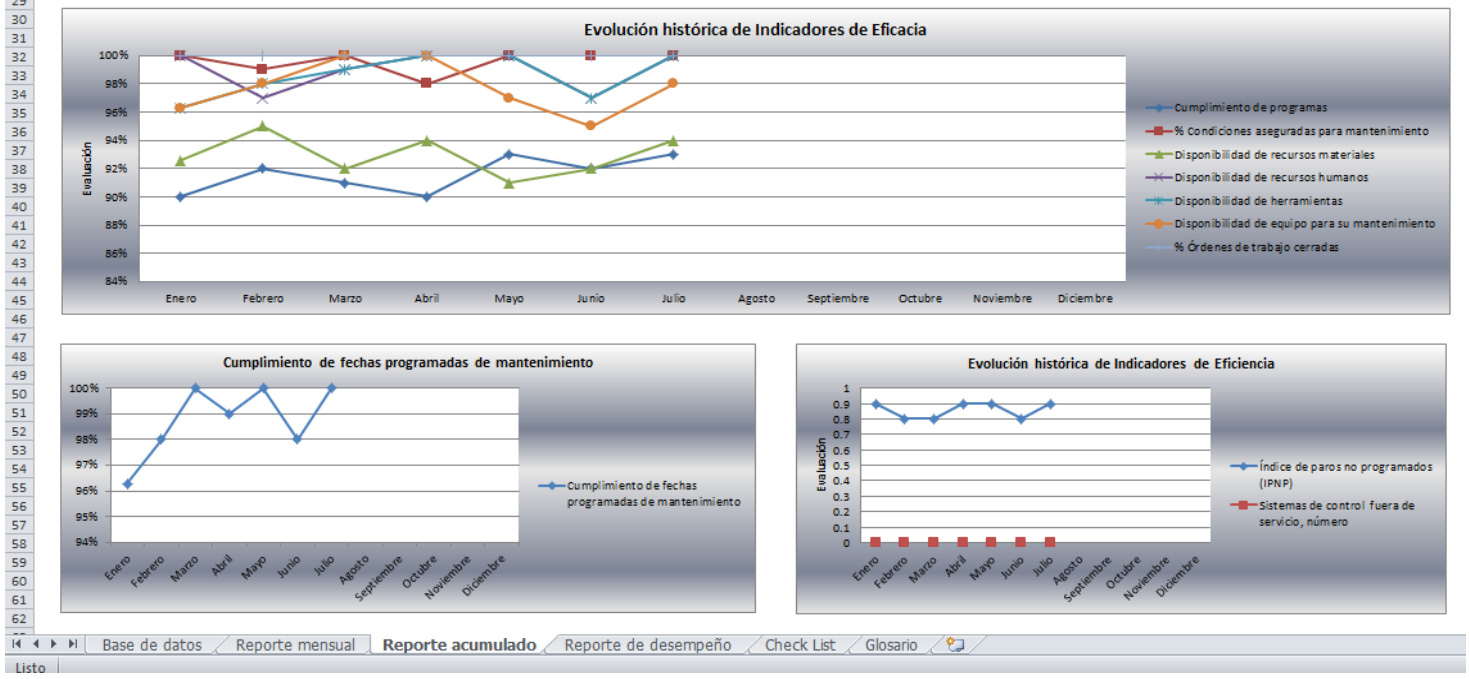
Activo integral Ku Maloob Zaap  
Coordinación de Mantenimiento a Equipo Dinamico y Sistemas Auxliares

Centro de Proceso: \_\_\_\_\_  
Mes a evaluar: \_\_\_\_\_  
Fecha de realización: \_\_\_\_\_

**SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EVALUAR LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Indicador	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Parámetro de referencia
<b>EFICACIA</b>													
Cumplimiento de programas	90%	92%	91%	90%	93%	92%	93%						>90%
% Condiciones aseguradas para mantenimiento	100%	99%	100%	98%	100%	100%	100%						100%
Disponibilidad de recursos materiales	93%	95%	92%	94%	91%	92%	94%						100%
Disponibilidad de recursos humanos	100%	97%	99%	100%	100%	97%	100%						100%
Disponibilidad de herramientas	96%	98%	99%	100%	100%	97%	100%						100%
Disponibilidad de equipo para su mantenimiento	96%	98%	100%	100%	97%	95%	98%						100%
% Órdenes de trabajo cerradas	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%						100%
<b>EFICIENCIA</b>													
Costo de Mantenimiento / Valor de Replazo de Activos	2	2	2	2	2	2	2						2.0-2.5%
Backlog	5	5	4	5	4	4	4						4-6
Tiempo medio para reparar	0	0	0	0	0	0	0						Específico para cada equipo
Cumplimiento de fechas programadas de mantenimiento	96%	98%	100%	99%	100%	98%	100%						100%
Costo de mantenimiento real contra programado	1	1	1	1	1	1	1						≤ 1
<b>EFFECTIVIDAD</b>													
Índice de paros no programados (IPNP)	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9						≤ 1%
Sistemas de control fuera de servicio, número	0	0	0	0	0	0	0						0

Figura 3. Sección "Reporte acumulado" del SMC



Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista


Cortar Copiar Pegar Copiar formato

Calibri 11 Fuente Alineación

C21 =Reporte mensual!C18

A B C D E F

1

2  **PEMEX** **Activo integral Ku Maloob Zaap**

3 **EXPLORACION Y PRODUCCION** **Coordinación de Mantenimiento a Equipo Dinámico y Sistemas Auxiliares**

4 **REGION MARINA NORESTE**

5 Centro de Proceso: \_\_\_\_\_

6 Mes a evaluar: \_\_\_\_\_

7 Fecha de realización: \_\_\_\_\_

8

9 **SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EVALUAR LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO**

10

11 **Reporte mensual de desempeño**

12

13 **Evaluación de indicadores de desempeño:**

14

Indicador	valuación	parámetro de referencia
<b>EFICACIA</b>		
Cumplimiento de programas	90%	>90%
% Condiciones aseguradas para mantenimiento	100%	100%
Disponibilidad de recursos materiales	93%	100%
Disponibilidad de recursos humanos	100%	100%
Disponibilidad de herramientas	96%	100%
Disponibilidad de equipo para su mantenimiento	96%	100%
% Órdenes de trabajo cerradas	100%	100%
<b>EFICIENCIA</b>		
Costo de Mantenimiento / Valor de Reemplazo de Activos	2	2.0-2.5%
Backlog	5	4-6
Tiempo medio para reparar	0	específico para cada equipo
Cumplimiento de fechas programadas de mantenimiento	96%	100%
Costo de mantenimiento real contra programado	1	≤ 1
<b>EFFECTIVIDAD</b>		
Índice de paros no programados (PNP)	0,9	≤ 1%
Sistemas de control fuera de servicio, número	0	0

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35 **De acuerdo a la evaluación de los indicadores de eficacia, se encontró que las siguientes causas están**

36 **generando obstrucciones en la ejecución:**

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48 **Medidas de control recomendadas para mejorar el desempeño (definir responsable de ejecutarlas):**

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60 **Comentarios adicionales:**

61

62

63

64

65

66

Base de datos Reporte mensual Reporte acumulado **Reporte de desempeño** Check

Listo

Figura 4. Sección "Reporte de desempeño" del SMC

SMC-MEDySA - Microsoft Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista


Cortar Copiar Pegar Copiar formato Portapapeles Fuente Alineación Número Formato condicional Dar formato como tabla Estilos

Calibri 11 A A Ajustar texto General \$ % 000 00 00 Cálculo Celda de co...

R32 f\_x

A B C D E F G H I J K L M N O

1

2  **PEMEX**  
EXPLORACION Y PRODUCCION  
REGION MARINA NORESTE

3 **Activo integral Ku Maloob Zaap**

4 **Coordinación de Mantenimiento a Equipo Dinamico y Sistemas Auxliars**

5 Centro de Proceso: \_\_\_\_\_

6 Fecha de realización: \_\_\_\_\_

7

8 **SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EVALUAR LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO**

9

10 **Check list para la ejecución del mantenimiento**

11

12 No. OT: \_\_\_\_\_

13

No.	Elemento	Sí	No	Comentarios*
15	1 ¿Condiciones seguras para el mantenimiento?			
16	2 ¿Cuenta con todos los recursos materiales necesarios (refacciones, kit, filtros, etc.)?			
17	3 ¿Cuenta con todo el personal necesario?			
18	4 ¿Cuenta con todo el personal capacitado?			
19	5 ¿Cuenta con todas las herramientas necesarias?			
20	6 ¿El equipo fue entregado en tiempo y forma por operación?			
21	7 Al finalizar el mantenimiento, ¿realizó el cierre de la OT?			
22	8 ¿El mantenimiento se efectuó dentro de las fechas programadas inicialmente?			
23	9 Monto del costo real del mantenimiento efectuado			
24	10 Monto del costo programado del mantenimiento efectuado			

25

26 \* En caso de marcar con "No" algún elemento, favor de explicar el motivo.

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

Base de datos Reporte mensual Reporte acumulado Reporte de desempeño Check List Glosario

Listo

**Figura 5. Sección  
"Check list" del SMC**

SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EVALUAR LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO										
Glosario de indicadores										
EFICACIA										
13	<b>Cumplimiento de programas</b>		$\frac{\text{Órdenes de trabajo de mantenimiento ejecutadas}}{\text{Órdenes de trabajo de mantenimiento programadas}}$		X 100%					
16	<b>% Condiciones aseguradas para mantenimiento=</b>		$\frac{\text{No. Condiciones seguras para mantenimiento}}{\text{No. De mantenimientos realizados}}$		X 100%					
19	<b>Disponibilidad de recursos materiales =</b>		$\frac{\text{No. de mantos. realizados con todos rec. mat. necesarios}}{\text{No. De mantenimientos realizados}}$		X 100%					
22	<b>Disponibilidad de recursos humanos =</b>		$\frac{\text{No. de mantos. realizados con todos rec. hum. necesarios y capacitados}}{\text{No. De mantenimientos realizados}}$		X 100%					
25	<b>Disponibilidad de herramientas =</b>		$\frac{\text{No. de mantos. realizados con todas herramientas necesarias}}{\text{No. De mantenimientos realizados}}$		X 100%					
28	<b>Disponibilidad de equipo para su mantto. =</b>		$\frac{\text{No. Equipos entregados en tiempo y forma por operación}}{\text{No. De mantenimientos realizados}}$		X 100%					
31	<b>% Órdenes de trabajo cerradas =</b>		$\frac{\text{No. De órdenes de trabajo cerradas}}{\text{No. De mantenimientos realizados}}$		X 100%					
EFICIENCIA										
36	<b>Costo de Mantenimiento / Valor de Reemplazo de Activos *</b>		$\frac{\text{Costo real de mantenimiento}}{\text{Valor de reemplazo del activo}}$		X 100%					
39	<b>Backlog *</b>		$\frac{\text{Suma de horas hombre estimadas en trabajos rezagados * Semana}}{\text{Horas hombre disponibles nominales diarias * 7}}$							
42	<b>Tiempo medio para reparar *</b>		$\frac{\text{Suma de horas fuera de servicio para reparación por equipo instalación}}{\text{Número de trabajos de reparación}}$							
45	<b>Cumplimiento de fechas programadas de mantto. =</b>		$\frac{\text{No. Mantos. Efectuados dentro de fechas programadas}}{\text{No. De mantenimientos realizados}}$		X 100%					
48	<b>Costo de mantto. Real vs Programado =</b>		$\frac{\text{Monto mantto. Real}}{\text{Monto mantto. Programado}}$							
EFECTIVIDAD										
53	<b>IPNP *</b>		$\frac{\text{Horas de paro no programados}}{\text{Hrs. Totales en el Periodo}}$		X 100%					
56	<b>Sistemas de control fuera de servicio *</b> : Sumatoria de Sistema de control fuera de servicio									
59	* Indicador obtenido del Tablero de Confiabilidad Operacional									

Figura 6. Sección “Glosario de indicadores” del SMC

### Anexo 3. Descripción de indicadores del Sistema de monitoreo y control

En el Sistema de monitoreo y control desarrollado en Excel se incluyó una sección de “Glosario de indicadores”, aquí se presenta la descripción para cada uno de los indicadores de desempeño propuestos en el SMC.

<p><b>Indicador:</b> Cumplimiento de programas <b>Criterio:</b> Eficacia <b>Descripción:</b> El porcentaje de trabajos ejecutados contra los trabajos programados, medido en cantidad de órdenes de trabajo. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> Clase mundial &gt;90% <b>Fuente de datos:</b> Tablero de confiabilidad operacional <b>Cálculo:</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Cumplimiento de programas:</b> <math>\frac{\text{Órdenes de trabajo de mantenimiento ejecutadas}}{\text{Órdenes de trabajo de mantenimiento programadas}} \times 100\%</math></p>
<p><b>Indicador:</b> % Condiciones aseguradas para mantenimiento <b>Criterio:</b> Eficacia <b>Descripción:</b> Porcentaje de trabajos realizados bajo condiciones seguras del total de mantenimientos realizados. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> 100% <b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento <b>Cálculo:</b></p> <p style="text-align: center;"><b>% Condiciones aseguradas para mantenimiento:</b> <math>\frac{\text{No. Condiciones seguras para mantenimiento}}{\text{No. De mantenimientos realizados}} \times 100\%</math></p>
<p><b>Indicador:</b> Disponibilidad de recursos materiales <b>Criterio:</b> Eficacia <b>Descripción:</b> Porcentaje de trabajos realizados con todos los recursos materiales necesarios del total de mantenimientos realizados. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> 100% <b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento <b>Cálculo:</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Disponibilidad de recursos materiales:</b> <math>\frac{\text{No. de manttos. realizados con todos rec. mat. necesarios}}{\text{No. De mantenimientos realizados}} \times 100\%</math></p>
<p><b>Indicador:</b> Disponibilidad de recursos humanos <b>Criterio:</b> Eficacia <b>Descripción:</b> Porcentaje de trabajos realizados con todos los recursos humanos necesarios y capacitados del total de mantenimientos realizados. <b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Frecuencia:</b> Mensual <b>Valor de referencia:</b> 100% <b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento</p>

<p><b>Cálculo:</b></p> <p>Disponibilidad de recursos humanos: <math>\frac{\text{No. de mantos realizados con todos rec. hum. necesarios y capacitados}}{\text{No. De mantenimientos realizados}} \times 100\%</math></p>
<p><b>Indicador:</b> Disponibilidad de herramientas</p> <p><b>Criterio:</b> Eficacia</p> <p><b>Descripción:</b> Porcentaje de trabajos realizados con todas las herramientas necesarios del total de mantenimientos realizados.</p> <p><b>Unidad:</b> Porcentaje</p> <p><b>Frecuencia:</b> Mensual</p> <p><b>Valor de referencia:</b> 100%</p> <p><b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento</p> <p><b>Cálculo:</b></p> <p>Disponibilidad de herramientas: <math>\frac{\text{No. de mantos realizados con todas herramientas necesarias}}{\text{No. De mantenimientos realizados}} \times 100\%</math></p>
<p><b>Indicador:</b> Disponibilidad de equipo para su mantenimiento</p> <p><b>Criterio:</b> Eficacia</p> <p><b>Descripción:</b> Porcentaje de equipos entregados en tiempo y forma por operación para su mantenimiento del total de mantenimientos realizados.</p> <p><b>Unidad:</b> Porcentaje</p> <p><b>Frecuencia:</b> Mensual</p> <p><b>Valor de referencia:</b> 100%</p> <p><b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento</p> <p><b>Cálculo:</b></p> <p>Disponibilidad de equipo para su mantto.: <math>\frac{\text{No. Equipos entregados en tiempo y forma por operación}}{\text{No. De mantenimientos realizados}} \times 100\%</math></p>
<p><b>Indicador:</b> % Órdenes de trabajo cerradas</p> <p><b>Criterio:</b> Eficacia</p> <p><b>Descripción:</b> Porcentaje de órdenes de trabajo cerradas del total de mantenimientos realizados.</p> <p><b>Unidad:</b> Porcentaje</p> <p><b>Frecuencia:</b> Mensual</p> <p><b>Valor de referencia:</b> 100%</p> <p><b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento</p> <p><b>Cálculo:</b></p> <p>% órdenes de trabajo cerradas: <math>\frac{\text{No. De órdenes de trabajo cerradas}}{\text{No. De mantenimientos realizados}} \times 100\%</math></p>
<p><b>Indicador:</b> Costo de Mantenimiento / Valor de Reemplazo de Activos</p> <p><b>Criterio:</b> Eficiencia</p> <p><b>Descripción:</b> Refleja el porcentaje en términos económicos, del nivel de costos en los que se está incurriendo para mantener en condición operativa al activo, con relación a su valor de reemplazo.</p> <p><b>Unidad:</b> Porcentaje</p> <p><b>Frecuencia:</b> Anual</p> <p><b>Valor de referencia:</b> Clase mundial &gt;2.0-2.5%</p> <p><b>Fuente de datos:</b> Tablero de confiabilidad operacional</p> <p><b>Cálculo:</b></p> <p>Costo de Mantenimiento / Valor de Reemplazo de Activos: <math>\frac{\text{Costo real de mantenimiento}}{\text{Valor de reemplazo del activo}} \times 100\%</math></p>

<p><b>Indicador:</b> Backlog</p> <p><b>Criterio:</b> Eficiencia</p> <p><b>Descripción:</b> Es el tiempo necesario para realizar los trabajos de mantenimiento rezagados.</p> <p><b>Unidad:</b> Semana</p> <p><b>Frecuencia:</b> Mensual</p> <p><b>Valor de referencia:</b> 4-6</p> <p><b>Fuente de datos:</b> Tablero de confiabilidad operacional</p> <p><b>Cálculo:</b></p> <p style="text-align: center;">Backlog: <math>\frac{\text{Suma de horas hombre estimadas en trabajos rezagados} * \text{Semana}}{\text{Horas hombre disponibles nominales diarias} * 7}</math></p>
<p><b>Indicador:</b> Tiempo medio para reparar</p> <p><b>Criterio:</b> Eficiencia</p> <p><b>Descripción:</b> El tiempo medio para la reparación permite conocer el tiempo promedio que toma efectuar la reparación de un equipo o instalación en un período determinado.</p> <p><b>Unidad:</b> Horas-equipo</p> <p><b>Frecuencia:</b> Trimestral</p> <p><b>Valor de referencia:</b> Específico para c/equipo</p> <p><b>Fuente de datos:</b> Tablero de confiabilidad operacional</p> <p><b>Cálculo:</b></p> <p style="text-align: center;">Tiempo medio para reparar: <math>\frac{\text{Suma de horas fuera de servicio para reparación por equipo/instalación}}{\text{Número de trabajos de reparación}}</math></p>
<p><b>Indicador:</b> Cumplimiento de fechas programadas de mantenimiento</p> <p><b>Criterio:</b> Eficiencia</p> <p><b>Descripción:</b> Porcentaje de trabajos realizados dentro de fechas programadas del total de mantenimientos realizados.</p> <p><b>Unidad:</b> Porcentaje</p> <p><b>Frecuencia:</b> Mensual</p> <p><b>Valor de referencia:</b> 100%</p> <p><b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento</p> <p><b>Cálculo:</b></p> <p style="text-align: center;">Cumplimiento de fechas programadas de mantto.: <math>\frac{\text{No. Manttos. Efectuados dentro de fechas programadas}}{\text{No. De mantenimientos realizados}} \times 100\%</math></p>
<p><b>Indicador:</b> Costo de mantenimiento real contra programado</p> <p><b>Criterio:</b> Eficiencia</p> <p><b>Descripción:</b> Proporción del costo real del mantenimiento contra el costo programado.</p> <p><b>Unidad:</b> Índice</p> <p><b>Frecuencia:</b> Mensual</p> <p><b>Valor de referencia:</b> ≤ 1</p> <p><b>Fuente de datos:</b> Check list para la ejecución del mantenimiento</p> <p><b>Cálculo:</b></p> <p style="text-align: center;">Costo de mantto. Real vs Programado: <math>\frac{\text{Monto de mantenimiento Real}}{\text{Monto de mantenimiento Programado}}</math></p>

**Indicador:** Índice de paros no programados (IPNP)

**Criterio:** Efectividad

**Descripción:** El índice de horas de paro no programado permite conocer el porcentaje del tiempo que el equipo incurrió en paros que no han sido programados durante un período de análisis.

**Unidad:** Porcentaje

**Frecuencia:** Mensual

**Valor de referencia:** Clase mundial  $\leq 1\%$

**Fuente de datos:** Tablero de confiabilidad operacional

**Cálculo:**

$$\text{IPNP} = \frac{\text{Horas de paro no programados}}{\text{Hrs. Totales en el Período}} \times 100\%$$

**Indicador:** Sistemas de control fuera de servicio, número

**Criterio:** Efectividad

**Descripción:** Cantidad de sistemas críticos de control de seguridad y equipos que los soportan fuera de servicio, considerando aquellos que se encuentran fuera de operación o en falla.

**Unidad:** Cantidad de sistemas/equipos

**Frecuencia:** Mensual

**Valor de referencia:** Clase mundial = 0

**Fuente de datos:** Tablero de confiabilidad operacional

**Cálculo:**

$$\text{Sistemas de control fuera de servicio} = \sum_{i=0}^n \text{Sistemas de control fuera de servicio}$$