

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
SECCION DE POST-GRADO**



GESTION DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS EN PROYECTOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

Tesis

**PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN GESTIÓN Y
ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

Presentado por:

ING. JOANNA ELIDA CHAU LAM

LIMA – PERU

2010

Con todo amor les dedico a mis hijos Sofía y Alejandro quienes son la luz de mi vida.

Con todo mi cariño les dedico a mis hermanos Jordan y Jonathan quienes siempre me acompañan en cada paso que doy.

AGRADECIMIENTOS

A mi esposo Alejandro, por su apoyo y comprensión ofrecida, lo cual me permitió culminar estos estudios.

A mi padre Alfonso, por cada día que nos dedica con amor a sus nietos y a mí.

A mi madre Elida, por que gracias a su constancia estoy aquí.

Deseo expresar mi agradecimiento al Dr (c). Alfredo Vásquez Espinoza por su dirección, asesoramiento, apoyo y colaboración.

A San Martín Contratistas Generales, por darme el tiempo necesario para realizar este trabajo, por poner a mi disposición los recursos necesarios para la investigación y desarrollo de la misma de manera incondicional.

INDICE GENERAL

RESUMEN	8
SUMMARY	9
INTRODUCCIÓN.....	10
Introducción.....	11
Objetivos.....	13
Hipótesis y Variables.....	14
CAPITULO 1: ANTECEDENTES	16
1.1 Situación económica mundial actual	17
1.2 Situación de las empresas de movimiento de tierras en el mercado nacional	19
1.3 Evolución del mantenimiento.....	22
1.4 Metodología de Mejoramiento Continuo a través Mantenimiento Productivo	24
Total (TPM).....	24
Conceptos básicos	24
Actividades esenciales para realizar un TPM.....	25
1.5 Resultado Operativo	28
1.6 Conclusiones.....	29
CAPITULO 2: GESTIÓN DEL	30
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	30
2.1. Análisis de la gestión del mantenimiento de las empresas que desarrollan movimiento de tierras.	31
2.2. Principales problemas en la gestión de mantenimiento de equipos.....	32
2.2.1. Divorcio entre las áreas de OPERACIONES Y MANTENIMIENTO ...	32
2.2.2. Relación con proveedores, requerimientos.....	33
2.2.3. Generación de inventarios en almacenes.....	34
2.2.4. Metodología de planeamiento y control del mantenimiento de equipos adecuada	37
2.2.5. Herramientas informáticas de capacidad.....	37
2.2.6. Recurso humano capacitado y motivado	42
2.3. Conclusiones.....	43
CAPITULO 3: SISTEMA PROPUESTO	45
3.1. Gestión ciclo cíclico	46
3.1.1. Planeamiento y control	47
3.2. Planeamiento de la vida útil del equipo.....	48
3.2.1. Modelo económico de un equipo (determinación de las tarifas).....	48

3.2.1.1.	Mantenimiento Preventivo (MP).....	49
3.2.1.2.	Mantenimiento Correctivo (MC)	49
3.2.1.3.	Lubricación(LU).....	49
3.2.1.4.	Mantenimiento Mecánico (MM).....	49
3.2.1.5.	Llantas (LL).....	49
3.2.1.6.	Carrilería (CA)	50
3.2.1.7.	Elementos de Desgaste(ED).....	50
3.2.1.8.	Mantenimiento Predictivo.....	50
3.2.1.9.	Reparaciones Mayores	50
3.2.1.10.	Valor de compra.....	50
3.2.1.11.	Costo financiero	50
3.2.1.12.	Leasing Operativo.....	51
3.2.1.13.	Transporte y Montaje.....	51
3.2.1.14.	Seguros.....	51
3.2.1.15.	Valor de rescate	51
3.2.1.16.	Administración del equipo.....	51
3.2.1.17.	Otros.....	51
3.2.2.	Componentes de las tarifas.....	54
3.2.3.	Control del costo de reparación y mantenimiento de un equipo	59
3.3.	Determinación del plan de fases.....	62
3.3.1.	Lubricación (LU).-.....	62
3.3.2.	Mantenimiento Mecánico (MM)	64
3.3.3.	Llantas (LL).....	65
3.3.4.	Carrilería (CA).....	65
3.3.5.	Elementos de Desgaste (ED).....	65
3.3.6.	Reparaciones Mayores (RM).....	65
3.3.7.	Taller/ Indirectos (TALLER / INDIRE).....	66
3.4.	Determinación de recursos, tipos y definiciones	67
3.4.1.	Planeamiento y proyección de recursos	67
3.4.1.1.	Materiales	67
3.4.1.2.	Mano de Obra.....	69
3.4.1.3.	Servicios terceros	71
3.4.1.4.	Equipos.....	72
3.4.1.5.	Fletes	72
3.4.1.6.	Supervisión.....	72
3.4.1.7.	Gastos Generales	73
3.4.1.8.	Depreciación.....	74
3.4.1.9.	Seguros	74
3.4.1.10.	Leasing financiero o bancario	74

3.4.1.11. Leasing Operativo.....	75
3.5. Resultado Operativo Equipo por Equipo.....	75
3.5.1. Tarifa de Mano de Obra Vestida	76
3.5.2. División del resultado.....	84
3.5.2.1. Por tiempo	84
3.5.2.1.1. Previstos.....	84
3.5.2.1.2. Reales.....	84
3.5.2.2. Por naturaleza de la fuente	84
3.5.2.2.1. Venta.....	84
3.5.2.2.2. Costo	85
3.5.2.2.3. Margen	86
3.6. Metodologías de proyección.....	86
3.6.1. Lubricación (LU).....	86
3.6.2. Mantenimiento Mecánico (MM) y Reparación Mayor (RM)	91
3.6.3. Llantas (LL).....	99
3.6.4. Carrilería (TR)	103
3.6.5. Elementos de Desgaste (ED)	103
3.7. Consolidados	106
3.7.1. Activos.....	106
3.7.2. Provisiones	107
3.7.3. Resultado final.....	107
3.8. Indicadores.....	107
3.9. Conclusiones.....	108
CAPITULO 4 .- CASO APLICATIVO DE LA EMPRESA DE MOVIMIENTO DE	
TIERRAS	110
4.1. Situación con método anterior de planeamiento y control de equipos.....	111
4.2. Análisis mediante pruebas estadísticas de las hipótesis planteadas	113
4.3. Situación con método planteado de control y planeamiento de equipos.....	118
4.4. Conclusiones.....	125
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	127
Conclusiones.....	128
Recomendaciones	131
BIBLIOGRAFÍA	133
ANEXOS	138
ANEXO I. ESTADÍSTICA NO PARAMÉTRICA.....	139
Estadística no paramétrica	140

Prueba de X^2 de una muestra.....	141
Prueba de Rangos señalados y Pares Igualados de Wilcoxon para dos muestras relacionadas	147
ANEXO II . DATOS PARA PRUEBAS ESTADÍSTICAS	154
Datos de la hipótesis específica: “La división del mantenimiento en fases disminuye la variabilidad entre los costos proyectados y reales.”	155
Datos de la hipótesis específica: “La planificación por equipo y sistemas tiene mayor precisión en la proyección de los costos de mantenimiento de los equipos.”	158
Datos de la hipótesis específica: “El método propuesto para la proyección del equipo en función de la vida útil del equipo es mejor que el método anterior basado en costos horarios.”	161
ANEXO III. FORMATOS RESULTADO.....	169
FORMATO RESULTADO TALLER	170
FORMATO RESULTADO EQ x EQ	172

RESUMEN

Dentro del negocio de movimiento de tierras, la maquinaria pesada interviene aproximadamente entre un 20% a 50% del costo total de operación, por ello las empresas que se encuentran en la competencia de este mercado, debe asegurar reducir los costos operativos y financieros que le permitan mantenerse en carrera. Las inversiones de compra de equipo normalmente requieren de financiamientos que básicamente dependen de las tasas de interés que se manejen en el momento, por ello ser eficientes y eficaz significa obtener las metas con la optimización de recursos, a través de una herramienta de gestión confiable.

La meta de la presente investigación es describir una metodología de planeamiento y control que permita tomar mejores decisiones, relacionando los conceptos operativos, determinando los lineamientos básicos del planeamiento de equipos e identificando la potencialidad de la automatización de la herramienta.

El estudio analiza la problemática de las empresas que desarrollan el movimiento de tierras y las dificultades de la gestión del mantenimiento de los equipos tales como: relación entre operación y mantenimiento de los equipos, generación de inventarios de repuestos, relación con proveedores, capacitación de recursos humanos y la capacidad de herramientas informáticas.

Además se concentrará en describir la metodología propuesta y medir la probabilidad de error del método propuesto a través de la estadística no paramétrica.

Finalmente se comparará los resultados obtenidos a través del método propuesto, obteniéndose la reducción de la variabilidad entre lo proyectado y la realidad.

SUMMARY

Within the business of earthmoving, heavy machinery involved approximately 20% to 50% of total operating costs, so companies are in competition in this market, should ensure lower operating costs and that financial can be maintained in the race. The purchase of equipment investments typically require financing that basically depend on the interest rates that are managed at the time, so be efficient and effective means to achieve the goals with the optimization of resources, through a reliable management tool.

The goal of this research is to describe a methodology for planning and control to enable better decisions, relating the operational concepts, determine the basics of planning and identifying potential equipment automation tool.

The study analyzes the problems of the companies developing the land movement and the difficulties of managing the maintenance of equipment such as: the relationship between operation and maintenance of equipment, spare parts inventory generation, relationship with suppliers, training resources human capacity and tools.

Also will focus on describing the methodology and measuring the probability of error of proposed method through nonparametric statistics.

Finally we compare the results obtained using the proposed method, obtaining the reduced variability between projected and reality.

INTRODUCCIÓN

Introducción

Hoy en día el sector construcción, se constituye dentro del mercado nacional como una industria rentable y competitiva, por ello las empresas diseñan estrategias que les permitan mantenerse en el mercado a través del cumplimiento de los estándares de productividad. El ambiente empresarial sufre constantes transformaciones que obliga a las empresas definir claramente como analizar y evaluar sus procesos de negocios a través de la medición de su desempeño con herramientas de gestión, que les permitan finamente explotar sus activos con eficiencia, eficacia y efectividad.

La regla: *” Si no se mide lo que se hace, no se puede controlar y si no se puede controlar, no se puede dirigir y si no se puede dirigir no se puede mejorar”*, es la inspiración de este tema, debido a que muchos ingenieros que tienen a cargo las jefaturas de proyectos, dominan “al revés y al derecho” sus términos técnicos propios de la naturaleza de la operación, pero muy poco intervienen como gestores del mantenimiento de sus equipos; por ello este estudio responde a la necesidad de conocer los criterios básicos respecto al mantenimiento de equipos y establecer una metodología que muestre indicadores de fácil comprensión para la toma de decisiones.

Los sectores de minería y construcción se han visto favorecidos por el desarrollo de sus actividades de extracción, explotación, producción y traslados de productos a los puntos de embarque; es por ello que se ha observado el incremento de explotación de concesiones mineras así como la construcción de vías de comunicación entre los puntos de extracción hasta los puertos. Pero el resto del mundo también vende y compra, requiere insumos para obtener sus productos de calidad y a precios competitivos que le permitan ampliar sus mercados.

Entonces, la gestión en las obras mineras y civiles debe ser aquella que obtenga productos que puedan competir en este mercado globalizado; se requiere de herramientas que permitan tomar decisiones rápidas y acertadas de sus principales recursos, que en este caso de operaciones de movimiento de tierras se puede afirmar que son los equipos (entre el 30% del costo de la operación).

Asimismo una empresa es creada con la finalidad de obtener una utilidad, la que está directamente ligada a los plazos en el tiempo de cada una de sus actividades; por ello es necesario tener una herramienta de control que nos permita obtener una fotografía del estado del negocio (venta vs costo) en un momento determinado, y que nos permita tomar decisiones a tiempo para cumplir las metas trazadas. De igual forma, la proyección de lo que sucederá en la empresa es importante para obtener un flujo que de la liquidez para mantener la empresa dentro del planeamiento esperado. Entonces es necesario tener una planificación técnica y formal, que nos permita disminuir las probabilidades de falla o presentación de imprevistos, que conlleven a no cumplir las metas esperadas.

En vista a esta necesidad, la presente tesis busca demostrar una metodología práctica y económica, que permita planificar y controlar los requerimientos del equipo pesado que se maneja dentro de una empresa con sus propios activos, brindándole a esta la disponibilidad mecánica que requiere para la optimización de sus operaciones. Esto implica el beneficio de medianas empresas que no pueden adquirir un software de gestión de medio millón de soles y que cuyo monto en activos demanda el adecuado control de los insumos para mantenerlos operativos.

A continuación se presentan los objetivos e hipótesis planteadas en la matriz de consistencia (Tabla A):

Objetivos

Principal

Desarrollar una metodología de planeamiento y control de costos de mantenimiento de los equipos, que permita a la empresa tomar mejores decisiones.

Específicos

- Describir la necesidad e importancia de relacionar los conceptos operativos con un sistema de gestión.
- Analizar si es mas preciso el pronóstico global o individual de equipos en el desarrollo del planeamiento y control de la gestión del mantenimiento.
- Comparar el método propuesto en base al modelo de mantenimiento del equipo con el método anterior de proyección de costos a través de porcentajes.
- Analizar la potencialidad de las herramientas de planeamiento y control a través de la automatización.
- Proponer lineamientos básicos para la implementación de una metodología de planeamiento y control de la gestión de mantenimiento de equipos.

Hipótesis y Variables

Hipótesis principal

El uso de una metodología adecuada para la gestión de mantenimiento mejorará los resultados de la empresa.

Hipótesis específicas

- La división del mantenimiento en fases disminuye la variabilidad entre los costos proyectados y reales.
- La planificación por equipo y sistemas tiene mayor precisión en la proyección de los costos de mantenimiento de los equipos.
- El método propuesto para la proyección del costo de mantenimiento de un equipo en función de la vida útil es mejor que el método anterior basado en costos por porcentajes (costos horarios).

$$Y = f(x)$$

Variable dependiente (y)	Resultado de la gestión.
Variable independiente (x)	Sistema de Gestión de mantenimiento de equipos (métodos de planificación y control eficientes, análisis de resultados, reprogramación de recursos).
Variable Interviniente (z) Objeto de Estudio	Empresa de movimiento de tierras.

MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

AUTOR: Joanna Elida Chau Lam

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES y = f(x)	INSTRUMENTOS	INDICADORES	NORMAS
		<p>OBJETIVO PRINCIPAL:</p> <p>Desarrollar una metodología de planeamiento y control de costos de mantenimiento de los equipos, que permita a la empresa tomar mejores decisiones.</p>	<p>HIPÓTESIS PRINCIPAL:</p> <p>El uso de una metodología adecuada para la gestión de mantenimiento mejorará los resultados de la empresa.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y):</p> <p>Resultados de la Gestión</p>	Proyección de costos		
		<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Describir la necesidad e importancia de relacionar los conceptos operativos con un sistema de gestión. 2.- Analizar si es más preciso el pronóstico global o individual de los costos de mantenimiento de los equipos. 3.- Comparar el método propuesto en base al modelo de mantenimiento del equipo con un método anterior de proyección de costos a través de porcentajes. 4.- Analizar la potencialidad de las herramientas de planeamiento y control a través de la automatización. 5.- Proponer lineamientos básicos para la implementación de una metodología de planeamiento y control de la gestión de mantenimiento de equipos. 	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- La división del mantenimiento en fases disminuye la variabilidad entre los costos proyectados y reales. 2.- La planificación por equipo y sistemas tiene mayor precisión en la proyección de los costos de mantenimiento de los equipos. 3.- El método propuesto para la proyección del costo de mantenimiento de un equipo en función de la vida útil es mejor que el método anterior basado en costos por porcentajes (costos mantenimientos). 	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X):</p> <p>Metodología de planeamiento y control</p>	CHI 2	Nivel de significancia de los costos proyectados por el método de faseo y el método sin faseo.	Tabla de distribución Chi Cuadrado χ^2
	<p>En la gestión de obras de minería civiles, se necesitan herramientas que permitan tomar decisiones rápidas y acertadas de sus principales recursos, que en este caso de operaciones de movimiento de tierras se puede afirmar que son los equipos (entre el 30% del costo de a operación), para que obtenga productos que puedan competir en este mercado globalizado.</p>			<p>Faseo del mantenimiento</p>	U Mann Whitney	Nivel de significancia de los costos proyectados por el método de individual y por el método global.	Tabla de valores de probabilidad acumulada (F) para la Distribución Normal Estándar
				<p>La planificación por equipos y sistemas</p>	Wilcoxon	Nivel de significancia de las proyecciones del método propuesto y el método anterior.	Tabla de valores de probabilidad acumulada (F) para la Distribución Normal Estándar
				<p>VARIABLE INTERVENIENTE:</p> <p>Empresa de movimiento de tierras</p>			

Tabla A.- Matriz de consistencia de la tesis

CAPITULO 1: ANTECEDENTES

1.1 Situación económica mundial actual

La economía mundial entró la peor crisis financiera desde la gran Depresión, lo que inicialmente pareció ser una grieta en el mercado de Estados Unidos en el 2007 fue en realidad una fisura en el sistema financiero global causado por la picada de la bolsa de valores y un congelamiento crediticio congelado.[¹]

La economía mundial entró en recesión y crecieron las barreras de progreso entre la pobreza, el crecimiento mundial entró en colapso debido a que desde el 2006 en que se presentó un porcentaje anual de variación de 9.2 % en el 2009 declinó hasta -11.1%. Después de esta caída el precio del petróleo regresó a lo que se presentaba en el 2005 +/- U\$ 40.00 por barril. [¹]

La crisis rápidamente se expandió por diversos países europeos: Dinamarca en el primer trimestre del 2008 entró en recesión, Francia se contrajo en (-0.3%) y Alemania (-0.5%), por su parte España creció débilmente con fuerte incremento de desempleo. En Asia, Japón sufrió una contracción del -0.6% en el segundo trimestre del 2008, mientras que China se redujo en -0.5 % su PBI a fines del 2008. En América Latina Brasil se contrajo a fines del 2008 en (-3.6%) y Argentina en -5.5% a mediados del 2008. Méjico sufrió una contracción de -7% en el primer trimestre del 2009 por tener su economía muy ligada a la de Estados Unidos. [²]

Las economías de Asia oriental resultaron más afectadas por los efectos reales de la desaceleración económica global que por las perturbaciones financieras previas a la crisis, la severa reducción de la demanda global de bienes de consumo duraderos y bienes de capital observada al comienzo de la crisis

¹ Robert Vos, Organización de las naciones unidas. "La situación económica mundial y las perspectivas para el 2009 y 2010" (Mayo 2009)

² http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_econ%C3%B3mica_de_2008-2010

desencadenó una severa contracción de la producción y las exportaciones de bienes manufacturados a escalas regional y mundial.[³]

Las naciones en desarrollo de Europa y Asia central fueron las más afectadas por la crisis financiera global, los grandes déficits en cuenta corriente, excesiva dependencia del capital extranjero para financiar el consumo interno y considerables desequilibrios fiscales en varios países expusieron a la región a un ajuste particularmente severo cuando la crisis modificó las perspectivas internacionales. [³]

La región América Latina y el Caribe ha sido capaz de sortear los choques externos mejor que otras regiones, lo que se reflejó en los diferenciales de riesgo, que retrocedieron a niveles cercanos a los que mostraban antes de la crisis a medida que se restablecía la confianza de los inversionistas; como en el resto del mundo, tanto los volúmenes de producción industrial como los de comercio internacional se desplomaron ante la brusca contracción de la demanda global. [³]

La región de Oriente Medio y Norte de África, la recuperación se ha tambaleado debido a las incertidumbres sobre las condiciones financieras de varias economías del Consejo de Cooperación del Golfo (CCG), la tasa de crecimiento de las naciones exportadoras de petróleo cayó a la mitad, de 2.9 por ciento en 2008 a 1.6 por ciento en 2009. [³]

Asia meridional parece haberse librado de los peores efectos de la crisis, el crecimiento del PIB en la región se mantuvo constante, en alrededor de 5.7 por ciento en 2009, sin embargo algunos países enfrentaron graves retos para financiar grandes déficits en cuenta corriente. [³]

³ Grupo del Banco Mundial, “Perspectivas Mundiales para la economía Mundial” (Enero 2010)

En el África al Sur del Sahara, la tasa de crecimiento mostró una marcada desaceleración y descendió por debajo de 1 por ciento luego de haber registrado un promedio superior a 5 por ciento en los cinco años anteriores, debido en gran medida al colapso del comercio mundial. Al comienzo de la crisis global, los flujos de capital se revirtieron y el impacto fue más grave en países como Sudáfrica, que están más integrados a los mercados financieros globales. Posteriormente, con el colapso del comercio, el impacto se extendió a todos los exportadores de productos petroleros. La región también resultó perjudicada por una reducción del volumen del turismo, la caída de las remesas y menores niveles de ayuda gubernamental para el desarrollo. [4]

En el 2010 se está produciendo un crecimiento mundial lento, liderada por los países asiáticos emergentes. Un análisis de la ONU de la recuperación mundial por regiones, posiciona África, América Latina y Europa en orden descendente dentro de la recuperación mundial. A fines de año se espera que la fase aguda de la crisis haya pasado totalmente, incrementándose en PBI mundial en 2.7% para el 2010 y 3.2% para el 2011. [5]

1.2 Situación de las empresas de movimiento de tierras en el mercado nacional

El Perú luego de 15 años de reformas económicas, empezó a crecer apoyado en la expansión mundial en paralelo de un adecuado ordenamiento de cuentas internas. Tal es así que entre el 2002 y el 2006 el PBI más de 4% con una tasa estable y baja inflación. Llegando hasta el 11% de PBI entre el 2007 y 2008 debido al incremento del precio de los metales. Para el 2009 se presentó una caída hasta - 1.2% en el segundo trimestre por la recesión mundial. [6]

⁴ Grupo del Banco Mundial, “Perspectivas Mundiales para la economía Mundial” (Enero 2010)

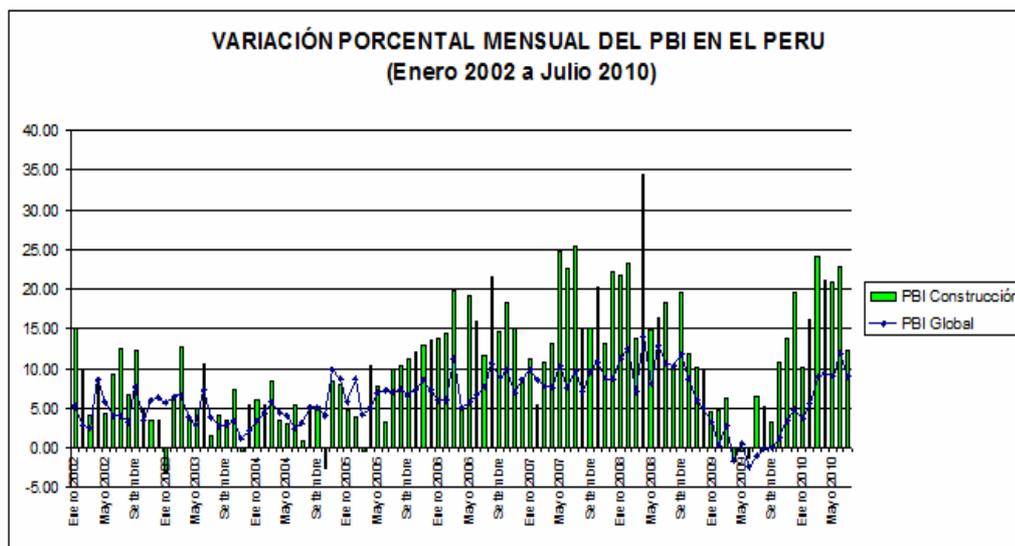
⁵ Robert Vos, Organización de las Naciones Unidas. “La situación económica mundial y las perspectivas para el 2010, Panorama global”. (Enero 2010).

⁶ INEI Dirección Nacional de Cuentas Nacionales, “Producto Interno Trimestral 2004 al 2010)

En el primer semestre del 2010 el PBI creció hasta 9.05% (julio-2010), siendo 11 meses consecutivos de crecimiento, bajo este contexto el jefe del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) Sr. Renán Quispe considera que el sector Construcción es la actividad más prudente observada en los últimos meses. En julio de este año el sector construcción creció 12.33%, reflejado por el aumento del consumo interno de cemento en 12.66% y el avance físico de obras en 5.90%. El consumo interno de cemento es explicado por la continuidad de obras, como el equipamiento electromecánico del transporte masivo de Lima y Callao, y obras de ampliación de la capacidad de producción de la planta de Cementos Lima en Atocongo (Lurín), las obras en el centro poblado de Condorcocha en Junín realizadas por la empresa Cemento Andino, el intercambio vial Panamericana Norte-Tomás Valle- Angélica Gamarra, el corredor vial Nicolás Ayllón en el distrito limeño de San Luis y la ampliación de la autopista Ramiro Prialé. De igual modo continúa dinámica la construcción de centros comerciales, entre los que destacan la ampliación del bulevar de tiendas y edificio de estacionamiento en el centro comercial Jockey Plaza, en el distrito de Surco, el Open Plaza en el distrito limeño de Surquillo, y la construcción en las empresas mineras y obras en el Instituto Nacional de Salud del Niño en San Borja, entre otros proyectos. El avance físico de obras aumentó por el mayor gasto en obras como la rehabilitación y mejoramiento de las carreteras Ayacucho-Abancay y Tingo María-Aguaytía-Pucallpa. Además la construcción de carreteras como Casma - Yaután - Huaraz, Camaná-Desvío Quilca-Matarani-Ilo- Tacna, Sullana-Clamor de la Red Vial N° 2 de la interconexión vial Perú-Ecuador, Churín-Oyón, y Cusco-Quillabamba, entre otros. [7]

A continuación se muestra el Gráfico 1a, en él se aprecia el comportamiento del PBI Global como ha sido influenciado por el sector construcción.

⁷ Diario El Peruano, “INEI: La economía logró una expansión de 9.05% en julio” (16 DE septiembre del 2010)

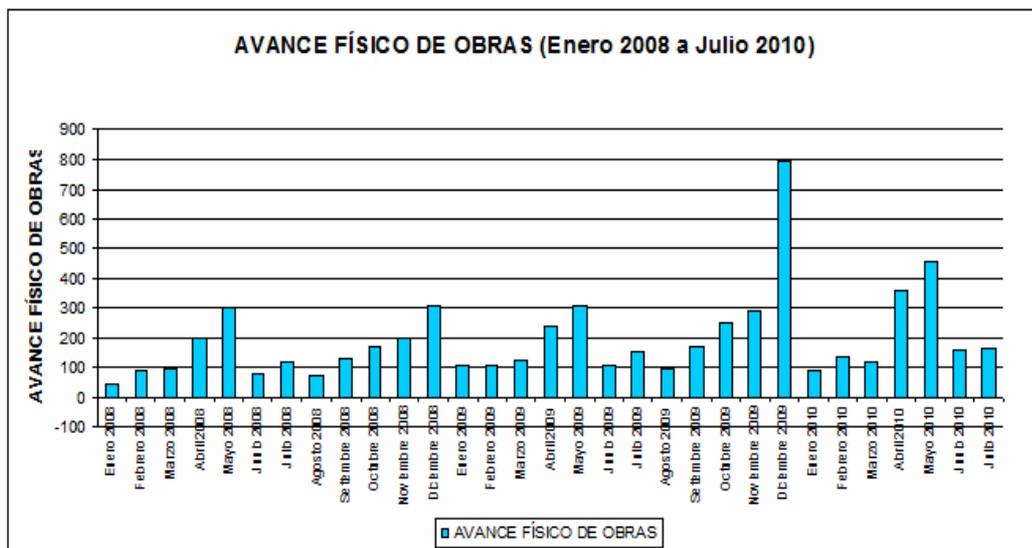


. Grafico 1a.- Evolución de la variación porcentual mensual del PBI del 2002 al 2010

FUENTE: Datos Instituto Nacional de Estadística e Informática

Si observamos el Gráfico 1b como se incrementado el Avance Físico de Obras (analiza las ejecuciones presupuestales por gastos, en la construcción de obras de carreteras y caminos rurales), lo que reafirma el crecimiento en la ejecución de obras de viales. [8]

⁸ INEI, “Avance físico de obra”



. Grafico 1ba.- Avance Físico de Obras (Enero 2008 a Julio 2010)

FUENTE: Datos Instituto Nacional de Estadística e Informática

Las empresas del grupo Graña y Montero a pesar de la crisis económica y financiera, esta atravesando una etapa favorable, beneficiada principalmente por el crecimiento moderado del sector construcción, por ello GYM (la empresa dedicada principalmente a negocios de construcción civil, electromecánica y edificaciones), llegó a facturar en el 2009 US\$ 491 millones, es decir el 71% de total del grupo y superando en 15% su facturación en el 2008. [9]

1.3 Evolución del mantenimiento

A finales de los 50's los fabricantes de equipos introdujeron recomendaciones de mantenimiento para alargar la vida útil de los equipos, es ahí donde definieron el concepto de mantenimiento preventivo.

⁹ Apoyo & Asociados Internacionales, clasificadora de riesgo de empresas, “Informe Anual Graña Y Montero S.A.A”.

Luego en los 60's aparecieron los conceptos de "máxima eficiencia", con la finalidad de extender la vida útil de los equipos y el óptimo de utilización de su capacidad nominal.

Durante los 70's y los 80's nace "la calidad total" en Japón, estableciéndose el "Mantenimiento Productivo", basado en incrementar la confiabilidad de los equipos (cero fallas), involucrando al operador a efectuar parte del mantenimiento, desarrollando las gerencias (Ingeniería, Proyectos y Mantenimientos) para prevenir las fallas desde el diseño, adiestrando a los mantenedores de multioficios a través de programas de motivación personal y la utilización de metodologías de búsqueda de "causa – raíz" de las fallas de los equipos.

Desde los 90's hacia la actualidad se conjugan las filosofía del "Mantenimiento Productivo Total" (TPM), "Mantenimiento basado en la confiabilidad" RBM y el "Mantenimiento centrado en confiabilidad" MCC, que se resumen en "MANTENIMIENTO SIN DESPERDICIO O MANTENIMIENTO MUNDIAL". [10]

En la figura 1 se muestra la evolución del mantenimiento a lo largo de los últimos 50 años.

¹⁰ Ing. María Beatriz Cáceres, Directora y Planificación de negocios – Solución Integrales corporativas ICS GROUP SA, "COMO INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DEL NEGOCIO MEDIANTE ESTRATEGIAS PARA GERENCIAR EL MANTENIMIENTO".

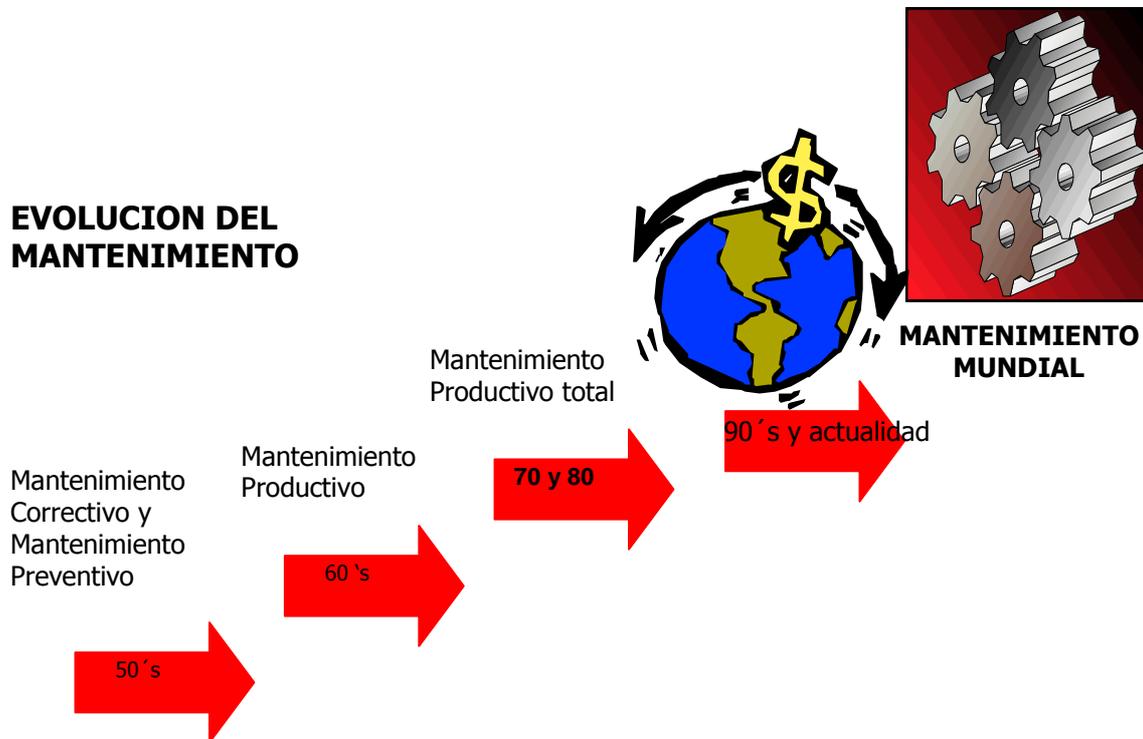


Figura 1.- Evolución del mantenimiento

FUENTE: Elaboración propia

1.4 Metodología de Mejoramiento Continuo a través Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Conceptos básicos

Es una metodología del mejoramiento continuo que se establece pautas propias de cada trabajo en equipo, adecuándose a las operaciones, para saber lo que la empresa quiere ser y a donde pretende llegar.

Las siglas fueron registradas por el Instituto Japonés de Mantenimiento en Planta JIPM. Donde la “T” significa la participación total de los empleados.

Cada vez que una empresa comete un error de mala calidad este puede llegar a significar entre el 30% a 40% de la producción neta, en el caso de los que se pueden contabilizar; pero en el caso de los no contabilizables, podemos hablar de “mala reputación” para la empresa (devoluciones del producto, lucro cesante por parada del equipo, accidentes, etc.).

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un concepto que involucra la participación de personal de producción y supervisión en el mantenimiento de los equipos, buscando la máxima efectividad y disponibilidad durante su vida útil.

La mejora continua implica entender y trabajar en la cadena de valor: PROVEEDORES – ORGANIZACIÓN – CLIENTE, en cada uno de los procesos que participan en esta cadena; esto es optimizar con efectividad y eficiencia cada uno de los procesos, motivando que cada uno de los participantes de la organización se esfuercen por hacer las cosas bien.

La meta del TPM es 0 pérdidas en la producción, esto es 0 fallas, 0 defectos y 0 accidentes. [¹¹]

Actividades esenciales para realizar un TPM

Para el éxito del TPM es necesario realizar 5 actividades esenciales:

- 1) ***Mejorar la efectividad de los equipos.*** Esto implica mejorar la competitividad del área de mantenimiento a través de elevar la disponibilidad de los equipos, la eficiencia de los equipos y aumentando el tiempo efectivo de operación.

¹¹ Oswaldo Carhuacho Tacsá, Jefe de Guardia de Operaciones de Mina de Barrick , “MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS OPERATIVOS BARRICK”.

- 2) ***Implantar una cultura de mantenimiento desde el operador.*** A través de políticas que involucren a los operadores como los primeros gestores de un programa de mantenimiento, reconocimiento las limitaciones y necesidades de los equipos, respetando los mantenimientos programados en el tiempo indicado.

- 3) ***Implantar un sistema adecuado para la administración del mantenimiento.*** Significa evaluar e implementar una herramienta informática de gestión que automatice y ordene los procesos, la que deberá estar a medida del volumen y nivel de detalle que se necesita en la administración.

- 4) ***Establecer programas de capacitación para mejorar los conocimientos y destreza de los operadores y personal de mantenimiento.*** No se puede exigir a quien no conoce del tema, por ello es importante dentro del TPM la capacitación continua de los involucrados dentro de los procesos productivos, de tal forma que cada individuo de la organización comprenda el alcance y consecuencia del trabajo que realiza.

- 5) ***Diseñar un plan de reposición de equipos o componentes para brindar la confiabilidad, mantenibilidad y ciclo económico de la vida del equipo.*** Es una política de planeamiento de los trabajos en función a los requerimientos, esto permitirá prevenir problemas de flujos de dinero para inversiones o reparaciones, incrementara velocidad de respuesta frente a los requerimientos de los equipos.

1.4.1 Principales pérdidas de procesos productivos del mantenimiento

El Instituto Japonés de mantenimiento de Planta (JIPM), recomienda evaluar las 16 pérdidas principales involucradas en los procesos productivos (los objetivos del TPM y la gestión de producción la reducción o eliminación total estas

pérdidas). La medición de las pérdidas permitirá detectar las diferentes causas, siendo estas pérdidas las siguientes: [¹²]

- 1) Pérdida por falla del equipo.
- 2) Pérdida por puesta a punto.
- 3) Pérdida por problemas de herramienta de corte.
- 4) Pérdida por operación.
- 5) Pérdida por pequeñas paradas o marcha en vacío.
- 6) Pérdida de velocidad.
- 7) Pérdida por defectos.
- 8) Pérdidas por programación.
- 9) Pérdida por control del proceso.
- 10) Pérdidas por movimientos.
- 11) Pérdida por desorganización de los frentes de producción.
- 12) Pérdida por deficiencia de la logística interna.
- 13) Pérdidas por mediciones y ajustes.
- 14) Pérdidas por rendimiento de materiales.
- 15) Pérdida en el empleo de energía.
- 16) Pérdida de herramientas y moldes.

Hay empresas que consideran que con la medición de la productividad la mejora es una consecuencia directa, pero no distinguen que la medición es establecer, comparar causas y efectos; mientras que la mejora propone elevar las capacidades de producción de la organización. La suma de las mejoras individuales de los procesos nunca será igual a la suma de la mejora de la productividad de toda la empresa.

¹² Oswaldo Carhuacho Tacsá, Jefe de Guardia de Operaciones de Mina de Barrick ,
“MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS OPERATIVOS BARRICK”.

1.5 Resultado Operativo

Es un sistema estructurado y formalizado que integra el planeamiento y control de costos. Permite medir la gestión y analizar la fase que requiere una mejora, por ello la necesidad de la veracidad de sus datos. También permite proyectar las políticas futuras de la organización.

Este sistema fue diseñado por creado en los años 80's por el señor Adriano Ossola y ha sido usado en empresas como Cosapi, Sagitario y Cia. Minera San Martín (la bibliografía actual son los procedimientos estandarizados de cada empresa).

En la práctica el análisis de la situación de una obra se agiliza debido a que cada herramienta componente del sistema del resultado operativo se materializa en reportes estándares, que se relacionan entre si y que permiten comparar el programa planteando los resultados obtenidos, obligando a planificar continuamente las actividades y recursos.

Las herramientas usadas para el control del Resultado Operativo son: [¹³]

- Programa de actividades
- Curvas “S”
- Programas de recursos
- Informes de producción
- Resultado Económico.

¹³ Adriano Ossola, “Curso Resultado Operativo” Sagitario 99.

1.6 Conclusiones

- Las empresas con un patrimonio compuesto principalmente por maquinaria, están obligadas a procurar que el equipo tenga el mayor tiempo disponible para operar, garantizado a través de adecuados mantenimientos que disminuirán finalmente los costos.
- La gestión del mantenimiento se construye sobre todos los que intervienen, a través de la continua capacitación de su personal a cargo sobre las políticas y normas que concluyan en buenas prácticas para la empresa.

CAPITULO 2: GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

2.1. Análisis de la gestión del mantenimiento de las empresas que desarrollan movimiento de tierras.

Desde la posguerra las actividades económicas han sufrido alteraciones, que han generado diferentes ritmos de desarrollo. Actualmente la competitividad industrial dejó de ser definida por las ganancias a gran escala y por la producción seriada (modelo fondista) para ser decidida en los campos de calidad y productividad.

La economía de escala ha dado lugar a una economía por objetivos, donde el mantenimiento es la única función operacional que influye y mejora los tres ejes determinantes de la performance industrial al mismo tiempo: costo, tiempo y calidad de productos y servicios (la Función Pivotante) tal como se aprecia en la figura 2.

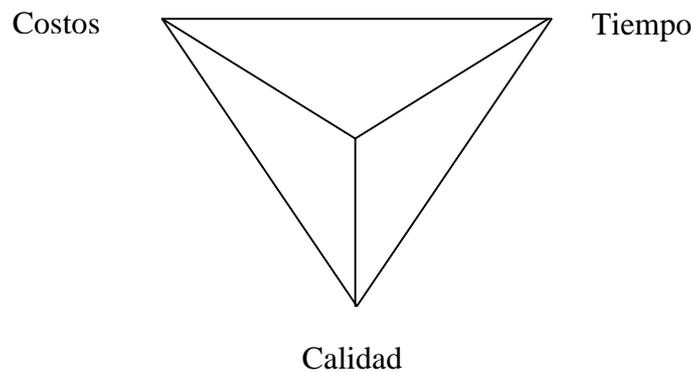


Figura 2.- Función Pivotante

FUENTE: Mckinsey & Company 1994 "Optimizando costos de manutecao a través de estrtgias" – 1994.

2.2. Principales problemas en la gestión de mantenimiento de equipos.

2.2.1. Divorcio entre las áreas de OPERACIONES Y MANTENIMIENTO

La poca coordinación entre los subsistemas de: planificación de producción, de la estrategia de mantenimiento, de la adquisición de repuestos, de la programación de servicios y del flujo de informaciones, genera el conflicto de metas. Por ello como resultado de un mantenimiento optimizado, de una buena gestión de repuestos y alta calidad de productos se obtiene altas disponibilidades e índices de utilización, aumento de confiabilidad, bajo costo de producción, solo a través de trabajo en conjunto de OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

La falta de inversión de una empresa en modernización, genera costos indirectos relacionados con la pérdida continua de competitividad, dificultad de asimilar cambios tecnológicos a medida que pasa el tiempo de acuerdo a las exigencias de la modernización y se pierde el sentido de urgencia que requiere un ambiente tan cambiante y competitivo.

El enigma de determinar un método eficaz de mantenimiento confronta muchas veces a los expertos, pero no existe una respuesta exacta si es un “mantenimiento por ruptura” o un “mantenimiento por tiempo” o un “mantenimiento por condición”; aislados no forman una solución, la combinación correcta de todos los métodos disponibles es la respuesta. Un mantenimiento planificado alcanza reducciones de costos a través de: la eliminación de desperdicios, del establecimiento de estrategias por equipo, la disponibilidad y confiabilidad de los mismos; la figura 3 representa la relación de los tipos de mantenimiento en la “Metodología de Planeamiento para el mantenimiento de los equipos”. [14]

¹⁴ Andrew P. Ginder, “Maintenance as a Corporate Strategy” AIPE FACILITIES- 1996

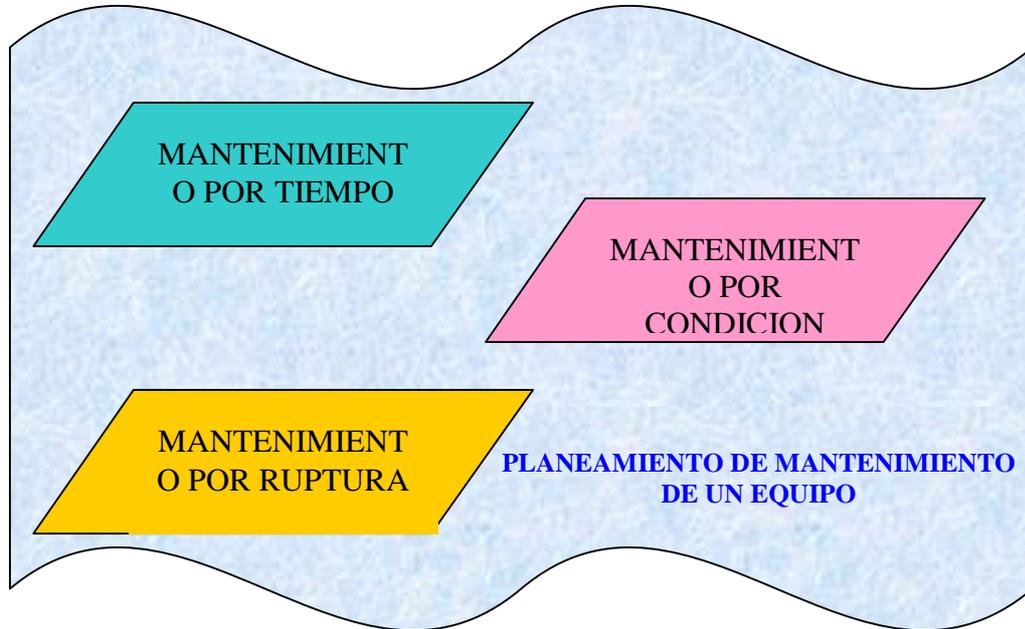


Figura 3.- Metodología del Planeamiento de un equipo

FUENTE: Elaboración propia

El “Punto óptimo del mantenimiento” es aquel que el costo de mantenimiento está influenciado por el costo de falla. Eso significa que la estrategia óptima de mantenimiento es aquella que minimiza el efecto de los componentes de costo, esto es QUE EL COSTO DE REPARACION ES MENOR QUE EL COSTO DE PÉRDIDA DE PRODUCCION”.

2.2.2. Relación con proveedores, requerimientos

El éxito de la compañía está en la cooperación entre clientes y proveedores. Cuando existen diferencias se crean costos que consumen tiempo y energía. Una gestión dinámica del mantenimiento implica administración de interfaces con otras divisiones de la empresa.

Las empresas que deseen mejorar su competitividad, deben desarrollar políticas dentro de la gestión de aprovisionamientos, capaces de analizar las características del entorno, la estrategia global de la empresa, de su organización y de la posición de la empresa en comparación con otros competidores, proveedores, etc.

La relación proveedor y cliente debe estar enfocada a reducir el espacio del aprovisionamiento, esto es entrega “justo a tiempo”; por ello es necesario analizar seriamente las ventajas e inconvenientes que supone utilizar uno o varios proveedores para un mismo producto. Asimismo la selección de proveedores cercanos, puede reducir los costos de transportes y mejorar la comunicación.

Dentro de las alianzas estratégicas con los proveedores, se puede establecer firmas de contratos a largo plazo, con la finalidad de facilitar al proveedor la planificación de sus inversiones, así el proveedor conocerá el tamaño del lote y la frecuencia de entregas para cuantificar las necesidades del cliente, las características del transporte y el proceso del mismo proveedor.

2.2.3. Generación de inventarios en almacenes

El ciclo de abastecimiento de los almacenes comienza con la generación de los requerimientos por parte del usuario, luego estos pasan a manos del encargado del control de pedido de materiales el cual los revisa para comprobar que sean compatibles con las necesidades de la empresa y que no se tengan en stock. De aquí pasa el pedido al área de compras para su cotización y posterior adquisición. El proveedor entrega el pedido en el almacén, donde se verifica que esta mercadería concuerde con la Orden de Compra y se procede a darle ingreso

al sistema logístico y se emite su respectivo Parte de Ingreso. Al concluir con la recepción se le comunica al usuario de la llegada del material que ha solicitado para que lo disponga de inmediato o de lo contrario se le de una ubicación si es que este material va a quedar a cargo del almacén para su custodia.

Un inadecuado control del crecimiento del inventario puede llevar a la empresa a perder enormes sumas de capital por inmovilizados. Generalmente las causas suelen ser:

- **Lote de repuestos que vinieron con la compra de equipos.-** Este es el problema principal, se presenta por la compra de repuestos asociada a la compra de equipos, como parte de una forma de venta. Finalmente no todos los componentes fallan al mismo tiempo y los repuestos quedan ahí por buen tiempo hasta que los usen o incluso hay veces que los equipos se vuelven a vender como segunda y no se colocan los repuestos con la venta. De ahí proviene casi el 40% de los artículos inmovilizados, algunos de los cuales están deteriorados y/o desactualizados.
- **Demora en el despacho de pedido de artículos.-** Por lo que los mecánicos tienen que improvisar o conseguir por medio de compras por caja chica los repuestos que se necesitan de urgencia, quedando por eso almacenados aquellos que luego llegaran.
- **Catálogo.-** Debido a deficiencias que aún existen en el catalogo en el que aparecen artículos con diferentes códigos que se repiten en pedidos o se ha utilizado solo uno de esos códigos quedando almacenado el resto.

- **Stock de seguridad.-** A causa de las características especiales de trabajo en las que se tiene que cumplir con la cuota mínima de producción que estipula el contrato, se mantienen stocks de repuestos y accesorios para el normal funcionamiento de las operaciones.

- **Saldos de grandes mantenimientos.-** Repuestos que luego de ser pedidos son dejados en el almacén debido a que todavía no han cumplido con su período de vida útil aquellos que actualmente se encuentran en los equipos funcionando con normalidad.

Dentro de las principales consecuencias se encuentran:

- **Alto costo de almacenamiento é inventarios.-**

El costo de posesión o almacenamiento “lo que cuesta poseer un material, desde que ingresa hasta que se consume”. Este costo comprende:

- Costo de capital invertido.
- Prima de seguro.
- Costo de almacén
- Costos administrativos
- Mermas y pérdidas
- Riesgo de obsolescencia
- Impuesto de revalorización
- Costos de mantenimiento

- **Reducción de espacio en el ambiente destinado al almacén.-**

Debido a la gran cantidad de stock acumulado se presenta la necesidad de apilar algunos de los artículos como ocurre con los filtros de gran tamaño con lo cual se reduce el espacio para transitar debidamente.

- **Dificulta las tareas de ordenamiento y limpieza.-** La limpieza de los ambientes del almacén se hace difícil por el limitado espacio con el que se cuenta siendo esto sumamente perjudicial ya que por las condiciones ambientales de las operaciones de movimiento de tierras donde se utilizan equipo pesado, la acumulación de polvo se hace incontrolable.

2.2.4. Metodología de planeamiento y control del mantenimiento de equipos adecuada

Normalmente el manual del fabricante da las pautas de mantenimiento de los equipos, el detalle esta en agrupar todos estos conceptos y obtener un documento entendible y administrable por el ingeniero mecánico, civil, industrial, etc.; para obtener otro tipo de análisis posteriores: flujo de cajas, estados de pérdidas y ganancias, etc., que permitan medir la empresa en términos económicos o financieros. Es este el problema de investigación de la presente tesis, cuyo objetivo principal es diseñar una metodología de planeamiento y control que permita tomar mejores decisiones a través de las áreas involucradas en la empresa.

2.2.5. Herramientas informáticas de capacidad

Los problemas de administración de servicios, logística, compras y despachos de inventarios, entre otros, generalmente están ligados a la necesidad de integrar la gestión de mantenimiento con las demás áreas de la empresa.

En el mercado actualmente existen diversas soluciones determinadas por el tamaño de la organización, la complejidad de sus procesos, el precio del producto, etc.

La tecnología de información según lo definido por la asociación de la tecnología de información de América (ITAA) es “el estudio, diseño, desarrollo, implementación, soporte o dirección de los sistemas de información computarizados, en particular de software de aplicación y hardware de computadoras.” Se ocupa del uso de las computadoras y su software para convertir, almacenar, proteger, procesar, transmitir y recuperar la información.¹⁵

Los avances en la Tecnología de la Información (TI) ofrece oportunidades para la espectacular y creciente Conectividad e Integración en los sistemas, tal es así que permite encontrar nuevas oportunidades y estrategias de negocios, así como nuevas formas de relaciones inter e intra organizativas. Muchas empresas han comprendido que la gestión del conocimiento es importante dentro de la cultura de aprendizaje de una empresa, siendo un conjunto de metodologías, sistemas y herramientas informáticas que ayudan a las empresas en los conocimientos claves para su actividades, por ejemplo gestionar su capital intelectual, gestionar sus actividades actuales y futura que les sirvan para prevenir y evitar los riesgos de descapitalización, gestionar carencias estructurales y coyunturales, acumular la base de conocimientos en cada evento del trabajo, promover la comunicación e intercambio de ideas y experiencias entre los empleados y hacer rentable su base conocimiento.

En la figura 4 se muestra dos aspectos importantes fuera y dentro de las organizaciones; en el primer caso está el modelo de las 5 fuerzas definido por M. Porter en 1980, en donde la defensa consistía en construir barreras de entrada alrededor de una fortaleza que tuviera la organización y que le permitiera, mediante la protección que le daba ésta ventaja competitiva, obtener utilidades que luego podía utilizar en investigación y desarrollo, para financiar una guerra

¹⁵ Sergio Maturana V, “¿Cuanto ayudan los sistemas ERP en la planificación y programación de las actividades de una cadena de abastecimiento?” TALLER DE INGENIERIA DESISTEMAS- 1999

de precios o para invertir en otros negocios, hoy en día los enlaces y conectividad que brindan el desarrollo de tecnologías de información pueden ser para la organización una ventaja o desventaja con sus competidores, dependiendo de la utilización que se de. En el segundo caso se muestra la Cadena de valores propuesta por M. Porter en 1986 como la principal herramienta para identificar fuentes de generación de valor para el cliente: Cada organización realiza una serie de actividades para diseñar, producir, comercializar, entregar y apoyar a su producto o servicio; la cadena de valor identifica 9 actividades estratégicas de la empresa, cada una con un costo, a través de las que se puede crear valor para los clientes, estas 9 actividades se dividen en 5 actividades primarias y 4 de apoyo. Como actividades primarias se consideran, la logística de entrada de materias primas, la transformación de las mismas (producción); la logística de salida (distribución); la comercialización de las ofertas (proceso de ventas) y los servicios anexos a las mismas. Son estas en las que es necesario poner más énfasis en facilitar la labor de gestión de los procesos básicos de la empresa, la mayoría de los cuales suponen tareas compartidas y de cooperación. Dentro de las actividades secundarias el desarrollo tecnológico es parte esencial para competir frente a la tendencia del mercadeo moderno hacia las relaciones, para poder realizar esta forma de mercadeo es fundamental contar con una buena información como arma competitiva. Por esto las empresas están trabajando fuertemente en la construcción de unas buenas bases de datos, que permitan, a partir del conocimiento que se tenga de los clientes, plantear una relación basada en satisfacer sus necesidades y expectativas.

Hoy en día, las empresas manejan “Electronic Business” (e-business), este consiste en usar las tecnologías electrónicas para facilitar la transformación de los modelos y los procesos de negocio o parte de los mismos a fin de mejorar la calidad, la velocidad y el costo de las operaciones. Los ERP (en inglés :

Enterprise resource planning, en español: Planificación de los recursos de la empresa) son parte de las herramientas que comprenden el e-Business, siendo los proveedores líderes SAP, PeopleSoft, Oracle, Baan y JD Edwards. [16] Los ERP están diseñados para modelar, automatizar muchos de los procesos básicos con la finalidad integrar información de la empresa evitando el uso de conexiones complejas entre distintos proveedores. Facilita el flujo de información entre finanzas, logística, recursos humanos y producción. Están compuestos por una base centralizada cuyos datos se ingresan una sola vez de carácter completo y consistente, por ello la mayoría de empresas tienden a alinear sus procedimientos al ERP. Un problema muy común es que las implementaciones suelen ser largas y costosas (más que la licencia), crea dependencia de un solo proveedor y el hecho de que la empresa se ajuste al ERP puede ocasionar el mínimo detalle.

¹⁶ Sergio Maturana V, “¿Cuanto ayudan los sistemas ERP en la planificación y programación de las actividades de una cadena de abastecimiento?” TALLER DE INGENIERIA DESISTEMAS- 1999

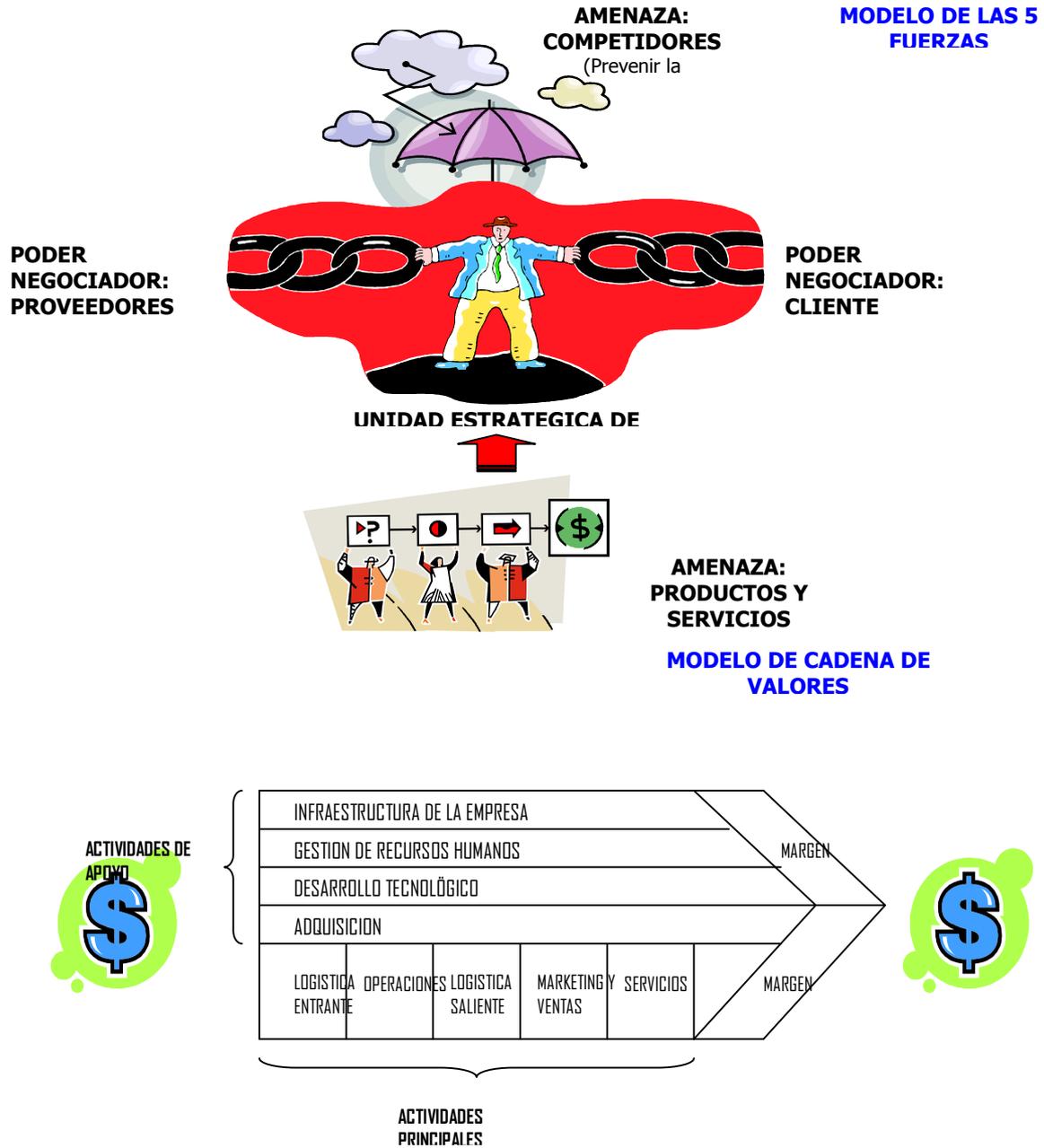


Figura 4.- Sistemas Inter e Intra Organizativos

FUENTE: Profesor Víctor Díaz, Maestría Gestión Tecnología Empresarial “Tecnología de la Información” – 2005.

En la figura 5 muestra la metodología para de cubos que permite estructurar la información extraída de los ERPS; el ejemplo muestra la manera como se puede

combinar la información extraída de los módulos según cada una de las dimensiones que posee el cubo de información.

Inteligencia de Negocios en Oracle E-Business Suite desde el Primer Día

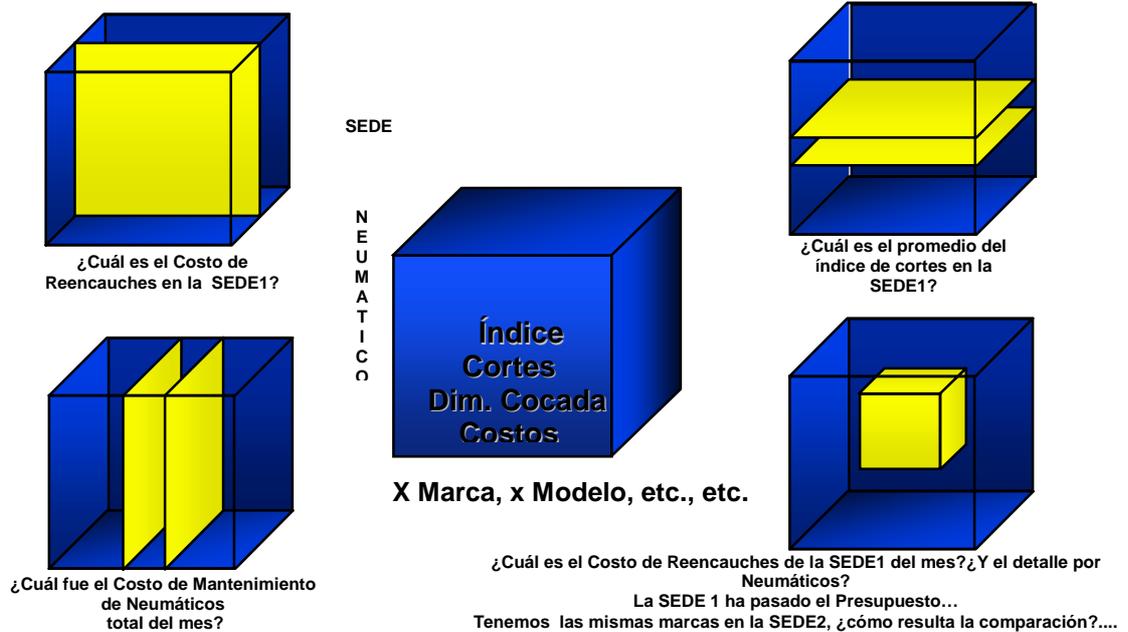


Figura 5.- Estructura de cubos

FUENTE: TSNET Kick off San Martín Contratistas Generales “Implementación de sistema Integrado Oracle eBusines Suite” – 2007.

2.2.6. Recurso humano capacitado y motivado

Este puede transformarse en uno de los mayores problemas que puede enfrentar el área de mantenimiento, más aun con el actual desarrollo de la electrónica y sistemas en la maquinaria pesada, los equipos han transformado gran parte de sus componentes en sistemas electrónicos. Este continuo cambio de tecnología debe guiar a desarrollar políticas de capacitación de personal que equilibre las necesidades del personal.

La capacitación dentro de las organizaciones las beneficia porque:

- Deriva a una rentabilidad más alta y actitudes muy positivas.
- Mejora el conocimiento del puesto a todos los niveles.
- Identifica al personal con los objetivos de la organización.
- Mejora la relación jefes-subordinados.
- Proporciona información respecto a necesidades futuras a todo nivel.
- Se agiliza la toma de decisiones y la solución de problemas.
- Promueve el desarrollo con vistas a la promoción.
- Contribuye a la formación de líderes y dirigentes.
- Incrementa la productividad y la calidad del trabajo.
- Reduce la tensión y permite el manejo de áreas de conflicto.

La capacitación debe ir de la mano con una política de evolución del desempeño, que permita determinar los temas a tratarse, las personas involucradas, las bonificaciones, etc.

La motivación es una consecuencia de factores como: el sueldo, prestaciones, condiciones de trabajo y las políticas de la compañía que propician la satisfacción en el trabajo. Un buen jefe debe identificar los impulsos y necesidades de los empleados, y canalizar su comportamiento hacia el desempeño del trabajo.

2.3. Conclusiones

- El principal activo de toda empresa es el personal que la conforma, mas aun si la prestación de servicios es lo que se vende, por lo tanto ninguna herramienta por muy potente que sea no servirá mientras las personas que la manejas no sean las idóneas.

- El divorcio entre la operación y mantenimiento es a largo plazo la razón por la cual no se obtenga las metas empresariales, por la carencia de objetivos y metas comunes.
- La gestión del mantenimiento tiene que estar precedida por la gestión del conocimiento, que permitirá a la empresa administrar el conocimiento clave del planeamiento y programación del mantenimiento de los equipos.

CAPITULO 3: SISTEMA PROPUESTO

3.1. Gestión ciclo cíclico

Una vez que la organización determina gestionar el mantenimiento de sus equipos, es importante definir la metodología que permita obtener resultados de acuerdo al modelo establecido.

Este modelo debe ser lo suficientemente claro para poder ser identificado y medido durante las diferentes etapas del ciclo gestión que está formado por la función de planificación y control, de manera dinámica y continua.

A continuación se describe que comprende cada una de las etapas del método cíclico:

PLANEAR Y ORGANIZAR

- Establecer la misión y los objetivos del proyecto.
- Definir los procedimientos de trabajo.
- Determinar el tiempo de ejecución (Programa de Actividades).
- Programar las necesidades de recursos en el tiempo
- Delinear la organización del proyecto y el equipo de trabajo.
- Establecer el resultado económico del proyecto.

DIRIGIR Y CONTROLAR

- Usar el programa de actividades para guiar las decisiones.
- Comparar avances y costos reales contra el programa actual.
- Actualizar el programa original con datos reales de campo.
- Comunicar los resultados del proyecto.
- Evaluar el rendimiento y la productividad.
- Pronosticar, analizar y recomendar acciones.

En la Figura 6 se observa el proceso de gestión cíclico.

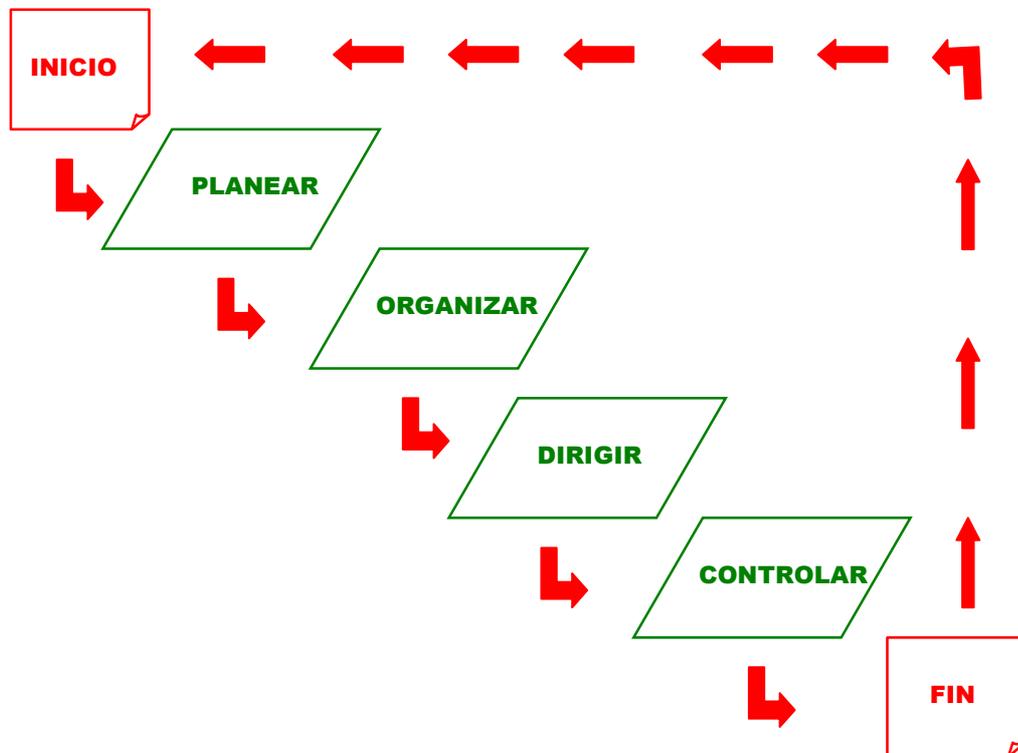


Figura 6.- Proceso de Gestión Cíclico

FUENTE: Elaboración propia

3.1.1. Planeamiento y control

Peter Druker decía: “Lo que no se puede medir no se puede administrar”, esto implica que “Si no se mide lo que se hace, no se puede controlar y si no se puede controlar, no se puede dirigir y si no se puede dirigir no se puede mejorar”. Por ello en el planeamiento y la programación el éxito está en dedicarse a analizar cómo pueden suceder las cosas, qué métodos usar, qué recursos, todo aquello que garantice los mejores resultados de calidad, tiempo y costos. Pero la política es distinta de acuerdo a la empresa, aun cuando se trata de negocios similares, por ello es importante la flexibilidad en el planeamiento y control de costos, de

tal manera que el esquema de control sea una réplica exacta de los trabajos que se ejecutan.

La planificación es el reflejo de las intenciones de cómo queremos que se realice un proyecto, es parte del proceso de gestión cíclico que requiere evaluar si se está cumpliendo lo esperado, por ello es necesario el control, ya que la planificación no es una herramienta aislada.

Entonces podríamos definir que los objetivos del control son verificar la ejecución de los trabajos de acuerdo al planeamiento, tomar acciones correctivas si las hubiere y aumentar la productividad y calidad a través de un mejoramiento continuo. Para llevar a cabo un adecuado control es importante tener la cantidad de información necesaria que de VERACIDAD, CONFIABILIDAD y OPORTUNIDAD de ser útil en tiempo real.

3.2. Planeamiento de la vida útil del equipo

3.2.1. Modelo económico de un equipo (determinación de las tarifas)

Consiste en determinar el ciclo de vida de un equipo [¹⁷] (es el tiempo estimado de vida del equipo en condiciones estándar de funcionamiento, pasado el periodo de vida útil del equipo, su operación es más costosa) y el costo total que se genera durante este periodo (proyectado en sus diferentes etapas), considerando desde el valor de compra, el costo financiamiento (si lo hubiera), seguros, valor de rescate, gastos de reparaciones y mantenimiento hasta las reparaciones mayores (también conocidas como OVERHAUL).

A continuación se definirá algunos términos necesarios:

¹⁷ Ing. Ricardo Carrasco Jibaja – Presentación SMCG, “MODELO ECOÓMICO TARIFA INTERNA DE EQUIPOS”.

3.2.1.1. Mantenimiento Preventivo (MP)

Es el mantenimiento que en base a fechas calendarizadas se programa, las fechas se determinan de tal manera que según las condiciones de operación permitan que el equipo no alcance el deterioro tal que falle; de esta manera prevenir antes de que se presente la falla.

3.2.1.2. Mantenimiento Correctivo (MC)

Es el mantenimiento que se ejecuta a un activo después de ocurrida la falla del mismo, por lo que se debe de corregir todos los componentes fallidos en el evento.

3.2.1.3. Lubricación(LU)

Es el mantenimiento preventivo referido a la lubricación de los equipos, es la proyección de las grasas, aceites, refrigerantes y filtros.

3.2.1.4. Mantenimiento Mecánico (MM)

Es el mantenimiento de los componentes mecánicos de los equipos que garantizan su operatividad, los que se programan en función a las especificaciones de los fabricantes, experiencias anteriores, etc.

3.2.1.5. Llantas (LL)

Es un mantenimiento que está enfocado al control de los neumáticos, debido al costo que representan estos activos y a la crisis actual mundial que existe para su adquisición, se ha priorizado como una fase separada para el análisis. En este mantenimiento se considera el estudio del ciclo de vida del neumático por desgaste natural y por efectos de corte.

3.2.1.6. Carrilería (CA)

Es un mantenimiento al tren de rodado de los equipos con orugas. Dentro de esta operación se considera casos de reposición o recalce de zapatas entre de otros.

3.2.1.7. Elementos de Desgaste(ED)

Es un mantenimiento de las herramientas de corte, están afectos por desgaste continuo de la operación están en exposición directa con los materiales de producción.

3.2.1.8. Mantenimiento Predictivo.

Es aquel mantenimiento nos permitirá hacer una predicción del activo en cuestión, por medio de las técnicas cuales quiera utilizar llámese (análisis de vibraciones, mediciones eléctricas voltaje, amperaje, resistencia, ultrasonidos, medición de espesores, termografías, etc.) y que se les pueda aplicar al activo. Este concepto estará establecido como preventivo dentro del análisis.

3.2.1.9. Reparaciones Mayores

Es considerada como una reparación de los componentes de un equipo para que pueda cumplir con su vida útil, esto significa una probable renovación de algunos de sus componentes, así como la interrupción de la producción.

3.2.1.10. Valor de compra

Es el importe por el que un equipo ha entrado originalmente a formar parte del patrimonio de una persona o empresa.

3.2.1.11. Costo financiero

Son los intereses más las comisiones que se generan a partir del financiamiento para la compra de un equipo con una entidad financiera bancaria. En estos casos el equipo ya está a nombre de la empresa que hace la compra y normalmente la garantía es el mismo equipo.

3.2.1.12. Leasing Operativo

Es el arrendamiento de un equipo, que puede ser revocable por el arrendatario en cualquier momento, con previo aviso. El arrendador es el propio fabricante o distribuidor del bien, el equipo no es seguro que se compre y como garantía se exige un flujo de dinero.

3.2.1.13. Transporte y Montaje

Es el transporte y montaje inicial del equipo, desde que sale de la fábrica hasta el punto de desembarque al país en donde comenzará a trabajar. Los transportes y montajes posteriores no se consideran dentro del modelo económico del equipo.

3.2.1.14. Seguros

Son los pagos que se originan a partir de un contrato entre una empresa (persona) y una compañía aseguradora por el cual esta indemniza a aquella por cualquier daño o perjuicio que tenga con el equipo asegurado.

3.2.1.15. Valor de rescate

Es la suma recuperable de la empresa por la venta de un equipo.

3.2.1.16. Administración del equipo

Es el costo que se genera por la administración indirecta del equipo (no incluye los costos operativos).

3.2.1.17. Otros

Está conformado por otros gastos que se incurren como seguro de transporte, los equipamientos adicionales que se hacen al equipo, etc. Es todo gasto que no ha sido descrito dentro de los rubros anteriores.

Del detalle de mantenimientos observados, la jerarquía de fases será:

- Lubricación
- Mantenimiento Mecánico
- Llantas Preventivo
- Elementos de Desgaste Correctivo
- Carrilería
- Reparaciones Mayores

En la tabla 1 se describe el modelo económico de un camión donde se muestran todas los componentes descritas anteriormente para un período de vida del equipo de 50,400 horas maquina (hm). El período de vida de un equipo es el tiempo que se estima de utilización y está muy ligado a las políticas de la empresa, por ejemplo algunas empresas con ciertas políticas de calidad consideran que pasada las 18000 horas de uso de un volquete este ya es chatarra, mientras que para una empresa pequeña de alquiler sus equipos pueden llegar a las 24 000 horas, esto dependerá también de la rentabilidad que produce el equipo para seguir invirtiendo en reparaciones.

Las componentes se han dividido en dos grupos:

Costo Fijo que normalmente son los valores iniciales al momento de la compra del equipo (a excepción del valor de rescate que es una estimación) y el Costo Variable que está formado por la presupuestación de lo que puede requerir el equipo para llegar a las 50,400 hm. El valor de rescate está determinado por la cantidad de horas de uso, la oferta y demanda del equipo, así como también el estado en que se encuentra.

MODELO ECONOMICO

		COD EQUIPO		FC-60	
I	DESCRIPCION DEL EQUIPO				
	TIPO	CAMION FUERA DE CARRETERA			
	MARCA	CATERPILAR			
	MODELO	775 E			
	AÑO	2006			
	POTENCIA	544 kw			
	N° SERIE	IRT6669			
	CAPACIDAD	60 TON			
	FECHA DE ADQUISICION	mar-07			
II	MODELO ECONOMICO				
	TIEMPO DE VIDA UTIL	50,400 hm	SUBTOTALES US\$	TOTAL US\$	
	COSTO FIJO	VALOR DE COMPRA	1,600,000 US\$	1,862,000	4,332,000
		VALOR DE RESCATE	(250,000) US\$		
		COSTO FINANCIERO	150,000 US\$		
		LEASING OPERATIVO	US\$		
		OTROS	US\$		
		ADM. DEL EQUIPO	200,000 US\$		
		TRANSPORTE Y ARMADO	50,000 US\$		
	SEGUROS	112,000 US\$			
COSTO VARIABLE	LUBRICACION	420,000 US\$	2,470,000		
	MANTENIMIENTO MECANICO	100,000 US\$			
	LLANTAS	750,000 US\$			
	CARRILERIA	US\$			
	ELEMENTOS DE DESGASTE	250,000 US\$			
	REPARACIONES MAYORES	950,000 US\$			

Tabla 1.- Modelo Económico de un Camión CAT 775F

FUENTE: Elaboración propia

Definido el modelo económico, se establece el plan de vida del equipo, este planeamiento inicial, puede ser modificado posteriormente de acuerdo a la evaluación que se obtenga a través del seguimiento en el día a día. Esto significa que es muy probable que cuando el equipo es nuevo (no hay familias similares), el primer modelo económico se termine modificando por las grandes variaciones que se pueden generar como consecuencia de una falta de experiencia en la planificación de los costos en ese tipo de equipo.

3.2.2. Componentes de las tarifas.

Se llama así a las partes que conforman las tarifas de un equipo, determinadas del modelo económico del mismo. Un equipo puede trabajar un tiempo estimado, pero también es probable que por las diferentes condiciones que se presenten el tiempo estimado quede “muy largo o muy corto”. Por ello es importante definir cuanto TIEMPO MINIMO POR MES debe trabajar el equipo para que pague el costo estimado dentro del modelo económico. Eso se conoce como “horas mínimas” de un equipo. Para el ejemplo mostrado en la sección anterior tenemos lo siguiente:

Calculo de horas mínimas de un equipo - FC-60

Vida útil (hm)	Vida útil (años)	Tiempo anual (meses)	Horas Mínimas por mes (hm)
1	2	3	$((1/2)/3)$
50,400	14	12	300

Tabla 2.- Descripción de hora del CAMION CAT 775E

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 2 se describe con más detalle el tiempo promedio del que se considera operará el equipo, cabe resaltar que este valor son las horas mínimas que debería trabajar el equipo para cubrir todos los costos definidos en la tabla 1.

Para estimar una tarifa plana por hora del equipo, se divide los costos de cada componente entre la vida útil del equipo, tal como se muestra en la tabla 3, obteniéndose una tarifa por cada componente.

MODELO ECONOMICO

		COD EQUIPO		
		FC-60		
I	DESCRIPCION DEL EQUIPO			
	TIPO	CAMION FUERA DE CARRETERA		
	MARCA	CATERPILAR		
	MODELO	775 E		
	AÑO	2006		
	POTENCIA	544 kw		
	N° SERIE	IRT6669		
	CAPACIDAD	60 TON		
	FECHA DE ADQUISICION	mar-07		
II	MODELO ECONOMICO			
	TIEMPO DE VIDA UTIL	50,400 hm	TARIFA US\$/hm	
			TARIFA US\$/hm	
COSTO FIJO	VALOR DE COMPRA	1,600,000 US\$	36.94	
	VALOR DE RESCATE	(250,000) US\$		
	COSTO FINANCIERO	150,000 US\$		
	LEASING OPERATIVO	US\$		
	OTROS	US\$		
	ADM. DEL EQUIPO	200,000 US\$		
	TRANSPORTE Y ARMADO	50,000 US\$		
SEGUROS	112,000 US\$	85.95		
COSTO VARIABLE	LUBRICACION		420,000 US\$	49.01
	MANTENIMIENTO MECANICO		100,000 US\$	
	LLANTAS		750,000 US\$	
	CARRILERIA		US\$	
	ELEMENTOS DE DESGASTE		250,000 US\$	
	REAPARACIONES MAYORES		950,000 US\$	

Tabla 3.- Tarifa Horaria de CAMION CAT 775E

FUENTE: Elaboración propia

Por cada hora que el equipo trabaja se consideran todos los costos establecidos en el modelo económico siempre y cuando no sea mayor o menor que las horas mínimas, de ahí se define el concepto de “Tarifa Estándar”.

Cuando las horas trabajadas no llegan a las “horas mínimas”, solo se considera el costo fijo del modelo, debido a que sin consumo no hay desgaste del equipo (Costo variable), esto es lo que se define como “Tarifa Stand By”. En cambio cuando las horas trabajadas superan a las horas mínimas, algunos costos fijos como los de seguro, administración y financieros, ya fueron pagados en la

primera etapa (en las horas mínimas) por ello se define la “Tarifa Exceso” que no los incluye.

Se define:

Hmin= Horas Mínimas = Vida Útil / (años de vida útil x 12)

Hsb= Horas stand by

He= Horas exceso

Hm = Horas máquina trabajadas = Horómetro final – Horómetro inicial (en el período del mes)

V= Valorización del Equipo en el mes

TS= Tarifa Estándar = Tarifa por costo fijo mas costo variable

TSB= Tarifa Stand By = Tarifa costo fijo

TE= Tarifa Exceso = Tarifa costo variable

Si (Hm > Hmin)

Entonces (Hsb = 0

He = Hm-Hmin

V= Hmin x TS + He x TE)

Caso contrario (Si (Hm < Hmin)

Entonces (He = 0

Hsb= Hmin- Hm

V= Hm x TS + Hsb x TSB)

Caso contrario (He = Hsb = 0

V= Hm x TS)

COMPONENTES DE LAS TARIFAS

			TARIFA STAND BY	TARIFA ESTANDAR	TARIFA EXCESO
COSTO FIJO	VALOR DE COMPRA	DEPRECIACION	X	X	X
	VALOR DE RESCATE				
	COSTO FINANCIERO	FINANCIERO	X	X	
	LEASING OPERATIVO				
	OTROS	OTROS	X	X	
	ADM. DEL EQUIPO	ADMINISTRATIVO	X	X	
	TRANSPORTE Y ARMADO				
SEGUROS	SEGUROS	X	X		
COSTO VARIABLE	LUBRICACION	LU		X	X
	MANTENIMIENTO MECANICO	MM		X	X
	LLANTAS	LL		X	X
	CARRILERIA	CA		X	X
	ELEMENTOS DE DESGASTE	ED		X	X
	REPARACIONE S MAYORES	RM		X	X

< HORAS MINIMAS <

Tabla 4.- División de la Tarifa de un equipo

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 4 se muestra los componentes que conforman cada una de las tarifas definidas: Stand By, Estándar y Exceso, por ejemplo la componente de los seguros solo aparece en la tarifa Stand By y Estándar, porque si el equipo excede las 300 horas mínimas esta componente ya fue pagada en este primer rango de tiempo, mientras que la componente lubricación es el caso contrario porque por cada hora de uso mayor a las horas operadas hay mayor desgaste del equipo.

Del modelo económico se tendría las tarifas:

CALCULO DE TARIFAS

			TARIFA STAND BY	TARIFA ESTANDAR	TARIFA EXCESO
COSTO FIJO	VALOR DE COMPRA	DEPRECIACION	26.79	26.79	26.79
	VALOR DE RESCATE				
	COSTO FINANCIERO	FINANCIERO	2.98	2.98	
	LEASING OPERATIVO				
	OTROS	OTROS			
	ADM. DEL EQUIPO	ADMINISTRATIVO	4.96	4.96	
	TRANSPORTE Y ARMADO				
SEGUROS	SEGUROS	2.22	2.22		
COSTO VARIABLE	LUBRICACION	LU		8.33	8.33
	MANTENIMIENTO MECANICO	MM		1.98	1.98
	LLANTAS	LL		14.88	14.88
	CARRILERIA	CA		0.00	0.00
	ELEMENTOS DE DESGASTE	ED		4.96	4.96
	REPARACIONES MAYORES	RM		18.85	18.85
			36.94	85.95	75.79

Entonces si se tiene en un mes

		CASO 1	CASO 2
FC-60			
HORAS TRABAJADAS	HM	200	450
HORAS ESTANDAR	HM	200	300
HORAS STAND BY	HM	100	
HORAS EXCESO	HM		150
TARIFA ESTANDAR	US\$/HM	85.95	85.95
TARIFA STAND BY	US\$/HM	36.94	
TARIFA EXCESO	US\$/HM		75.79
SUBTOTAL ESTANDAR	US\$	17,190.48	25,785.71
SUBTOTAL STAND BY	US\$	3,694.44	0.00
SUBTOTAL EXCESO	US\$	0.00	11,369.05
TOTAL	US\$	20,884.92	37,154.76

Tabla 5.- Ejemplo del cálculo de las tarifas del CAMION CAT 775E

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 5 se muestra un ejemplo numérico de lo planteado anteriormente, en el caso 1 el camión descrito anteriormente en la Tabla 1 ha operado 200 horas,

como esto no llega a las horas mínimas, entonces se considera que su valorización sería 200 horas a tarifa estándar y 100 horas a tarifa stand by; en el caso 2 el equipo trabajó 450 horas cantidad mayor a las horas mínimas, las primeras 300 horas se valorizan con tarifa estándar mientras que las 150 horas restantes con tarifa exceso. Siempre que el equipo trabaje por lo menos 300 horas los costos fijos estarán cubiertos, pero si no fuera así estos no se cubrirían y debería recalcularse las tarifas pero con 200 horas por mes, incrementándose la tarifa por ser mas de 14 años (21 años), en seguros, financiamiento, administración del equipo, reparación y mantenimiento, también menor valor de rescate.

3.2.3. Control del costo de reparación y mantenimiento de un equipo

Es el costo determinado por las componentes variables del modelo económico, esto es el mantenimiento mecánico, lubricación, las llantas o carrilería, los elementos de desgaste y las reparaciones mayores. Este es el costo variable en obra, que es susceptible a la gestión de mantenimiento de los equipos. Aquí es donde se puede prolongar la vida útil de los equipos o reducir los costos a través del un mantenimiento preventivo y predictivo.

El costo de reparación y mantenimiento se controla en la obra por cada equipo, acumulándose una base de datos estadísticos que servirá para identificar la certeza del Modelo Económico, puede suceder que del control se concluya que hay mucha variabilidad con respecto al modelo económico, es ahí donde se determinara la modificación de este último. Hay que recordar que el modelo económico inicial de un equipo puede derivar de una base estadística, de recomendaciones del fabricante o simplemente de la experiencia del programador, pero como las condiciones no son siempre las mismas entonces surgen las variaciones. Por ello es importante que una vez encontrada la diferencia se analice si conviene cambiar el modelo en concordancia con los

datos recopilados. Aquí es donde surge la necesidad de hacer una evaluación cada 3 meses de los modelos (se sugiere este tiempo para monitorear la información inicial, pero dependerá del estado de la información para poder revisarla debido a que en 3 meses se estima 1500 hm tiempo suficiente para controlar actividades de hasta 600 hm en donde el evento ocurrido por lo menos 2 veces, pero no serviría para controlar actividades mayores o iguales a 1200 hm por que solo se dio un evento).

Para el control de de la gestión de mantenimiento de los equipos, hay que establecer la jerarquía del análisis, para ello se determina la estructura mostrada en la tabla 6. El proceso se inicia con la elaboración del modelo económico, su control a través de dos tipos de informes: el primero que permite visualizar la venta de horas de equipos y el costo a través de un control por rubros de recursos (ideal para relacionar posteriormente con el tema financiero y los flujos de caja) y el segundo orientado al control equipo por equipo por fase de mantenimiento para establecer con más precisión la causas.

Ambos reportes tienen las mismas fuentes, pero están divididos de manera diferente por lo que el total del costo varía solo con el stock del almacén. Estos controles se manejan a nivel del taller de obra, que es donde el lugar donde se encuentra el costo variable del modelo económico presentado.

Luego se consolida los resultados de todas las obras, y se evalúan con respecto a los modelos económicos diseñados al momento de la compra del activo, con la finalidad de determinar cómo se comporta realmente el mantenimiento del equipo. Con esta información adicionalmente se pueden establecer indicadores que permitan evaluar las diferentes áreas. Para describir mejor esta metodología, se definirá ciertos conceptos a continuación.

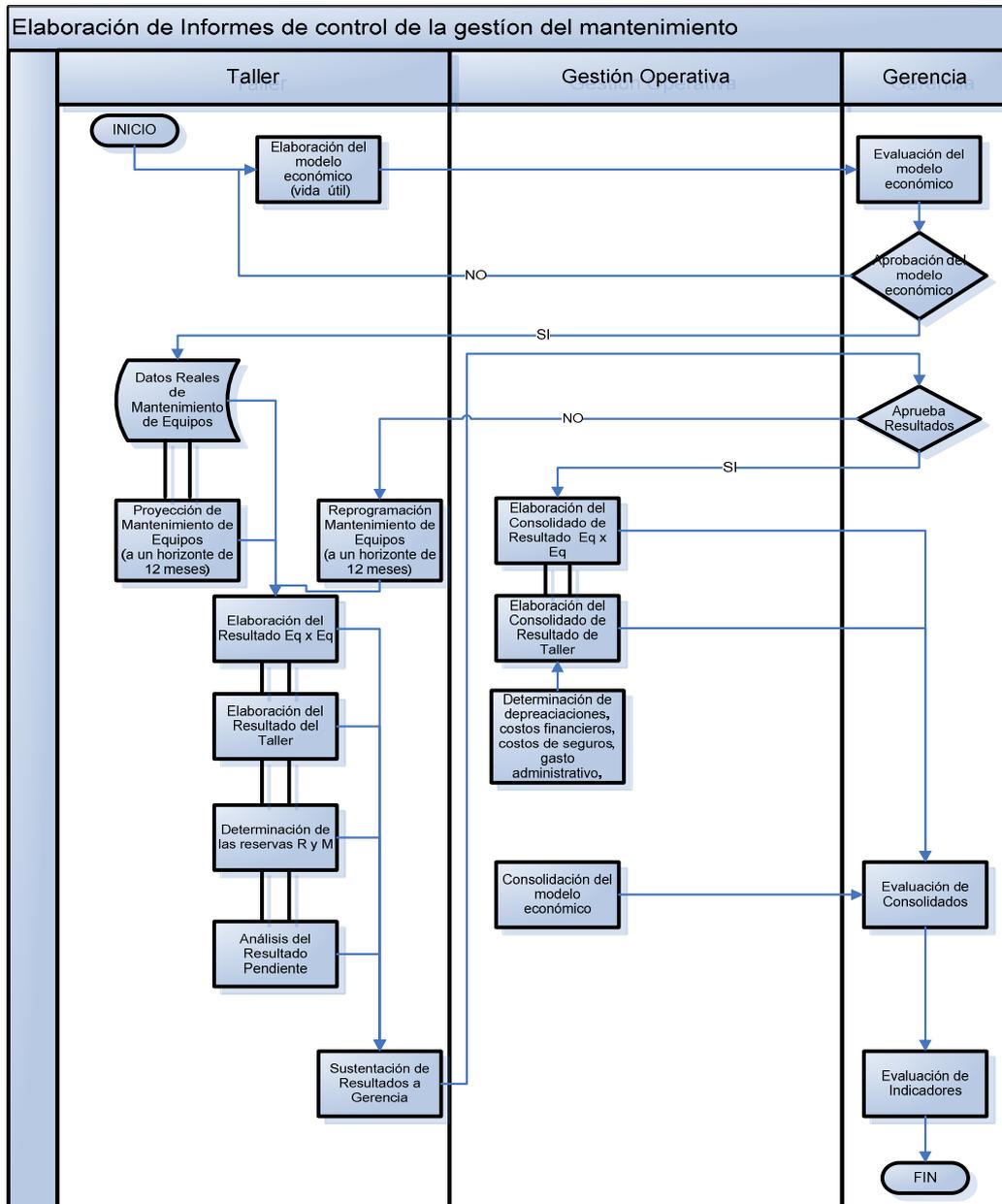


Tabla 6.- Esquema de análisis de informes

FUENTE: Elaboración propia

3.3. Determinación del plan de fases

El programa de actividades es la conceptualización del planeamiento en concordancia con las condiciones contractuales, dividiendo los mantenimientos de los equipos en una secuencia de actividades interrelacionadas y distribuidas en el tiempo.

Se inicia con la definición de las fases de control, considerando que las actividades son una unidad mínima de información para el control, estas son las mismas fases usadas para el modelo económico.

3.3.1. Lubricación (LU).-

Esta referido al control del los trabajos de lubricación que se hacen a los equipos, se trabaja con los planes de mantenimiento de los equipos donde se describen la frecuencia y la posición del mantenimiento a cada cantidad de horas.

El mantenimiento preventivo es recomendable para que los equipos proporcionen una mayor eficiencia durante las horas de trabajo. Para esto debe existir un programa para el servicio de estos equipos en los intervalos apropiados.

Instrucciones para Mantenimiento					
A- Cada 8 horas	X- Indica inspección visual ajustes si son necesarios				
B- Cada 200 horas	O- Indica drenar y rellenar				
C- Cada 400 horas	R- Indica reemplazo				
D- Cada 1200 horas					
E- Cada 2400 horas					
Verificación de la Unidad Automotriz	A	B	C	D	E
Nivel Agua radiador		X			
Radiador		X			
Fugas radiador		X			
Tapón radiador		X			
Manguera radiador		X			
Equipo gas L.P. mangueras		X			
Mangueras presión gas L.P.		X			
Ventilador, alternador, bandas		X			
Bomba de agua			X		
Sistema escape fugas		X			
Carbones del alternador			X		
Carbones de marcha			X		
Bomba de petróleo			X		
Líneas de petróleo			X		
Solenoides equipo gas L.P.		X			
Interruptor de presión aceite		X			
Bulbo de temperatura		X			
Interruptor de vacío equipo gas L.P.		X			
Carburador limpieza y ajuste			X		
Verificación gobernador			X		
Bujías		X	R		
Compresión de motor			X	R	
Tiempo de ignición			X		
Interruptor principal		X			
Operación de instrumentos		X			
Ajuste pedal frenos					
Ajuste freno estacionamiento		X			
Zapatillas, balatas de freno				X	
Tornillos sujeción motor			X		
Tornillo de motor a transmisión			X		
Tornillos de transmisión a eje motriz			X		
Tornillos de llantas y mazas torque			X		
Tornillos porta balatas torque			X		
Tornillos cilindros frenos torque			X		
Tornillos sujeción mástil torque			X		
Transmisión automática verificar y ajustar presión				X	

Tabla 7.- Esquema de inspección de los equipos

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 7 se muestra las instrucciones para el mantenimiento de un equipo, ahí se establecen las acciones a tomar a cada cierta cantidad de horas, esta es una de las informaciones base para presupuestar posteriormente el modelo económico asignando los recursos necesarios para cumplir cada una de las actividades.

Tomando como referencia los resultados que arroje el control de horas los encargados del mantenimiento preventivo presentan un listado semanal de que equipos y a qué horómetro les toca su respectivo mantenimiento para que el operador ponga a disposición su equipo para que se realicen los trabajos necesarios.

3.3.2. Mantenimiento Mecánico (MM)

Son las reparaciones realizadas por desgaste normal de los equipos. Estos mantenimientos generalmente implican reparaciones de componentes, por ello se recomienda dividir en:

- Mantenimiento Mecánico de Motor –Convertidor- Compresor
- Mantenimiento Mecánico de Transmisión
- Mantenimiento Mecánico de Tren de Fuerza
- Mantenimiento Mecánico de Sistema Hidráulico
- Mantenimiento Mecánico de Chasis y Otros

Esto puede seguir subdividiéndose más, es cuestión de definir a qué nivel se quieren controlar los costos.

3.3.3. Llantas (LL)

Son los mantenimientos de los neumáticos de los equipos, que pueden concluir en la reposición de la llanta por una nueva o una reencauchada. Interviene el control de las cocadas (mm) de los equipos para determinar que tanto puede durar la llanta en función de las horas que tiene por trabajar el equipo, en otros lugares se controla las cocadas en función de los kilómetros que recorre (depende de la unidad que se maneje en el control).

3.3.4. Carrilería (CA)

Son los mantenimientos de las carrilerías de los equipos con oruga, que pueden incluir, recalce de zapatas, cambios de la carrilería, etc. La frecuencia de cambio está relacionada con las condiciones del terreno.

3.3.5. Elementos de Desgaste (ED)

Son los mantenimientos de los elementos de desgaste, que suelen ser cuchillas, puntas, etc. Al igual que el anterior la frecuencia de cambio está relacionada con las condiciones del terreno.

3.3.6. Reparaciones Mayores (RM)

Son todas aquellas reparaciones que se hacen al tercio o mitad de la vida útil del equipo que permiten a sus componentes llegar al tiempo previsto con una disponibilidad establecida. Los montos generalmente están por la mitad del valor de compra del equipo dependiendo que sea lo que se va a realizar.

3.3.7. Taller/ Indirectos (TALLER / INDIRE)

Todo costo que se incurre para el taller y no es parte de las reparaciones LU, MM, LL, CA, ED o RM, forma parte de la fase TALLER; así como los costos referidos a los implementos o materiales por el personal del taller.

Por ejemplo, el costo de un mecánico limpiando su área de trabajo es parte de la fase TALLER (salario, materiales de limpieza) y el cambio su uniforme es parte de la fase INDIRE.



Tabla 7.1.- Frecuencia de mantenimiento según la fase

FUENTE: PPT Gerencia de Equipos SMCG “Modelo económico Tarifa Interna de equipos”

3.4. Determinación de recursos, tipos y definiciones

3.4.1. Planeamiento y proyección de recursos

3.4.1.1. Materiales

Está formada por la cantidad y el valor de los bienes y/o insumos sin incluir el IGV, que se encuentran especificados en las órdenes de compra, las cartas de crédito y rendiciones de gastos; y que van a quedar incorporados como parte del mantenimiento de los equipos del proyecto contratado.

Estos bienes e insumos corresponden a la incidencia teórica (modelo económico) por unidad de horas máquina, distribuidos en el tiempo, en función del programa de horas de equipos de la obra.

A continuación presentamos un detalle de las principales categorías del reporte salidas/consumos de almacén (tabla 8), donde se clasifican las fases a las que pueden estar asignados los tipos de artículo, así como los responsables de la asignación de fases y tipos. Esta tabla de validación permite verificar el registro de la información del almacén, porque suele suceder que los pedidos los solicite personal no instruido en el tema asignando valores que no corresponden.

El responsable de emitir el reporte es el Jefe del Almacén, pero quien se encarga de validar el reporte en la asignación de fases y de equipos es el Jefe del Taller.

REPORTE DE CONSUMOS DEL ALMACEN			
TIPO DE ARTICULO	DESCRIPCION	CODIGO EQ/ FASE	RESPONSABLE
1. Repuestos	Repuestos para los Equipos	COD. EQ. / LU, MM, ED, LL, CA, RM.	Jefe de Almacén (Entrega de la Información)
2. Repuestos Taller	Repuestos para los Equipos de Taller o para el Taller	VARIOS / TALLER	
3. Herramientas	Alicate, Dados, Desarmador, Llaves, Martillos, etc.	VARIOS / TALLER	
4. Llantas		COD. EQ. / LL	
5. Materiales	Materiales usados para los Equipos	COD. EQ. / LU, MM, ED, CA, LL, RM	
6. Insumos	Materiales usados para el Taller	VARIOS / TALLER	Jefe de Taller (Determina la Fase y el tipo del Artículo)
8. Lubricantes	Filtros, Aceites, Grasas.	COD. EQ. / LU, MM	
9. Consumibles	Trapos, Ácidos, Lijas, etc.	VARIOS / TALLER	
10. Combustibles	Combustible de los Equipos del Taller	(X)	
11. Artículos de Limpieza		VARIOS / TALLER Ó INDIRE	
12. Economato		VARIOS / TALLER Ó INDIRE	
13. Útiles de Oficina		VARIOS / TALLER Ó INDIRE	
14. Implementos de Seguridad		VARIOS / TALLER Ó INDIRE	
(X) En el caso del Combustible, algunos implementos de seguridad, consumos o servicios para Equipos del Taller: se registra las salidas al Código del Equipo para el control del Consumo, pero todo este Gasto va a la Tarifa Vestida.			

Tabla 8.- Clasificación de los materiales de un taller

FUENTE: Elaboración propia

3.4.1.2. Mano de Obra

Comprende las H-H y el costo necesarios para realizar todos los trabajos de mantenimiento de los equipos durante la duración de la obra. Éstas H – H están directamente relacionadas con las reparaciones que se efectúan. Los rendimientos dependen de: las condiciones de trabajo, supervisión de obra y situación del mercado. Hay que tener en cuenta, que dicho costo no sólo incluye jornales, sino también las leyes sociales, como son seguro social, dominicales, feriados, impuesto a las remuneraciones, vacaciones, etc.

En el 2010 se tienen los siguientes porcentajes de los aportes del empleador:

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
REMUNERACION BRUTA	REMUNERACION BASE +ASIGNACION FAMILIAR +ASIGNACION POR DESTAQUE +ASIGNACION POR TRANSPORTE +VALES ALIMENTACION +HORAS EXTRAS
COSTO LABORAL	GRATIFICACIÓN (16.67% REM. BASE) +VACACIONES (8.33% REM. BASE) +CTS (9.72% REM. BASE) +ESSALUD (9.00% REM. BASE) +AFP MINERO (2.00% REM. BASE) +SCTR SALUD (0.50% REM. BASE) +SCTR PENSIÓN (1.50% REM. BASE) +OTROS: VIDA LEY, OTROS MENORES (2.28% REM. BASE)
ALIMENTACIÓN	MONTO ESTIMADO
ALOJAMIENTO	MONTO ESTIMADO
TRANSPORTE	MONTO ESTIMADO
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	MONTO ESTIMADO

Tabla 8a.- Costo empleador de un personal obrero

FUENTE: Elaboración propia

3.4.1.3. Servicios terceros

Son los montos totales de trabajos efectuados por servicios terceros, están compuestos por las valorizaciones según los avances que se verifican directamente en obra. Estos servicios pueden ser del tipo de servicios de mano de obra y/o suministro de repuestos, reparaciones para el taller, reparaciones de repuestos de equipos, alquiler de equipos y vehículos terceros, fletes terceros. Los documentos utilizados son las órdenes de servicio u órdenes de trabajo.

ORDENES DE SERVICIO			
TIPOS DE SERVICIO	DESCRIPCION	COD. EQ. / FASE	RESPONSABLE
1. Terceros	Servicio de Reparación por Equipos, Accesorios y Mano de Obra	COD. EQ. / LU, MM, LL, CA, ED	Administradores
2.Terceros Indirectos	Servicio a Indirectos	VARIOS / INDIRE	
3.Fletes Terceros	Transportes de Equipos o accesorios del Taller	VARIOS / TALLER	
4.Reparación Taller	Reparación de Herramientas de Taller, Arreglo	VARIOS / TALLER	
	Instalaciones, Implementación del taller		
5.MO Terceros	Mano de Obra de Terceros Pura por Reparación de Equipos	COD. EQ. / LU, MM, LL, CA, ED	
6.MO Terceros Indirectos	Mano de Obra de Terceros Pura por Indirectos o en el Taller	VARIOS / INDIRE	
7. Eq. y Veh. Terceros	Alquiler de Equipos para el Taller	VARIOS / TALLER	

Tabla 9.- Clasificación de los servicios terceros de un taller

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 9 se muestra la clasificación de los tipos de servicios según sus fases y los responsables de verificar la información similar a lo que se ha descrito en los artículos.

3.4.1.4. Equipos

Es el costo de los equipos propios y de terceros usados para el mantenimiento del equipo de operación. Por ejemplo una grúa para desmontaje, el montacarga etc.

3.4.1.5. Fletes

Estos son los transportes de los equipos o materiales para el mantenimiento de los equipos, no incluye las movilizaciones y desmovilizaciones de los equipos de operación (esto es normalmente asumido por el área de operaciones).

3.4.1.6. Supervisión

Este rubro corresponde a todos los empleados (Jefes de obra, Ingenieros Asistentes, Ingenieros Junior, Administrativos, supervisores, etc.), necesarios para la supervisión y desenvolvimiento administrativo del área de mantenimiento de la obra. Actualmente se tienen los siguientes porcentajes de los aportes del empleador:

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
REMUNERACION BRUTA	REMUNERACION BASE +ASIGNACION FAMILIAR +ASIGNACION POR DESTAQUE +ASIGNACION POR TRANSPORTE +VALES DE ALIMENTACION O BONOS
COSTO LABORAL	GRATIFICACIÓN (16.67% REM. BASE) +VACACIONES (8.33% REM. BASE) +CTS (9.72% REM. BASE) +ESSALUD (9.00% REM. BASE) +AFP MINERO (2.00% REM. BASE) +SCTR SALUD (0.50% REM. BASE) +SCTR PENSIÓN (1.50% REM. BASE) +OTROS: VIDA LEY, OTROS MENORES (2.28% REM. BASE)
ALIMENTACIÓN	MONTO ESTIMADO
ALOJAMIENTO	MONTO ESTIMADO
TRANSPORTE	MONTO ESTIMADO
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	MONTO ESTIMADO

Tabla 9a.- Costo empleador de un personal empleado

FUENTE: Elaboración propia

3.4.1.7. Gastos Generales

Está compuesto por lo todos aquellos costos necesarios, para llevar adelante la gestión administrativa de las obras que no corresponden directamente al costo del mantenimiento de un equipo, como por ejemplo (*):

- Útiles de oficina y copias
- Correos
- Comunicaciones, movilidad y gastos de viaje.
- Servicio de electricidad, agua y teléfono.
- Atenciones al personal

- Gastos Bancarios
- Gastos de representación
- Otros.

(*) Lista de detalle indicativa, no limitativa

En general, se pueden agrupar los datos de Gastos Generales, Supervisión, Mano de Obra y Fletes (Propios y Terceros), dentro del concepto Mano de Obra Vestida (este se desarrollará en la sección 4.5.1).

3.4.1.8. Depreciación

Es el valor del capital de la cuota bancaria, estos equipos suelen comprarse con financiamiento por el valor, una vez finalizado el plazo ya no se considera costo.

3.4.1.9. Seguros

Es el porcentaje del costo de la prima anual del equipo, las aseguradoras determinan un porcentaje de recupero del valor de compra actual del equipo y la franquicia o deducible en que aplicará el seguro Todo Riesgo de Equipo de Contratistas (TREC), multi riesgo, responsabilidad civil, etc.

3.4.1.10. Leasing financiero o bancario

En el caso de este financiamiento se coloca el valor de los intereses de la cuota bancaria mensual; una vez finalizado el plazo, ya no se considera costo.

3.4.1.11. Leasing Operativo

El Leasing operativo se coloca como costo el valor de la cuota de arrendamiento; en el momento que se decide la compra, se reformula la tarifa y se coloca como costo la opción de compra.

3.5. Resultado Operativo Equipo por Equipo

Es un sistema estructurado y formalizado que integra el planeamiento y control de costos. Permite medir la gestión, analizar la fase y el equipo que requiere una mejora, por ello la necesidad de la veracidad de sus datos. También permite proyectar las políticas futuras de la organización. Contiene un previsto original, consumo real, un previsto actual (el real más la proyección de los recursos), muestra la distribución en el tiempo de las cantidades necesarias para cumplir con las actividades programadas para cada equipo. En lo sucesivo el Resultado Operativo de Equipo por Equipo lo llamaremos “RO Eq x Eq”. Los formatos constan de un resumen total por fase de los costos de los rubros de mantenimiento (resumidos en: repuestos y materiales, mano de obra vestida, servicio de terceros, mano de obra de terceros), adicionalmente incluyen un formato por cada fase con los respectivos equipos detalladamente (Anexo III).

Para describir el costo del taller de mantenimiento hay que considerar primero los tipos de equipos a analizar:

1. **Equipos Principales**, llamados así a todos los equipos que intervienen directamente en la operación, por ejemplo en un trabajo de “conformación de la capa de sub-base para una carretera”, la moto niveladora, el rodillo, el camión cisterna de agua, el camión cisterna de combustible, la camioneta del capataz son los equipos principales.

Un equipo principal, en este caso una excavadora Terex RH 90 que participa en el carguío de material en una operación de minería a tajo abierto, otro equipo principal, un Tractor D8R utilizado para remover y apilar el material desprendido por razón de la voladura.

2. **Equipos Auxiliares**, llamados así a todos los equipos que sirven para prestar el servicio de mantenimiento a los equipos principales, por ejemplo el camión lubricador, el torno, el manipulador de llantas, las camionetas de los mecánicos son los equipos auxiliares.

Un ejemplo de equipo secundario: el montacargas, se ha considerado así porque este equipo sirve para trasladar las llantas de los equipos pesados en el taller; si este equipo hubiera servido para trabajos en el almacén de operaciones ya no sería equipo secundario sino mas bien principal, he ahí la diferencia de las definiciones. Otro equipo secundario: el camión lubricador, porque sirve para almacenar los aceites y grasas que se necesitan para los mantenimientos de los equipos en el campo.

3.5.1. **Tarifa de Mano de Obra Vestida**

En un taller existen dos tipos de gastos, los que se asignan a un equipo específico y los que están asignados al conjunto en general; un ejemplo es un filtro que siempre estará asignado a un equipo, pero una llave inglesa (herramienta) sirve para reparar diversos equipos como: un camión, un cargador, una motoniveladora, etc.; su división es difícil porque es un material que no se consume específicamente para un solo equipo, sino mas bien para varios. Entonces cuando se tiene un costo que no puede dividirse o asignarse a un equipo en especial, este se acumula en la “Mano de Obra Vestida”, que es un total que se prorateara a cada equipo en función de las horas hombre de mecánicos asignados a cada equipo.

Los costos de los equipos auxiliares se consideran todos dentro de la Mano de Obra Vestida; por ejemplo, el combustible de las camionetas de los mecánicos, los repuestos consumidos por el camión lubricador, montacarga, etc.

En la tabla 10 se describe una regla práctica para la clasificación de los rubros según los tipos de equipos y las fases; por ejemplo, si consideramos como rubro el número 2: LLANTAS, observamos según el cuadro que este material si ha sido consumido para un equipo principal como el tracto de un volquete para transporte de agregados, debe tener la fase LL y no forma parte de la Mano de Obra Vestida; pero si consideramos que fue para el tracto del camión lubricador, entonces este forma parte de la MOV y la fase debe ser TALLER.

Más aun, si tenemos: lapiceros, hojas bond, etc. que se utilizan como útiles de oficina, estos materiales no tiene código de equipo asignado por el tipo de uso que se les da, estos útiles de oficina deberían tener asignada la fase TALLER y formar parte de la MOV. Por ello dependiendo del destino del material o servicio se hace la clasificación.

MATRIZ DE RUBROS VS CODIFICACION DE EQUIPOS			
COSTO VARIABLE		CON/ CÓDIGO EQUIPO Eq. Principales FASES: LU, MM, LL, ED, CA y RM	S/ CODIGO EQUIPO ó Eq. Auxiliares FASES: TALLER o INDIRE
1	REPUESTOS Y MATERIALES		
	ELEMENTOS DE DESGASTE		MOV
	HERRAMIENTAS		MOV
	INSUMOS		MOV
	MATERIALES		MOV
	REPUESTOS		MOV
	REPUESTOS TALLER		MOV
2	LLANTAS		
	LLANTAS		MOV
3	LUBRICANTES, GRASAS Y FILTROS		
	LUBRICANTES		MOV
4	CONSUMIBLES		
	CONSUMIBLES		MOV
5	COMBUSTIBLES		
	COMBUSTIBLES		MOV
6	MANO DE OBRA PROPIOS		
	PLANILLA OBREROS		MOV
	ALIMENTACION OBREROS		MOV
	ALOJAMIENTO OBREROS		MOV
	PASAJES (OBRAS) OBREROS		MOV
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		MOV
7	MANO DE OBRA TERCEROS		
	MO TERCEROS		MOV
	MO TERCEROS INDIRECTOS		MOV
8	REPARACION DE TERCEROS		
	SERVICIO		MOV
	SERVICIO INDIRECTOS		MOV
	REPARACION TALLER		MOV
9	EQ. Y VEH. PROPIOS		
	EQ. Y VEH. PROPIOS		MOV
10	EQ. Y VEH TERCEROS		
	EQ. Y VEH TERCEROS	MOV	MOV
11	FLETES PROPIOS		
	FLETES PROPIOS	MOV	MOV
12	FLETES TERCEROS		
	FLETES TERCEROS	MOV	MOV
13	SUPERVISION		
	PLANILLA EMPLEADOS		MOV
	ALIMENTACION EMPLEADOS		MOV
	ALOJAMIENTO EMPLEADOS		MOV
	PASAJES (OBRAS) EMPLEADOS		MOV
14	GASTOS GENERALES		
	ARTICULOS DE LIMPIEZA		MOV
	ECONOMATO		MOV
	UTILES DE OFICINA		MOV
	EQ. COMPUTO Y COMUNIC.		MOV
	CAJA CHICA		MOV
Leyenda			
	Combinación posible		
	Combinación imposible		
MOV	Rubro de MANO DE OBRA VESTIDA		

Tabla 10.- Rubros que componen la Mano de Obra Vestida de un equipo

FUENTE: Elaboración propia

Un ejemplo práctico es el que se presenta a continuación, sea los siguientes equipos: el cargador CAT 988G con código C-35, el camión KOMATSU 330 con código FC-45 y el camión lubricador con código TV-17. En la tabla 11 se

presentan las horas hombre reportadas de mecánicos en reparaciones a los equipos (hh) y en sus respectivas fases.

HH MECANICOS						
	LU	MM	LL	ED	CA	Σ
C-35	5	8	17	5		35
FC-45	4	2	1			7
TV-17	1	8	7			16

Tabla 11.- Total horas trabajadas del personal de mantenimiento

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 12 se tienen los costos individuales de los equipos mencionados y otros gastos varios (los equipos sin código) según los rubros detallados a continuación:

	C-35	FC-45	TV-17	VARIOS	
COSTO TOTAL S/.					
Costo Repuestos y Materiales	20	2	30	15	
Costo de Lubricantes, Grasas y Filtros	35	20	30	2	
Llantas	20		5		
Costo de Consumibles	3	3	4	2	
Costo de Combustibles			3	2	
Costo Mano de Obra				30	
- Propia					
- Terceros	2		4		
Costo de Supervisión				8	
Costo Reparaciones Terceros	5	5		1	
Equipos y Vehículos					
- Propios					
- Terceros	8	8			
Fletes					
- Propios				1	
- Terceros	3	3			
Gastos Generales				8	
TOTALES	96	41	76	69	282.00

Tabla 12.- Costos totales del taller

FUENTE: Elaboración propia

Del cuadro se extraen los costos de los equipos principales y que servirán para MANO DE OBRA VESTIDA (MOV).

El caso del TV-17 como es un equipo auxiliar se considera dentro del MOV (a pesar de que sus costos tiene asignado el código de un equipo), asimismo los costos asignados a varios y los combustibles de todos los equipos asignados al taller, entran a este paquete, tal como se muestra en la tabla 13.

	C-35	FC-45	TV-17	VARIOS	
COSTO TOTAL S/.					
Costo Repuestos y Materiales	20	2	30	15	
Costo de Lubricantes, Grasas y Filtros	35	20	30	2	
Llantas	20		5		
Costo de Consumibles	3	3	4	2	
Costo de Combustibles			3	2	
Costo Mano de Obra				30	
- Propia					
- Terceros	2		4		
Costo de Supervisión				8	
Costo Reparaciones Terceros	5	5		1	
Equipos y Vehículos					
- Propios	8	8			
- Terceros					
Fletes					
- Propios				1	
- Terceros	3	3			
Gastos Generales				8	
TOTALES	96	41	76	69	282.00

$$MOV = 30 + 30 + 5 + 4 + 3 + 4 + 15 + 2 + 2 + 2 + 30 + 8 + 1 + 1 + 8 + 8 + 8 + 3 + 3 = S/. 167$$

Tabla 13.- Resultado de la Mano de Obra Vestida

FUENTE: Elaboración propia

Del cuadro de hh se extraen las horas hombre de los equipos principales y que servirán para prorratear la MANO DE OBRA VESTIDA (MOV):

$$C-35 = 35 \text{ hh}$$

$$FC-45 = 7 \text{ hh}$$

$$\text{TOTAL} = 42 \text{ hh}$$

El caso del TV-17 como es un equipo auxiliar no se considera dentro del prorrateo.

Entonces calculando el MOV para cada equipo se tiene:

$$C-35 = 167 * 35 / 42 = S/. 139.17$$

$$FC-45 = 167 * 7 / 42 = S/. 27.83$$

En la tabla 14 se muestra la agrupación de los rubros para el RO Eq x Eq, está conformado por los conceptos siguientes:

- Costo de Repuestos y Materiales
- Costo de Mano de Obra Terceros
- Costo de Terceros

	C-35	FC-45	TV-17	VARIOS
COSTO TOTAL S/.				
Costo Repuestos y Materiales	20	2		
Costo de Lubricantes, Grasas y Filtros	35	20		(*)
Llantas	20			
Costo de Consumibles	3	3		
Costo de Combustibles				
Costo Mano de Obra				
- Propia				
- Terceros	2			(**)
Costo de Supervisión				
Costo Reparaciones Terceros	5	5		(***)
Equipos y Vehículos				
- Propios				
- Terceros				
Fletes				
- Propios				
- Terceros				
Gastos Generales				
TOTALES				

REPUESTOS Y MATERIALES DE RO EQ x EQ = Costo Repuestos y materiales + Costo Lubricantes, Grasas y Filtros + Llantas + Costo de Consumibles (*)

MANO DE OBRA TERCEROS DE RO EQ x EQ = Costo de Mano de Obra Terceros (**)

TERCEROS DE RO EQ x EQ = Costo Reparaciones Terceros (***)

Tabla 14.- Fórmulas que componen el RO Eq xEq

FUENTE: Elaboración propia

Finalmente se obtiene:

RO EQ x EQ		C-35	FC-45	
HORAS HOMBRE	H-h	35.00	7.00	
MAÑO DE OBRA PROPIA VESTIDA	S/.	139.17	27.83	
REPUESTOS Y MATERIALES	S/.	78.00	25.00	
TERCEROS	S/.	5.00	5.00	
MAÑO DE OBRA TERCEROS	S/.	2.00	0.00	
TOTAL		224.17	57.83	282.00

	C-35	FC-45	TV-17	VARIOS	
COSTO TOTAL S/.					
Costo Repuestos y Materiales	20	2	30	15	
Costo de Lubricantes, Grasas y Filtros	35	20	30	2	
Llantas	20		5		
Costo de Consumibles	3	3	4	2	
Costo de Combustibles			3	2	
Costo Mano de Obra					
- Propia				30	
- Terceros	2		4		
Costo de Supervisión				8	
Costo Reparaciones Terceros	5	5		1	
Equipos y Vehículos					
- Propios					
- Terceros	8	8			
Fletes					
- Propios				1	
- Terceros	3	3			
Gastos Generales				8	
					282.00

Tabla 15.- Demostración de la igualdad entre el Ro Taller y el Ro Eq. x Eq.

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 15 ilustra la igualdad entre el formato del RO EQ x EQ y el Formato del RO TALLER, siendo lógico porque lo único que se ha cambiado es la forma de presentación de los datos.

3.5.2. División del resultado

Consta de una división vertical de periodos de tiempo y una horizontal de la naturaleza de la fuente.

3.5.2.1. Por tiempo

3.5.2.1.1. Previstos

En el RO Eq x Eq, el total obra consta de tres partes: Original, Anterior y Actual; en el primero está referido a los datos del presupuesto inicial (de la oferta); el segundo está referido a los datos del presupuesto del mes anterior y el tercero está referido a los datos calculados en el ejercicio del mes actual. En los tres casos se evalúa el tiempo total del presupuesto, en los dos últimos incluyen lo ya ocurrido y lo proyectado.

3.5.2.1.2. Reales

Está referido a los datos del mes que transcurrió, este resultado se evalúa con respecto a lo que se previó anteriormente, lo que se busca es comparar lo presupuestado y lo ejecutado para determinar las variaciones, las causas y aprender.

3.5.2.2. Por naturaleza de la fuente

3.5.2.2.1. Venta

En el resultado de equipos existen 2 tipo de ventas, la primera es el producto de las horas valorizadas por sus componentes R y M (LU, MM, ED, LL, CA y RM) y la segunda es la facturación a terceros que se realiza por trabajos hechos del personal de de mantenimiento.

Los formatos usados son los presentados en el Anexo (sección de VENTA), los que contienen un previsto del mes, un real del mes, un acumulado actual, doce meses de proyección, un previsto actual (acumulado actual más proyección), previsto anterior (previsto actual calculado el mes anterior) y previsto original.

3.5.2.2.2. Costo

Está compuesto por todos los recursos necesarios para cumplir el planeamiento de los equipos (materiales, mano de obra, servicios, equipos y vehículos propios, fletes, supervisión y gastos generales). La distribución estará dada por la siguiente configuración por cada fase por cada equipo:

RO EQ x EQ	
HORAS HOMBRE	H-h
MANO DE OBRA PROPIA VESTIDA	S/.
REPUESTOS Y MATERIALES	S/.
TERCEROS	S/.
MANO DE OBRA TERCEROS	S/.
TOTAL	

Tabla 16.- Componentes del Ro Eq x Eq

FUENTE: Elaboración propia

Los formatos usados son los presentados en el Anexo (sección de COSTO), los que contienen un previsto del mes, un real del mes, un acumulado actual, doce meses de proyección, un previsto actual (acumulado actual más proyección), previsto anterior (previsto actual calculado el mes anterior) y previsto original.

Tabla 17.- Planos de Lubricación versus horas acumuladas

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 17 se muestran los planos de lubricación según la frecuencia y el tipo de mantenimiento; también es necesario conocer el último servicio en que se realizó cada plano.

Un ejemplo sería un equipo con horómetro 0, si consideramos que la frecuencia de mantenimiento es a las 250 horas, según el cuadro adjunto se harían en total 8 mantenimientos, pero con 4 tipos de mantenimientos (250, 500, 1000 y 2000). El primero sería a las 250 horas del tipo 250, el segundo a las 500 horas del tipo 500, el tercero a las 750 horas del tipo 250, el cuarto a las 1000 horas del tipo 1000, el quinto a las 1250 horas del tipo 250, el sexto a las 1500 horas del tipo 500, el séptimo a las 1750 horas del tipo 250, el octavo a las 2000 horas del tipo 2000, el siguiente mantenimiento correspondiente a las 2250 horas comenzaría nuevamente desde el primer plano y así sucesivamente.

Luego hay que costear cada posición de acuerdo a cada plan por equipo, en la tabla 18 se observa el plano 3 de un remolcador (porque es un mantenimiento tipo 250), ahí se describe que se debe hacer el cambio para el MOTOR en 10 glns de Aceite Mobil Delvac MX 15W/40, que se debe cambiar 2 filtros de aceite de motor, 2 filtros de combustible primario y que se debe realizar las siguientes inspecciones:

- Lavar pre filtro de aire y respiraderos de motor.

- Revisar poleas, templador de fajas, fajas de alternador, bomba de agua.
- Revisar estado de cardanes, crucetas, pernos.
- Revisión y limpieza de respiraderos de transmisión.
- Revisión y limpieza de respiraderos de sistema hidráulico.
- Revisión de tolva, pistón de levante, pines.
- Revisar estado de carga: Alternador, baterías, cables, switch máster de corriente.
- Revisar sistema de luces en general.
- Engrase general del equipo.

Los planos están determinados por los cambios descritos a cada posición según las recomendaciones del fabricante (inicialmente), tienen el detalle de los aceites grasas, filtros y repuestos según cada componente de cada equipo. Descrita las cantidades, se actualizan los precios y se determina el costo de cada posición por tipo de material (lubricantes, grasas, filtros, repuestos, materiales y mano de obra). De tal manera que para un equipo tendríamos el detalle mostrado en la tabla 19.

PLANO DE LUBRICACION							3	
EQUIPO	FAMILIA	MARCA	MODELO					
	CAMION REMOLCADOR	VOLVO	NL-12 6X4					
OBRA :	UBICACIÓN :	PROPIETARIO :	POSICION		3			
			SERVICIO PL	250	Horas			
			HOROMETRO B		Horas			
			HOROMETRO C		Horas			
			HOR. EJECUCION					
LUBRICANTES								
COMPARTIMIENTO		LUBRICANTE			SERVICIOS			
Ti E. I/	DESCRIPCION	DESCRIPCION	CAPAC	CAMBIO	NIVEL	TOMA DE MUESTRA		
						SI // NO	FRECUENCIA CAMBIO	
	MOTOR	ACEITE MOBIL DELVAC MX 15W/40	10	X	.	SI	250	
	TRANSMISION	ACEITE MOBIL 1340	4	.	X	.	1000	
	DIFERENCIAL DELANTERO	ACEITE MOBILUBE HD 85W140	8	.	X	.	1000	
	M. FINAL DELANTERO RH	ACEITE MOBILUBE HD 85W140	0.5	.	X	.	1000	
	M FINAL DELANTERO LH	ACEITE MOBILUBE HD 85W140	0.5	.	X	.	1000	
	DIFERENCIAL POSTERIOR	ACEITE MOBILUBE HD 85W140	8	.	X	.	1000	
	M. FINAL POSTERIOR RH	ACEITE MOBILUBE HD 85W140	0.5	.	X	.	1000	
	M. FINAL POSTERIOR LH	ACEITE MOBILUBE HD 85W140	0.5	.	X	.	1000	
	SISTEMA DIRECCION	ACEITE MOBIL ATF220	2	.	X	.	2000	
	SISTEMA DE REFRIGERACION	MOBIL MINING COOLANT	6	.	X	.	2000	
	SISTEMA DE COMBUSTIBLE	DIESSEL D. 2	120	.	X	.	2000	

Tabla 18.- Plano N°3 de Lubricación de un Tracto

FUENTE: Área de Equipos SM Contratistas Generales

:

		COSTO TOTAL EN SOLES POR POSICION Y TIPO DE MATERIAL							
CODIGO	Tipo de Material	1	2	3	4	5	6	7	8
C-18	LUBRICANTES (S/.)	523.6	523.6	523.6	812.9	523.6	523.6	523.6	1,158.3
	FILTROS (S/.)	18.9	31.0	18.9	150.0	18.9	31.0	18.9	376.0
	GRASAS (S/.)	187.0	187.0	187.0	187.0	187.0	187.0	187.0	187.0
	MATERIALES (S/.)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	8.0
	MANO DE OBRA (hh)	5.0	5.0	5.0	8.0	5.0	5.0	5.0	14.0

		COSTO TOTAL EN SOLES POR POSICION Y TIPO DE MATERIAL							
CODIGO	Tipo de Material	9	10	11	12	13	14	15	16
C-18	LUBRICANTES (S/.)	523.6	523.6	523.6	812.9	523.6	523.6	523.6	3,593.7
	FILTROS (S/.)	18.9	31.0	18.9	150.0	18.9	31.0	18.9	376.0
	GRASAS (S/.)	187.0	187.0	187.0	187.0	187.0	187.0	187.0	187.0
	MATERIALES (S/.)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	9.0
	MANO DE OBRA (hh)	5.0	5.0	5.0	8.0	5.0	5.0	5.0	16.0

Tabla 19.- Costeo de los planos de un Cargador 966F

FUENTE: Elaboración propia

Luego con los datos del último horómetro de mantenimiento y las horas que trabajará el equipo, se determina en que fechas se realizaran los mantenimientos.

En la tabla 20 se observan los datos del último mantenimiento del Cargador 966-H (horómetros, fecha, frecuencias, número del plano) y la proyección de las horas máquina que se utilizaran; luego en función al último horómetro y considerado el ratio de trabajo por día del equipo se proyecta las fechas de ejecución de los planos posteriores tal como se muestra en la tabla 21.

Fase	Marca / Modelo	ULTIMO MANTENIMIENTO				Und. Mant.	H/día	01-May-07	P R O Y E C C I O N															
		HOROM.	FREC.	Pos	FECHA			Hor. Act.	May-07	Jun-07	Jul-07	Ago-07	Sep-07	Oct-07	Nov-07	Dic-07	Ene-08	Feb-08	Mar-08	Abr-08	May-08			
C-18	CARGADOR FRONTAL 966F	33,791	125	13	26/04/2007	HR	16	33,847	266	221	201	281	209	248	169	213								

Tabla 20.- Datos del último mantenimiento y programa de horas de cargador

966F

FUENTE: Elaboración propia

CALENDARIO DE LUBRICACION DEL EQUIPO POR POSICIONES															
Fecha	C _T	Fecha	C _T	Fecha	C _T	Fecha	C _T	Fecha	C _T	Fecha	C _T	Fecha	C _T	Fecha	C _T
02/05/2007		01/06/2007		01/07/2007		01/08/2007		01/09/2007		01/10/2007		01/11/2007		01/12/2007	
03/05/2007		02/06/2007		02/07/2007		02/08/2007		02/09/2007	5	02/10/2007		02/11/2007		02/12/2007	
04/05/2007		03/06/2007		03/07/2007		03/08/2007		03/09/2007		03/10/2007		03/11/2007		03/12/2007	10
05/05/2007		04/06/2007		04/07/2007		04/08/2007	3	04/09/2007		04/10/2007		04/11/2007		04/12/2007	
06/05/2007		05/06/2007		05/07/2007		05/08/2007		05/09/2007		05/10/2007		05/11/2007		05/12/2007	
07/05/2007		06/06/2007		06/07/2007		06/08/2007		06/09/2007		06/10/2007		06/11/2007		06/12/2007	
08/05/2007		07/06/2007		07/07/2007		07/08/2007		07/09/2007		07/10/2007	7	07/11/2007		07/12/2007	
09/05/2007		08/06/2007		08/07/2007		08/08/2007		08/09/2007		08/10/2007		08/11/2007		08/12/2007	
10/05/2007	14	09/06/2007		09/07/2007		09/08/2007		09/09/2007		09/10/2007		09/11/2007		09/12/2007	
11/05/2007		10/06/2007	16	10/07/2007		10/08/2007		10/09/2007		10/10/2007		10/11/2007		10/12/2007	
12/05/2007		11/06/2007		11/07/2007		11/08/2007		11/09/2007		11/10/2007		11/11/2007	9	11/12/2007	
13/05/2007		12/06/2007		12/07/2007		12/08/2007		12/09/2007		12/10/2007		12/11/2007		12/12/2007	
14/05/2007		13/06/2007		13/07/2007		13/08/2007		13/09/2007		13/10/2007		13/11/2007		13/12/2007	
15/05/2007		14/06/2007		14/07/2007		14/08/2007		14/09/2007		14/10/2007		14/11/2007		14/12/2007	
16/05/2007		15/06/2007		15/07/2007		15/08/2007		15/09/2007		15/10/2007		15/11/2007		15/12/2007	
17/05/2007		16/06/2007		16/07/2007	2	16/08/2007		16/09/2007		16/10/2007		16/11/2007		16/12/2007	
18/05/2007		17/06/2007		17/07/2007		17/08/2007		17/09/2007		17/10/2007		17/11/2007		17/12/2007	
19/05/2007		18/06/2007		18/07/2007		18/08/2007	4	18/09/2007		18/10/2007		18/11/2007		18/12/2007	
20/05/2007		19/06/2007		19/07/2007		19/08/2007		19/09/2007		19/10/2007		19/11/2007		19/12/2007	
21/05/2007		20/06/2007		20/07/2007		20/08/2007		20/09/2007	6	20/10/2007		20/11/2007		20/12/2007	
22/05/2007		21/06/2007		21/07/2007		21/08/2007		21/09/2007		21/10/2007		21/11/2007		21/12/2007	
23/05/2007		22/06/2007		22/07/2007		22/08/2007		22/09/2007		22/10/2007		22/11/2007		22/12/2007	11
24/05/2007		23/06/2007		23/07/2007		23/08/2007		23/09/2007		23/10/2007	8	23/11/2007		23/12/2007	
25/05/2007	15	24/06/2007		24/07/2007		24/08/2007		24/09/2007		24/10/2007		24/11/2007		24/12/2007	
26/05/2007		25/06/2007		25/07/2007		25/08/2007		25/09/2007		25/10/2007		25/11/2007		25/12/2007	
27/05/2007		26/06/2007		26/07/2007		26/08/2007		26/09/2007		26/10/2007		26/11/2007		26/12/2007	
28/05/2007		27/06/2007	1	27/07/2007		27/08/2007		27/09/2007		27/10/2007		27/11/2007		27/12/2007	
29/05/2007		28/06/2007		28/07/2007		28/08/2007		28/09/2007		28/10/2007		28/11/2007		28/12/2007	
30/05/2007		29/06/2007		29/07/2007		29/08/2007		29/09/2007		29/10/2007		29/11/2007		29/12/2007	
31/05/2007		30/06/2007		30/07/2007		30/08/2007		30/09/2007		30/10/2007		30/11/2007		30/12/2007	
				31/07/2007		31/08/2007				31/10/2007					

Tabla 21.- Calendario de mantenimiento de cargador 966F

FUENTE: Elaboración propia

De esta manera se obtiene el costo por mes de lubricación del equipo. Aquí lo importante es tener los planes para poder programar, tal vez en la primera ocasión se observe que han faltado algunas consideraciones, por lo que debe siempre compararse el plan previsto contra el real, esto permitirá aprender más y mejorar a futuro las estimaciones hechas en el equipo.

3.6.2. Mantenimiento Mecánico (MM) y Reparación Mayor (RM)

Estos son los mantenimientos más complicados de programar, porque se establece en función de las recomendaciones del fabricante y la historia de equipos similares, aquí hay que tener cuidado en no confundir la historia del mantenimiento por correctivo con el preventivo. El método es dividir en componentes y determinar su vida útil. Para el caso aplicado, se utilizó un cargador 988H en donde la vida útil son las 50, 000 hm, los mantenimientos mecánicos están determinados a lo largo de este periodo y las reparaciones mayores para las 16 000; 22 000 y 30000 hm. En la Tabla 22-a se muestra el plan del mantenimiento del cargador, la primera columna es el componente del equipo; la segunda columna es el repuesto que se va cambiar; la tercera columna es la vida útil de cada repuesto; la cuarta columna es el horómetro del repuesto, es decir la cantidad de horas que tiene luego del último cambio (para el ejemplo se corrió el inicio del planeamiento del equipo por eso esta columna en todos los repuestos es cero); la quinta y sexta columna es el costo de cada mantenimiento (en el ejemplo esta en dólares americanos); la séptima columna es el costo total del repuesto en toda la vida útil del equipo y a partir de la octava columna en adelante, se muestra el horómetro cada 500 horas (es la premisa del ejemplo, podría ser cada 300 horas, eso dependerá de las horas promedio que trabaje el equipo al mes), comenzando en 500 horas y terminando en 9,500 horas. La Tabla 22-b tiene la misma estructura pero con la diferencia que la octava columna es la continuación del horómetro de la tabla anterior, es decir inicia en el horómetro 10,000 horas y termina en el horómetro 21,000 horas. La Tabla 22-c comienza en el horómetro 21,500 horas y termina en el horómetro 32,500 horas. La Tabla 22-d comienza en el horómetro 33,000 horas y termina en el horómetro 44,000 horas. La Tabla 22-e comienza en el horómetro 44,500 horas y termina en el horómetro 50,000 horas.

En cada tabla, dentro de las columnas de horómetro, se ha resaltado los costos de mantenimiento en cada horómetro; por ejemplo, en la Tabla 22-a se observa que

en el horómetro 9,000 horas se producen mantenimientos por U\$ 77,900; en la Tabla 22-b se muestra la primera reparación mayor en el horómetro 18,000 horas por un monto de US\$ 215,900; en la Tabla 22-c se muestra a las 27,000 horas se producen mantenimientos importantes U\$ 77,900; en la Tabla 22-d se observa la segunda reparación mayor por US\$ 215,900 a las 36,000 horas; finalmente en la Tabla 22-e una reparación importante a las 45,000 horas por US\$ 115,900. A través de estas tablas de costo de mantenimiento se debe analizar hasta donde es rentable mantener el equipo, porque tal vez puede pasar que sea mejor vender el equipo antes de las 36,000 horas, de tal manera que lo no se invierte en reparaciones más el valor de rescate me permitan adquirir un equipo nuevo y más moderno.

3.6.3. Llantas (LL)

La proyección de unidades de llantas nuevas y reencauches, es muy similar a la que se usa para la lubricación, consta de un rendimiento que se mide por las cocadas de los neumáticos algunos en función de las horas trabajadas y otros en casos en función de los kilómetros recorridos, esto dependerá del modo de medición que se tenga internamente.

La tabla 23 muestra las 4 llantas de un cargador 966F, cada posición tiene los datos de medida de cocadas: nueva, actual interior y exterior, con las dos últimas se calcula el promedio de la cocada actual. También se adjuntan los datos de las horas transcurridas desde que se colocó la llanta y el costo de cada una, con estos datos adicionales se calcula el desgaste en mm/hm así como el costo de cada llanta en mm/hh. Los cálculos efectuados anteriormente son básicos para establecer la proyección en función al desgaste y al costo de la llanta según su tipo y/o marca. Para el cálculo de las horas hombre se debe estimar el ratio de hora hombre de reparación por llanta.

De la data obtenida se estima el rendimiento promedio del los neumáticos del equipo (en este caso está en mm/hm), para proyectarlo de acuerdo a las horas de trabajo a futuro. Aquí interviene el dato de la última medición en mm de las cocadas de cada neumático para determinar el saldo por consumirse. Hay que tener en cuenta que las llantas no se consumen hasta el último milímetro, generalmente se deja una cantidad de milímetros por un tema de seguridad o políticas de reencauche. También hay ocasiones que cuando los cambios de las posiciones paralelas no se producen a la vez, se adelanta algún otro a fin de que estén con llantas con cocadas similares (estabilidad para el equipo), estos datos se aprecian en la tabla 24 (tipo de equipo vs saldo en milímetros).

ROL DE NEUMATICOS MENSUAL												FECHA DE MEDICION			
Equipo	Modelo	Marca	Situación	Serie	Modelo	Pos.	Medida	Cocada mm Inicial Nueva	Cocada mm Montaje	Cocada Actual Exterior	Cocada Actual Interior	Cocada mm Actual Prom.	Fecha de Medición	Desg.	Reman.
Equipo	Modelo	Marca	Situación	Serie	Modelo	Pos.	Medida	mm	mm	Actual Exterior	Actual Interior	mm	Medición	mm	%
Cargador F. 966F	YOKOHAMA	ORIGINAL	ORIGINAL	XR9KA762	VST	1	26.5R25	66	27	16	19	18.5	24/04/2007	47.5	8%
Cargador F. 966F	YOKOHAMA	ORIGINAL	ORIGINAL	XL5WB237	XHA	2	26.5R25	66	20	16	21	18.5	24/04/2007	47.5	8%
Cargador F. 966F	MICHELIN	REINCAUCHADA	REINCAUCHADA	XVF116V5A	XHA	3	26.5R25	60	37	19	23	21	24/04/2007	39	15%
Cargador F. 966F	YOKOHAMA	REINCAUCHADA	REINCAUCHADA	HJHS80	VST	4	26.5R25	60	35	35	34	34.5	24/04/2007	25.5	38%
Equipo	Modelo	Marca	Situación	Serie	Modelo	Pos.	Medida	(Sin GV)	Horas Trabajadas	Horas Proyec.	Costo horario proyectado \$/H	Factor Seguridad	Velocidad Desgaste mm/Hr.	Horas Proyect. Camb. Hrs.	Horario Real
Cargador F. 966F	YOKOHAMA	ORIGINAL	ORIGINAL	XR9KA762	VST	1	26.5R25	2531.92	13484	8000	0.3197	13.20	0.0006	8407.67	0.1745
Cargador F. 966F	YOKOHAMA	ORIGINAL	ORIGINAL	XL5WB237	XHA	2	26.5R25	1061.5	2735	4000	0.2654	13.20	0.0005	9663.67	0.3570
Cargador F. 966F	MICHELIN	REINCAUCHADA	REINCAUCHADA	XVF116V5A	XHA	3	26.5R25	1061.5	8666	4000	0.2654	12.00	0.0016	4998.36	0.1015
Cargador F. 966F	YOKOHAMA	REINCAUCHADA	REINCAUCHADA	HJHS80	VST	4	26.5R25	1061.5	2676	4000	0.2654	12.00	0.0002	1204.00	0.2479

Tabla 23.- Detalle de cocadas de los neumáticos para el cargador 966F (Fuente Reporte de Control de Neumáticos Área de Equipos SMCG)

SALDO DE MILIMETROS MAXIMO PARA EL CAMBIO POR NEUMATICO																
TIPO EQUIPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Auto	4	4	4	4												
Cargadores	7	7	7	7												
Camionetas	3	3	3	3												
Cisterna	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Compresoras	3	3														
Luminaria	2	2														
Camión Fuera de Carretera	20	20	15	15	15	15										
Motoriveladora	7	7	7	7	7	7										
Motosoldadora	2	2	2	2												
Plataforma	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Rodillo	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7						
Tolvas	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7				
Camiones Lubricadores y Camiones Anfo	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7						
Volquetes	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						

Tabla 24.- Máximo saldo para el desgaste de las cocadas del neumático (mm)

Fuente: Reporte de Neumáticos por tipo de equipo del Área de Equipos SMC

Cuadro N°1					Codigo	may-2007	jun-2007	jul-2007	ago-2007	sep-2007	oct-2007	nov-2007	dic-2007	ene-2008	feb-2008	mar-2008	abr-2008	may-2008	
					C-18	266	221	201	281	209	248	169	213						
Cuadro N°2					NEUMATICO					Actual	Próximo	###							
Equipo	Pos.	Serie	Medida Neumatico	Situación de banda	Coca da Inicial	Desg aste mm/h	Coca da Inicial	Desg aste mm/h	Coca da Actua										
C-18	1	XH9KA762	26.5R25	ORIGINAL	13.0	0.004	71.0	0.004	18.5										
C-18	2	XL5VNB237	26.5R25	ORIGINAL	13.0	0.004	71.0	0.004	18.5										
C-18	3	XVF116V5A	26.5R25	REENCAUCHADA	15.0	0.005	66.0	0.005	21.0										
C-18	4	HJ1N580	26.5R25	REENCAUCHADA	14.0	0.005	66.0	0.005	34.5										
Cuadro N°3					CONSUMO DE MM POR MES EN FUNCION A LAS HORAS TRABAJADA														
Equipo	Pos.	Serie	Medida Neumatico	Situación de banda	may-2007	jun-2007	jul-2007	ago-2007	sep-2007	oct-2007	nov-2007	dic-2007	ene-2008	feb-2008	mar-2008	abr-2008	may-2008		
C-18	1	XH9KA762	26.5R25	ORIGINAL	1.1	0.9	0.8	1.1	0.8	1.0	0.7	0.9							
C-18	2	XL5VNB237	26.5R25	ORIGINAL	1.1	0.9	0.8	1.1	0.8	1.0	0.7	0.9							
C-18	3	XVF116V5A	26.5R25	REENCAUCHADA	1.3	1.1	1.0	1.4	1.0	1.2	0.8	1.1							
C-18	4	HJ1N580	26.5R25	REENCAUCHADA	1.3	1.1	1.0	1.4	1.0	1.2	0.8	1.1							
Cuadro N°4					SALDO ACUMULADO POR MES DE MM														
Equipo	Pos.	Serie	Medida Neumatico	Situación de banda	may-2007	jun-2007	jul-2007	ago-2007	sep-2007	oct-2007	nov-2007	dic-2007	ene-2008	feb-2008	mar-2008	abr-2008	may-2008		
C-18	1	XH9KA762	26.5R25	ORIGINAL	11.9	11.1	10.2	9.1	8.3	7.3	70.3	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5		
C-18	2	XL5VNB237	26.5R25	ORIGINAL	11.9	11.1	10.2	9.1	8.3	7.3	70.3	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5		
C-18	3	XVF116V5A	26.5R25	REENCAUCHADA	13.7	12.6	11.6	10.2	9.1	7.9	7.0	64.9	64.9	64.9	64.9	64.9	64.9		
C-18	4	HJ1N580	26.5R25	REENCAUCHADA	12.7	11.6	10.6	9.2	8.1	64.8	63.9	62.9	62.9	62.9	62.9	62.9	62.9		
Cuadro N°5					CAMBIOS DE NEUMATICOS														
Equipo	Pos.	Serie	Medida Neumatico	Situación de banda	may-2007	jun-2007	jul-2007	ago-2007	sep-2007	oct-2007	nov-2007	dic-2007	ene-2008	feb-2008	mar-2008	abr-2008	may-2008		
C-18	1	XH9KA762	26.5R25	ORIGINAL							1.0								
C-18	2	XL5VNB237	26.5R25	ORIGINAL							1.0								
C-18	3	XVF116V5A	26.5R25	REENCAUCHADA								1.0							
C-18	4	HJ1N580	26.5R25	REENCAUCHADA						1.0									
Cuadro N°6					CAMBIOS DE NEUMATICOS SUGERIDO														
Equipo	Pos.	Serie	Medida Neumatico	Situación de banda	may-2007	jun-2007	jul-2007	ago-2007	sep-2007	oct-2007	nov-2007	dic-2007	ene-2008	feb-2008	mar-2008	abr-2008	may-2008		
C-18	1	XH9KA762	26.5R25	ORIGINAL							1.0								
C-18	2	XL5VNB237	26.5R25	ORIGINAL							1.0								
C-18	3	XVF116V5A	26.5R25	REENCAUCHADA						1.0									
C-18	4	HJ1N580	26.5R25	REENCAUCHADA						1.0									

Tabla 25.- Cálculo de la reposición de un neumático

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 25, se muestra un ejemplo del cargador 966F, con una cierta cantidad de horas por mes desde Mayo a Diciembre del 2007 (Cuadro N°1). Se parte de las condiciones de borde al momento de proyectar (parámetros medidos en cada llanta). Se indica dos partes: las condiciones actuales y las próximas (la medida de cocada para las llantas nuevas), así como también se establece el desgaste en cada caso, en ambos casos son similares porque se considera que la reposición será con llantas del mismo tipo y marca (Cuadro N°2). Luego al multiplicar el desgaste por la cantidad de horas proyectadas en cada mes, se establece el consumo de milímetros de cocadas en cada mes (Cuadro N°3). A las cocadas actuales se le resta el consumo por mes hasta que la diferencia de ambos sea igual o menor al saldo de milímetros determinado para cada equipo (Tabla 24); cuando esto sucede se considera el cambio de llanta y la diferencia se hace considerando los milímetros de la nueva llanta colocada (Cuadro N°4). Observando el resultado se ve que en la posición 4 el cambio se da en el mes de octubre, la posición 1 y 2 en el mes de noviembre y la posición 3 en el mes de diciembre (Cuadro N°5); pero debido a que las posiciones deben ser parejas de a par, no se puede hacer el cambio de la posición 4 octubre y dejar la posición 3 hasta diciembre, por ello adelantamos la ultima (Cuadro N°6).

3.6.4. Carrilería (TR)

Este mantenimiento está referido al recalce de zapatas o al propio cambio de carrilería (oruga), su programación es similar al mantenimiento mecánico.

3.6.5. Elementos de Desgaste (ED)

Es un mantenimiento de las cuchillas, cantoneras, uñas, pines, etc. de los equipos, se puede definir como los elementos que están en contacto directo con

los materiales de la operación. Este rendimiento es muy variable, porque un mismo equipo con el mismo tipo de aceros puede consumirse más rápidamente si un material es más abrasivo que el otro. Eso significa que al elaborar una tarifa hay que tener en cuenta siempre las condiciones del material en cada una de las zonas de trabajo, algunos propietarios prefieren trasladar este costo al arrendador con la finalidad de evitar las pérdidas por un mal cálculo de consumo de elementos de desgaste. Para el cálculo de las horas hombre se debe estimar el ratio de hh/elemento.

En la tabla 26 se muestra el ejemplo cálculo de los elementos de desgaste de un cargador 966F. La primera columna es la componente que se va a cambiar (cuchillas, cantoneras, etc); la segunda y tercera columna se refieren a la cantidad y su respectivo precio unitario; la cuarta columna es el precio total resultante de multiplicar la segunda por la tercera columna; la quinta columna es el rendimiento esperado de cada componente; desde la sexta columna en adelante se muestra el horómetro desde 500 horas hasta 7,500 horas en el primer cuadro y en el segundo la continuación del horómetro desde 8,000 horas hasta 15,000 horas. Así como en el caso del mantenimiento mecánico las columnas aumentan dependiendo de la cantidad de horas por mes que trabaje el equipo. Los montos que figuran en el cuadro como 1.11 es la cantidad de unidades de cambio por cada componente que sale al dividir la cantidad de horas entre el rendimiento; el valor de 3.33 es el total de unidades de cuchillas por mes. Pero como no es posible requerir 1.11 unidades de cada producto, en los cuadros que se encuentran debajo del subtítulo: “Cantidad de unidades por mes” se reformula considerando unidades enteras, por ejemplo, en el primer mes y en cada mes en que el consumo acumulado supere las unidades enteras se requiere 2 unidades, en el resto de meses 1 unidad.

3.7. Consolidados

Un consolidado es la unión de los informes de los talleres tanto el RO TALLER como el RO EQ x EQ (los formatos se muestran en el Anexo III), esto permite visualizar integralmente el área de equipos, así como el costo total de cada equipo (cuando el equipo rota de sede los costos están repartidos en los diferentes talleres de ahí la necesidad de consolidar).

En el resultado a nivel de los talleres se tiene el costo de R y M, el costo financiero o leasing financiero, la depreciación y los seguros.

El análisis del resultado pendiente permite determinar la contingencia, para finalmente determinar si en el acumulado existe un margen a favor o pérdida respecto al acumulado.

3.7.1 Activos

Es todo aquello que posteriormente originará ingresos por concepto de venta o un menor costo en el taller por ejecutar. Puede estar contenido en el costo acumulado o en la venta proyectada. Por ejemplo: el stock de materiales (ya no representa un costo cuando se ejecute y valore la actividad que los utilice), cuando se adelanta un costo de reparación mayor.

Es importante procurar siempre tener el menor número de activos, ya que estos representan una inversión de dinero que afectara el flujo de caja.

3.7.2 Provisiones

Esto aquello que se haya valorizado y que después genere un costo, puede estar considerado en el costo proyectado o en la venta acumulada, pero para llegar al margen promedio del taller debió significar un costo acumulado o una venta valorizada. Por ejemplo: las valorizaciones de las subcontratistas atrasadas, cuando se provisiona tarifa de reparación mayor para un futuro costo.

Se debe procurar que este monto no sea muy alto ya que implican un compromiso de deuda que debe ser controlado.

3.7.3 Resultado final

Es el análisis del margen considerando los activos y provisiones, es un margen futuro que aun no ha sido ganado o perdido.

RESULTADO FINAL = MARGEN + ACTIVOS _(positivo) + PROVISIONES _(negativo)

3.8. Indicadores

El propósito de cualquier monitoreo y evaluación es mejorar la performance final. Por lo tanto, los indicadores son los puntos de partida para el establecimiento de un sistema de monitoreo y evaluación. Para hacerlo, deben considerarse los siguientes aspectos:

- Naturaleza de la información requerida.
- Niveles de la información, cuando es generada.
- Modos y formatos para los reportes
- Quién provee la información a quién (flujo de información),

- Consolidación de la información a diversos niveles.

En la tabla 27 se describen los indicadores propuestos para verificar el cumplimiento de los objetivos.

3.9. Conclusiones

- El resultado del taller sirve para controlar las ventas y costos de los equipos asignados a un lugar específico, mientras que al convertir esta información a equipo por equipo se está controlando el modelo económico del equipo y observando el comportamiento del real frente a las proyecciones con la posibilidad de mejorar lo propuesto.
- La comparación del Modelo Económico versus el costo acumulado en un determinado instante del tiempo de un equipo, es una versátil metodología que permite pronosticar la tendencia del equipo con respecto al plan inicial de inversión, porque disgrega el análisis de las actividades de mantenimiento con detalles útiles para diferentes usuarios, los que son coherentes y fáciles de interpretar.

CREAR INDICADOR PARA	QUE SE QUIERE REALMENTE CONSEGUIR Aclarar cuál es el objetivo buscado	CONCEPTUALIZAR LA MEDICIÓN Qué se necesita asegurar	HALLAR LOS INDICADORES ADECUADOS
Medir la eficacia y eficiencia de la proyección de costos de mantenimiento por fases.	Describir la necesidad e importancia de relacionar los conceptos operativos con un sistema de gestión.	La división del mantenimiento en fases disminuye la variabilidad entre los costos proyectados y reales.	Nivel de significancia de los costos proyectados por el método de fases y el método sin faseo. Prueba CHI 2 $p=0.5$
Medir la eficacia y eficiencia de la proyección de costos de mantenimiento por equipo y sistema	Analizar si es mas preciso el pronóstico global o individual de equipos en el desarrollo del planeamiento y control de la gestión del mantenimiento.	La planificación por equipo y sistemas tiene mayor precisión en la proyección de los costos de mantenimiento de los equipos.	Nivel de significancia de los costos proyectados por el método de individual y por el método global. Prueba U Mann Whitney. $p=0.5$
Medir la eficacia y eficiencia del nuevo método de proyección.	Comparar el metodo propuesto con un metodo anterior.	El método propuesto es mejor que el método anterior	Nivel de significancia de las proyecciones del método propuesto y el método anterior. Prueba Wilcoxon. $p=0.5$

Tabla 27.- Tabla de indicadores KPI

**CAPITULO 4 .- CASO APLICATIVO DE LA
EMPRESA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS**

4.1. Situación con método anterior de planeamiento y control de equipos

Se ha evaluado una empresa subcontratista con especialidad en movimiento de tierras, esta empresa está dedicada a los rubros de minería y construcción; siendo creada en la década de los ochenta, son especialistas en planeamiento, ejecución y control de proyectos a tajo abierto y subterránea. Sus activos fijos son en su mayoría equipos de minería y construcción, maquinaria pesada cuyo costo dentro de la operación puede llegar a superar hasta más del 50%.

Al comenzar sus operaciones, los métodos de control tanto de la operación y el mantenimiento, no fueron muy desarrollados, ya que con ellos bastaba para el control y satisfacía las necesidades presentadas en aquella época, pero es a partir de los fines de los 90, la empresa subcontratista minera empieza a adquirir negocios más ambiciosos con clientes más exigentes que la obligaron a comenzar cambios decisivos dentro su organización llevándola a lo ser lo que es hoy.

El método que desarrolló es justamente el Resultado Operativo (no es un costeo ABC). Desde el inicio fue implantado en el área de operaciones de cada obra en donde se consideraba al área de equipos como un departamento que alquilaba los equipos al área de operaciones, por ello el mantenimiento de los equipos en el Resultado Operativo del área de operaciones era considerado como una tarifa de alquiler controlándose aparte el Resultado del área de mantenimiento.

Como las operaciones durante los primeros años (2000 al 2005) fueron similares (los mismos clientes con una producción constante), la empresa utilizó un método de proyección de sus gastos basados en las estadísticas registradas de su historia. A continuación mostraremos un ejemplo de cálculo usado.

RESULTADO ECONÓMICO DEL TALLER N°1 AÑO 2005													
SEDE :		Monedas :		Form. Polinómica (K) :		FORMATO No. :		MES :					
CLIENTE :		T/C Inicial : 3.258		T/C Promedio Acumul. :		T/C Actual : 3.350		R.O., No. :					
		T/C Actual : 3.350						septiembre					
								PAGINA No. 01					
								IMPRESO EL :					
CONCEPTO	PREV	PRESENTE MES REAL	ACUM. sep-05	Mes 10 oct-05	Mes 11 nov-05	Mes 12 dic-05	Proyecciones Mes 1 ene-06	Mes 2 feb-06	Mes 3 mar-06	SALDO OBRA	PREVISTO ACTUAL	PREVISTO ANTERIOR	PREVISION TOTAL
VENTA	1,377,786.17	1,570,442.89	12,549,122.28	1,453,447.20	1,542,873.07	1,413,775.35	-	-	-	-	16,959,217.90	16,421,469.03	-
Venta Interna	1,327,401.57	1,522,505.50	10,891,442.78	1,405,510	1,494,936	1,365,538	-	-	-	-	15,157,726.22	14,610,188.53	-
Venta Interna Equipos propios	50,384.60	47,937.39	348,755.83	47,937.39	47,937.39	47,937.39	-	-	-	-	492,568.01	502,356.83	-
Venta Terceros			1,308,923.67								1,308,923.67	1,308,923.67	-
COSTO TOTAL	823,755.60	1,084,185.16	6,819,568.41	1,003,488.12	984,070.49	907,339.84	-	-	-	-	9,714,486.86	8,990,160.94	-
Costo Repuestos y Materiales	315,918.25	411,373.94	2,567,374.47	360,000.00	353,680.04	324,066.36	-	-	-	-	3,605,140.87	3,407,299.70	-
Costo de Lubricantes, Grasas y Filtros	97,713.11	158,354.29	822,967.16	126,000.00	123,788.01	113,430.23	-	-	-	-	1,186,185.42	1,051,638.12	-
Liantas	6,165.28	22,750.27	31,861.22	56,918.00	22,350.88	20,480.70	-	-	-	-	131,610.80	9,110.95	-
Costo de Consumibles	10,624.83	11,597.06	63,294.04	4,109.84	3,832.05	3,511.41	-	-	-	-	74,747.44	83,813.15	-
Costo de Combustibles	94,756.83	103,026.90	388,770.97	10,733.09	11,333.47	10,440.13	-	-	-	-	125,001.68	122,921.10	-
- Propia	19,119.17	11,909.32	375,136.54	95,351.55	101,218.22	92,748.89	-	-	-	-	388,770.97	388,770.97	-
- Terceros	19,766.96	19,109.50	83,896.96	11,022.09	11,700.25	10,721.24	-	-	-	-	664,457.23	647,427.54	-
Costo de Supervisión	195,094.83	282,233.71	1,510,406.69	261,207.71	277,278.97	254,078.05	-	-	-	-	117,342.56	147,717.48	-
Equipos y Vehículos	41,332.56	47,937.39	348,755.83	47,937.39	47,937.39	47,937.39	-	-	-	-	413,668.66	415,524.35	-
- Propios	15,884.81	2,125.44	69,007.88	1,967.10	2,088.13	1,913.41	-	-	-	-	2,302,971.42	2,000,910.86	-
- Terceros			977.70								492,568.01	464,529.77	-
Fleets			2,746.00								74,976.51	129,799.51	-
- Propios			220.00								977.70	977.70	-
- Terceros			2,526.00								3,363.80	2,526.00	-
Gastos Generales	7,378.95	9,646.80	105,613.76	8,928.13	9,477.44	8,684.43	-	-	-	-	132,703.77	125,193.75	-
Stock de Materiales													-
RATIOS DE PORCENTAJES													
Costo Repuestos y Materiales	29.9%	25.49%	20.45%	21.7%	29.9%	29.9%	21.26%	21.26%	21.26%	21.26%	21.26%	21.26%	20.75%
Costo de Lubricantes, Grasas y Filtros	7.09%	10.06%	9.95%	8.61%	8.06%	8.15%	8.61%	8.61%	8.61%	8.61%	8.61%	8.61%	8.61%
Liantas	0.45%	1.45%	0.46%	0.28%	0.25%	0.25%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%
Costo de Consumibles	0.77%	0.74%	0.74%	0.74%	0.74%	0.74%	0.74%	0.74%	0.74%	0.74%	0.74%	0.74%	0.74%
Costo de Combustibles	6.88%	6.55%	5.56%	6.56%	6.56%	6.56%	6.56%	6.56%	6.56%	6.56%	6.56%	6.56%	6.56%
- Propia	1.39%	0.76%	0.67%	0.76%	0.76%	0.76%	0.76%	0.76%	0.76%	0.76%	0.76%	0.76%	0.76%
- Terceros	1.43%	1.24%	1.24%	1.31%	1.31%	1.31%	1.31%	1.31%	1.31%	1.31%	1.31%	1.31%	1.31%
Costo de Supervisión	14.16%	17.97%	12.04%	17.97%	17.97%	17.97%	17.97%	17.97%	17.97%	17.97%	17.97%	17.97%	17.97%
Equipos y Vehículos	3.09%	3.05%	2.76%	3.30%	3.39%	3.39%	3.39%	3.39%	3.39%	3.39%	3.39%	3.39%	3.39%
- Propios	1.15%	0.14%	0.55%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%
- Terceros													
Fleets													
- Propios													
- Terceros													
Gastos Generales	0.54%	0.61%	0.84%	0.61%	0.61%	0.61%	0.61%	0.61%	0.61%	0.61%	0.61%	0.61%	0.61%
Stock de Materiales													

Tabla 27.- Metodología de cálculo de costos a través de porcentaje

En la Tabla 27, se muestra un método de proyección basado en porcentajes de la venta; la venta es el resultado de multiplicar las tarifas por la cantidad de horas que va a trabajar el equipo, el costo se estima es función a los ratios estadísticos de periodos anteriores, por ello que cada rubro se determina utilizando el porcentaje histórico por el nuevo monto de la venta. Hay periodos en que el porcentaje varía de acuerdo a lo que se presume se invertirá. La deficiencia de este método es que no todos los mantenimientos tienen un porcentaje constante a medida que su horómetro avanza, como el caso del mantenimiento mecánico.

4.2. Análisis mediante pruebas estadísticas de las hipótesis planteadas

Para el análisis de las hipótesis planteadas usaremos la estadística inferencial, debido a que se busca probar las hipótesis planteadas y estimar parámetros de los métodos analizados, en base a los estadígrafos recolectados. Las definiciones de las pruebas usadas así como sus tablas se encontrarán en la parte de los anexos.

La metodología de prueba consiste en probar una hipótesis que en estadística inferencial es una proposición respecto a uno o varios parámetros y se determina si esta es congruente con los datos obtenidos en la muestra. [¹⁸]

Aplicando el concepto de probabilidad a la distribución muestral, se busca evaluar si es alta o baja la probabilidad de que la media de la muestra este cerca de la media de la distribución muestral. Con ello se obtiene el “nivel de significancia”, que es la probabilidad de equivocarse fijado antes de probar la hipótesis.

¹⁸ Roberto Hernandez Sampieri, Carlos Fernandez-Collado, Pilar Baptista Lucio, “METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN”.

El nivel de significancia es un porcentaje de confianza para suponer que tal cercanía es real y no un error de muestreo, según los convenidos en ciencias sociales es: [19]

- a) El nivel de significancia de 0.05, implica que existe un 95% de seguridad para generalizar sin equivocarse y sólo 5% en contra. En términos de probabilidad 0.95 y 0.05 suman la unidad.
- b) El nivel de significancia de 0.01, implica que existe un 99% de seguridad para generalizar sin equivocarse y sólo 1% en contra.

Hipótesis específica: “La división del mantenimiento en fases disminuye la variabilidad entre los costos proyectados y reales.”

Para demostrar se utilizará la prueba de CHI2, los datos utilizados para se muestran en el Anexo II, se requiere determinar si las frecuencias observadas se muestran lo suficientemente próximas de las frecuencias esperadas que podrían ocurrir bajo la hipótesis nula.

Problema	<p>Con un nivel de significancia del 5% determinar si:</p> <p>El 80% de las proyecciones hechas con el método propuesto de faseo del mantenimiento estuvieron en un porcentaje con respecto a lo sucedido (Δ)</p> $20\% < \Delta < 20\%$ <p>El 15% de las proyecciones hechas con el método propuesto de faseo del mantenimiento estuvieron en un porcentaje con respecto a lo sucedido (Δ)</p> $-40\% \leq \Delta \leq -20\% \vee 20\% \leq \Delta \leq 40\%$ <p>El 5% de las proyecciones hechas con el método propuesto de faseo del mantenimiento estuvieron en un porcentaje con respecto a lo sucedido (Δ)</p> $\Delta < -40\% \vee 40\% < \Delta$
----------	--

¹⁹ Hernández Sampieri, Roberto; “Metodología de la Investigación”, 4ta Edición McGraw Hill (Méjico - 2008).

Hipótesis Nula	H0= Se mantuvo el patrón deseado
Hipótesis Alternativa	H1= No se mantuvo el patrón deseado
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

RANGO	PORCENTAJE DE DATOS	FRECUENCIA OBSERVADA (O _i)	FRECUENCIA ESPERADA (E _i)	NUMERO DE CATEGORIAS DE CLASIFICACIÓN (K)	GRADOS DE LIBERTAD	ESTADISTICO DE PRUEBA (O-E) ² /E	ESTADISTICO DE TABLA
"-20% < Δ < 20%"	80%	94	97			0.0810	
"-40% < Δ < -20% v 20% < Δ < 40%"	15%	16	18			0.2547	
"Δ < -40% v Δ > 40%"	5%	11	6			4.0500	
TOTAL		121	121	3	2	4.3857	5.9915

Si $X_o^2 > X_{t^2}_{2 gl,0.05}$ entonces H0 se acepta

De los datos obtenidos se tiene:

$$X_o^2 = 4.3857$$

$$X_{t^2}_{2 gl,0.05} = 5.9915$$

Entonces H0 se acepta, por lo tanto para nivel de significancia de 5% se cumple que:

El 80% de las proyecciones hechas con el método propuesto de faseo del mantenimiento estuvieron en un porcentaje con respecto a lo sucedido (Δ)

$$20\% < \Delta < 20\%$$

El 15% de las proyecciones hechas con el método propuesto de faseo del mantenimiento estuvieron en un porcentaje con respecto a lo sucedido (Δ)

$$-40\% \leq \Delta \leq -20\% \vee 20\% \leq \Delta \leq 40\%$$

El 5% de las proyecciones hechas con el método propuesto de faseo del mantenimiento estuvieron en un porcentaje con respecto a lo sucedido (Δ)

$$\Delta < -40\% \vee 40\% < \Delta$$

Conclusión.- Para una probabilidad de error de 5%, la división del mantenimiento en fases disminuye la variabilidad entre los costos proyectados y reales, obteniéndose que el 80% de los casos la proyección del método propuesto esta en un rango de +/- 20% del real, mientras que el 15% de los casos la proyección del método propuesto esta en un rango entre el +/- 40% y +/- 20% del real y 5% de los casos la proyección del método propuesto esta en un rango mayor al +/- 40% del real.

Hipótesis específica: “La planificación por equipo y sistemas tiene mayor precisión en la proyección de los costos de mantenimiento de los equipos.”

Para demostrar se utilizará la prueba de U de MANN WHITNEY, los datos utilizados para se muestran en el anexo II, se pretende contrastar si la distribución de la variable dependiente es igual en dos poblaciones, o bien si dicha variable tiende a ser mayor o menor en alguno de los dos grupos, basándose en los datos muestrales.

Problema	Con un nivel de significancia del 5% determinar si el método propuesto para la planificación por equipo y sistemas tiene mayor precisión en la proyección de los costos de mantenimiento de los equipos.
Hipótesis Nula	H0= Las diferencia observadas en las proyecciones de los costos de mantenimiento del equipo por el método propuesto y el anterior con el real se deben al azar.
Hipótesis Alternativa	H1= Las diferencia observadas en la proyecciones de los costos de mantenimiento del equipo por el método propuesto con el real son menores.
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

La muestra ha sido obtenida en dos períodos diferentes, uno antes y otro después de usar el método propuesto.

Sumatoria derangosde la muestra 1 (R1)	Sumatoria derangosde la muestra 2 (R2)	Tamaño de la muestra 1 (n1)	Tamaño de la muestra 2 (n2)	U1	U2	Umin
167	239	14	14	134	62	62

Media	VARIANZA	DESVIACION	ESTADÍSTICO DE PRUEBA Zc	ESTADÍSTICO DE TABLA Zα0.05
98	474	22	-1.6541	1.6500

Para $n_1, n_2 > 20$ y unilateral si $|Z_c| \geq Z_\alpha$ se rechaza H_0 .

De los datos obtenidos se tiene:

$$|Z_c| = 1.6541$$

$$Z_{\alpha 0.05} = 1.6500$$

Entonces H_0 se rechaza

Conclusión.- Para una probabilidad de error de 5%, se cumple que las diferencia observadas en las proyecciones de los costos de mantenimiento del equipo por el método propuesto con el real son menores (más acertado).

Hipótesis específica: “El método propuesto para la proyección del equipo en función de la vida útil del equipo es mejor que el método anterior basado en costos horarios.”

Para demostrar se utilizará la prueba de RANGOS SEÑALADOS Y PARES IGUALADOS DE WILCOXON PARA DOS MUESTRAS RELACIONADAS, los datos utilizados para se muestran en el anexo II, se requiere determinar si dos muestras relacionadas provienen de la misma población.

Problema	Con un nivel de significancia del 5% determinar si el método propuesto para la proyección del costo del equipo en función de la vida útil del equipo es mejor que el método anterior basado en costos horarios
Hipótesis Nula	H0= Ambos métodos tienen la misma efectividad.
Hipótesis Alternativa	H1= El método propuesto tiene mayor efectividad.
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Los datos analizados son la diferencia del real y cada método propuesto, se eleva al cuadro para analizar los valores. Luego aplicando la prueba se obtienen los siguientes valores:

Suma de los rangos correspondientes a las diferencias positivas (T+)	Suma de los rangos correspondientes a las diferencias negativas (T-)	Tmin	NUMERO DE PARES CUYA DIFERENCIA ES DIFERENTE DE 0 (N)	MEDIA	VARIANZA	DESVIACION	ESTADÍSTICO DE PRUEBA	ESTADÍSTICO DE TABLA
13,647	-10,224	10,224	218	11,936	869,302	932	-1.8357	1.6500

Si $|Z_c| \geq Z_{\alpha}$ entonces H0 se acepta

De los datos obtenidos se tiene:

$$|Z_c| = 1.8357$$

$$Z_{\alpha_{2gl,0.05}} = 1.6500$$

Entonces H0 se rechaza

Conclusión.- Para una probabilidad de error de 5%, se cumple que el método propuesto tiene mayor efectividad.

4.3. Situación con método planteado de control y planeamiento de equipos

Actualmente, el número de activos de la empresa se ha incrementando notablemente debido al crecimiento de los negocios tanto en minería como en construcción, por ello la metodología explicada en la sección anterior quedo insuficiente para el volumen de información que se maneja hoy en día. El

método del Resultado Operativo de los equipos ha permitido a la empresa gestionar mejor los recursos usados para el mantenimiento de los equipos, tener un mejor conocimiento de los escenarios frente a la toma de decisiones respecto a inversiones en compra o reparación de equipos.

Con este sistema, el equipo de trabajo mide, controla y aprende respecto al presupuesto para el mantenimiento de los equipos, debido a que el resultado cada mes se verifica la proyección efectuada y reprograma en función a lo aprendido.

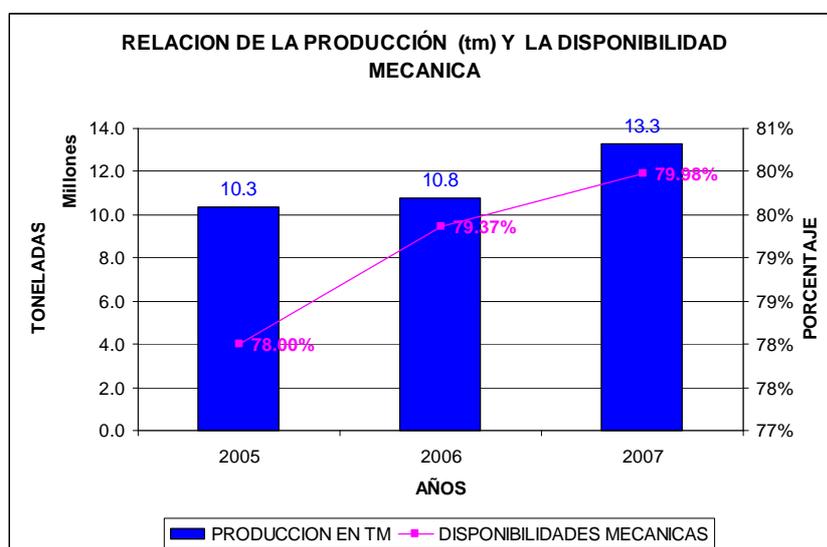


Fig 9.- Comportamiento de la venta y la disponibilidad mecánica con el uso de las diferentes metodologías

FUENTE: Elaboración propia

En la Figura 9, se muestra el efecto del crecimiento de la producción paralelo con la disponibilidad, esto por la mejor gestión del mantenimiento de los equipos.

El mayor valor agregado de esta metodología es que permite visualizar el costo de los equipos a nivel de un centro de costo en que se ejecuta el mantenimiento y a nivel de cada equipo, comparándose finalmente el costo de mantenimiento por familias, modelos, marcas, etc.

Existe una limitante, la capacidad de carga de información en los archivos de extensión XLS, los que son usados por su flexibilidad en el almacenamiento y procesamiento de los datos; por ello la información se trabaja en estos archivos de acuerdo al volumen que tenga. Actualmente la empresa subcontrata minera, en busca de la mejora continua que exige dentro de sus procesos, está implementando lo que se conoce como Oracle E-Business Suite, que es un Sistema Integrado desarrollado por Oracle Corporation que cuenta con más de 120 módulos, los mismos que pueden ser implementados acompañando la estrategia de la empresa.

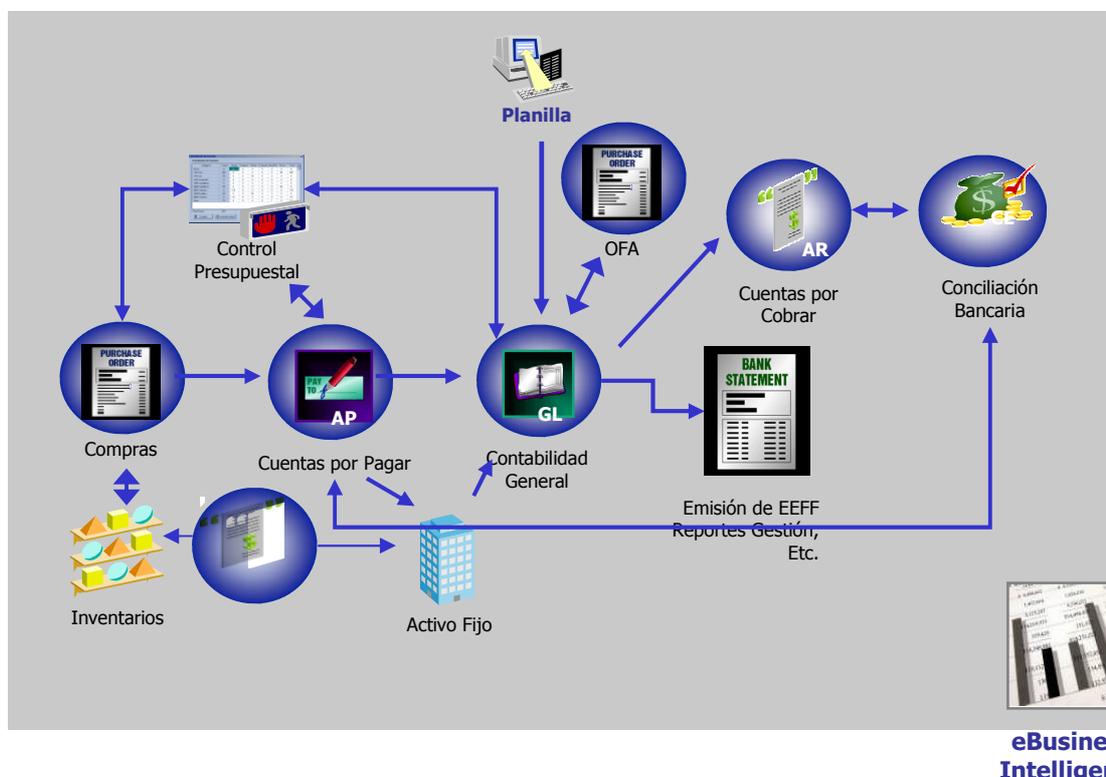


Fig 11.- Esquema integral de la implementación de Oracle E-Business Suite
(fuente: Oracle TSNET 2007)

En la Figura 11 se muestra la metodología de integración de los diferentes módulos que conforman el ERP.

Con esta implementación del software se obtendrá los siguientes beneficios:

- Sincronización de las labores que soportan el mantenimiento: la sincronización de la relación mantenimiento – almacenes, la relación órdenes de servicio – cuentas por pagar, entre otros.
- Visualización de información actualizada de la ubicación de equipos por obra.
- Visualización de todos los repuestos en todos los almacenes: evitar duplicidades en compras.
- Agilización de las aprobaciones electrónicas de compras y servicios vía internet desde cualquier obra o fuera de ellas.
- Costos: tener disgregada la información de costos de mantenimiento por fases, por familias de equipos, por sedes, entre otros, así como reportes de llantas (por sedes, por equipos, entre otros).
- Optimizar el tiempo de elaboración de reportes en hojas de cálculo, a través de reportes emitidos por el sistema según las necesidades de información de cada usuario. El tiempo, dedicarlo al análisis y gestión.
- Que la empresa tenga una memoria digitalizada y ordenada a disposición de los usuarios que la requieran.
- Tener clara la información que se requiere para gestionar.
- Que se de un cambio de cultura en una forma disciplinada de alimentar y manejar la información del sistema y su consecuente gestión.

- Contar con una única fuente de información en tiempo real y confiable que permita de manera flexible la explotación de datos para la toma de decisiones.
- Mejora de nuestros procesos de negocio basados en la incorporación de avances tecnológicos reconocidos a nivel mundial.
- Contar con una herramienta conocida por los líderes usuarios y técnicos a fin de incorporar nuevas necesidades del negocio post implementación.

Adicionalmente de los indicadores obtenidos para medir la gestión de las áreas, dicha empresa maneja los siguientes indicadores de efectividad:

1. Disponibilidad Mecánica.- Medir la efectividad del equipo (D.M.). Comparación entre Equipos (Marca) – Rentabilidad, mide la relación entre las horas totales disponibles en el mes versus las horas que el equipo está en reparación.

Las horas disponibles en un mes será el número de días del mes por 24 horas, por ejemplo en el mes de Enero será:

Horas Disponibles en el mes = $31 * 24 = 744$ horas.

$$DIPONIBILIDAD \text{ MECANICA} = \frac{(HORAS \text{ DISPONIBLES} - HORAS \text{ REPARACION})}{HORAS \text{ DISPONIBLES}}$$

$$DM \text{ Enero} = \frac{(744 - HORAS \text{ REPARACION})}{744}$$

2. Disponibilidad Operativa.- Mide la efectividad de la operación, es la relación entre las horas disponibles en el mes versus las horas que el equipo está en reparación y además las horas de parada operativa (almuerzos, cambios de guardias, descansos). Hay que verificar que las horas de reparación no se crucen con las paradas operativas en los equipos porque de lo contrario se duplicarían.

Para el ejemplo en el mes de Enero será:

$$DISPONIBILIDAD \ OPERATIVA = \frac{(HORAS \ DISPONIBLES - HORAS \ REPARACION - HORAS \ DEMORA \ OPERATIVA)}{HORAS \ DISPONIBLES}$$

$$DO \ ENERO = \frac{744 - HORAS \ REPARACION - HORAS \ DEMORA \ OPERATIVA}{744}$$

3. Factor de Uso.- Mide la efectividad de la operación, es la relación entre las horas disponibles versus las horas utilizadas de los equipos.

$$FACTOR \ DE \ USO = \frac{HORAS \ UTILIZADAS}{HORAS \ DISPONIBLES}$$

$$FU \ Enero = \frac{HORAS \ UTILIZADAS}{HORAS \ DISPONIBLES}$$

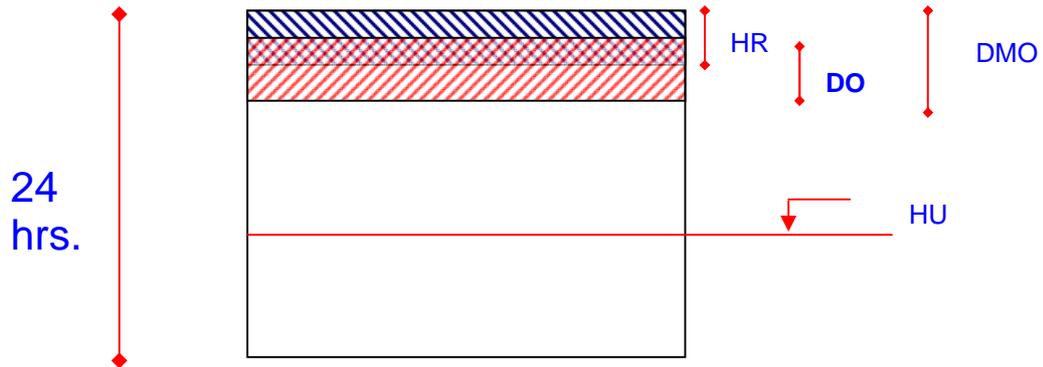


Fig 12 .- Distribución de las disponibilidades en el tiempo

FUENTE: Elaboración propia

La Figura 12 es la distribución del día (24 horas disponibles) y las diferentes actividades de Horas de Reparación de los equipos, demoras operativas, el traslape que a veces se produce entre ellas y el tiempo restante disponible para utilizar el equipo.

Donde:

HR=	Horas de reparación del equipo
DO=	Demoras Operativas
DMO=	Demoras mecánicas operativas
HU=	Horas utilizadas

De lo expuesto anteriormente se cumple que:

$$DM > DO > FU$$

4.4. Conclusiones.

- La metodología de planeamiento y control propuesta, permite integrar variables operativas y financieras, mejorando los canales de comunicación entre las áreas y por consecuencia los resultados de la empresa.

- La planificación de equipos tiene que ser un sistema flexible integrado con los objetivos y estrategias, no basarse en una extrapolación del pasado ni por expresión de los deseos sino en un análisis del entorno y un examen interno, esto establecerá el impacto que tendrán las decisiones que se tomen hoy en el futuro.

- La versatilidad de la metodología en analizar los equipos con diferentes dimensiones (relaciona el centro de costos, equipo, actividades, frecuencias y tipos de recursos), es un beneficio no solo para el área de mantenimiento sino también para el área de comercial en la elaboración de presupuestos más competitivos y para el área operativa en la disponibilidad operativa del equipo.

- La solución a través de software de sistemas integrados tiene que enfocarse a mejorar la gestión administrativa y operativa de activo fijo, mantenimiento, almacenes, compras, finanzas y contabilidad, buscando implementar las mejores prácticas en los procesos propios del software, permitiendo que se tenga la información y procesos con las siguientes características:
 - ✓ Unificados (en un solo sistema).
 - ✓ Estandarizados (en un mismo formato).
 - ✓ Detallados (que puede llegar al nivel de detalle que se requiera).

- ✓ Disponibles (en cualquier momento y lugar y por el usuario indicado a quien pueda requerir).
- ✓ En línea (información actual).
- ✓ Base para análisis y oportuna toma de decisiones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

CAPITULO 1

- Las empresas con un patrimonio compuesto principalmente por maquinaria, están obligadas a procurar que el equipo tenga el mayor tiempo disponible para operar, garantizado a través de adecuados mantenimientos que disminuirán finalmente los costos.
- La gestión del mantenimiento se construye sobre todos los que intervienen, a través de la continua capacitación de su personal a cargo sobre las políticas y normas que concluyan en buenas prácticas para la empresa.

CAPITULO 2

- El principal activo de toda empresa es el personal que la conforma, mas aun si la prestación de servicios es lo que se vende, por lo tanto ninguna herramienta por muy potente que sea no servirá mientras las personas que la manejas no son las idóneas.
- El divorcio entre la operación y mantenimiento es a largo plazo la razón por la cual no se obtenga las metas empresariales, por la carencia de objetivos y metas comunes.
- La gestión del mantenimiento tiene que estar precedida por la gestión del conocimiento, que permitirá a la empresa administrar el conocimiento clave del planeamiento y programación del mantenimiento de los equipos.

CAPITULO 3

- El resultado del taller sirve para controlar las ventas y costos de los equipos asignados a un lugar específico, mientras que al convertir esta información a equipo por equipo se está controlando el modelo económico del equipo y observando el comportamiento del real frente a las proyecciones con la posibilidad de mejorar lo propuesto.
- La comparación del Modelo Económico versus el costo acumulado en un determinado instante del tiempo de un equipo, es una versátil metodología que permite pronosticar la tendencia del equipo con respecto al plan inicial de inversión, porque disgrega el análisis de las actividades de mantenimiento con detalles útiles para diferentes usuarios, los que son coherentes y fáciles de interpretar.

CAPITULO 4

- La metodología de planeamiento y control propuesta, permite integrar variables operativas y financieras, mejorando los canales de comunicación entre las áreas y por consecuencia los resultados de la empresa.
- La planificación de equipos tiene que ser un sistema flexible integrado con los objetivos y estrategias, no basarse en una extrapolación del pasado ni por expresión de los deseos sino en un análisis del entorno y un examen interno, esto establecerá el impacto que tendrán las decisiones que se tomen hoy en el futuro.

- La versatilidad de la metodología en analizar los equipos con diferentes dimensiones (relaciona el centro de costos, equipo, actividades, frecuencias y tipos de recursos), es un beneficio no solo para el área de mantenimiento sino también para el área de comercial en la elaboración de presupuestos más competitivos y para el área operativa en la disponibilidad operativa del equipo.

- La solución a través de software de sistemas integrados tiene que enfocarse a mejorar la gestión administrativa y operativa de activo fijo, mantenimiento, almacenes, compras, finanzas y contabilidad, buscando implementar las mejores prácticas en los procesos propios del software, permitiendo que se tenga la información y procesos con las siguientes características:
 - ✓ Unificados (en un solo sistema).
 - ✓ Estandarizados (en un mismo formato).
 - ✓ Detallados (que puede llegar al nivel de detalle que se requiera).
 - ✓ Disponibles (en cualquier momento y lugar y por el usuario indicado a quien pueda requerir).
 - ✓ En línea (información actual).
 - ✓ Base para análisis y oportuna toma de decisiones.

Recomendaciones

- La gestión de mantenimiento en una empresa debe estructurarse dentro del plan estratégico de la empresa (a nivel de accionistas y directivos a largo plazo), para establecer un planeamiento específico (a nivel de la gerencia a mediano plazo) y un planeamiento operativo (a nivel de las jefaturas en corto plazo); esto permitirá establecer los objetivos, las metas, las actividades a realizar y finalmente determinar los indicadores que medirán el cumplimiento de los planes trazados.
- Debido a las nuevas realidades del mercado, para liderar la transformación de sus entornos competitivos, la empresa debe dejar de lado los paradigmas tradicionales y tener la capacidad de adoptar en cada momento aquellos sistemas, prácticas y estilos de gestión que mejor satisfagan los requerimientos para competir exitosamente.
- Para la gestión del stock de repuestos y materiales se debe identificar los repuestos por marca, fecha de ingreso, equipo para el que fueron comprados, número de parte, etc. Esto con la finalidad de determinar si es que aún estos repuestos van a ser utilizados en la reparación de los equipos que están trabajando en la obra y de no ser así se debe buscar la forma de venderlos o en todo caso darles de baja del stock. Se debe habilitar ambientes para el correcto almacenamiento de estos repuestos, los cuales brindan las mejores condiciones para evitar el deterioro y sirven además de sala de exhibición para los posibles compradores.
- Siempre debe estar en obra personal exclusivo para la gestión de compras. Esto tornará más fluido este proceso además de que la persona

encargada de comprar se familiarice más con los repuestos que se entregan en la obra ya que a veces no sucede así, porque las compras se centralizan en la sede central. Además con esto el comprador tiene más claro cuales repuestos se requieren con urgencia y cuáles no.

o La calidad y velocidad de respuesta de los proveedores ante algún requerimiento hecho por el área de mantenimiento es decisivo para el variar los inventarios incrementándolos o disminuyéndolos; por ello las alianzas y estrategias con los proveedores deben garantizar una rápida respuesta frente a las necesidades de obra, esto permitirá no incrementar el stock.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMENDOLA Luis José , 2006,“Retorno de la Inversión sobre el mantenimiento de activos “,
<http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/bib/notas/rima.pdf>
2. ALVARE Manuel, 2004,“Herramientas para la elaboración de la Gestión Minera”.
3. APOYO & ASOCIADOS INTERNACIONALES, clasificadora de riesgo de empresas, 2009, “Informe Anual Graña Y Montero S.A.A”, Perú.
4. BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ, 2009,“Posición de activos y pasivos internacionales”, Perú.
http://www.bcrp.gob.pe/docs/Estadisticas/Cuadros-Estadisticos/NC_097.xls.
5. BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ, 2009,“Producción manufacturera”, Perú.
http://www.bcrp.gob.pe/docs/Estadisticas/Cuadros-Estadisticos/NC_067.xls.
6. BECERRA Fabiana, 2006,“Estudio de los elementos para la gestión del Mantenimiento para alcanzar la excelencia”, Venezuela.
<http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/bib/notas/excelencia.pdf>
7. BEDOYA Enrique Osvaldo, “La nueva gestión de personas y su evaluación de desempeño en empresas competitivas”, Perú.
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/empre/bedoya_se/contenido.htm
8. BERGER David, 2002,“Elección del software computarizado del mantenimiento adecuado”, Canadá.
<http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/bib/notas/eleccion.asp>
9. BERNAL Edgar, 2004, “La contratación de mantenimiento”.
<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/PonenciaEdgar.pdf>.
10. CÁCERES María, 2004,“Como incrementar la competitividad del negocio mediante estrategias para gerencia el mantenimiento”, Venezuela.
<http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/bib/notas/competitividad.pdf>
11. CARDENAS Jorge, 2001, “Curso de costos y presupuestos”, Universidad de Ciencias Aplicadas” UPC, Perú.
12. CARHUANCHO Oswaldo, 2004,“Mejoramiento de los procesos operativos de Barrick”, Perú.

13. CARMEN Pastor, 2008, “Craig Conway, consejero delegado de PeopleSoft: La oportunidad para los fabricantes de ERPs está en la integración con el e-business”, España.
<http://www.idg.es/computerworld/Craig-Conway,-consejero-delegado-de-PeopleSoft-La-/seccion-erp/articulo-109022>
14. CATERPILLAR, 2000, “Manual de rendimiento edición 31”, EEUU.
15. CHAU LAM Joanna, 2005, “Aplicación de los principios de la Ingeniería Civil en el movimiento de tierras bajo abierto en explotaciones mineras de minerales no metálicos”, Informe de Suficiencia FIC UNI, Perú.
16. CIA MINERA SAN MARTIN SA, 2006, “Resultado Operativo de Equipos”, Perú.
17. COPIMAN, 2008, “Definiciones de mantenimiento”, Argentina.
<http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/her/def.asp>
18. DATASTREAM, 2007, “Tipos de mantenimiento”, Argentina.
<http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/her/tip.asp>
19. DEL ROSARIO María, 2008, “Apuntes para la elaboración de una investigación”.
http://132.248.9.9/libroe_2007/0966808/06_c02.pdf
20. DEUGATE, 2007, “El modelo de las 5 fuerzas de Porter”.
<http://www.degate.com>.
21. DIARIO EL PERUANO, 2010, “INEI: La economía logró una expansión de 9.05% en julio”, Perú.
22. GOMEZ GOMEZ Manuel, DANGLLOT BANK Cecilia, VEGA FRANCO Leopoldo, 2003, “Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuando usarlas”, Méjico.
23. GRUPO DEL BANCO MUNDIAL, 2009, “Perspectivas Económicas”.
<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/BANCOMUNDIAL/EXTDECPG SPA/EXTGBLPROSPECTSPA/EXTCHLGBLPROSPECTAPRILSPA/0,,menuPK:679788~pagePK:64218926~piPK:64218953~theSitePK:659199,00.html>
24. GUZMAN Rita, 2009, PPT de clase, “Estadística no paramétrica”, Perú.
25. HERNANDEZ SAMPIERI Roberto, 2008, “Metodología de la Investigación” ,4ta edición McGraw Hill, Méjico.

26. LEON LEFCOVICH Mauricio, 2008, “TPM- Mantenimiento productivo total un paso más hacia la excelencia empresarial”.
<http://winred.com/management/tpm-mantenimiento-productivo-total-un-paso-mas-hacia-la-excelencia-empresaria/gmx-niv116-con2695.htm>
27. MATURANA Sergio, 2007, ¿Cómo ayudan los sistemas ERP en la planificación y programación de las actividades de una cadena de abastecimiento?, Colombia.
<http://www2.ing.puc.cl/gescopp/pdf/ERP y CAba.pdf>
28. MARUZZI Darío, “Comparación entre CMMS, EAM Y ERP”.
<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/comparacion.pdf>
29. MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A., 2007, “Análisis de Riesgo”, Perú.
<http://www.aai.com.pe>
30. PERALTA María Luisa, 2008, “Análisis y descripción de datos en estudios comparativos”.
<http://www.medigraphic.com/pdfs/derrevmex/rmd-2005/rmd055g.pdf>
31. PEOPLESOFT CONO SUR, 2005, “Diferencias entre Peoplesoft Oracle y SAP”, España.
<http://www.e-gloval.es>
32. PORTAL LATINOAMERICANO DE MANTENIMIENTO, 2010, “Tipos de Mantenimiento”, Argentina.
<http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/her/tip.asp>
33. PORTAL LATINOAMERICANO DE MANTENIMIENTO, 2010, “DEFINICIONES de mantenimiento, Argentina.
<http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/her/def.asp>
34. PRANDO, Raúl, “Manual gestión de mantenimiento a la medida”.
35. PRIDA ROMERO Bernardo, 1992, “Mejora de la competitividad a través de la empresa de la gestión de aprovisionamientos”, España.
36. RODRIGUEZ, Dagoberto, 2002, “Sistemas EAM en la Minería”, México.
<http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/bib/notas/eam.asp>
37. ROJAS Alberto, 2008, “Pronostico de Costos”.
<http://www.upseros.com/fotocopiadora/ficheros/Pronostico%20de%20Costos/Pronostico%20de%20Costos.pdf>
38. ROJAS Marcelo, 2007, “Manual de investigación y redacción científica”, Perú.

- <http://mrojas.perulactea.com/wp-content/uploads/2008/04/mrc.pdf>
39. SABIONCELLO Alfredo, 2006, “¿Nuestras planillas Excel alcanzan para administrar nuestro mantenimiento?”, Argentina.
<http://www.clubdemantenimiento.com.ar/articulo46.html>
40. SARRIA GOMÍ Cesar, 2009, “Construcción en tiempos de crisis”, Perú.
<http://www.elcomercio.com.pe/edicionimpresa/html/2009-01-14/construccion-tiempos-crisis.html>
41. SOHR Raúl, 2008, “China frente a la crisis”, Colombia.
http://www.lanacion.cl/prontus_noticias_v2/site/artic/20081025/pags/20081025194135.html
42. SUAREZ Rafael, 2005, “Uso de la teoría de restricciones y manejo de colas al inicio de gestión de la función mantenimiento”.
<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/restricciones.pdf>
43. TAVARES Louribal, 2004, “Gestión de mantenimiento enfocado a costos”, Brasil.
<http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/bib/notas/billiton.pdf>
44. TORRES LOPEZ Juan, 2008, “La caída de las bolsas internacionales”.
http://hl33.dinserver.com/hosting/juantorreslopez.com/jtl//index.php?option=com_content&task=view&id=916
45. UBEROS José, 2006, “Tablas estadísticas”.
<http://www.sepeap.org/archivos/libros/estadistica/tablas.htm>
46. VOS Robert, Organización de las naciones unidas, 2009, “La situación económica mundial y las perspectivas para el 2009 y 2010”.
47. VOS Robert, Organización de las naciones unidas, 2010, “La situación económica mundial y las perspectivas para el 2010, Panorama global”.
48. ZABISKI Erol, 2006, “Tercerización, mantenimiento en tiempo real”.
<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/not.asp?tema=3&fecha=0&Idioma=1>