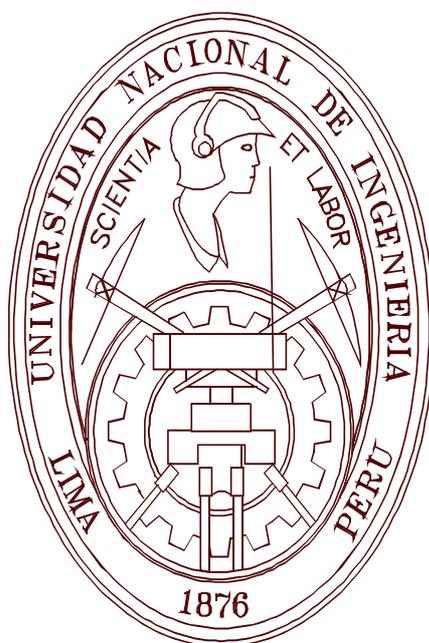


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
SECCION DE POSGRADO**



**GESTION DEL CONTROL DE MAQUINARIA PESADA  
EN OBRAS VIALES USANDO TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**TESIS**

**Para optar el Grado de Maestro en  
GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

**Ing<sup>o</sup> Juan Carlos Torres Estrada**

**Lima-Perú**

**2011**

# INDICE

<b>RESUMEN</b>	i
<b>RELACION DE GRAFICOS</b>	ii
<b>RELACION DE CUADROS</b>	iii
<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>EL CONTROL Y MANTENIMIENTO DE MP EN OBRAS VIALES</b>	3
1.1 Introducción	3
1.2 Control de MP en Obras Viales	8
1.2.1 El Control	8
1.2.2 Control de la Producción	12
1.2.3 Problemas de los Sistemas formales de Control de MP en Obras Viales	14
1.2.4 Gestión de la Producción	14
1.2.4.1 Funciones de la Gestión de la Producción	15
1.2.4.2 Funciones del Control Operativo de la Producción	15
1.2.5 Reglas para proyectar un Sistema de Control	18
1.2.6 Los Recursos Humanos en el Control de la Producción	18
1.3 El Mantenimiento de la MP	18
1.3.1 Introducción	18
1.3.2 Tipos de Mantenimiento	20
1.3.3 Políticas de Mantenimiento	23
1.3.4 Requisitos básicos para la Implementación de un Sistema de Mantenimiento	24
<b>CAPITULO II</b>	
<b>TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION: GEOREFERENCIACION Y COMUNICACION TELEMATICA</b>	28
2.1 Introducción	28
2.2 Telemática	29
2.2.1 Conceptos Relacionados a Telemática	29
2.2.2 Definición de Telemática	32
2.2.3 Clasificación de los Sistemas Telemáticos	33

## INDICE

2.2.4 Componentes de un Sistema Telemático	34
2.2.5 Elementos de la Comunicación Telemática	34
2.2.6 Arquitectura de un Sistema Telemático	35
2.2.7 Organismos de Normalización	35
2.2.8 Transferencia de Datos - Redes Informáticas	37
2.2.8.1 Medios de Transferencia de Datos en Redes	38
2.2.8.2 Tipos de Señales para Transferencia de Datos	40
2.2.9 Telemetría y Telemática	40
2.3 Georeferenciación y Comunicación Satelital	45
2.3.1 Sistema GPS (Global Positioning System)	45
2.3.2 Principio del GPS	45
2.3.3 Exactitud del GPS	46
2.3.4 Aplicación de los Sistemas Satelitales - GPS	47
2.4 Aplicación de la Comunicación Satelital y la Telemetría para el Control de la MP	48
2.4.1 Estado del Arte	48
2.4.1.1 Caso Caterpillar	48
2.4.1.2 Caso John Deere	52
2.4.1.3 Caso Komatsu	53

### CAPITULO III

<b>ANÁLISIS DEL PROBLEMA: IDENTIFICACION DE LAS CAUSAS DE LAS PERDIDAS EN LA PRODUCCION DE MAQUINARIAS PESADAS</b>	56
3.1 Identificación de Problemas	56
3.2 Recolección de la Información	56
3.3. Fuentes de Información	56
3.4 Identificación de Problemas y Causas	57
3.4.1 Análisis de la Encuesta Realizada	57
3.4.2 Análisis de Causalidad de los Problemas Identificados	65
3.4.3 Principales Problemas Identificados	67
3.4.4 Identificación de las Causas	74

# INDICE

---

3.5 Conclusiones del Capítulo	74
-------------------------------	----

---

**CAPITULO IV**

---

<b>SOLUCION DEL PROBLEMA: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE MAQUINARIAS USANDO TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION</b>	77
4.1 Alcance del Sistema	77
4.2 Identificación de Variables	78
4.3 Elementos del Sistema	81
4.4 Indicadores del Sistema	81
4.4.1 Indicadores del Sistema Relativos a la Producción	82
4.4.2 Indicadores del Sistema Relativos al Mantenimiento	91

---

**CAPITULO V**

---

<b>IMPLEMENTACION DE LA SOLUCION PROPUESTA</b>	94
5.1 Alcance del Proyecto de Implementación del Sistema	94
5.2 Alternativas Tecnológicas de Implementación del Sistema Propuesto	94
5.2.1 Descripción de las Partes del Sistema	96
5.3 Análisis Costo - Beneficio	109

---

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	115
---------------------------------------	-----

---

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	118
---------------------	-----

---

<b>COMPENDIO DE SIGLAS</b>	120
----------------------------	-----

---

<b>ANEXOS</b>	121
---------------	-----

---

## RESUMEN

La tesis que se desarrolla a continuación es el resultado de una investigación en diversos campos de la ingeniería, orientada a mejorar la gestión del control de la Maquinaria Pesada (MP) en las obras viales; en tal sentido, que el desarrollo de ésta se ha efectuado en un ambiente interdisciplinario en donde se ha interactuado con profesionales de diversas especialidades como ingenieros de sistemas, electrónicos y mecánicos con el fin de poder aplicar tecnologías actuales.

La experiencia del tesista en obras viales también ha permitido identificar que la producción de la MP es una actividad que requiere el uso de valiosos recursos, al mismo tiempo que su control se hace una actividad crítica y estratégica. Es en este sentido que la motivación para la ejecución de esta tesis es grande sabiendo que en la construcción de carreteras los costos relativos a la MP inciden considerablemente en el presupuesto de obra.

El primer capítulo de esta tesis es una introducción al control enfocado a la producción, en el que se darán parámetros básicos para el diseño de un sistema de control y también para una adecuada gestión del mantenimiento de la MP. El segundo capítulo de esta tesis hace una investigación del "estado de arte" de las tecnologías de la información como son la Georeferenciación y la Telemática. En el capítulo tercero se mostrarán los resultados de un trabajo de campo, en donde se identificarán los problemas de control y producción de la MP en obras viales previamente analizados por un orden de causalidad e importancia de estos; posteriormente en el capítulo cuarto se plantearán las soluciones a los problemas con la aplicación de las Tecnologías de la Información (TI) abarcadas en el capítulo segundo. En el capítulo cinco se verá que la aplicación de las TIs no es posible si antes no se hace un plan de implementación; es así que en este capítulo se evaluarán las alternativas tecnológicas para las soluciones requeridas, para esto se ha pedido el asesoramiento de profesionales y empresas que están inmiscuidas en tales tecnologías y se ha validado estas para su uso en la recolección de datos en campo y el control mecánico remoto; actividades que al mismo tiempo permiten reducir los costos inherentes al control de la producción y mantenimiento.

## **ABSTRACT**

The thesis is developed below is the result of research in various fields of engineering, aimed at improving management control of Heavy Machinery (HM) in road works, in that sense, the development of this has conducted in an interdisciplinary environment where it has interacted with professionals from various specialties such as systems engineers, electronic and mechanical to be able to apply current technologies.

Thesis student's experience in road works has also identified that the production of the HM is an activity that requires the use of valuable resources, while its control is a critical and strategic. In this sense, the motivation for the implementation of this thesis is great knowing that road construction costs related to the HM a significant impact on the budget work.

The first chapter of this thesis is an introduction to control focused on the production, which will give basic parameters for designing a control system and for proper management and maintenance of the HM. The second chapter of this thesis research makes a "state of art" information technologies such as Georeferencing and Telematics. In the third chapter shows the results of a field where problems are identified and production control in highway, previously analyzed by an order of causation and importance of these, later in the fourth chapter will consider the solutions to problems with the application of Information Technology (IT) covered in the second chapter. In chapter five you will see that the application of IT is not possible without first making a plan for implementation, so that this chapter will evaluate the technological alternatives for the required solutions, for this has been sought advice from professionals and companies that are embroiled in such technology and has validated these data collection for field and remote mechanical control, activities at the same time help reduce the costs associated with the production control and maintenance.

# RELACION DE GRAFICOS

## CAPITULO I

- Gráfico N° 1.01 Densidad de la Red Vial Nacional
- Gráfico N° 1.02 Vías Asfaltadas Respecto del Total de Vías (Porcentajes)
- Gráfico N° 1.03 - Extensión de la Red Ferroviaria en la Región, 2006.  
- Densidad Ferroviaria en la Región, 2006.
- Gráfico N° 1.04 Variables para el Éxito
- Gráfico N° 1.05 Procesos de Producción
- Gráfico N° 1.06 Ejemplo de Programación de Actividades de Producción
- Gráfico N° 1.07 Diagrama de Funciones en la Gestión de Producción de MP
- Gráfico N° 1.08 Curva de Falla Probable en MP
- Gráfico N° 1.09 Principios de la Estrategia de las Cinco “S”  
Alternativa para Implementar una Gestión de Mantenimiento

## CAPITULO II

- Gráfico N° 2.01 Proceso General de la Comunicación entre Terminales Distantes
- Gráfico N° 2.02 Elementos de la Comunicación Telemática
- Gráfico N° 2.03 Transferencia de Datos Vía Infrarojos
- Gráfico N° 2.04 Esquema de Integración de Dispositivos Telemétricos a un Sistema Telemático
- Gráfico N° 2.05 Ejemplo de Integración de Dispositivos Telemétricos a un Sistema Telemático
- Gráfico N° 2.06 Aplicación de Telemetría para Control de Satélites
- Gráfico N° 2.07 Aplicación de Telemetría para Monitoreo de Motores
- Gráfico N° 2.08 Aplicación de Telemetría en Meteorología
- Gráfico N° 2.09 Aplicación de Telemetría en Medicina
- Gráfico N° 2.10 Control Telemétrico de MP
- Gráfico N° 2.11 Esquema de Dispositivo de Ubicación y Registro de Horas de Trabajo - PL121SR – Caterpillar
- Gráfico N° 2.12 Esquema de Dispositivo de Ubicación, Registro de Horas Trabajadas y Control de Averías - PL321SR - Caterpillar

## RELACION DE GRAFICOS

- Gráfico N° 2.13 Esquema de Funcionamiento del Sistema JdLink Machine
- Gráfico N° 2.14 Antena KOMTRAX para transmisión de datos de funcionamiento y posición GPS al satélite

### CAPITULO III

- Gráfico N° 3.01 Partes del Diagrama Ishikawa (Causa - Efecto)
- Gráfico N° 3.02 Análisis del Problema: Desabastecimiento de Combustibles
- Gráfico N° 3.03 Análisis del Problema: Falta de Tiempo para la Entrega de Información
- Gráfico N° 3.04 Análisis del Problema: Movilización Inncesaria de la MP
- Gráfico N° 3.05 Análisis del Problema: Improductividad de la MP por Deficiente Mantenimiento
- Gráfico N° 3.06 Análisis del Problema: Pérdida de Combustible

### CAPITULO IV

- Gráfico N° 4.01 Ejemplo de Mensaje de Alerta John Deere
- Gráfico N° 4.02 Proceso de Mejora Continua
- Gráfico N° 4.03 Ejemplo de Reporte Gráfico de Producción de MP
- Gráfico N° 4.04 Ejemplo de Reporte Gráfico de Horas Máquina Empleadas por Día
- Gráfico N° 4.05 Ejemplo de Reporte Gráfico de Productividad de MP
- Gráfico N° 4.06 Ejemplo de Reporte Gráfico de Productividad de Operadores

### CAPITULO V

- Gráfico N° 5.01 Esquema de Alternativas de Implementación del Sistema
- Gráfico N° 5.02 Esquema de Dispositivo Terminal Colector de Datos de la MP
- Gráfico N° 5.03 Localización de MP en Obra
- Gráfico N° 5.04 Ejemplo de Dispositivos de Diagnóstico Mediante Interface al Módulo de Control Eléctrico.

## RELACION DE GRAFICOS

- Gráfico N° 5.05 Ejemplo de un Módulo Trasmisor de Datos "Maxon"
- Gráfico N° 5.06 Ubicación de Antenas de Radio para Comunicación Radial (Voz) - Carretera Interoceanica Sur Tramo IV
- Gráfico N° 5.07 Aprovechamiento de Infraestructura de Comunicación Radial (Voz) para Instalaciones de Telemetría (VHF - UHF) - Carretera Interoceanica Sur Tramo IV
- Gráfico N° 5.08 Dispositivos y Accesorios de Localización Vehicular Compatible con Sistema de Telefonía Celular GSM/GPRS
- Gráfico N° 5.09 Uso de un Computador Portatil para la Recolección de Información del TCD-MP

# RELACION DE CUADROS

## CAPITULO I

- Cuadro N° 1.01 Cuadro Detallado de la Brecha de Inversión de Carreteras.
- Cuadro N° 1.02 Análisis de la Incidencia del Costo de Equipos Sobre el Presupuesto de Obra
- Cuadro N° 1.03 Fase y Etapas para la Implementación de un Sistema de Mantenimiento

## CAPITULO III

- Cuadro N° 3.01 Fuentes de Información
- Cuadro N° 3.02 Uso de Sistemas Informáticos para el Control de MP
- Cuadro N° 3.03 Actividades Críticas en la Construcción de Carreteras
- Cuadro N° 3.04 Planificación y Programación de MP
- Cuadro N° 3.05 Responsables del Control de Producción de MP
- Cuadro N° 3.06 Problemas Identificados en la Producción de MP
- Cuadro N° 3.07 Responsables del Control de Mantenimiento de MP
- Cuadro N° 3.08 Empresas que poseen Reglamento Interno para el Mantenimiento de MP
- Cuadro N° 3.09 Problemas Identificados en el Mantenimiento de MP
- Cuadro N° 3.10 Matriz de Relación Lógica entre los Problemas Identificados
- Cuadro N° 3.11 Identificación de las Causas para los Problemas Identificados

## CAPITULO IV

- Cuadro N° 4.01 Objetivos del Sistema
- Cuadro N° 4.02 Variables del Sistema Propuesto
- Cuadro N° 4.03 Cuadro de Registro de Datos del Sistema en Función a las Variables
- Cuadro N° 4.04 Datos de Identificación de la MP
- Cuadro N° 4.05 Ejemplo de Informe de Producción de la MP

## RELACION DE CUADROS

Cuadro N° 4.06	Ejemplo de Informe de Productividad de MP
Cuadro N° 4.07	Datos de Identificación del Operador de la MP
Cuadro N° 4.08	Record de Productividad por Operador
Cuadro N° 4.09	Records de Productividad del Operador por Actividad y MP
Cuadro N° 4.10	Análisis de Confiabilidad para una Programación Diaria de Obra

### CAPITULO V

Cuadro N° 5.01	Papel de la Alta Dirección en la Toma de Decisiones
Cuadro N° 5.02	Costos Aproximados para la Implementación de un Sistema de Control Utilizando Tecnología de la Información
Cuadro N° 5.03	Beneficios con el Sistema Propuesto en la Optimización del Control.
Cuadro N° 5.04	Beneficios con el Sistema Propuesto en la Mejora de la Planificación.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día el hombre está más integrado a la tecnología. En las diferentes actividades que desarrolla se hace indispensable el uso de elementos innovadores para desarrollar con mayor eficiencia su trabajo y las actividades cotidianas. Muchas industrias han dado pasos significativos en mejorar su producción al invertir en procesos cada vez más automáticos y por ende eficientes; la construcción no es ni debe ser ajena a estos avances tecnológicos.

Hoy en día se ven resueltos muchos problemas en la construcción con la aplicación de resinas, geosintéticos y aditivos esto gracias a los avances científicos en la Química; también se ha visto avances en los instrumentos de medición con la aplicación de los rayos rojos, infrarrojos, laser, ondas electromagnéticas y el posicionamiento satelital. La industria del acero ha permitido, también, crear estructuras cada vez más complejas y resistentes, entre otras aplicaciones. Todo esto no sería posible si es que la construcción no investiga soluciones en otros campos de la ciencia y se aleja de la manera tradicional de emprender los proyectos de construcción.

La tesis que se presenta a continuación es una de estas aplicaciones tecnológicas en pro de buscar soluciones en el **“Control de Maquinaria Pesada en Obras Viales”**.

En el Capítulo I se verá que las actividades que desarrollan los equipos pesados en la construcción de carreteras representan un porcentaje significativo de los presupuestos de obra, por lo que las empresas realizan inversiones considerablemente altas para poder controlar estos preciados recursos y para mantenerlos en condiciones operativas para su óptimo desempeño; en tal sentido el **control de la producción**, parte importante del proceso de administración y gestión de empresas constructoras, juega un papel importante cuando se quiere mejorar los procesos; por lo que la importancia de realizar una tesis en esta área permitirá a las empresas constructoras incrementar su productividad y consecuentemente sus ingresos.

Debida a la profunda aceleración de cambios que se presenta en la actualidad en las diversas áreas del conocimiento y actividades humanas, es que se deberá tener presente que nos enfrentamos con problemas, que para ser resueltos necesitan de conocimientos técnicos de índole diferente, en tal sentido es preciso adaptarse y adelantarse al cambio. Precisamente y debido a los profundos y acelerados cambios que ocurren, debe considerarse que “si la tecnología puede referirse como el gran motor y poderoso acelerador del cambio, el conocimiento debe considerarse como la energía que lo alimenta” (TOFFLER). Un profesor americano de Management<sup>1</sup> (Harold Leavitt), decía refiriéndose a los Estados Unidos de Norte América: *“Por primera vez en nuestra historia, la obsolescencia parece un problema inminente para el Management porque por vez primera, la ventaja relativa de la experiencia sobre el conocimiento parece que decrece rápidamente”*.

En ese sentido en el Capítulo II se desarrollará el estado del arte de las tecnologías de la información, específicamente la georeferenciación<sup>2</sup> y telemática<sup>3</sup>; las mismas que son bien

---

<sup>1</sup> **Management**, es un concepto que incluye al arte, las metodologías y las técnicas utilizadas para optimizar el uso de todos los recursos de que se dispone o puede disponer una “institución”. *Peter F. Drucker*.

<sup>2</sup> **Georeferenciación**, término que se refiere al posicionamiento de un objeto espacial en la corteza terrestre expresado en un sistema de coordenadas normalizado.

<sup>3</sup> **Telemática**, ciencia que trata el estudio de la comunicación de datos (texto, audio, imágenes y video), entre dispositivos informáticos distantes.

usadas en diversas industrias para resolver problemas de comunicación, seguridad y optimización de recursos. El uso potencial de estas tecnologías es cada vez más amplio y adaptable a resolver las crecientes necesidades de las actividades humanas. Como se verá en el Capítulo II, la construcción no es ajena a la posibilidad de utilizar las Tecnologías de la Información (TIs) actuales; así se puede evidenciar que los sectores que fabrican bienes o servicios con mayor componente tecnológico y menor componente de mano de obra son los que mayor productividad aportan al conjunto de la economía.

En el Capítulo III se analiza los problemas de la producción y control de Maquinaria Pesada (MP) en obras viales, identificados con la ayuda de encuestas, entrevistas e información directa del tesista como participante en una obra vial. El análisis de esta información, también permite reconocer las causas más comunes que originan pérdidas debido al control deficiente en obra. Para la identificación de problemas se ha utilizado diagramas "Ishikawa" metodología que fue aplicada para procesos de control de calidad en Japón.

La aplicación de un sistema de control de MP en obra viales es una alternativa de gestión que se propone en el Capítulo IV, en el que se concibe las directrices para la implementación de un sistema que resolverá los problemas analizados en el capítulo anterior.

En el Capítulo V se verá una propuesta para la implementación de la solución planteada, valiéndonos de las diversas aplicaciones y usos de las tecnologías estudiadas en el Capítulo II, teniendo como premisa que el éxito de implementar un sistema de control es cuando se hace una adecuada gestión de la información.

## CAPITULO I

### CONTROL DE MAQUINARIA PESADA EN OBRAS VIALES

#### 1.1 INTRODUCCION

El control de MP es una parte importante en los procesos de producción de la construcción de obras viales; sin embargo, para poder inmiscuirnos en lo que es el control propiamente dicho es preciso hacer una introducción de los caminos, hacer una reseña en la historia, ver la importancia de estos y hacer un análisis de la situación actual en nuestro país.

#### **HISTORIA DE LOS CAMINOS DEL PERU**

Los caminos han sido parte esencial para desarrollo de las civilizaciones, su función principal es de acercar a los pueblos y vencer las distancias. Desde tiempos remotos han sido construidos con fines económicos y estratégicos, así podemos poner como uno de los ejemplos notables de la historia a los caminos incas “Qhapac Ñan”<sup>4</sup> que constituían una red de 30,000km que estaban conformados por dos vías troncales que atravesaban el territorio inca de sur a norte, uno por la costa y otro por la sierra, estos a su vez estaban complementados por vías transversales que unían los pueblos de la costa, sierra y selva<sup>5</sup>. Si bien es cierto esta red de caminos que tan solo era para el tránsito de peatones y animales de carga, constituía la red de caminos más grande de América pre Colombina. Después de los incas vinieron otros tipo de administración de caminos por parte de los españoles; que lo primero que hicieron fue destruir gran parte de estos caminos para evitar que los pueblos se comunicasen y se sublevasen, teniendo solo control de aquellos caminos que conectaban a las centros de explotación minera, el transporte se realizaba por caminos en pésimo estado que muchas veces eran improvisados con el fin de evitar a “asaltantes de caminos” que arremetían contra los viajeros para robarles sus mercancías. Así paso gran parte de nuestra historia sin mayores mejoras de la infraestructura vial, si no hasta la llegada del parque automotor a nuestro país, en el gobierno del Augusto B. Leguía, quien a través de una ley de “Conscripción Vial” construyó el primer sistema para carros y camiones. Pocos años después, en los treinta, Oscar R. Benavides (Presidente del Perú 1914-1915 / 1933-1939) construyó la carretera Panamericana y se restableció la comunicación de valle en valle por la costa, atravesando los desiertos, algo que se había perdido al caer el gran imperio Inca. Parecía que los medios técnicos de la modernidad permitirían superar por fin el legado de los incas.

#### **SITUACION ACTUAL DE LAS CARRETERAS DEL PERÚ**

Hoy en día la infraestructura vial de nuestro país, no refleja la grandeza de los caminos incas para esos tiempos. La infraestructura vial actual del país se compone de 78,687km de carreteras, que se clasifican en tres redes: nacional (22%), departamental (18%) y vecinal (60%). Con respecto al estado de las vías, 14% del total de red se encuentran asfaltadas, 23% afirmadas, 18% sin afirmar y 45% son trochas - (IPE)<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> **Qhapac Ñan**, es un vocablo quechua que significa “Caminos del Señor”.

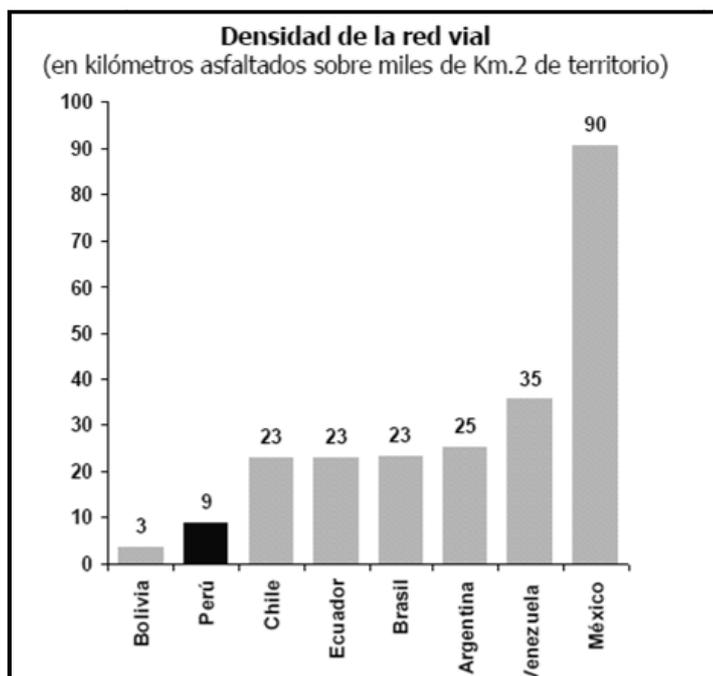
<sup>5</sup> **Ricardo Espinoza**, (2002) Instituto Nacional de Cultura INC – Perú.

<sup>6</sup> **IPE (Instituto Peruano de Economía)**, Banco Central de Reserva del Perú, Informe de Crecimiento y Desarrollo – 12 de marzo de 2010.

El Banco Central de Reserva del Perú, mediante el IPE, sitúa a nuestro país en el penúltimo lugar en América Latina en densidad de la red vial, como podemos ver en el Gráfico 1.01 (Densidad de la Red Vial).

Así mismo, el mismo organismo sitúa al Perú en una posición baja relativa a otros países, respecto a la relación de las vías asfaltadas y el total de vías, como se puede ver en el Gráfico 1.02 (Vías Asfaltadas Respecto del Total de Vías).

**Gráfico 1.01**



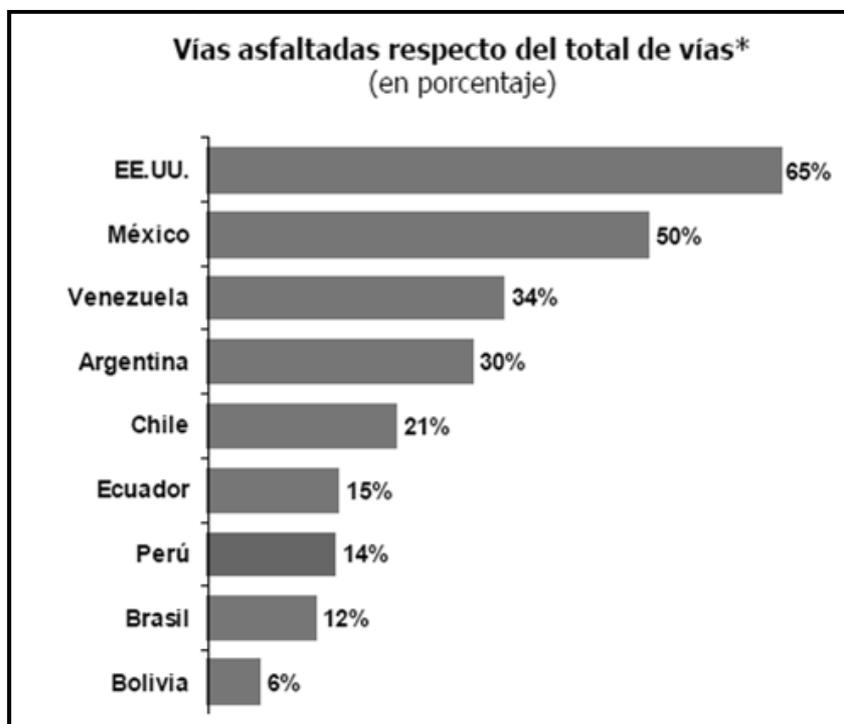
**Nota:** Ultima información disponible para cada país: Argentina, Bolivia y Colombia (2004); Brasil, Ecuador, México y Perú (2006); Chile. (2007). Fuente: CIA, MTC, Ministerio de Transportes de Brasil.  
**Fuente:** Instituto Peruano de Economía IPE- Banco Central de Reserva del Perú – 12-mar-2010.

Del mismo modo, el IPE indica que el sistema de transporte peruano no satisface los requerimientos de accesibilidad, transitabilidad, confiabilidad y seguridad que la población necesita. Esto se debe principalmente a la infraestructura vial insuficiente.

En la actualidad, según el IPE, el Perú tiene una brecha de infraestructura vial de US\$7,375 millones de dólares, teniendo como base los compromisos de inversión estimados de los proyectos concesionados recientemente y aquellos que se piensan entregar en el corto y mediano plazo. De la misma manera, la brecha para las redes viales considera la inversión necesaria para poner en condiciones transitables la red; en tal sentido se consideró para la Red Nacional y Vecinal la inversión estimada en el Plan Estratégico del MTC 2007-2011; para la Red Departamental se hizo uso de los Planes Viales Departamentales Participativos, los cuales dependiendo de la región comprenden desde el 2006 hasta el 2016. De esta forma, la metodología utilizada en el sector de transportes se basó en los requerimientos de inversión para responder a la demanda, considerando plazos más cortos que diez años.

Esta brecha se halla repartida de la siguiente manera (Ver Cuadro N° 1.01).

Gráfico 1.02



**Nota:** Última información disponible para cada país: Argentina, Bolivia y Colombia (2004); Brasil, Ecuador, México y Perú (2006); Chile y EEUU (2007). Fuente: CIA, MTC, Ministerio de Transportes de Brasil.

**Fuente:** CIA, MTC, Ministerio de Transportes de Brasil.

CUADRO 1.01

CUADRO DETALLADO DE LA BRECHA DE INVERSIÓN EN CARRETERAS

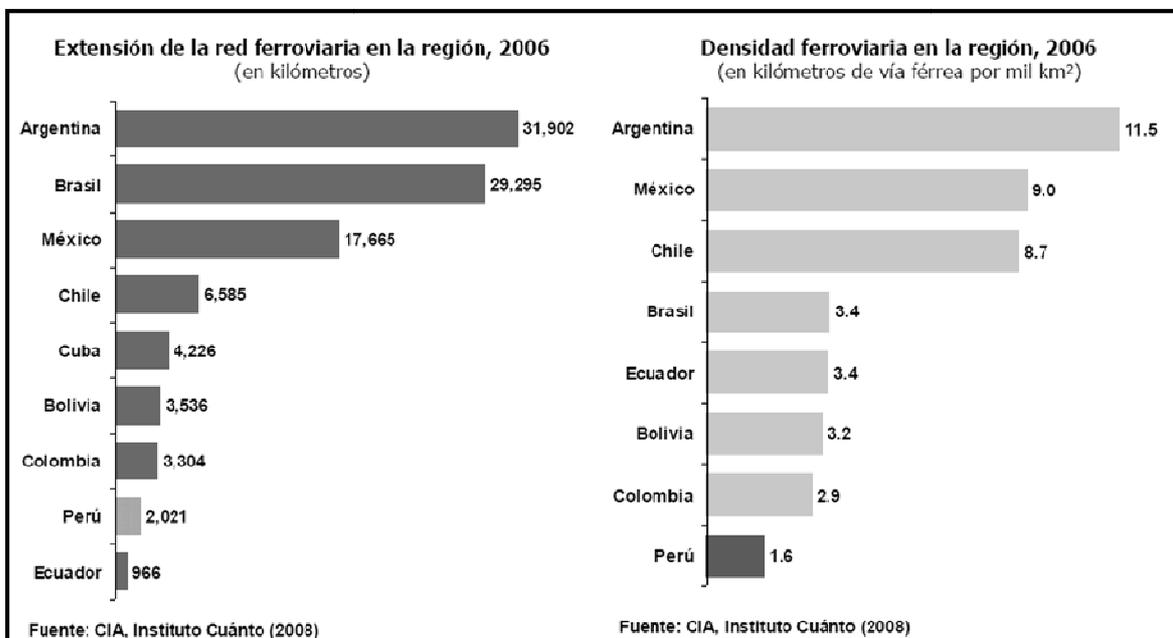
DESCRIPCIÓN	MONTO (Millones de US\$)
Proyectos Viales Concesionados aún no ejecutados:	US\$ 2,132
Programa Vial Costa-Sierra	US\$ 111
Proyectos Viales Bajo el Programa de Promoción del Inversión Privada.	US\$ 160
Proyecto Perú (11 proyectos de conservación de infraestructura vial)	US\$ 187
Red Vial Nacional, Vecinal y Departamental	US\$ 4,785
<b>TOTAL</b>	<b>US\$ 7,375</b>

**Fuente:** Instituto Peruano de Economía IPE- Banco Central de Reserva del Perú – 12-mar-2010.

Respecto a la infraestructura vial de ferrocarriles, también las noticias no son muy alentadoras según el informe de IPE, como podemos ver en los Gráfico 1.03.

La información anterior nos muestra la gran demanda que existe en la construcción de obras viales, y el gran trabajo que tenemos los peruanos para revertir estas estadísticas, si bien es cierto nos encontramos en una etapa de nuestra historia de auge en la construcción de vías como lo indica el viceministro de Transportes, Hjalmar Marangunich (mar-2010), el que dice que la inversión del MTC se ha multiplicado por cinco y las concesiones se han duplicado, cubriendo ahora 4.985,9 km en el primer caso y el presupuesto de las concesiones se ha elevado a US\$2.993,7 millones según Juan Carlos Zevallos, presidente de OSITRAN (Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público), es decir, US\$1.908,7 millones adicionales a lo contratado durante la gestión de Alejandro Toledo. A ello, Raúl Torres, director de Provías Nacional, suma los S/. 2.572,4 millones que se invertirán este año mediante el Proyecto Perú, programa que asegura la operatividad de las vías nacionales que unen corredores económicos interregionales.<sup>7</sup>

**Gráfico 1.03**



**Fuente:** Instituto Peruano de Economía IPE- Banco Central de Reserva del Perú – 12-mar-2010.

Como podemos darnos cuenta, la construcción de vías hoy en día tiene una gran demanda y durará por muchos años, por lo menos hasta que se reviertan las estadísticas antes mencionadas.

La producción de MP y las operaciones de mantenimiento son actividades críticas en el ciclo productivo de la construcción de obras viales; además, las actividades que ejecutan los equipos en su gran mayoría son críticas en las programaciones de obra viales, lo que hacen de la MP el “motor” que marca el ritmo de construcción de las carreteras. Así podemos ver, como ejemplo, en el Cuadro N° 1.02 que la incidencia de MP en estas actividades representa más del 30% aproximadamente de un presupuesto regular de construcción.

<sup>7</sup> **Silvia Mendoza Martinez**, Diario el Comercio de Lima 14 de julio de 2010.

### Cuadro 1.02

#### ANÁLISIS DE INCIDENCIA DEL COSTO DE EQUIPOS SOBRE EL PRESUPUESTO DE OBRA

<b>Obra :</b>	Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Puente Paucartambo - Oxapampa Km01+00 - Km44+00			
<b>Ubicación:</b>	Oxapampa - Pasco			
<b>Fecha Presupuesto:</b>	jun-05			
<b>Presupuesto de Obra Costo Directo:</b>	S/. 80,100,876.32			
	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	<b>Incidencia</b>	
	<b>Costo de Posesión</b>			
	Costo de alquiler presupuestado	S/. 12,546,768.90	33.77%	
	<b>Subtotal (1)</b>	<b>S/. 12,546,768.90</b>		15.66%
	<b>Costos de Operación</b>			
	Petroleo	S/. 11,106,441.68	33.77%	
	Operador de Equipo	S/. 3,094,604.29		
	Lubricantes (aceites, grasa)	S/. 298,644.46		
	<b>Subtotal (2)</b>	<b>S/. 14,499,690.43</b>		18.10%
	<b>Total</b>	<b>S/. 27,046,459.33</b>		<b>33.77%</b>

<b>Obra :</b>	Carretera Aguaytia-Pucallpa-San Alejandro		
<b>Ubicación:</b>	Pucallpa - Ucayali		
<b>Fecha Presupuesto:</b>	Set-2003		
<b>Presupuesto de Obra Costo Directo:</b>	S/. 51,214,124.71		
	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	<b>Incidencia</b>
	<b>Costo de Posesión</b>		
	Costo de alquiler presupuestado	S/. 15,695,450.65	30.65%
	<b>Subtotal (1)</b>	<b>S/. 15,695,450.65</b>	
	<b>Total</b>	<b>S/. 15,695,450.65</b>	<b>30.65%</b>

**Fuente:** Ing. Juan Carlos Torres Octubre, 2008.

Es por esta razón que muchas empresas del sector construcción, han hecho denodados esfuerzos por mejorar la productividad y al mismo tiempo incrementar el control de la MP, esto para evitar horas muertas y pérdidas de recursos, debido a la influencia que esta tienen en el costo total de la obra. Esto refuerza lo establecido por PARETO<sup>8</sup> quien afirma que si se controla el 20% de las actividades principales de un proceso; se está controlando en sí el 80% del mismo. De ahí que se quiere abordar en este trabajo de Tesis el tema de GESTION DEL CONTROL en busca de responder a la interrogante que hemos planteado para dar origen a esta tesis, que es la siguiente: ¿Una gestión adecuada del control permitirá incrementar valor en los procesos de producción de MP?.

<sup>8</sup> **Wilfredo Pareto**, (Italia 15 de julio de 1848 - 19 de agosto de 1923) realizó importantes contribuciones al estudio de la economía, especialmente en el campo de la distribución de la riqueza y el análisis de las elecciones individuales. Fue el creador del concepto de "Eficiencia de Pareto".

El tema del control de procesos o también llamado control de operaciones fue desarrollado y orientado más a la industria manufacturera, caracterizada por tener un proceso y un solo producto por lo general; no sucediendo así a la variada y amplia gama de procesos de la construcción. Los avances y conceptos en la administración y control de operaciones han evolucionado a través del tiempo desde la producción en serie de Henry Ford<sup>9</sup> a inicios de siglo y los variados enfoques conceptuales respecto al proceso de planificación, programación y control de la producción que han sido tratados por diversos autores cuyas investigaciones estuvieron más aplicadas a la producción industrial y no así a la producción propiamente en la construcción.

El enfoque que se le ha dado a los sistemas de control en la construcción tienen una brecha significativa respecto a los sistemas de control industriales, que si bien es cierto esto representa un gran nicho para poder investigar las tecnologías y metodologías existentes desarrolladas por otras especialidades, para mejorar los procesos y apuntar a una modernización de la construcción en busca de los factores fundamentales de éxito: Costo, Calidad y Plazo.

## 1.2 CONTROL DE MP EN OBRAS VIALES

Como se ha descrito a la industria de la construcción como compleja por los diversos sistemas y procesos que encierra, así la operación de la MP en obras viales es uno de los muchos procesos productivos de la construcción cuyos recursos principales son las maquinarias pesadas y las personas que se encargan de que éstas cumplan su trabajo bajo tres factores importantes para el éxito, ver Gráfico N° 1.04.

**Gráfico N°1.04**

**Variables para el Éxito**



**Fuente:** Dr. Juan Ríos Segura - Apuntes del Curso: Programación y Control de la Construcción.

El control de operaciones o el control de producción es un área comprendida dentro del CONTROL propiamente dicho. Es por eso que antes de definir lo que es el control de producción, es preciso definir lo que es el control.

### 1.2.1 EL CONTROL

---

<sup>9</sup> **Henry Ford**, (30 de julio de 1863 – 7 de abril de 1947) fue el fundador de la compañía Ford Motor Company y padre de las "Cadenas de Producción Modernas" utilizadas para la producción en masa.

El control puede ser visto bajo dos perspectivas, una limitada y otra amplia. Desde una perspectiva limitada el control es una etapa del proceso administrativo, que tiene la función de verificar los resultados planeados en una etapa previa.

Desde un punto de vista amplio, el control no solo es concebido como una actividad desde el punto de vista del nivel directivo o administrativo, si no que éste trascienda a todos los niveles y miembros de la entidad para el cumplimiento de los objetivos propuestos bajo mecanismos de medición cualitativos y cuantitativos. Es decir el control existe en cada actividad y nivel de la organización.

### **Definición de control**

El control es una etapa primordial en la administración, pues aunque una empresa cuente con magníficos planes, una estructura organizacional adecuada y una dirección eficiente, el ejecutivo no podrá verificar cuál es la situación real de la organización si no existe un mecanismo que se cerciore e informe si los hechos van de acuerdo con los objetivos.

Algunos autores, estudiosos del tema, definen el control de la siguiente manera:

*Henry Fayol:* El control consiste en verificar si todo ocurre de conformidad con el programa adoptado, con las instrucciones emitidas y con los principios establecidos. Tiene como fin señalar las debilidades y errores a fin de rectificarlos e impedir que se produzcan nuevamente.

*Robert B. Buchele:* El proceso de medir los actuales resultados en relación con los planes, diagnosticando la razón de las desviaciones y tomando las medidas correctivas necesarias.

*Buró K. Scanlan:* El control tiene como objetivo cerciorarse de que los hechos vayan de acuerdo con los planes establecidos.

*Robert C. Appleby:* La medición y corrección de las realizaciones de los subordinados con el fin de asegurar que tanto los objetivos de la empresa como los planes para alcanzarlos se cumplan económica y eficazmente.

*Robert Eckles, Ronald Carmichael y Bernard Sarchet:* Es la regulación de las actividades, de conformidad con un plan creado para alcanzar ciertos objetivos.

*Harold Koontz y Ciril O´Donell:* Implica la medición de lo logrado en relación con lo estándar y la corrección de las desviaciones, para asegurar la obtención de los objetivos de acuerdo con el plan.

*Chiavenato:* El control es una función administrativa: Es la fase del proceso administrativo que mide y evalúa el desempeño y toma la acción correctiva cuando se necesita. De este modo, el control es un proceso esencialmente regulador.

Entre otras acepciones de la palabra “control” sirve para diseñar un sistema automático que mantenga un grado constante de flujo o de funcionamiento del sistema total; es el caso del proceso de control de las refinerías de petróleo o de industrias químicas de procesamiento continuo y automático: el mecanismo de control detecta cualquier desvío de los patrones normales, haciendo posible la debida regulación.

Evidentemente todas esas definiciones representan concepciones incompletas del control, quizás definidas en un modo subjetivo y de aplicación; en definitiva podemos considerar resumir el concepto de Control, desde una óptica de los procesos administrativos, de la siguiente manera:

*Una función administrativa, que permite verificar, constatar, medir, si la actividad, proceso, unidad, elemento o sistema seleccionado está cumpliendo y/o alcanzando o no los resultados que se esperan.*

### **Metas de un buen control**

- Corrección de fallas y errores: El control debe detectar e indicar errores de planeación, organización o dirección.
- Previsión de fallas o errores futuros: el control, al detectar e indicar errores actuales, debe prevenir errores futuros, ya sean de planeación, organización o dirección.

### **Importancia del control**

Una importancia evidente del control surge bajo el enfoque de que: “El mejor de los planes se puede desviar”. En tanto el control es importante porque nos permite:

- Mejorar la calidad: Las fallas del proceso se detectan y el proceso se corrige para mejorar la calidad del producto.
- Enfrentar el cambio: En el entorno global surgen materiales y tecnologías nuevas cada instante; por consiguiente la función del control sirve a los gerentes para responder a las amenazas o las oportunidades de todo ello, porque les ayuda a detectar los cambios que están afectando los productos y los servicios de sus organizaciones.
- Producir ciclos más rápidos: Sin duda esta es una ventaja competitiva clara en costos; pues se logrará una mayor producción en base a la misma cantidad de recursos que se utilizaba inicialmente.
- Evitar pérdidas: Al tener un control adecuado de los procesos se identifican y analizan las causas de las pérdidas de un proceso.
- Agregar valor: La reducción de los tiempos en los ciclos de producción son una manera de obtener ventajas competitivas y al mismo tiempo dar más valor a un producto. Otra forma, es incrementar la calidad a nuestro producto o servicio, de tal manera que este incrementa su valor.
- Retroalimentación: El control es importante porque permite aprender de nuestros errores y superarlos, esto en otras palabras es un proceso de mejora continua.
- Disminuir la Variabilidad: Al ser un proceso de mejora continua, los valores estadísticos de una muestra que se haga a un proceso de control se acercan a la media.

### **Etapas del control**

El control es un proceso cíclico y repetitivo, está compuesto de cuatro etapas que se suceden y se describen a continuación:

1. Establecimiento de estándares: Establece los estándares o criterios de evaluación o comparación. Un estándar es una norma o un criterio que sirve de base para la evaluación o comparación de un objeto de estudio. Existen cuatro tipos de estándares; los cuales se presentan a continuación:

- a. Estándares de cantidad: Como rendimiento normal de equipos para la producción de un producto o servicio, como por ejemplo metros cúbicos de corte de material de talud, metros cuadrados de imprimación, etc.
- b. Estándares de calidad: Como el control calidad de producción, control de calidad del proceso del trabajo o control de calidad de la operación de la maquinaria. Por ejemplo control de niveles de carpetas asfálticas.
- c. Estándares de tiempo: Como el tiempo para la producción de la maquinaria, tiempos empleados en ciclos de trabajos. Por ejemplo el tiempo de transporte de agregados desde las canteras hasta los centros de producción.
- d. Estándares de costos: Como costos de producción, costos de administración, costos del control mismo. Por ejemplo el costo que representa el combustible por una máquina determinada.

2. Evaluación del desempeño: Tiene como fin evaluar lo que se está ejecutando en un momento determinado y consiste en recolectar la información necesaria en función de los estándares establecidos.

3. Comparación del desempeño con el estándar establecido: Consiste en comparar el desempeño con lo que fue establecido como estándar, para verificar si hay desvío o variación, esto es, algún error o falla con relación al desempeño esperado.

4. Acción correctiva: Es la cuarta y última etapa del control que busca corregir el desempeño para adecuarlo al estándar esperado. La acción correctiva es siempre una medida para acercarse al estándar establecido.

5. Retroalimentación: Las acciones correctivas tienen que ser elevadas a los procesos, en tal sentido se tiene que el proceso es dinámico y está en mejora continua.

### **Alcances del Control**

El control actúa en todas las áreas y en todos los niveles de la empresa. Prácticamente todas las actividades de una empresa están bajo alguna forma de control o monitoreo.

Las principales áreas de control en la empresa son: Área comercial, **área de producción**, área financiera y área de recursos humanos.

En el caso del área de producción, la cual es materia de esta tesis, el control abarca lo siguiente:

- *Control de producción:* El objetivo fundamental de este control es corregir cualquier desvío de la cantidad (expresada en medidas establecidas) de trabajo ejecutado por cada MP y/o operador.
- *Control de calidad:* Corregir cualquier desvío de los estándares de calidad de los trabajos ejecutados por la MP.
- *Control de costos:* Verificar continuamente los costos de producción, ya sea de insumos o de mano de obra.
- *Control de los tiempos de producción:* Orientada a eliminar tiempos muertos o esperas innecesarias aplicando los estudios de tiempos y movimientos.
- *Control de almacén:* Orientado a controlar la salidas de insumos que se requiere para la producción.
- *Control de mantenimiento y conservación:* Tiempos máximos para iniciar el mantenimiento de los equipos.

### 1.2.2 CONTROL DE LA PRODUCCION

Producción, es una definición de la cual se han dado diferentes interpretaciones a lo largo de la historia, suele definirse como el porqué se crean bienes y/o servicios a partir de unas entradas en las que a su vez se encuentran también bienes y servicios.

**Gráfico N°1.05**

#### **Proceso de Producción**



**Fuente:** MA. Rodolfo Duran Querol Confirmado - Apuntes del Curso: Gestión Logística - Procura.

También se le llama producción a la transformación de unas entradas (intputs), por medio de un sistema productivo conformado por un conjunto de elementos materiales y conceptuales, un sistema físico de producción que gobierna los elementos materiales y un sistema de gestión de producción encargado de la dirección y el control. (Ver Gráfico N° 1.05).

La función de producción es conocida también, sobre todo en la literatura anglosajona, como función operativa; y a la gestión de producción se le denomina entonces gestión de las operaciones. La gestión de la producción, o de las operaciones se orienta a la utilización más económica de unos medios (máquinas, espacios, instalaciones o recursos de cualquier tipo) por unos empleados u operarios, con la finalidad de la transformación de unos materiales en productos o la realización de unos servicios.

A pesar que los sistemas de producción de operaciones varían con las distintas industrias y compañías, el concepto de un sistema de producción de operaciones puede ser aplicado a cualquiera actividad cuyo resultado sea productos o servicios.

Los controles administrativos involucran el observar resultados operativos y el verificar que estén conforme a los planes originales. En el contexto de un sistema de producción de operaciones, este proceso de verificación requiere un proceso conocido como retroalimentación (o retroinformación). Durante el proceso de retroalimentación, se acumula la información de los procesos de producción para determinar cómo están operando tales procesos de producción. En este se formulan interrogantes como las siguientes:

1. ¿Qué trabajos no están ajustados a sus planes de programación de la producción?
2. ¿Hay algunas máquinas demorando la producción a causa de desperfectos o accidentes?
3. ¿Se están suspendiendo momentáneamente algunos trabajos por falta de herramientas, materiales o suministros?
4. ¿Dónde se encuentran los puntos problemáticos en términos del rendimiento de los operadores?
5. ¿Cuál es el porcentaje de trabajos mal realizados?
6. ¿Cuáles son los costos de maquinaria y mano de obra que se aplican a la producción?
7. ¿Qué departamentos o áreas están utilizando horas extras de trabajo, y por qué?

Estas son algunas de las muchas interrogantes que pueden surgir con relación al estado del proceso de producción. Las áreas específicas más afectadas por estos problemas son: control de producción, control de calidad, control de costos, y control de almacén. En consecuencia, el gerente de producción analiza esta información de control a medida que se vaya acumulando la información por los canales de comunicación del proceso de retroalimentación. De acuerdo a la información obtenida, el gerente de producción podría confrontar una serie de nuevos problemas. Esta situación lo obligaría a emprender, en ciertos casos, acciones correctivas para asegurar que los resultados de procesos de producción se ajusten a los planes originales. Visto de otra manera, la tarea de control también implica la necesaria revisión de los planes originales. Este procedimiento es útil para determinar si hay errores en la formulación de los planes que puedan generar problemas en el proceso de producción.

En resumen, el gerente de producción en el sistema de operaciones de producción es un tomador de decisiones con la responsabilidad de los procesos de planificación y control de los procesos de producción. Esto implica un trabajo difícil y desafiante porque se refiere a un sistema dinámico que se desarrolla en un medio ambiente donde el cambio es la única constante.

Existen muchas metodologías que utilizan los gerentes de la producción con el fin de mejorar los procesos, uno de ellos es la "Teoría de Restricciones" más conocida como TOC, por sus siglas en inglés (Theory of Constraints) cuyo autor fue el Dr. Eliyahu Goldratt 1979, quien afirma que en todo proceso de producción siempre existe una restricción y la única manera de

eliminarla es de manera sistemática. Su teoría se basa en cinco pasos que se deben repetir cíclicamente, estos son:

- Paso1** - IDENTIFICAR las restricciones del proceso.
- Paso2** - Decidir cómo EXPLOTAR las restricciones.
- Paso3** - SUBORDINAR todo lo demás a la decisión anterior.
- Paso4** - ELEVAR las restricciones del proceso.
- Paso5** - Volver al Paso 1.

### 1.2.3 PROBLEMAS DE LOS SISTEMAS FORMALES DE CONTROL DE MP EN OBRA VIALES

El control de operación de MP en obras viales generalmente está orientado a registrar los valores de producción y estado operativo de la maquinaria (cantidad producida, horas máquina efectivas de trabajo, kilometraje recorrido, consumo de combustibles, etc.) para elaborar valorizaciones, reportes y a veces, análisis de productividad; sin embargo estos sistemas adolecen de deficiencias, como las siguientes:

- Normalmente no miden la productividad, lo que impide focalizar adecuadamente las acciones correctivas.
- No muestran los problemas de productividad en forma explicativa, por lo que muchos de ellos no se identifican y no se corrigen.
- La información incluida en estos sistemas puede ser distorsionada, con lo que se esconden problemas hasta que es demasiado tarde para corregirlos.
- No identifican claramente las responsabilidades por buen o mal cumplimiento.
- No indican explícitamente las deficiencias de las actividades de apoyo a la producción. (Ejem. Trazo Topográfico, Control de niveles, etc.)
- Enfatizan la atención sobre elementos que sobrepasan el presupuesto, sin considerar ni aprovechar grandes potenciales de ahorro que pueden existir en aquellos que están bajo el presupuesto.

También el Control está orientado para hacer cumplir los programas de obra, los mismos que muchas veces se ven interrumpidos por causas injustificadas, lo que amerita en muchos de los casos colocar controladores para cada maquinaria con el fin de que se eviten tener tiempos muertos en la producción, en tanto esta labor encarece el control.

### 1.2.4 GESTIÓN DE PRODUCCIÓN

Adelso Díaz (1993) plantea que “La gestión de la producción se ha convertido en un arma fundamental para la mejora de la competitividad en las que se hallan inmersas la mayoría de las empresas”.

La Gestión de la Producción es un conjunto de responsabilidades y de tareas que deben ser satisfechas para que las operaciones de la producción sean realizadas respetando las condiciones de calidad, plazo y costo que se desprenden de los objetivos de la empresa (Boris Avgrafoff).

En japonés *gemba*<sup>10</sup> significa *lugar real*, sitio donde ocurre la acción real. Los japoneses utilizan esta palabra en su lenguaje diario. En los negocios *gemba* es el lugar donde se forman los productos o se dan los servicios. El *gemba*, en años anteriores ha sido pasado por alto por los gerentes como un medio para generar ingresos, y han prestado más atención al área financiera, marketing, ventas y desarrollo de productos. Cuando la gerencia se concentra en el *gemba*, o lugares de producción, descubre oportunidades para hacer que la compañía sea mucho más rentable y exitosa. (Masaaki Imai) Tokio, 1930.

#### **1.2.4.1 FUNCIONES DE GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN.**

Las funciones de una gestión de la producción son las siguientes:

- a) Planificación: Que es el conjunto de decisiones que toma la Gerencia de Obra para llevar a cabo la producción.
- b) Control: Que nos indica si estamos cumpliendo con el programa y manteniéndonos dentro de los costes, hay que supervisar la producción de maquinarias e insumos utilizados, para lo que hay que establecer unos ratios de control relevantes.
- c) Seguimiento: Para poder efectuar el control se necesita información precisa, en el momento oportuno y que sea documentable.

Para el desarrollo de la presente tesis nos focalizaremos en el ítem b), que es el control como parte integrante de la gestión de la producción.

#### **1.2.4.2 FUNCIONES DEL CONTROL OPERATIVO DE LA PRODUCCIÓN.**

##### **a) Programación:**

Se define como la asignación de trabajo a un medio y la especificación del momento, lugar y orden en que se debe realizar el mismo. Ver gráfico N° 1.06

Es decir está formado por tres sub-funciones que son:

*Asignación:* Es la asignación de carga de trabajo a un medio de producción, este medio puede ser personas, equipos o grupos de trabajo.

*Secuenciación:* Es la decisión del orden en que deben ejecutarse los diferentes trabajos. Es la parte más compleja de la programación, ya que en la práctica es difícil determinar previamente para todas las operaciones a realizar en una secuencia u orden estrictamente definidas de ejecución. Tiene como objetivo minimizar el tiempo total de producción y para su aplicación se han desarrollado algoritmos y reglas de decisión.

---

<sup>10</sup> **Gemba:** Lugar donde se produce el trabajo - Masaki Imai.

**Temporización:** Es la definición de las fechas y horas de inicio y terminación de cada orden de producción por las distintas operaciones.

Para que la programación se pueda realizar correctamente, es necesario tener información completa sobre: el orden de las operaciones con el objetivo de asignar el trabajo a los medios adecuados en correcta sucesión, las normas de tiempo para determinar el tiempo total de cada operación, la disponibilidad de equipos, operadores e insumos, así como se debe conocer el rendimiento real de la maquinaria disponible.

**Gráfico N°1.06**

**“Programación de Actividades de Producción”**

VOLUMEN DE CORTE : 1, 300m <sup>3</sup>		UBICACIÓN : Km 01+100 – 01+180 Fecha: 01/12/07 Responsable: G. Fernandez. (Frente 2)								
ID	ACTIVIDAD	RECURSOS	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
1.01	Corte de Material Suelto	01 Tractor CAT D8 (*)	■							
1.02	Carguío	01 Cargador Frontal CF966				■				
1.03	Transporte de Escombros	03 volquetes				■				

**Fuente:** Juan Carlos Torres Estrada – Carretera Pte. Paucartambo – Oxapampa.

**b) Lanzamiento:**

El lanzamiento se define como la libertad física de la autorización de trabajo para el funcionamiento del medio de producción, de acuerdo con un plan de actividades previamente establecido desarrollado por la función de programación. Para lanzar la autorización de trabajo normalmente se espera que el lanzador:

1. Autorice al almacén la entrada de insumos que se necesita.
2. Autorice al taller central la entrega a los operadores de los equipos necesarios para la producción.
3. Proporcione al trabajador la actividad a desarrollar y las recomendaciones para la correcta ejecución de esta.

Se puede apreciar que el trabajo de lanzador es un punto muy importante para lograr el eficiente funcionamiento de un medio de producción; sin un estrecho control, existe poca seguridad de que el trabajo se va a realizar de acuerdo con el plan establecido.

El lanzamiento es una de las funciones más importantes del control de producción; por tanto, se debe planear y establecer cuidadosamente.

**c) Control:**

Es la etapa en la que se efectúa la acción misma del control de MP y se estructura de la siguiente manera:

**Control de Producción**

Se define como la transmisión de una información sobre el cumplimiento del trabajo del medio de producción al grupo de planificación y la interpretación de dicha información para adoptar la acción correctiva necesaria. Un sistema de control de producción bien concebido en sus fundamentos puede resultar inefectivo simplemente porque el sistema de informar los avances realizados no está diseñado adecuadamente. Uno de los principios de un buen sistema de control de producción es; **“el sistema debe suministrar la información exacta y adecuada en el momento oportuno”**; es decir debe haber una buena información del avance de la obra.

**Control del Estado de la Maquinaria**

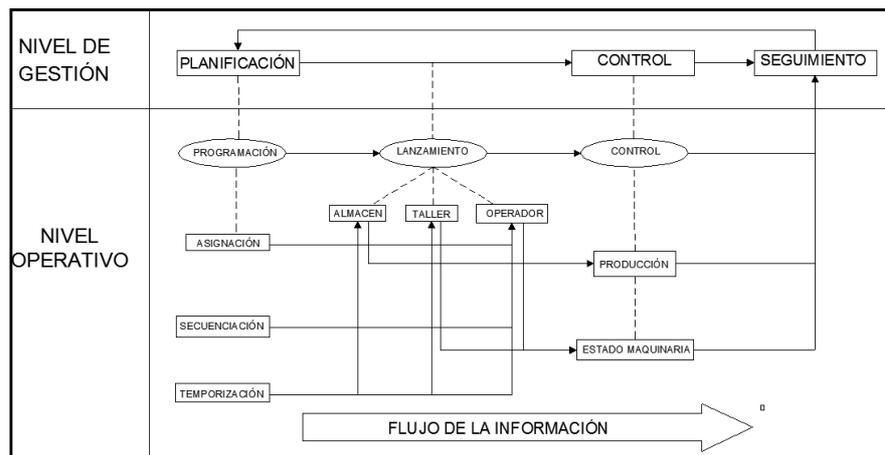
Comprende el control del estado físico de la máquina; los niveles de combustibles, lubricantes, posibles fallas detectadas por los sensores del motor, informes del taller, etc. Consta de dos partes principales:

- Control Físico.- Que es la verificación de MP por parte de los mecánicos en los talleres
- Mantenimiento de los Registros Correspondientes.- Es el registro de horas trabajadas de la MP y la programación de mantenimiento de cada MP.

Estas funciones se pueden esquematizar en el Gráfico N° 1.07.

**Gráfico N°1.07**

**DIAGRAMA DE FUNCIONES EN LA GESTION DE PRODUCCIÓN DE MP**



**Fuente:** Ing. Juan Carlos Torres Estrada - <http://www.gestiopolis.com/Canales4/ger/intecon.htm> febrero 2005.

### **1.2.5 REGLAS PARA PROYECTAR UN SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCION**

Las siguientes reglas, orientarán el diseño de un sistema de control:

1. Suministrar información periódica, adecuada y exacta: Toda la información obtenida del sistema debe tener estas tres cualidades, el flujo de información o comunicación es la base de cualquier sistema de control de producción, sin él no hay sistema.
2. Ser flexible: Capacidad del sistema para ajustarse a las variaciones de la carga de trabajo, y las posibilidades que tiene de modificarse para acomodarse a los cambios de funcionamiento o a las condiciones que existen en la actividad.
3. Ser simple y comprensible: Se entiende por sistema simple aquel que sea comprensible para todos aquellos relacionados con él.
4. Ser económico: Desde luego, la economía es la razón básica para contar con un sistema de control de producción. Esta es una de las etapas más difíciles de valorar. Muchos de los beneficios obtenidos del control de producción son intangibles y no se le puede asignar una valoración. La economía se puede medir exactamente sólo comparando el coste de funcionamiento cuando no exista un sistema formal de control de producción y el costo cuando hay en funcionamiento un sistema de tal tipo.
5. Que empuje a una planificación previa y a una acción correctiva: El sistema en sí debe necesitar una planificación previa y una acción correctiva y no puede ser efectivo a no ser que se hagan éstas cosas. El sistema debe realizar su propia labor de policía.
6. Permitir la dirección por excepción: Es un sistema que informa a la dirección sólo de aquellas cosas que exigen su acción. El sistema debe asegurar a la dirección que las cuestiones de las que no se les informa van de acuerdo con los planes trazados. Aquí la cuestión más interesante es que la dirección sea capaz de suponer que las cosas de las que no se les informan van de acuerdo con los planes y que no es necesario que esté siguiendo continuamente los detalles.

### **1.2.6 LOS RECURSOS HUMANOS EN EL CONTROL DE PRODUCCIÓN**

Los recursos humanos constituyen un elemento importante a tener presente en la proyección y utilización de controles de producción tanto desde el punto de vista de formación (saber) y de la motivación (querer).

En ocasiones la responsabilidad del control de producción recae en pocas personas de una organización, sin embargo esta actividad requiere la máxima colaboración de todos los niveles, desde el ejecutivo de máximo nivel hasta el empleado en más simple, pues de lo contrario se hace imposible su efectividad.

En la medida en que los recursos humanos estén más identificados con la Organización y tengan posibilidades de tomar decisiones (enfoque participativo) se facilitará la concepción y funcionamiento del control y se podrán incorporar elementos de autocontrol.

## **1.3 MANTENIMIENTO DE MP**

### **1.3.1 INTRODUCCION**

Las operaciones de mantenimiento tienen lugar frente a la constante amenaza que implica la ocurrencia de una falla o error en un sistema, maquinaria o equipo. Existe además una necesidad de optimizar el rendimiento de las unidades y de los procesos dentro del ciclo productivo.

El objetivo buscado por el mantenimiento es **contar con maquinarias y equipos en óptimas condiciones en todo momento**, para asegurar una disponibilidad total del conjunto de maquinarias, lo cual está basado en minimizar los errores y fallas.

El mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y operando bajo las mejores condiciones técnicas. El mantenimiento además debe estar destinado a:

- Optimizar la producción del conjunto de maquinarias.
- Reducir los costos por averías
- Disminuir el gasto por reposición de MP
- Maximizar la vida útil de la MP

Los procedimientos de mantenimiento deben evitar las fallas, por cuanto una falla se define como la incapacidad para desarrollar un trabajo en forma adecuada o simplemente no desarrollarlo. Una MP puede estar “fallando” pero no estar malograda, puesto que sigue realizando sus tareas productivas, pero no las realiza con la misma “performance” que una MP en óptimas condiciones. En cambio una MP malograda o averiada no podrá desarrollar faenas bajo ninguna circunstancia.

Además el costo que implica la gestión y el desarrollo del mantenimiento no debe ser exagerado, más bien debe estar acorde con los objetivos propios del mantenimiento, pero sin denotar, por ejemplo, un costo superior al que implicaría el reemplazo por maquinaria nueva. Entre los factores de costo tendríamos: mano de obra, costo de materiales, repuestos, piezas nuevas, energía, combustibles, pérdidas por la no producción.

Inevitablemente todo equipo, maquinaria, instrumento, o edificación se va a deteriorar por el paso del tiempo. Una medida útil determinar la incidencia de los costos del mantenimiento, está dada por la siguiente expresión:

$$\text{Costo del Mantenimiento (\%)} = \frac{\text{Costo de las Operaciones de Mantenimiento}}{\text{Activos fijos Mantenibles}} \times 100$$

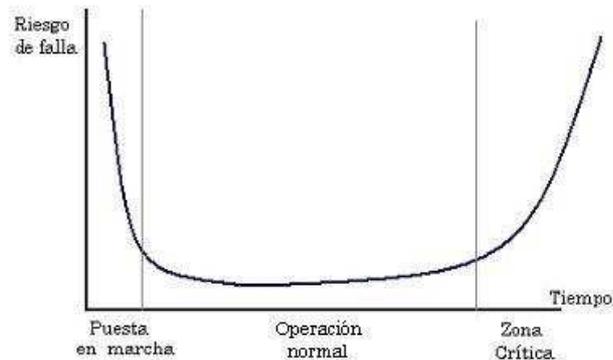
(\*) Donde la Incidencia del mantenimiento esta dado por el valor costo de las operaciones desarrolladas; y los Activos fijos mantenibles que son aquellos equipos, maquinarias, y construcciones revaluados a precios corrientes y correspondientemente depreciados.

El momento ideal para llevar a cabo el mantenimiento puede ser determinado desde muchos puntos de vista, a los cuales les va a corresponder un determinado tipo de mantenimiento; teóricamente existe la llamada “curva de falla”, la cual indica la probabilidad de las

ocurrencias de fallas y averías para determinadas etapas de operación de la planta en función del factor tiempo. Ver Gráfico 1.08.

**Gráfico N°1.08**

**CURVA DE FALLA PROBABLE EN MP**



**Fuente:** Mendiburu Díaz, Henry – E-CORE Soluciones en Ingeniería Teleautomática – PUCP, 2002.

El gráfico 1.08, se puede explicar de la siguiente manera:

- Riesgo elevado en la etapa de implementación de la planta y puesta en marcha de la MP.
- Riesgo bajo en la etapa de operación de la planta (siempre que la MP reciba los cuidados y reparaciones adecuadas).
- Riesgo elevado en la etapa de operación de la planta luego que ha cumplido el ciclo de vida de la MP (los cuales si reciben un óptimo mantenimiento podrían operar sin la presencia de fallas).

### 1.3.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en que se realizan y en función a los recursos utilizados, así tenemos:

#### a) Mantenimiento Correctivo

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema de control. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior. Ejem. La falla inesperada de una excavadora en actividades de corte de material suelto, podría

mantener inactivos a un cargador frontal y a volquetes encargados de la eliminación de material de corte.

- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará la MP fuera de operación no es predecible.

## **b) Mantenimiento Preventivo**

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. En muchas empresas, es parte de su política, establecer el momento oportuno del mantenimiento preventivo. Este mantenimiento presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, o en el caso de la MP tiene que preverse este tiempo con anticipación para no entorpecer los ciclos de producción.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por el jefe de producción.
- Está destinado a un área en particular y a cierta MP específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos la maquinaria aprovechando un evento extraordinario, como sería el caso de una paralización de obra.
- Permite a la empresa contar con un historial de toda la MP, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de la MP.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la gerencia.

## **c) Mantenimiento Predictivo**

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras ésta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes de la MP.

El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones de la MP. Tiene como objetivo disminuir las paradas

por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos y en contratación de personal calificado. Las técnicas más utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo, son las siguientes:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.). Este último puede ser proporcionado directamente por la maquina a través de sus sensores conectados a un circuito central, más comúnmente llamado ECM "Electronic Control Module".

El "ECM" o el Módulo de Control Electrónico<sup>11</sup>, en su traducción al español es una microcomputadora con conectores eléctricos para recibir entradas o señales de rendimiento y suministro de poder, luces de inspección y un selector de modo de diagnóstico. La unidad de control regula la cantidad de combustible que es inyectado, también como la regulación del tiempo de la ignición, velocidad de la marcha mínima, operación de la bomba de combustible y la retroalimentación de la proporción de la mezcla.

#### **d) Mantenimiento Productivo Total (Padilla Nisthal, Estuardo)<sup>12</sup>**

Este sistema caracterizado por las siglas TPM (*Total Productive Maintenance*) coloca a todos los integrantes de la organización en la tarea de ejecutar un programa de mantenimiento preventivo y predictivo, con el objetivo de maximizar la efectividad de la MP. El TPM, es un tipo de mantenimiento bajo la filosofía de mejora continua que fue desarrollado en Japón por el *Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM)*, con el fin de dar valor a los procesos productivos partiendo del mantenimiento y gestión de equipos. El TPM ha recogido también los conceptos relacionados con el Mantenimiento Basado en el Tiempo (MBT) y el Mantenimiento Basado en las Condiciones (MBC), que parten de un tipo de mantenimiento preventivo y predictivo respectivamente.

El MBT trata de planificar las actividades de mantenimiento del equipo de forma periódica. En tanto que el MBC trata de planificar el control a ejercer sobre el equipo y sus partes, a fin de asegurarse de que reúnan las condiciones necesarias para una operación correcta.

El TPM, se centra en el factor humano, para lo cual se asignan tareas de mantenimiento mediante una conducción motivadora.

La aplicación de un TPM, se justifica en:

---

<sup>11</sup> Red Técnica Automotriz <http://www.redtecnicautomotriz.com/Articulos>.

<sup>12</sup> Padilla Nisthal, Estuardo "Los Sistemas de Mantenimiento" – Universidad Rafael Landívar, Guatemala, 2009.

- Efectividad total a efectos de obtener la rentabilidad adecuada.
- Sistema de mantenimiento total consistente en la prevención.
- Intervención autónoma de los operadores en tareas de mantenimiento.
- Mejoramiento permanente de los procesos al mejorar el mantenimiento.

Una vez que los operadores se encuentran bien entrenados y capacitados, se espera que se ocupen de las reparaciones básicas, de la limpieza de su maquinaria, de la lubricación cambios de aceites y engrases, ajustes de piezas mecánicas, de la inspección y detección diaria de hechos anormales en el funcionamiento del equipo. Para ello, es necesario que hayan comprendido el funcionamiento de la MP y puedan detectar las señales que anuncian sobre la proximidad de llegada de las fallas.

Las características del TPM más significativas son:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- Orientado a la mejora de la Efectividad Global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

El modelo original TPM propuesto por el (JIPM) sugiere implantarse en forma gradual y progresiva, asegurando cada paso dado mediante acciones de autocontrol del personal que interviene.

### **1.3.3 POLITICAS DE MANTENIMIENTO**

Cuando se pone en práctica una política de mantenimiento, ésta implica la existencia de principios que rigen un Plan de Operaciones<sup>13</sup>. Estos principios deben ser entendidos y asimilados por el personal involucrado, al mismo tiempo que tienen que regir la forma de como efectuar su trabajo. La tarea de crear una política de mantenimiento parte de la alta gerencia, la misma que tiene el deber de difundir y hacer cumplir cada uno de estos principios. Los principios básicos que rigen un mantenimiento orientado a la producción son

---

<sup>13</sup> Muchas empresas constructoras en el Perú, tales como GYM, COSAPI, SVC, han desarrollado un Plan de Operaciones para el mantenimiento de sus maquinarias. Este en su mayoría ha sido implementado con un Sistema Informático; lo que ha permitido una mejor gestión de mantenimiento de sus maquinarias.

propios de cada empresa, sin embargo se considera que los siguientes principios son los más acertados:

1. Reducir los tiempos muertos de la MP.
2. Tener un rendimiento normal de la MP en sus ciclos de producción.
3. Evitar el mal funcionamiento de la MP.
4. Se debe hacer una gestión racional de los repuestos.
5. Orden y Limpieza.
6. Los operadores son parte del Mantenimiento.

Una política se debe de complementar con una estrategia de aplicación, la misma que sea adaptable y efectiva para los fines que se persigue. Esta debe ser traducida a unos requisitos básicos de implementación que orienten al diseño óptimo de un sistema.

#### **1.3.4 REQUISITOS BASICOS PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO**

La experiencia ha demostrado, que un Sistema de Mantenimiento para su óptimo funcionamiento requiere ser implementado cumpliendo ciertos requisitos básicos; entendiéndose como básicos, aquellos que son fundamentales para alcanzar un mínimo nivel de confiabilidad del sistema y que asegure un adecuado nivel de mantenimiento de la maquinaria. El no cumplimiento de alguno de estos requisitos, motivará un análisis superficial y en oportunidades erróneo, que tendrá como consecuencia un aumento de los costos, ya sea por efectuar reparaciones innecesarias o inadecuadas, como por estar expuesto a fallas progresivas, que en oportunidades tendrán consecuencias catastróficas.

Estos requisitos o requerimientos pueden ser definidos como sigue:

a.- Estudio de la organización, definiendo necesidades, capacidades y tipos de administración interna. En suma conocer la estructura interna en la cual se implementará el sistema.

b.- Creación del equipo técnico-administrativo con el cual se trabajará el sistema, definiendo las responsabilidades del personal para la implementación del sistema.

c.- Análisis de la maquinaria, definiendo técnicas de diagnóstico y la forma de aplicación de estas. En este sentido, es menester señalar que las técnicas a implementar serán analizadas para cada máquina en particular, ya que las características propias de ella determinarán la mejor forma en las que pueden ser analizadas.

d.- Asignación y capacitación del personal acorde a sus funciones en el proceso de mantenimiento. Será necesario definir los perfiles técnico - profesionales de cada integrante del departamento de mantenimiento, a fin de determinar la capacitación requerida por cada uno de ellos. Hincapié se debe hacer en señalar la necesidad de contar con personal idóneo en el análisis y diagnóstico de la maquinaria, debiéndose resaltar la gran importancia que posee esta experiencia para el sistema. El departamento de mantenimiento a su vez divide sus responsabilidades en varias secciones, así tenemos por ejemplo:

- Sección Mecánica: conformada por aquellos encargados de instalar, mantener, y reparar las maquinarias y equipos mecánicos.
- Sección Eléctrica: conformada por aquellos encargados de instalar, mantener, y reparar los mandos eléctricos, generadores, subestaciones, y demás dispositivos de potencia.
- Sección Electrónica: conformada por aquellos encargados del mantenimiento de los diversos dispositivos electrónicos.
- Sección Informática: tienen a su cargo el mantener en un normal desarrollo las aplicaciones de software.
- Sección Civil: conformada por aquellos encargados del mantenimiento de las construcciones, edificaciones y obras civiles necesarias para albergar a la MP.

e.- Adquisición de equipamiento que permita la óptima implementación del sistema. Especial cuidado se deberá tener en las capacidades de los equipos y en su adecuada compatibilidad con el equipamiento computacional existente en la organización<sup>14</sup>.

f.- Implementación de un procedimiento de Mejora Continua. Un sistema puede fracasar si no se mejora continuamente, esto parte de que el mejor de los planes puede fallar, si no se tienen procedimientos y metodologías para corregir las fallas y desviaciones de lo planeado e incrementar la productividad.

Una metodología que permite incrementar la productividad y mejorar los procesos de un Sistema de Mantenimiento es la “Estrategia de las Cinco S”, que fue desarrollada en Japón como un movimiento de mejora de la calidad. Sus objetivos principales son eliminar los obstáculos que impidan una producción eficiente, lo que implica también una mejor higiene y seguridad durante los procesos productivos, algo que es vital en los trabajos de mantenimiento de MP.

Se llama “Estrategia de las Cinco S” porque representan acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienza por la letra “S”. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar. Estas cinco palabras son:

- Clasificar. (Seiri)
- Orden. (Seiton)
- Limpieza. (Seiso)
- Limpieza Estandarizada. (Seiketsu)
- Disciplina. (Shitsuke)

---

<sup>14</sup> Este ítem, dentro de la implementación de un sistema de Control, es el que ha motivado la elaboración de esta TESIS.

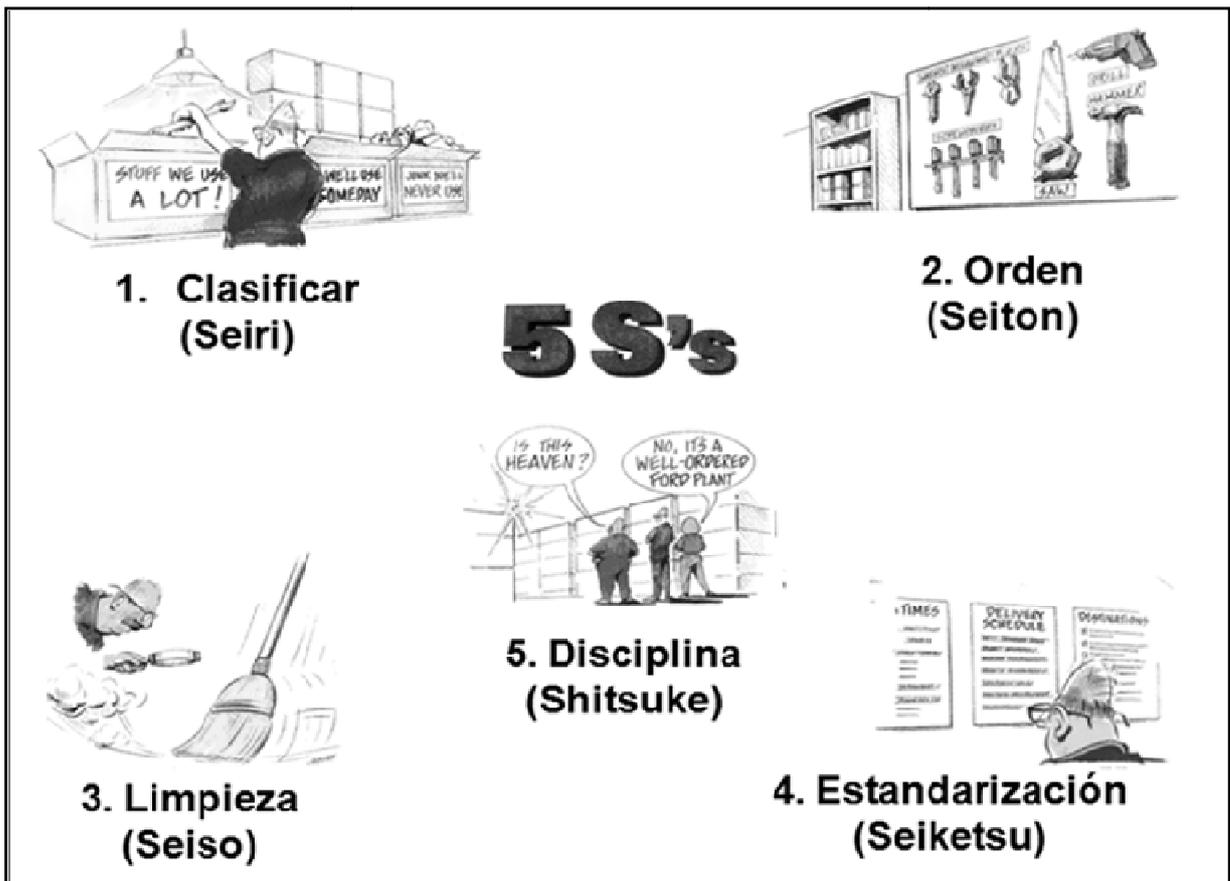
Las Cinco "S" son el fundamento del modelo de productividad industrial creado en Japón y hoy aplicado en empresas occidentales, así todos los no japoneses practicamos las cinco "S" en nuestra vida personal y en numerosas oportunidades no lo notamos. Practicamos el "Seiri" y "Seiton" cuando mantenemos en lugares apropiados e identificados los elementos como herramientas, extintores, basura, toallas, libretas, reglas, llaves etc.

Cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza perderemos la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce. Esto es el principio de la Cinco "S". Ver Gráfico N° 1.09.

En el cuadro N° 1.03, se muestra las etapas para la implementación de un sistema de mantenimiento, en función de los requisitos básicos expuestos.

**Gráfico N°1.09**

**Principios de la Estrategia de las Cinco "S"  
Alternativa para Implementar una Gestión de Mantenimiento**



**Fuente:** P.L.I. Carlos Juan Diego Mis Báez. – México – 2009.

**CUADRO N° 1.03**

**FASE Y ETAPAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO**

<b>FASE</b>	<b>ETAPA</b>
Preparación	Decisiones de la Alta Gerencia de implantar un Sistema de Mantenimiento
	Determinación de los Principios que regirán el Sistema de Mantenimiento
	Formación de Grupos de Apoyo
	Análisis de las condiciones existentes
	Diagnóstico
	Planificación
Implantación	Capacitación y Motivación
	Adquisición y Equipamiento
	Implantación de personal
	Registro de los ratios e indicadores
	Aplicación del mantenimiento autónomo por parte de los operadores
	Implementación de las 5 "S"
	Aplicación de mantenimiento planificado
Evaluación	Análisis de resultados obtenidos
Estandarización	Estandarización de los resultados
	Inicio de un nuevo proceso de mejora continua

**Fuente:** SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje), *Manual de Mantenimiento de Fedemetal*, 1986, Bogotá D.C. – COLOMBIA.

## CAPITULO II

### TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION: COMUNICACION TELEMATICA Y GEOREFERENCIACION

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

Para un mejor entendimiento del presente capítulo es preciso definir a la TELEMATICA, como la ciencia que trata la comunicación de datos entre dispositivos informáticos distantes; al mismo tiempo se entiende como GEOREFERENCIACIÓN al posicionamiento de un objeto espacial en la corteza terrestre expresado en un sistema de coordenadas normalizado.

Todos los días las personas emplean las telecomunicaciones en las actividades personales y de trabajo. Siempre utilizamos el teléfono para tener conversaciones a distancia y poco a poco estamos integrando a una sociedad en la cual la computadora personal y la transferencia de información juegan un papel muy importante de desarrollo.

La telefonía inalámbrica se ha vuelto más popular y la oportunidad de comunicarse sin límites desde cualquier lugar es cada vez más atractiva en la operatividad de los negocios, inclusive ya en muchos países del mundo gran cantidad de personas trabajan desde su casa (Telecommuting)<sup>15</sup> gracias a una nueva infraestructura de manejo de información, la cual posteriormente va a desarrollarse en el concepto de “Oficina Virtual”.

La realidad virtual y los servicios de multimedia participan cada vez más en la cultura de visualización y entendimiento de la información, proporcionándonos la oportunidad de “entrar” a un mundo de “datos” dentro de la computadora y “transportarnos” en ella hacia donde queramos.

Las diferentes opciones de transferencia de información convertirán a la computadora personal en algo más que una herramienta útil en el proceso de comunicación, la harán indispensable en el manejo de las tareas diarias en la transmisión de audio, datos e imágenes; estos avances tecnológicos en el hogar y en la oficina serán posibles bajo un esquema ordenado de comunicación sin fronteras en conectividad digital.

Toda la información se transmitirá como datos a los diferentes puntos de una red pública o privada, por lo cual es necesario tener una preparación específica para comprender estos cambios de acuerdo a nuestro papel en el desarrollo de los mismos, como usuarios, integradores o diseñadores en este tipo de redes.

Estas redes tienden a ser cada vez más veloces, de gran amplitud de transmisión y de costos aceptables, para que su uso sea difundido en la sociedad en general. Los sistemas inalámbricos de transmisión de datos, son así utilizados para resolver los problemas de comunicación en donde es casi imposible o muy costosa tender una red de cables. El uso de sistemas inalámbricos de transmisión de datos se ha hecho cada vez más común en nuestra sociedad, no es raro ver ahora personas que pueden enviar mensajes multimedia<sup>16</sup> desde teléfonos celulares a cualquier otro en el mundo en “tiempo real”; como también actualmente se puede realizar llamadas desde cualquier punto de la tierra utilizando teléfonos satelitales.

---

<sup>15</sup> **Telecommuting**, es término que se refiere a ejecutar un determinado trabajo desde una ubicación remota.

<sup>16</sup> **Multimedia**, es un sistema que utiliza más de un medio de comunicación al mismo tiempo en la presentación de la información, como el texto, la imagen, la animación, el video y el sonido.

Las necesidades de conectividad, localización, comunicación y seguridad fundamentalmente han hecho posible el desarrollo de los sistemas de posicionamiento global, que permite ubicar objetos y personas en cualquier punto de la tierra, esto con la ayuda de satélites en orbitas establecidas. El origen de esta tecnología, si bien es cierto se ha desarrollado en el campo militar con fines estratégicos, ahora la sociedad lo usa mas con la finalidad de resolver problemas comunes como navegación, salvamento, topografía y geodesia, búsqueda y administración de vehículos y flotas, en la medicina como localizador de enfermos y discapacitados, en la geomática<sup>17</sup>, geocaching<sup>18</sup>; entre otras aplicaciones.

El gran impacto del sistema de posicionamiento global GPS<sup>19</sup>, y su importancia estratégica que representa para un país y por la muchas aplicaciones que la sociedad ha puesto en práctica es que actualmente se están desarrollando otros sistemas de posicionamiento global tales como el GLONASS gestionado por la Federación Rusa y el Sistema GALILEO de la Unión Europea; con lo que podemos adelantarnos a que las aplicaciones de los sistemas globales van a abarcar gran parte de nuestras actividades en el campo de la ingeniería, industria, seguridad y recreación.

## 2.2 TELEMATICA

### 2.2.1 CONCEPTOS RELACIONADOS A TELEMATICA

#### TELECOMUNICACION

La telecomunicación (del prefijo griego tele, "Distancia" o "Lejos", "comunicación a distancia") es una técnica consistente en transmitir un mensaje desde un punto a otro, normalmente con el atributo típico adicional de ser bidireccional. El término telecomunicación cubre todas las formas de comunicación a distancia, incluyendo radio, telegrafía, televisión, telefonía, transmisión de datos e interconexión de ordenadores.

Gráfico N°2.1

#### PROCESO GENERAL DE LA COMUNICACIÓN ENTRE TERMINALES DISTANTES



**Fuente:** Alcalde Eduardo, García Jesús – *Introducción a la Teleinformática* – Mc. Graw Hill – España – 1995.

<sup>17</sup> **Geomática**, es un término científico moderno, considerado a menudo como una rama de la geografía; que hace referencia a un conjunto de técnicas en las cuales se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica.

<sup>18</sup> **Geocaching**, es un término que se refiere a la actividad recreativa de esconder y encontrar tesoros, en cualquier lugar, con la ayuda de GPS.

<sup>19</sup> **GPS**, son las letras iniciales que significan "Global Positioning System" o "Sistema de Posicionamiento global", sistema que fue desarrollado, instalado y actualmente operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

La base matemática sobre la que desarrollan las telecomunicaciones fue desarrollada por el físico inglés James Clerk Maxwell. Maxwell, quien declaró que su principal tarea consistía en justificar matemáticamente conceptos físicos descritos hasta ese momento de forma únicamente cualitativa, como las leyes de la inducción electromagnética y de los campos de fuerza, enunciadas por Michael Faraday. Con este objeto, introdujo el concepto de onda electromagnética, que permite una descripción matemática adecuada de la interacción entre electricidad y magnetismo mediante sus célebres ecuaciones que describen y cuantifican los campos de fuerzas. Maxwell predijo que era posible propagar ondas por el espacio libre utilizando descargas eléctricas, hecho que corroboró Heinrich Hertz en 1887, ocho años después de la muerte de Maxwell, y que, posteriormente, supuso el inicio de la era de la comunicación rápida a distancia. Hertz desarrolló el primer transmisor de radio generando radiofrecuencias entre 31 MHz y 1.25 GHz.

Los elementos fundamentales en un proceso de telecomunicación se describen en el Gráfico N° 2.01.

### **TELEMETRIA**

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia un operador del sistema. La palabra telemetría procede de las palabras griegas tele ("lejos") y metron ("medida")<sup>20</sup>.

La telemetría es un conjunto de procedimientos para medir magnitudes físicas y químicas desde una posición distante al lugar donde se producen los fenómenos cuando existen limitaciones de acceso<sup>21</sup>.

El envío de información hacia el operador en un sistema de telemetría se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros medios (teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, etc.)

Los equipos de telemetría obtienen la información mediante transductores que transforman las magnitudes físicas a señales eléctricas equivalentes, que son enviadas al punto de observación mediante ondas eléctricas para su recogida y análisis.

La telemetría se utiliza en grandes sistemas, tales como las naves espaciales o las plantas químicas, debido a que facilita la monitorización automática y el registro de las mediciones, así como el envío de alertas, con el fin de que el funcionamiento sea seguro y eficiente.

### **RADIOFRECUENCIA**

El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción del espectro electromagnético en el que se pueden generar ondas electromagnéticas aplicando corriente alterna a una antena.

(Ver en Anexo 2.01 - "Frecuencias y Ancho de Banda")<sup>22</sup>.

---

<sup>20</sup> Obtenido de "<http://es.wikipedia.org/wiki/Telemetr%C3%ADa>"

<sup>21</sup> Obtenido de "[http://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n\\_meteorol%C3%B3gica](http://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_meteorol%C3%B3gica)"

## **ANTENA**

Conjunto de conductores debidamente asociados, que se emplea tanto para la recepción como para la transmisión de ondas electromagnéticas, que comprenden los rayos gamma, los rayos X, la luz visible y las ondas de radio.

## **ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS**

El principio de la transmisión de ondas electromagnéticas se basa cuando los electrones oscilan en un circuito eléctrico, parte de su energía se convierte en radiación electromagnética. La frecuencia (la rapidez de la oscilación) debe ser muy alta para producir ondas de intensidad aprovechable que, una vez formadas, viajan por el espacio a la velocidad de la luz. Cuando una de esas ondas encuentra una antena metálica, parte de su energía pasa a los electrones libres del metal y los pone en movimiento, formando una corriente alterna cuya frecuencia es la misma que la de la onda. Este es, sencillamente, el principio de la comunicación por radio.

## **RADIOTELEMETRÍA**

Es la presentación de información automáticamente detectada o medida desde una ubicación remota usando radiación electromagnética como medio de transmisión desde la fuente original hacia un receptor<sup>22</sup>.

## **TELEMANDO, TELECOMANDO**

Telemando o Telecomando se define como la utilización de las telecomunicaciones para la transmisión de señales destinadas a iniciar, modificar o detener a distancia el funcionamiento de los dispositivos de un equipo.<sup>23</sup>

## **PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN**

Es la codificación para la transmisión y recepción de mensajes de los datos en la red física. También es llamado en el lenguaje común como el “idioma” de la comunicación.

Un protocolo puede describir quién envió el mensaje y a quien va dirigido, el significado de los datos en el mensaje y la información de la comprobación para asegurar que el mensaje llegue completo y sin errores.

El transmisor y receptor de los datos deben usar el mismo protocolo para que ambos entiendan el mensaje de los datos<sup>22</sup>.

## **PLC “Programmable Logic Controller “**

---

<sup>22</sup> QTech DATRAN Product Range, June 2002

<sup>23</sup> Ministerio de Comunicaciones – Colombia. (Resolución 000797 de 08 de junio de 2001)

Es el dispositivo remoto responsable de adquirir la información "real", típicamente de los dispositivos del campo; prepara (y en algunos casos interpreta) los datos de los dispositivos del campo y les da un formato según un protocolo de comunicación<sup>22</sup>.

La Terminología básica de estos dispositivos es:

*Entradas (I)* : Cosas que monitoreamos p.e. Niveles, Fallas

*Salidas (O)* : Cosas que controlamos p.e. Arranque/Parada, Apertura/Cierre,  
*Analógico* : Valores variables p.e. corriente, voltaje

*Digital* : Encendido o Apagado

### **SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)**

*(El sistema SCADA o Control supervisor y adquisición de datos)*

Comprende todas aquellas soluciones de aplicación para referirse a la captura de información de un proceso o planta industrial (aunque no es absolutamente necesario que pertenezca a este ámbito), para que, con esta información, sea posible realizar una serie de análisis o estudios con los que se pueden obtener valiosos indicadores que permitan una retroalimentación sobre un operador o sobre el propio proceso, tales como:

- a) Indicadores sin retroalimentación inherente (no afectan al proceso, sólo al operador):
  - o Estado actual del proceso. Valores instantáneos;
  - o Desviaciones del proceso. Evolución histórica y acumulada;
- b) Indicadores con retroalimentación inherente (afectan al proceso, después al operador):
  - o Generación de alarmas;
  - o HMI "Human Machine Interface" (Interfaces hombre-máquina);
  - o Toma de decisiones: Mediante operatoria humana o Automática (mediante la utilización de sistemas basados en el conocimiento o sistemas expertos).

### **SISTEMA TELEMÁTICO**

Sistema formado por equipos informáticos interconectados por una *Red de Telecomunicaciones* (constituida por circuitos, equipos de transmisión y equipos de conmutación).

#### **2.2.2 DEFINICIÓN DE TELEMÁTICA**

TELEMÁTICA es una disciplina científica y tecnológica que surge de la evolución de la telecomunicación y de la informática. El término Telemática se acuñó en Francia (*télématique*) en 1976, en un informe encargado por el presidente francés y elaborado por Simón Nora y

Alain Minc (conocido como informe Nora-Minc y distribuido por el título: "Informatización de la Sociedad") en el que se daba una visión increíblemente precisa de la evolución tecnológica futura.

Ahora bien, el concepto, como se indica en este informe, también puede ligarse a un origen estado-unidense: "*communication*". No obstante, no es casualidad la diferencia entre los términos: responden a contextos diferentes; en efecto, hay matices claves a distinguir. Para aclarar esto, conviene situarse en el contexto de la época: por una parte Francia, ponía claro énfasis en las telecomunicaciones como motor de su transformación social (1976), mientras que EE.UU estaba viviendo una gran revolución de la informática. Así, *communication* apunta a un modelo con mayor relevancia de los sistemas informáticos; telemática (télématique) por su parte, refiere a un mayor énfasis en los sistemas telecomunicantes. La Telemática se centra en el estudio, diseño y gestión de las redes y servicios de comunicación de datos, transportando texto, audio, vídeo<sup>24</sup>.

El Ing. José Ramon Olalla Asesor de NNYT C.P.R. Catalayud España - 1995, define como telemática a la transmisión de datos a distancia entre y por medio de ordenadores. Pero esta definición dice, aparentemente, poco del concepto de telemática y menos de su aplicación en el medio educativo. Si sustituimos el vocablo transmisión por el concepto de comunicación, comprendemos la palabra datos en un sentido amplísimo y sobreentendemos que tras los equipos informáticos hay personas, el concepto adquiere otro significado: "La comunicación entre personas utilizando el ordenador como medio".

El autor Ing. Raúl Sanz de la Universidad de Valladolid – España, define el origen de la palabra "Telemática" a la yuxtaposición de los términos TELECOMUNICACIONES + INFORMÁTICA y la conceptualiza como la ciencia que estudia el conjunto de técnicas que será necesario utilizar para poder transmitir datos, tanto a lugares remotos, como dentro de un sistema informático.

Alcalde y M.L García, define a Telemática como la técnica que trata la comunicación de datos y la realización de procesos entre equipos informáticos distantes.

En resumen, la telemática se define como:

La ciencia que trata el estudio de la comunicación de datos (texto, audio, imágenes y video), entre dispositivos informáticos distantes.

### 2.2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS TELEMÁTICOS

En función de su área de implantación: (área geográfica de cobertura)

- < 1cm : Circuito integrado (hay una transmisión de datos)
- < 10cm : Tarjeta (circuito impreso)
- < 1m : Equipo electrónico (hay una comunicación por buses<sup>25</sup>)

<sup>24</sup> Obtenido de : <http://es.wikipedia.org/wiki/Telem%C3%A1tica>

<sup>25</sup> **BUS**, palabra inglesa que significa "transporte". En informática es un dispositivo que puede conectar lógicamente varios periféricos (o computadores) sobre el mismo conjunto de cables.

- < 100m : Oficina, laboratorio (LAN)
- < 3km : Nave industrial (LAN)
- <10km : Campus universitario, complejo industrial (LAN)
- <100km : Ciudad (WAN = Red de área ancha)
- <1000km: País, continente, etc (WAN)

LAN = Local Area Network

WAN = Red de Área Amplia

#### 2.2.4 COMPONENTES DE UN SISTEMA TELEMÁTICO

En cualquier sistema telemático se van a distinguir dos elementos principales:

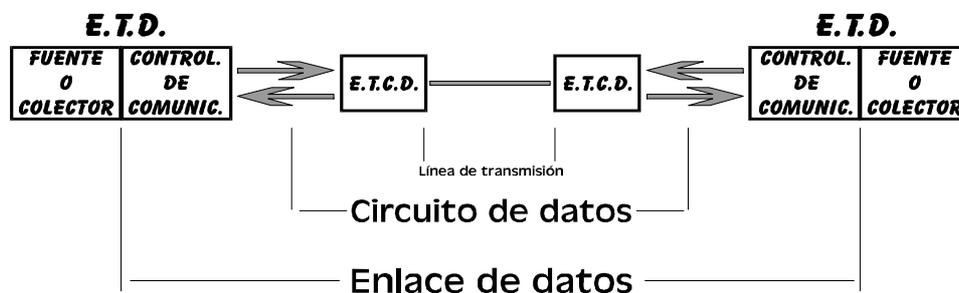
- ORDENADORES O SISTEMAS FINALES (HOST'S): sobre los cuales se ejecutan los programas de usuario.
- SUBRED DE COMUNICACIONES: Es la red de comunicación que interconecta esos ordenadores. Está formada por un conjunto de nodos interconectados y su misión es llevar mensajes de un ordenador a otro. Se compone de :
  - a) Nodos de conmutación: Son ordenadores especializados en conectar dos o más líneas de transmisión. Su función es recibir datos por una línea de entrada y mandarlos por otra de salida.
  - b) Líneas de transmisión: Son enlaces que unen entre sí los nodos de conmutación.

#### 2.2.5 ELEMENTOS DE LA COMUNICACIÓN TELEMÁTICA

Los elementos que definen una comunicación telemática se pueden esquematizar en el Gráfico N° 2.02.

Gráfico N°2.02

#### ELEMENTOS DE LA COMUNICACIÓN TELEMÁTICA



**Fuente:** Alcalde Eduardo, García Jesús – Introducción a la Teleinformática – Mc. Graw Hill – España – 1995.

- ETD (Equipo terminal de datos): Fuente o destino de la información. Realiza también tareas de control de comunicación. Suele ser un ordenador más o menos potente (HOST).
- ETCD (Equipo terminal de circuito de datos): Transforma las señales portadoras de información procedentes del ETD en otras señales susceptibles de ser enviadas por los medios de transmisión.
- LINEAS DE TRANSMISIÓN: Conjunto de medios de transmisión que unen los ETCD. Deberán de cumplir una serie de especificaciones.
- CIRCUITO DE DATOS: Unión entre los ETD's. Formado por los ETCD y las líneas de transmisión.
- ENLACE DE DATOS: Unión entre la fuente y el colector de datos. Formado por los controles de comunicación, los ETCD y las líneas de transmisión.

### 2.2.6 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA TELEMÁTICO

Arquitectura, aplicado a un sistema telemático significa el conjunto de reglas que gobiernan las relaciones e interacciones entre los distintos componentes de un sistema.

Una arquitectura nos va a indicar claramente cuáles son las distintas partes que componen una organización, como se relacionan entre ellas, pero no como tienen que trabajar. Es el conjunto de reglas que gobiernan la conexión e interacción entre los distintos niveles en que se divide el problema de la interconexión de ordenadores.

Mediante una arquitectura basada en niveles se reduce la complejidad del conjunto, se mejora la gestión, se dividen responsabilidades y se puede ampliar modularmente cualquier nivel.

### 2.2.7 ORGANISMOS DE NORMALIZACIÓN

IBM comenzó dando soluciones monofórmes, específicos para un determinado problema y para una determinada empresa. Así llegó a tener más de 100 protocolos diferentes.

El problema empeoró al intentar conectar máquinas IBM con DIGITAL, HP, y otras marcas. Cada fabricante trató de resolver el problema de la comunicación con una solución propia.

Surgió, entonces, la necesidad de dar una solución única, sin beneficio particular, y que la usaran todos los fabricantes y usuarios.

Por ello surgieron organismos de normalización que trataron de dar esa solución única.

- **ISO (Organismo Internacional de Normalización) :**

Es el primero de ellos, y es una federación de organismos nacionales de normalización que se encargan de elaborar normas internacionales de todo tipo (p.ej. la norma ISO-9000 define aspectos de calidad).

En el área de la telecomunicación, ISO ha creado unos comités técnicos que desarrollan grandes áreas de trabajo. P.ej. TC97 es el comité técnico que trata sobre computadoras y tratamiento de la información.

A su vez, el comité técnico se divide en subcomités que hacen estudios específicos, como el SC16, que trata sobre interconexión de sistemas abiertos, cuyo trabajo creó la especificación OSI.

Estructuraron jerárquicamente esa arquitectura en 7 niveles, cada uno con una función distinta y complementaria del resto; un primer nivel se encargará de la relación con el usuario; los siguientes tres niveles dan una solución informática al problema de la transmisión de datos y los posteriores tres tratarán los problemas específicos de la transmisión de datos (problemas de comunicaciones); estos siete niveles son los siguientes:

- Nivel 1 (nivel físico)
  - Nivel 2 (nivel de enlace)
  - Nivel 3 (nivel de red)
  - Nivel 4 (nivel de transporte)
  - Nivel 5 (nivel de sesión)
  - Nivel 6 (nivel de presentación)
  - Nivel 7 (nivel de aplicación)
- **CCITT (ahora denominado ITU) :**

Su sección de telecomunicaciones se denomina ITU-T y la de radio ITU-R.

Depende de la ONU. Sus miembros son los gobiernos (hasta hace poco, las compañías telefónicas nacionales).

- **EIA (Asociación de Industrias Telefónicas) :**

Es una asociación estadounidense de fabricantes de equipos electrónicos creada para reducir precios y aumentar sus ventas.

Sus normas se nombran por RSnnn. P.ej. RS232-C define la conexión serie entre ordenadores.

- **IFIP (Federación Internacional para el Tratamiento de la Información) :**

A ella pertenecen grandes usuarios y fabricantes. Suele organizar los congresos más importantes sobre comunicación de datos. También suelen establecer bases para desarrollo de normas ISO.

- **ECMA (Asociación Europea de Fabricantes de Ordenadores) :**

Realizan normas no oficiales, pero que pueden servir de base para normas de ITU-T o ISO.

- **IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) :**

Creó un comité de mucha importancia, el 802, que estandarizó las normas para redes de área local, creando la IEEE 802.2, 802.3 y 802.4, que posteriormente copió literalmente ISO.

Es muy importante, y tiene mucho peso (publicaciones, congresos, etc).

## **2.2.8 TRANSFERENCIA DE DATOS – REDES INFORMATICAS**

El desarrollo de las redes informáticas posibilitó su conexión mutua y, finalmente, la existencia de Internet, una red de redes gracias a la cual una computadora puede intercambiar fácilmente información con otras situadas en regiones lejanas del planeta.

La información a la que se accede a través de Internet combina el texto con la imagen y el sonido, es decir, se trata de una información multimedia, una forma de comunicación que está conociendo un enorme desarrollo gracias a la generalización de computadores personales dotadas del hardware y software necesarios.

Las redes constan de dos o más computadoras conectadas entre sí y permiten compartir recursos e información. La información por compartir suele consistir en archivos y/o datos. Los recursos son los dispositivos o las áreas de almacenamiento de datos de una computadora, compartida por otra computadora mediante la red. La más simple de las redes conecta dos computadoras, permitiéndoles compartir archivos e impresos.

### **DESARROLLO DE LA REDES DE COMUNICACIÓN DE DATOS**

Una de las características más notables en la evolución de la tecnología de las computadoras es la tendencia a la modularidad. Los elementos básicos de una computadora se conciben, cada vez más, como unidades dotadas de autonomía, con posibilidad de comunicación con otras computadoras o con bancos de datos.

La tecnología electrónica, con sus microprocesadores, memorias de capacidad cada vez más elevada y circuitos integrados, hace que los cambios en el sector de las comunicaciones puedan asociarse a los de las computadoras, porque forma parte de ambos. Hace ya algún tiempo que se están empleando redes telefónicas para las comunicaciones de textos, imágenes y sonidos. Por otro lado existen redes telefónicas, públicas y privadas, dedicadas solamente a la transmisión de datos. Ejem RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), ADLS (Acceso Digital Simétrico por línea telefónica).

Mediante el teléfono de nuestra casa se puede establecer comunicación con cualquier lugar del mundo, marcando las claves correctas. Si se dispone de la ayuda de una computadora, conectada a la línea telefónica mediante un modulador / desmodulador (MODEM)<sup>26</sup>, se puede comunicar con otras computadoras que dispongan de los mismos elementos.

Cada día existe más demanda de servicios de telecomunicación entre computadoras, y entre éstas y terminales conectados en lugares alejados de ellas, lo cual abre más el abanico de

---

<sup>26</sup> **Modem**, palabra que proviene de la palabra modulador y emulador; es un dispositivo que permite modular datos en señales telefónicas y demular las mismas.

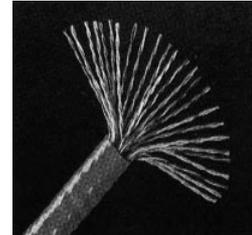
posibilidades de la conjunción entre las comunicaciones y la computación o informática, conjunción a la que se da el nombre de telemática.

## 2.2.8.1 MEDIO DE TRANSFERENCIA DE DATOS EN REDES

### a) Medios Físicos de Transferencia de datos

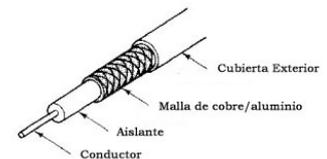
#### 1. El cable para Trenzado

Es de los más antiguos en el mercado y en algunos tipos de aplicaciones es el más común. Consiste en dos alambres de cobre o a veces de aluminio, aislados con un grosor de 1 mm aproximadamente.



#### 2. El cable coaxial.

El cable coaxial tuvo una gran utilidad en sus inicios por su propiedad idónea de transmisión de voz, audio y video, además de textos e imágenes.



#### 3. Fibra Óptica:

A partir de 1970, cables que transportan luz en lugar de una corriente eléctrica. Estos cables son mucho más ligeros, de menor diámetro y repetidores que los tradicionales cables metálicos. Además, la densidad de información, que son capaces de transmitir es también mucho mayor.



### b. Medios Remotos de Transferencia de datos – Enlaces Inalámbricos

#### 1. Trayectorias ópticas (láser, infrarrojos):

Lo usamos donde no podemos poner un cable, por ejemplo entre 2 edificios cercanos. Este medio de transmisión es barato, de fácil instalación, y sin trámites legales; la distancia máxima es de 4km y es inmune a las interferencias eléctricas, pero no lo son a la atmósfera pues se puede tener caídas con niebla y lluvia. Para el correcto uso los infrarrojos tienen que tener una visión directa. La velocidad de transferencia es de 8mbps.

Gráfico N°2.03

### TRANSFERENCIA DE DATOS VIA INFRAROJOS



Fuente: [www.aving.network.com](http://www.aving.network.com)

## **2. Microondas:**

Se emplean mediante el uso de una antena parabólica situada en una torre alta con visión directa de otra antena situada a una distancia máxima de 80 a 100km.

Se usa mucho en enlaces punto a punto entre edificios cercanos, así como para la transmisión de tv y telefonía. Las frecuencias que emplea son de 2 a 40ghz; tiene el problema de atenuación cuando la lluvia es muy intensa.

## **3. Radio:**

Hay varias formas de transmisión vía radio.

### **Onda superficial:**

Frecuencias: de 3khz a 30khz.

Distancia: 100km

### **Reflexión ionosférica:**

Se refleja en una capa de la atmósfera ionizada por el sol (capa e,f)

Frecuencias: de 3mhz a 30mhz

### **Onda espacial:**

La propagación se va a realizar en las capas bajas de la atmósfera (visión directa o reflexión en la tierra)

Frecuencias: de 30mhz a 30ghz

### **Onda extraterrestre:**

Se atraviesa la atmósfera hasta un satélite situado en la ionosfera

Frecuencias: hasta 36ghz

## **4. Vía satélite:**

Emplean frecuencias muy altas que se reflejan en el espacio a 36 km de altura, mediante un satélite en órbita geoestacionaria (tarda 24 horas en dar una vuelta a la tierra). Se emplean 3 bandas:

- Banda c: 3-7 ghz. antenas de 30m de diámetro
- Banda ku: 12-14 ghz. antenas de 80 cm de diámetro (usado por vsat)
- Banda k: 20-30 ghz

Con la telefonía celular se han desarrollado nuevas tecnologías para la transmisión inalámbrica de datos; los mismos que en la actualidad están en desarrollo y en proceso de normalización y/o estandarización. Entre las tecnologías celulares comunes tenemos: CDMA, GSM, GPRS, TDMA, CDPD. (Ver Anexo 2.02 *Tecnologías de Transferencia de Datos Inalámbricos por Telefonía Celular*)

### 2.2.8.2 TIPOS DE SEÑALES PARA TRANSFERENCIA DE DATOS

#### a) Transmisión Analógica.-

La señal es de forma continua, con un número infinito de niveles.

#### b) Transmisión Digital.-

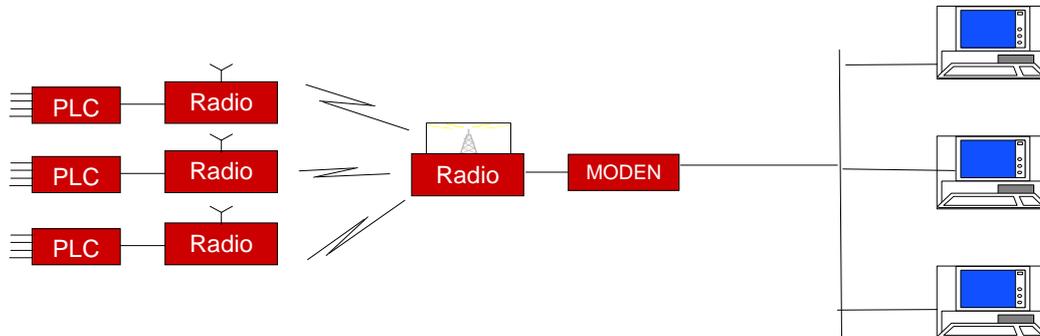
Las señales vienen definidas por un número discreto de valores o estados, el 0 y el 1.

### 2.2.9 TELEMETRÍA Y TELEMÁTICA

Como habíamos definido a la telemetría como la tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el envío de datos hacia un operador de un sistema; y también habíamos definido a Telemática como el uso de ordenadores para transmitir datos (texto, audio, imagen) hacia lugares remotos o hacia un sistema informático. Entonces se considera a un dispositivo telemétrico como parte integrante de un sistema telemático. Así podemos esquematizar en el Gráfico N° 2.04.

**Gráfico N°2.04**

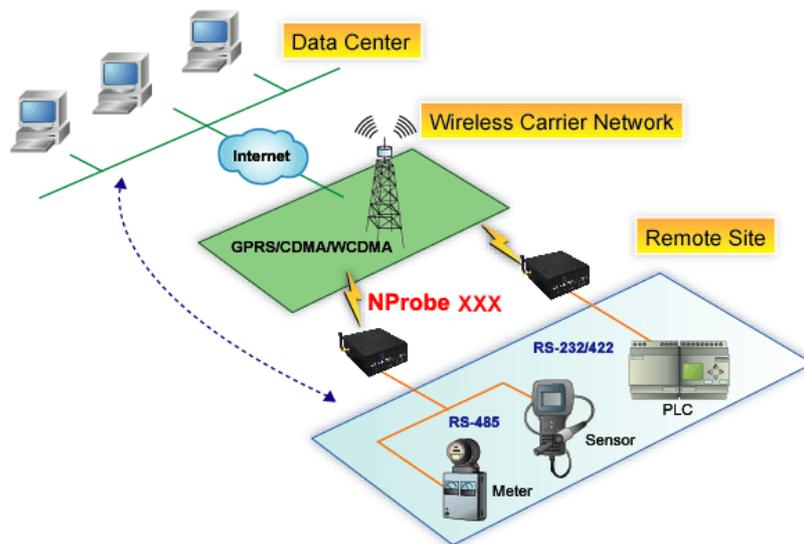
#### **ESQUEMA DE INTEGRACIÓN DE DISPOSITIVOS TELEMÉTRICOS A UN SISTEMA TELEMÁTICO**



**Fuente:** Qtech DATRAN - Product Range, Junio 2002.

Gráfico N°2.05

### INTEGRACIÓN DE DISPOSITIVOS TELEMÉTRICOS A UN SISTEMA TELEMÁTICO



**Fuente:** GeoCOM Wireless Communication Company - [www.mygeocom.com](http://www.mygeocom.com)

Una red telemática no solamente está integrada a ordenadores, existen también dispositivos llamados PLC<sup>27</sup>, los que se encargan de recolectar datos de mediciones físicas, los mismos que se deben transmitir a otros ordenadores o dispositivos con el fin de que esta información sea procesada, interpretada y ordenada, para su uso y difusión por parte de personas.

El Sistema Telemático es adaptable a la misma organización, requiere de dispositivos según las necesidades y problemas propios de cada empresa y/o industria, con lo que se busca automatizar los procesos para que estos se realicen eficaz y eficientemente disminuyendo las posibilidades de errores y aumentando la productividad.

Los equipos de telemetría obtienen la información mediante transductores que transforman las magnitudes físicas a medir en señales eléctricas equivalentes, que son enviadas al punto de observación mediante medios de transferencia de datos ya abordados en el título 2.2.9.

La telemetría debe ser concebida bajo los siguientes principios:

- El transmisor y receptor de los datos deben usar el mismo protocolo para que ambos entienda el mensaje de los datos.
- Hay un número grande de tecnologías de red de comunicación usado con la telemetría. El parámetro de elección de uso de una determinada tecnología se halla básicamente en el costo y el entorno físico donde se efectúa la medición.
- La opción de red de comunicación es crítica al funcionamiento de un sistema de telemetría y puede ser un aspecto costoso.

<sup>27</sup> PLC, siglas en inglés que significan "Programmable Logic Controller", ver ítem 2.2.1.

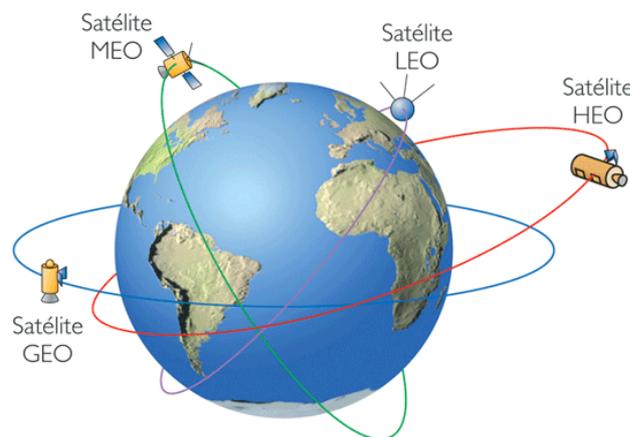
- Los datos enviados deben ser confiables, precisos y entregados en el tiempo preciso.

En la actualidad se usa la telemetría para resolver diversos problemas de las actividades humanas, orientadas básicamente al CONTROL; así podemos poner como ejemplo las siguientes aplicaciones:

- ☞ **Operación de naves espaciales y satélite.-** Las agencias espaciales como la NASA, la ESA y otras, utilizan sistemas de telemetría para operar naves espaciales y satélites desde tierra.

**Gráfico N°2.6**

### **APLICACIÓN DE TELEMETRÍA PARA EL CONTROL DE SATÉLITES**



**Fuente:** <http://www.kalipedia.com/tecnologia/tema/comunicaciones/>

- ☞ **Control y monitoreo de sensores de motores.-** La telemetría permite la transmisión por radio de señales procedente de todo tipo de sensores en los motores, estos pueden monitorear temperatura, presión, torque, fuerza aplicada a un dispositivo, entre otras aplicaciones y se conectan a pequeños emisores que mandan señales inalámbricas a receptores ubicados fuera de la máquina, hasta distancias de 100m; estos sensores y emisores se ubican estratégicamente en partes claves del motor, sin interrumpir las funciones de este (sin cables y pequeños) y se diseñan para resistir altas temperaturas y presiones.
- ☞ **Control de fenómenos meteorológicos.-** Una de las principales aplicaciones de la telemetría es la meteorología; que es la ciencia que trata de la recolección, interpretación, análisis y predicción de fenómenos naturales.

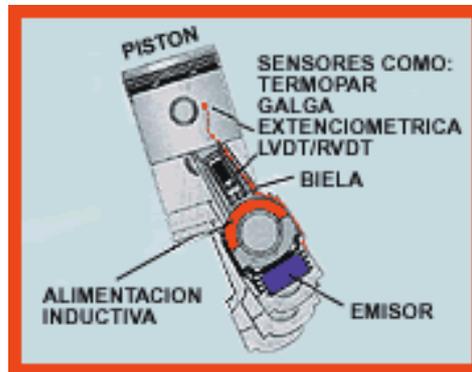
Las diversas aplicaciones de la telemetría en el campo de la meteorología son para resolver el problema de transmisión de datos desde los diversos puntos en donde se halla una estación meteorológica<sup>28</sup> hasta una estación base donde se recolecta, analiza y se interpreta estos datos.

---

<sup>28</sup> **Estación Meteorológica,** es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas (temperatura, presión, precipitación, radiación solar, velocidad y dirección del viento, humedad,

Gráfico N°2.7

**APLICACIÓN DE TELEMETRÍA EN MONITORIO DE MOTORES**



Fuente: <http://www.extern-biosoft.com>

Gráfico N°2.8

**APLICACIÓN DE TELEMETRÍA EN LA METEREOLÓGÍA**



Fuente: <http://www.aseagro.com.ar/clima/adcon.php>.

En la tierra hay muchas estaciones meteorológicas que son instaladas estratégicamente en diferentes puntos de los continentes y los océanos; proporcionando una red amplia de datos; la misma que pueden ser interpolados y digitalizados para obtener mapas climatológicos; los mismos que ayudan a predecir fenómenos naturales de gran envergadura.

---

entre otros). Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos.

Así existen algunos equipos instalados en sondas y globos meteorológicos que permiten obtener medidas de las capas altas de la atmósfera y realizar mapas que ayudan a predecir el clima. Un proceso similar, aunque más sofisticado, es el que realizan los satélites meteorológicos, que obtienen imágenes y medidas tanto de las capas altas de la atmósfera como de la superficie terrestre con imágenes ópticas, en los espectros visible e infrarrojo normalmente. Las señales de los sensores se envían mediante una emisora de radio a la tierra.

☞ **Medicina.-** La telemetría biomédica se puede clasificar en tres grupos, según el tipo de dispositivos telemétricos que se empleen. Estos grupos son los siguientes:

1) Dispositivos puestos en funcionamiento en el interior del organismo vivo, es decir las llamadas endo-radiosondas.

2) Instalaciones de radio de varios canales para medios de investigación y transporte en los que se halla alojado en el cuerpo a examinar, y en las que algunos canales han sido provistos de instalaciones complementarias capaces de transmitir magnitudes biofísicas.

3) Equipos instalados en la superficie del cuerpo que se desea examinar y que son denominados biotelemétricos.

### Gráfico N°2.9

#### APLICACIÓN DE TELEMETRÍA EN LA MEDICINA



**Nota:** Dispositivo BodyPhone permite aplicaciones de **Telemedicina** como por ejemplo el monitoreo cardíaco o pulmonar.

**Fuente:** <http://www.esense.cl/Corbelt.html> (Chile)

☞ **Logística.-** La telemetría es también bien utilizada para el control de flotas ofreciendo múltiples funciones de seguimiento y control de las unidades móviles. Entre sus principales aplicaciones tenemos:

- Envío de posición geográfica en tiempo real, esto siempre y cuando exista un dispositivo GPS en la unidad móvil; el cual está enfocado a una mejor programación y distribución de flotas y aspectos relacionados con la seguridad.
- Realización de procesos de oficina en la unidad móvil, con esto el vehículo pueda ser integrado a los procesos de negocio de la empresa, mediante una conexión continua y directa con la informática central. Esto permite que una unidad móvil sea capaz de tener acceso al sistema de la empresa y pueda realizar facturaciones, consultar inventarios en almacenes, consultar direcciones mediante el uso de mapas, etc.

## **2.3 GEOREFERENCIACION Y COMUNICACIÓN SATELITAL**

### **2.3.1 SISTEMA GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)**

El sistema GPS o Sistema de Posicionamiento Global es un sistema que tuvo sus inicios en 1920, que está compuesto por una red de 24 satélites situados a 20.200 km repartidos en 6 planos orbitales de 4 satélites cada uno de la tierra con trayectorias sincronizadas para cubrir toda su superficie y por otro lado por unos receptores GPS, o terminales receptores que permiten determinar nuestra posición en cualquier lugar del planeta, bajo cualquier condición meteorológica.

La red de satélites es propiedad del Gobierno de los Estados Unidos de América y está gestionado por su Departamento de Defensa.

Un receptor de GPS es básicamente un sistema que permite:

- Calcular nuestra posición actual, con lo que, podemos localizarla en un mapa.
- Guiar o encaminar hacia un destino seleccionado (rutas).
- Guardar nuestra posición actual en memoria para ayudar a volver a ella cada vez que se desee.

Es decir, con el GPS se puede saber dónde se encuentra, dónde estuvo, y hacia dónde se dirige.

### **2.3.2 PRINCIPIOS DEL GPS**

Cada satélite procesa dos tipos de datos: las Efemérides (5 parámetros orbitales Keplerianos) que corresponden a su posición exacta en el espacio y el tiempo exacto en UTC (Universal Time Coordinated). La colección de efemérides de toda la constelación se completa cada 12 minutos y se guarda en el receptor GPS. Cada uno de ellos transmite todos estos datos vía radio en forma ininterrumpida hacia la Tierra.

Cuando se enciende un receptor GPS portátil y se apunta a una antena hacia el cielo, se empieza a captar y recibir las señales de los satélites, empezando por la más fuerte, de manera que puede empezar a calcular la distancia exacta hasta ese satélite, así como saber dónde buscar los demás satélites en el espacio.

El receptor GPS funciona midiendo su distancia de los satélites, y usa esa información para calcular su posición. Esta distancia se mide calculando el tiempo que la señal tarda en llegar al receptor GPS. Conocido ese tiempo y basándose en el hecho de que la señal viaja a la velocidad de la luz (salvo algunas correcciones que se aplican), se puede calcular la distancia entre el receptor GPS y el satélite.

Cada satélite indica que el receptor GPS se encuentra en un punto en la superficie de la esfera con centro en el propio satélite y de radio la distancia total hasta el receptor GPS.

Obteniendo información de dos satélites se nos indica que el receptor GPS se encuentra sobre la circunferencia que resulta cuando se intersecan las dos esferas.

Si adquirimos la misma información de un tercer satélite notamos que la nueva esfera solo corta el círculo anterior en dos puntos. Uno de ellos se puede descartar porque ofrece una posición absurda. De esta manera ya tendríamos la posición en 3-D. Sin embargo, dado que el reloj que incorporan los receptores GPS no está sincronizado con los relojes atómicos de los satélites GPS, los dos puntos determinados no son precisos.

Teniendo información de un cuarto satélite, eliminamos el inconveniente de la falta de sincronización entre los relojes de los receptores GPS y los relojes de los satélites. Y es en este momento cuando el receptor GPS puede determinar una posición 3-D exacta (latitud, longitud y altitud). Al no estar sincronizados los relojes entre el receptor y los satélites, la intersección de las cuatro esferas con centro en estos satélites es un pequeño volumen en vez de ser un punto. La corrección consiste en ajustar la hora del receptor de tal forma que este volumen se transforme en un punto.

### **2.3.3 EXACTITUD DE LOS DATOS DE GPS**

El sistema GPS se reserva la posibilidad de incluir un cierto grado de error aleatorio que puede variar de los 15 a los 100 metros, aunque actualmente no aplique tal error inducido, la precisión intrínseca del sistema GPS depende del número de satélites visibles en un momento y posición determinados. Sin aplicar ningún tipo de corrección y con ocho satélites a la vista, la precisión es de 6 a 15 metros; pero puede obtenerse más precisión usando sistemas de corrección

Las fuentes de error pueden ser:

- Retraso de la señal en la ionosfera y troposfera.
- Señal multirruta, producida por el rebote de la señal en edificios y montañas cercanos.
- Errores orbitales, donde los datos del satélite no son completamente precisos.
- Número de satélites visibles.
- Geometría de los satélites visibles.
- Errores locales en el reloj del GPS.

Si la utilización que fuéramos a dar a nuestro receptor GPS requiriese más precisión aún, casi todas las firmas disponen de dispositivos opcionales DGPS (GPS Diferencial) que

disminuyen el error hasta un margen de 1 a 3 metros. El DGPS consiste en instalar un receptor GPS en una situación conocida, de tal manera que este GPS dará errores de situación al compararlos con su exacta situación, y así poder determinar cuál es el factor de error que está introduciendo cada satélite. Esta información se envía vía radio en una frecuencia determinada que puede ser captada por un receptor diferencial que la introducirá en nuestro GPS (preparado para DGPS) y éste calculará nuestra nueva posición teniendo en cuenta este factor de error.

El sistema de correcciones funciona instalando una estación base en tierra, con coordenadas muy bien definidas, escuchando los satélites GPS, calculando su posición por los datos recibidos de los satélites y verificando la posición verdadera y la calculada, estimando el error en cada satélite y enviando las correcciones al receptor por algún medio como ser FM, Internet o sistemas de satélites diseñados al efecto.

Una de las características más importantes de los receptores GPS es la de poder grabar o marcar una determinada posición a través de la función Waypoints, creando rutas con posiciones de partida y una final, así como toda una serie de localizaciones intermedias a lo largo del trayecto.

También podemos hacer que sea el propio GPS el que grabe automáticamente nuestra ruta o "huella" a través de la función track (nuestro receptor grabará un punto cada vez que cambiemos de dirección), para que podamos volver, sin ningún problema, a nuestro punto de partida.

### **2.3.4 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS SATELITALES/GPS**

Hoy en día la aplicación de los dispositivos satelitales, es amplia y variada, así podemos poner a continuación algunas de las aplicaciones más comunes.

1. Navegación terrestre, marítima y aérea. Bastantes coches lo incorporan en la actualidad, siendo de especial utilidad para encontrar direcciones o indicar la situación a la grúa.
2. Topografía y geodesia. Localización agrícola (agricultura de precisión).
3. Salvamento.
4. Deporte, campamentos de recreación.
5. Para enfermos y discapacitados.
6. Aplicaciones científicas en trabajos de campo (ver geomática).
7. Geocaching.- Actividad consistente en buscar "tesoros" escondidos por otros usuarios.
8. Se lo utiliza para el rastreo y recuperación de vehículos.
9. Navegación deportiva.
10. Deportes aéreos: parapente, ala delta, planeadores, etc.

11. Existe quien dibuja usando tracks o juega utilizando el movimiento como cursor (común en los gps garmin).

## **2.4 APLICACIONES DE LA COMUNICACIÓN SATELITAL Y LA TELEMÁTICA PARA EL CONTROL DE MP**

### **2.4.1 ESTADO DEL ARTE**

En la actualidad, empresas dedicadas a la fabricación de MP han agregado valor a sus productos implementándolos con un sistema de localización y comunicación telemétrica en respuesta a las necesidades de los clientes de poder controlar la operación de su MP desde ubicaciones remotas. Las ventajas que se han podido identificar con el uso de esta tecnología son muchas, como se puede ver en los siguientes casos.

#### **2.4.1.1 CASO “CATERPILLAR”**

Los difíciles entornos de operación de las máquinas Caterpillar, es susceptible a que de vez en cuando se produzcan averías; aunque estas están equipadas con modernos sistemas de administración de información, la detección de averías, los diagnósticos y los pronósticos se basan en límites establecidos para evitar falsas alarmas. Los fallos de los componentes contribuyen a aumentar los costos de los contratos de mantenimiento y reparación, los problemas operativos y los pagos de las garantías de disponibilidad; sin embargo, es posible identificar posibles averías cuando empiezan a producirse.

Caterpillar ofrece los siguientes productos tecnológicos para mejorar la operación de las flotas:

- Sistema de seguridad de máquina: Sistema antirrobo de MP
- Product Link: Sistema inalámbrico que simplifica el trabajo de seguimiento de una flota.
- Equipment Manager: Software que permite una nueva forma de administrar una flota. (Ver gráfico 2.10)
- RAC: Control de análisis de carretera
- VIMS: Sistema de Administración de Información Vital.

Cuando las maquinarias son operadas en diferentes sitios de trabajo, se torna más difícil el registro de ocurrencias de estas, lo cual lleva a que se pierda tiempo en los procesos de mantenimiento, si es que no se tiene un control y registro histórico de estas. El producto que ofrece Caterpillar bajo la denominación de “Product Link” provee dos opciones para el intercambio de información entre la máquina y los computadores de una central de equipos. Estos productos son el PL121SR y el PL321SR, que son accesorios que usan tecnología satelital.

Los beneficios de estos son los siguientes:

- Localización de la máquina en cualquier punto de la tierra.

- Registrar la información del estado de la maquinaria.
- Evita las labores y costos que acarrea el registro de horas máquina.
- Permite monitorear la cantidad y el consumo de combustible.
- Permite hacer programas de mantenimiento eficientes.
- Puede usarse para maquinarias Caterpillar y para otras marcas.

**Gráfico N°2.10**

**Control Telemático de MP**

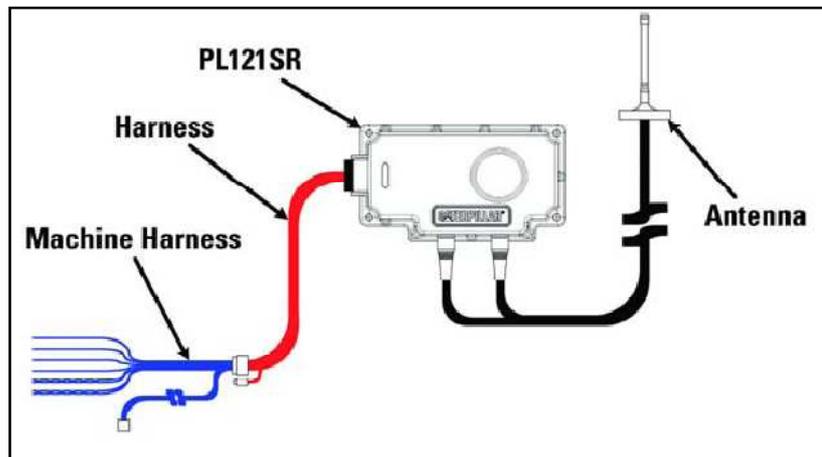


**Fuente:** Caterpillar Company - [www.caterpillar.com](http://www.caterpillar.com)

El modelo PL121SR (Ver gráfico 2.11), es un accesorio que permite la localización de la MP y el registro de horas trabajadas, el sistema de transferencia de datos de realizada vía satélite; este sistema también permite enviar alertas cuando la máquina esta fuera del área de trabajo. El gráfico N°2.11 muestra el esquema del dispositivo de ubicación y registro de horas de trabajo de MP.

Gráfico N°2.11

Esquema de Dispositivo de Ubicación y Registro de Horas de Trabajo  
PL121SR - Caterpillar

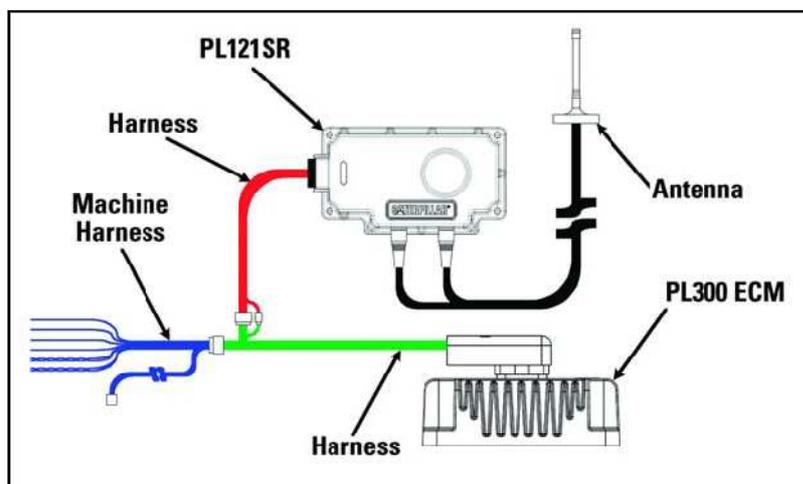


Fuente: Carterpillar Company [www.caterpillar.com](http://www.caterpillar.com)

El modelo PL321SR (Ver gráfico 2.12), que adiciona al sistema PL121SR el envío de información para identificar y reparar problemas antes de que estos representen mayores costos, indica también el consumo de combustible y el nivel de combustible; también informa condiciones básicas para reporte de diagnósticos y/o alertas, así podemos ver en el gráfico N° 2.12 el esquema donde se muestra la adición del PL121SR.

Gráfico N°2.12

Esquema de Dispositivo de Ubicación, Registro de Horas Trabajadas y Control de Averías -  
PL321SR - Caterpillar



Fuente: Carterpillar Company [www.caterpillar.com](http://www.caterpillar.com)

“Product Link” puede interactuar con un software llamado Equipment Manager, que es un programa de administración de flotas de maquinarias; el mismo que permite realizar muchas funciones, dependiendo de las necesidades del usuario. Este software puede realizar las siguientes funciones:

**Control Activo:**

- Localización de maquinaria
- Localización de maquinaria en plano cartográfico
- Historial de localización de maquinaria
- Reportes de no localización
- Lecturas de horómetro
- Historial de horas trabajadas
- Tiempo fuera del área de trabajo
- Alertas cuando sale del área de trabajo

**Control de Mantenimiento:**

- Plan de mantenimiento
- Notas de plan de mantenimiento
- Alertas de próximo mantenimiento
- Checklist del programa de mantenimiento
- Lista de partes y componentes necesarios en el plan de mantenimiento
- Seguimiento al programa de mantenimiento
- Pedidos online de repuestos
- Historial de reparaciones
- Elaboración de solicitudes o programas de mantenimiento

**Control de alertas (plan que contiene el control activo)**

- Diagnóstico y código de eventos
- Procedimiento según código de eventos y diagnóstico
- Historial de eventos y alertas

- Nivel de Combustible
- Combustible consumido
- Alerta de nivel de combustible
- Historial de consumo de combustible
- Historial de abastecimiento de combustible
- Cuatro salidas adicionales para circuito central de maquinaria

#### **Descripción del Sistema:**

EL hardware de Product Link, consiste en una antena, que tiene la función de recibir información de “ubicación” de un sistema satelital GPS, y de transmitir y recibir datos de una red de satélites denominada “LEO”; el mismo que cuenta con 33 satélites en órbita, que es administrada por la empresa ORBCOMM. La información es enviada por una frecuencia VHF (Very High Frequency) en el espectro de (137 – 150 MHZ).

Los usuarios pueden acceder a esta información a través de Internet y por medio del software Equipment Manager.

#### **2.4.1.2 CASO JOHN DEERE**

Jhon Deere, es otra empresa de los Estados Unidos, que cuenta con servicios de administración y control de flotas para su MP; mediante una alianza estratégica con Qualcomm, que es una empresa líder de comunicación telemática de los Estados Unidos.

Este sistema es denominado JDLink, el cual automáticamente colecta la información de cómo la MP está siendo usado y lo transmite a una central; la que la retransmite a la WEB y puede ser visualizada por cualquier computadora que tenga acceso a Internet.

La alianza estratégica por ambas empresas tiene el siguiente alcance respectivo:

##### **John Deere**

- Conocimiento de la información técnica relativa a cada máquina.
- Canales de venta y soporte técnico

##### **Qualcomm**

- Lider en el mercado de telecomunicaciones
- Servicios WEB, con amplias aplicaciones
- Servicios de instalación de rastreo de la MP, por teléfono o internet.
- Garantía de sus productos

- Centro de asistencia por teléfono.

Los beneficios del uso de este sistema, están orientados a:

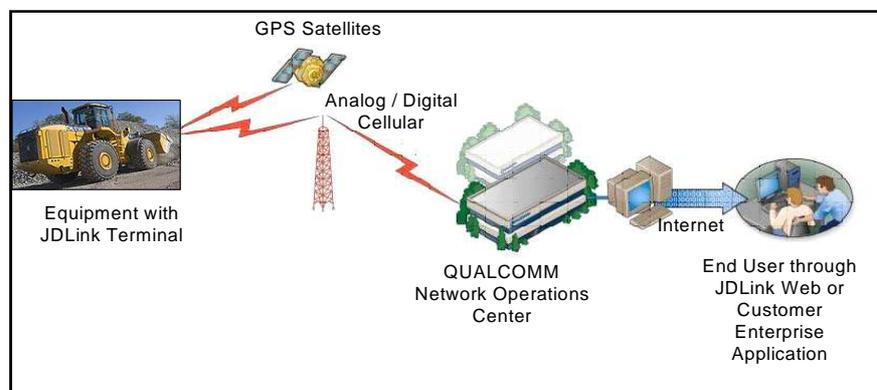
- Maximizar la producción de la maquinaria
- Mejora en el programa de mantenimiento
- Medición de la productividad
- Mejora en la logística
- Seguridad contra robos
- Mejora la precisión del costo de trabajo.

#### Descripción del Sistema:

El "JdLink Machine", como se puede ver en el gráfico 2.13, es un sistema de comunicación tipo "Wireless" que permite un control de localización y utilización de la maquinaria remotamente con el fin de mejorar la productividad y planificar de mejor manera el Mantenimiento.

**Gráfico N°2.13**

#### **Esquema de Funcionamiento del Sistema JdLink Machine**



**Fuente:** Qualcomm Company - [www.qualcomm.com](http://www.qualcomm.com)

#### 2.4.1.3 CASO KOMATSU

Komatsu, es otra empresa grande que fabrica MP para la construcción, esta empresa ha desarrollado un novedoso sistema de comunicación en tiempo real entre las máquinas y los usuarios involucrados en el uso de la máquina vía la central Komatsu; este sistema se denomina **KOMTRAX**.

El sistema Komtrax tiene la capacidad de:

1. Obtener la localización exacta de la MP en cualquier tipo de región geográfica o país, ya que el GPS (Global Positioning System) del sistema **KOMTRAX** transmite esta información vía Internet.
2. Observar la condición del motor y el horómetro de cada unidad, permitiendo planear de antemano la operación, el mantenimiento, y el diseño de un plan logístico que logre minimizar el tiempo muerto y costo de reparación de la máquina.
3. Compartir esta importante información con su distribuidor Komatsu, permitiéndonos ofrecer un soporte más eficaz y directo

### **VENTAJAS DEL SISTEMA KOMTRAX**

Reducir los costes de mantenimiento y conseguir que la máquina dure más

- Anticipar correctamente el mantenimiento y hacerlo cuando es necesario.
- Enviar al técnico a hacer un servicio imprevisto, sabiendo dónde está la máquina y qué va a encontrar exactamente.
- Reducir el tiempo de inmovilización y el coste de mantenimiento de la máquina.
- Prolongar la vida de trabajo de la máquina.

Mayor seguridad contra el robo y el abuso en alquiler

- KOMTRAX permite bloquear el arranque del motor de la máquina.
- Podrá localizar y recuperar más rápidamente una máquina robada.
- Reduce las primas del seguro de robo y ahorra dinero.
- Para las empresas que alquilan maquinaria, el sistema KOMTRAX supervisa los registros de indicadores de servicio para evitar el fraude con otro sistema de registro.
- Sabrá dónde se encuentran sus máquinas y si las utilizan de forma incorrecta.

### **CÓMO FUNCIONA ESTE NUEVO SISTEMA**

1. El sistema KOMTRAX instalado en una máquina Komatsu registra información esencial de funcionamiento y de sistema, y está en comunicación con un satélite GPS que controla la posición.
2. KOMTRAX transmite los datos de funcionamiento y de sistema, incluida la posición de la máquina, a otro satélite: Orbcmm, mediante una antena instalada en el techo de la cabina. (Ver gráfico 2.14)
3. El satélite Orbcmm transmite toda la información a un centro de control.

4. La información es transmitida por Internet desde este Centro a nuestro servidor mundial que registra y analiza todos los datos.
5. De aquí parte la información al servidor del distribuidor Komatsu local o al sistema Web local, donde se interpreta según sus necesidades y se adapta a la presentación de una página Web.

#### **INFORMACIÓN REGISTRADA**

- Última posición de la máquina y registro de posiciones sucesivas.
- Registro de indicador de servicio mensual (SMR)
- Registro de horas de trabajo por día.
- Niveles de combustible y refrigerante.
- Registro SMR para el siguiente mantenimiento, así como los recambios y los productos fungibles que serán necesarios.
- Advertencias, problemas que se han presentado y errores de sistema.

#### **Gráfico N°2.14**

***Antena KOMTRAX para transmisión de datos de funcionamiento y posición GPS al satélite***



**Fuente:** Komatsu Company - [www.komatsu.com](http://www.komatsu.com)

### CAPITULO III

#### ANALISIS DEL PROBLEMA: IDENTIFICACION DE LAS CAUSAS DE LAS PÉRDIDAS EN LA PRODUCCION DE MAQUINARIA PESADA

##### 3.1 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS

Para la identificación de los problemas se ha realizado encuestas a personas relacionadas a la producción y mantenimiento de la MP en distintos proyectos, la información así obtenida ha sido ordenada y analizada para determinar los problemas más comunes que aqueja la producción de MP, al mismo tiempo que también nos ha permitido identificar las causas que los motivan.

##### 3.2 RECOLECCION DE LA INFORMACION

La elección de las metodologías empleadas para la recolección de la información han sido las más oportunas de acuerdo a las circunstancias y oportunidades en que el entrevistado tuvo tiempo para atender las encuestas o una entrevista personal, también se ha recurrido al correo electrónico para enviar y recolectar información.

Es preciso aclarar que la información solicitada ha sido considerada estratégica por las empresas por lo que no se ha podido acceder fácilmente a éstas.

Otra fuente importante ha sido la experiencia propia del tesista en tres obras de construcción de carreteras, en donde se ha podido recolectar información y del mismo modo analizar los problemas acerca del control de MP, orientados a responder a las interrogantes iniciales que marcaron el inicio de esta tesis.

##### 3.3 FUENTES DE INFORMACION

Las encuestas estuvieron diseñadas de acuerdo a las situación y cargo del encuestado, muchas de ellas elaboradas directamente a captar los problemas que se tenían en obra en un determinado momento.

Estas encuestas han sido básicamente formuladas para captar información de los ingenieros y encargados de la planificación de la producción en obra y también para obtener información de encargados del mantenimiento de MP, sabiendo que los problemas ahí identificados tenían diferente naturaleza por la misma especialización de los encuestados; por tal razón se ha tenido fuentes de información de mecánicos, Jefes de taller, Jefes de mantenimiento, Ingenieros de producción, Gerentes de obra e Ingenieros residentes. Las obras en las que participaron los encuestados fueron las siguientes:

- Carretera Ollantaytambo – Abra Málaga
- Rehabilitación de la carretera Pte. Paucartambo – Oxapampa
- Carretera Interoceánica Sur Tramo IV

Las fuentes de información tienen un “objeto de análisis” que vienen a ser las obras en las que los encuestados han laborado y han podido identificar los problemas. Estas obras tienen las siguientes características:

- Carretera Ollantaytambo – Abra Málaga: Esta carretera fue ejecutada por Provias Departamental por Administración Directa y su ejecución constó de la preparación de la subrasante, sub base y base; para la aplicación de la carpeta asfáltica. Fue ejecutada el 2002.
- Carretera Interoceánica Sur Tramo IV: El proyecto de carretera fue ejecutada por la modalidad de Concesión por un consorcio de tres empresas brasileras quienes tenían a su cargo la ejecución de la Rehabilitación de la carretera Azángaro – Inambari en una longitud de 360km a nivel de carpeta asfáltica, la construcción de esta carretera se inicio el 2006 y se tiene prevista su culminación en junio del 2011. Por la gran envergadura de la obra se tuvo en los momentos de mayor producción cerca de 1,500 MPs.
- Carretera Juliaca – Cusco Tramo IV: Este proyecto fue ejecutado por la empresa SERVICOM, a nivel de asfaltado el año 1996-1997, la carretera tiene una longitud de 120km aproximadamente.
- Carretera Puno – Huacochullo, Este proyecto fue ejecutado por Provias Nacional, y es un tramo de la carretera Puno-Moquegua, está carretera se ejecutó a nivel de carpeta asfáltica y se culminó en 1998.

Se considera que el objeto de análisis para el estudio de las encuestas muestra un universo amplio por el tipo de obras en mención que son de mediana envergadura a proyectos grandes, al mismo tiempo estas obras han sido ejecutadas en pisos altitudinales variables como es el caso de la interoceánica que atraviesa pisos desde los 800msnm a los 4800msnm; al mismo tiempo que fueron ejecutadas por empresas medianas y consorcios de empresas transnacionales, por lo que nos dará mucha más visión de los problemas relacionados al control de equipos en el ámbito nacional.

Las fuentes de información las hemos clasificado en el Cuadro N° 3.1.

### **3.4 IDENTIFICACION DE PROBLEMAS Y CAUSAS**

#### **3.4.1 ANALISIS DE LA ENCUESTA REALIZADA**

##### ***Análisis de las Preguntas Generales***

- ***¿Su empresa cuenta con un sistema de control de MP?***

Esta pregunta ha sido concebida para una respuesta simple (SI o NO), con el objeto de identificar el grado de organización de las empresas en el control de la MP. De las respuestas dadas, se puede deducir lo siguiente:

- De todos los objetos de análisis (obras – empresas), se ha visto que todas tienen un sistema de control de la MP, a excepción de PROVIAS Nacional en la obra específica Ollantaytambo-Abra Málaga.
- Se sabe por experiencia propia, que el Control de MP en las Entidades del Estado dedicadas a la construcción de carreteras es con menos control que en la empresas privadas limitándose a llevar un control con partes diarios y el control logístico de salida de insumos, no existiendo un seguimiento de las actividades de mantenimiento

y menos de las actividades productivas y consecuentemente un análisis costo/beneficio.

### Cuadro N°3.1

#### Fuentes de Información

CODIGO	FUENTE DE INFORMACIÓN	OBJETO DE ANALISIS	REFERENCIA	CANAL DE INFORMACION
EG1	Ing. Manuel Juárez Barcés <i>Jefe de Obra</i>	Consortio Vial Oxapampa - Constructora Malaga Hnos. S.A.	Rehabilitación de la Carretera Pte. Paucartambo - Oxapampa	Encuesta - EG
EG2	Ing. Víctor Pacheco Ampuero <i>Residente de Obra</i>	Provias Nacional	Rehabilitación de la Carretera Ollantaytambo - Abra Málaga	Encuesta - EG
EG3	Ing. Henri Antonio Salas Paico <i>Residente de Obra</i>	Provias Nacional	Mantenimiento de Carretera Puno - Huacochullo	Encuesta - EG
EG4	Ing. Henri Antonio Salas Paico <i>Asistente de Producción</i>	SERVICON - SVC	Carretera Juliaca - Cusco Tramo IV	Encuesta - EG
OP1	Tec. Arturo Melendez <i>Encargado de Equipos</i>	Constructora Malaga Hnos. S.A.	Rehabilitación de la Carretera Pte. Paucartambo - Oxapampa	Encuesta - OP
JM1	Ing. Edward Martin <i>Jefe de Mantenimiento</i>	Intersur Concesiones - Andrade Gutierrez - Queiroz Galvao - Camargo Correa	Carretera Interoceánica Sur Tramo IV	Entrevista Personal
EG5	Ing. Rodolfo Durán <i>Gerente de Proyecto</i>	GYM	Obras Varias	Entrevista Personal
T1	Ing. Juan Carlos Torres Estrada <i>Ing. de Costos y Presupuestos</i>	Provias Nacional	Rehabilitación de la Carretera Ollantaytambo - Abra Málaga	Experiencia Propia
T2	Ing. Juan Carlos Torres Estrada <i>Ing. de Costos y Presupuestos</i>	HOB Consultores S.A.	Rehabilitación de la Carretera Pte. Paucartambo - Oxapampa	Experiencia Propia
T3	Ing. Juan Carlos Torres Estrada <i>Ing. de Costos y Presupuestos</i>	Consortio Supervisor Interoceánica Sur	Carretera Interoceánica Sur Tramo IV	Experiencia Propia

**Fuente:** Encuesta realiza por el Tesista.

En donde:

El código EG significa “Entrevista a Gerente y Jefes de Obra”

El código OP significa “Entrevista a Operadores de MP”

El código JM significa “Entrevista a Jefes de Mantenimiento”

El código T significa “Información proporcionada por la experiencia del Tesista”

En el Anexo 3.1 se muestran los modelos de encuestas efectuadas.

• **¿Este Sistema (sistema de control de MP) tiene un soporte informático?**

Esta pregunta ha sido con el objeto de precisar el tipo de sistema informático al que se refiere la pregunta anterior, al mismo tiempo que complementa a la misma. De las respuestas evaluadas podemos analizar lo siguiente:

- Se ha visto que las entidades del estado para este caso PROVIAS Nacional, carece de un sistema con soporte informático para el control de MP.

- En el caso de las empresas privadas se ha visto que muchas de estas empresas han desarrollado sistemas informáticos acorde con las necesidades y el tamaño de su flota de MP. Podemos decir que la tecnología de estos sistemas están directamente en función del tamaño de la empresa, como podemos ver en el Cuadro N° 3.02.
- También se ha podido determinar que ninguna empresa tanto privada como pública tiene un sistema que le permita planificar y controlar la producción de la MP propiamente.

**Cuadro N°3.02**

**Uso de Sistemas Informáticos para el Control de MP**

<i>Empresa Constructora</i>	<i>¿ Tiene Sistema Informático de Control de Equipos?</i>	<i>Descripción del Sistema Informático</i>
Provias Nacional	NO	No tiene un Sistema Informático.
SERVICON - SVC	SI	Sistema Integrado a la Administración de Personal e Insumos
Constructora Malaga Hnos. S.A.	SI	Sistema de Registro de datos basado en hojas de cálculo.
Intersur Concesiones - Andrade Gutierrez - Queiroz Galvao - Camargo Correa	SI	Utilización de Software SYSCOR
GYM	SI	Utilización de Software SISME que permite Registrar los Costos de Posesión, Operación y Valores de Reposición, enviando la información a la central de equipos (CEQ) oportunamente.

*Fuente: Encuesta realiza por el Tesista.*

- **¿Cuáles son las actividades críticas en la construcción de carreteras que requieren más control?**

Esta pregunta fue orientada a identificar las actividades críticas en la construcción de carreteras, aquellas que representan mayor problema y dificultad en la toma de decisiones durante el proceso constructivo y por tal razón representan riesgos para el éxito del proyecto y por tal razón merecen el control adecuado.

Estas actividades se agruparon al ver que muchas de ellas eran comunes entre los encuestados, como se puede ver en el cuadro N° 3.03.

Como se puede ver en el Cuadro N°3.03, estas actividades casi en su totalidad están estrictamente relacionadas a la MP; así podemos analizar puntillosamente cada una de ellas, en función a la experiencia propia y al aporte de las personas entrevistadas.

- Transporte de Agregados*, respecto a esta actividad se puede ver que los presupuestos de transporte en general tienen una fuerte incidencia en el costo de los proyectos de construcción, muchas veces dependiendo por las “distancias medias de transporte (DMT)” que a su vez están en función de la proximidad de las canteras a la vía en construcción y por la cantidad de volumen a transportar. La planificación y la disposición y ordenamiento de las unidades de transporte (volquetes), juega un papel muy importante en esta actividad teniéndose en cuenta de que se debe disponer las

unidades mínimas necesarias y la “distancia media” menor posible. Para el control de esta actividad se necesita “controladores”, tanto en los centros de producción como también en los puntos de llegada, también se necesita una adecuada coordinación y una clara comunicación para tener procesos efectivos.

**Cuadro N°3.03**

**ACTIVIDADES CRITICAS EN LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS**

ID	ACTIVIDADES CRITICAS EN LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS	MUESTRAS EVALUADAS										Puntaje
		EG1	EG2	EG3	EG4	OP1	JM1	EG5	T1	T2	T3	
f)	Control de Calidad		x					x				2.0
e)	Control de Rendimientos de Equipos		x					x	x	x	x	5.0
d)	Producción de Agregados			x	x			x	x	x	x	6.0
g)	Control logístico	x					x	x	x	x	x	6.0
a)	Transporte de Agregados			x	x		x	x	x	x	x	7.0
b)	Corte en Explanaciones			x	x		x	x	x	x	x	7.0
c)	Conformación de Rellenos			x	x		x	x	x	x	x	7.0
h)	Planificación en Obra	x				x	x	x	x	x	x	7.0

**Fuente:** Encuesta realiza por el Tesista.

- b) *Corte en Explanaciones*, esta actividad se podría describir como aquella que encabeza el ciclo productivo de carreteras y una de las que demanda mayores recursos en sus sub-procesos. Es por tal razón que cualquier restricción o procesos inadecuados reflejará mayores costos y lo peor aun retrasos de los subsiguientes procesos. Una dificultad que se ha podido identificar en la ejecución de esta actividad es la demora de las aprobaciones del trazo del eje de replanteo y el proceso mismo de expropiaciones en el derecho de vía.
- c) *Conformación de Rellenos*, esta actividad al igual que las anteriores demanda un gran uso de MP y tiene una gran incidencia económica en la construcción de carreteras. Su correcta planificación y control se hace imprescindible al momento de tener muchas actividades que dependen de la culminación de esta, tales como pavimentos y señalización.
- d) *Producción de Agregados*, esta actividad es de mucha importancia en vista que de ella dependen la producción de actividades claves, tales como rellenos, sub bases y bases, pavimentos y concretos. El ciclo productivo y proceso de fabricación de áridos obliga a que se tenga que tener un jefe de planta quien sea el responsable de planificar, organizar, dirigir y controlar estos procesos. En la práctica se ha visto que la estratégica ubicación de estas plantas lleva a una disminución considerable de los costos de transportes; por otro lado se ha visto que por ser una actividad crítica cualquier retraso o reducción de producción ocasionará el retraso de otras actividades, por lo que se tendrá que prever y considerar el mantenimiento de planta para evitar fallos imprevistos y se deberá almacenar la cantidad de material necesario para salvaguardar este tipo de situaciones. Esta actividad está relacionada con la actividad de transporte, con la que complementa su ciclo productivo-
- e) *Control de Rendimientos de la MP*, está actividad ha sido considerada como una actividad crítica específicamente en la encuesta “EG2” en la que el objeto de análisis

ha sido una obra de administración directa, que por experiencia propia del tesista se ha visto que muchas MPs tenían serias deficiencias en su operatividad y gran parte de ellas se hallaban simplemente inoperativas aparte que no se tenía el personal debidamente organizado para el control de los rendimientos de las MPs, tan solo se realizaban control de horas trabajadas y consumo de combustibles, al no tener un control de la producción y rendimientos de la MP no se podía determinar realmente el buen uso de la MP; además que, al estar mayor tiempo inoperativos la producción de obra se hallaba muy debajo de lo programado.

- f) *Control de Calidad*, esta es otra actividad crítica en obras viales, que está muy relacionada a los estándares de calidad de cada empresa, en tal sentido se ha visto que en empresas estatales como el caso de Provias Nacional, no existe procedimientos estandarizados para controlar el proceso que desarrollan las MPs, por lo que muchas veces el producto presenta deficiencias que se traducen en pérdidas. Así por poner un ejemplo durante la ejecución del extendido y compactación de bases en el tramo de carretera Ollantaytambo – Abra Málaga, no se tenía un control de calidad en las actividades de plantillado, por lo que a la hora de conformar las bases no se llegaba a las tolerancias establecidas y se debía volver a escarificar y reconformar las bases por reiteradas veces.
- g) *Control Logístico*, los encuestados que consideran el problema de “Control Logístico”, precisan que muchas veces por no haberse hecho seguimiento oportuno al suministro de insumos y repuestos de los equipos, es que estos demoraban mucho tiempo en llegar, lo que recaía en horas muertas de producción. También se ha visto que en nuestro país esta actividad se torna más crítica debido a la escasez de repuestos e insumos de MP en el mercado, además de posibles bloqueos de carreteras por fenómenos naturales o sociales.
- h) *Planificación de Obra*, como resultado de las encuestas se pudo ver que la planificación en obra es considerada como una actividad crítica, puesto que en las empresas no es política *la planificación*, la misma que debiera partir de los niveles más altos de su organización.

Vale la pena indicar que el problema es incontrolable cuando durante la construcción de la carretera existen otros factores ajenos que imposibilitan una adecuada programación, así como por ejemplo: tramos que no cuentan con la aprobación del Supervisor de Obra, problemas logísticos (insumos que no llegan a obra) y otras causas producidas por terceros.

### **Análisis de las Preguntas acerca del Control de Producción**

- **¿Su empresa planifica y programa las actividades para cada MP? De ser afirmativa la respuesta ¿Con que frecuencia se realizan los programas y quien las hace?**

Esta pregunta fue orientada a obtener el nivel de planificación que tienen las diversas empresas para programar los trabajos de la MP. En las respuestas a esta pregunta se ha visto que en la mayoría de los casos se planifica el trabajo de la MP en obra. Así podemos describir en Cuadro N° 3.04.

### Cuadro N°3.04

#### PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE MAQUINARIA PESADA

ID	ACTIVIDADES CRITICAS EN LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS	Responsable de Planificación	Frecuencia			Observación
			Diario	Semanal	Mensual	
EG1	Consortio Vial Oxapampa - Constructora Malaga Hnos. S.A.	Residente de Obra		x	x	La programación de equipos se hace de acuerdo al Programa General de Obra
EG3	Provias Nacional	Residente de Obra	x	x	x	
EG4	SERVICON - SVC	Residente de Obra	x	x	x	
JM1	Intersur Concesiones - Andrade Gutierrez - Queiroz Galvao - Camargo Correa	Jefe de Producción	x	x	x	
EG5	GYM	Residente de Obra	x	x	x	El proceso de programación se lleva de la siguiente manera: - Programación de 4semanas (1mes) - Residente y Of. Técnica. - Programación semanal -Ing. de Campo - Programación diaria - Ing. de Campo - Control de Producción - Of. Técnica

**Fuente:** Encuesta realiza por el Tesista.

- **¿Se tiene un control de productividad de cada MP y operador?**

Esta pregunta fue orientada a verificar si la empresa, al llevar los controles de productividad de MP, retroalimentaban la información obtenida.

En las encuestas realizadas se ha visto que sí se lleva un control de productividad de cada máquina y operador. Cabe resaltar que en la encuesta “EG1” se indica que el control de productividad se efectúa por frentes de trabajo, mas no por MP.

- **¿Se hace un análisis comparativo de lo programado vs. lo ejecutado?**

En las diferentes encuestas analizadas se ha podido ver que sí se efectúan comparaciones de las actividades programadas y las ejecutadas. En el caso de las obras por administración directa estas se realizan en informes periódicos mediante análisis y gráficos comparativos (curva “S”), estos informes comparan únicamente lo programado con lo valorizado, mas en el caso de obras por contrata se ha visto que el control se hace más riguroso teniendo que involucrar más variables, tales como horas trabajadas, horas de descanso, cantidades ejecutadas, niveles de fluidos, etc.; todas estas orientadas para poder determinar los costos de ejecución de una actividad y su implicancia en la utilidad. Estos análisis se hacen con mayor control en aquellas empresas que tiene una mejor organización y mayor control de sus activos, así es el caso de empresas Intersur y Servicon SVC.

- **¿Cuántas personas están encargadas del control de MP en obra? Describa brevemente la función de cada una de estas.**

Esta pregunta está orientada a investigar la cantidad de recursos humano que las empresas consideran para controlar la MP. (Ver Cuadro N° 3.05).

**Cuadro N°3.05**

**Responsables del Control de Producción de MP**

<b>EG1</b>	<b>EG3</b>	<b>EG4</b>	<b>EG5</b>
<i>Consortio Vial Oxapampa - Constructora Malaga Hnos. S.A.</i>	<i>Provias Nacional</i>	<i>SERVICON - SVC</i>	<i>GYM</i>
<p><b>Controladores en Campo</b> (Determina las horas trabajadas en campo)</p> <p><b>Capataces</b> (Determina las cantidades de las partidas que se han ejecutado)</p> <p><b>Ingeniero de Costos</b> (Determina el monto de alquiler de equipo y la valorización de lo ejecutado)</p>	<p><b>Controladores en Campo</b> (Determina las horas trabajadas en campo)</p> <p><b>Controladores de Producción</b> (Controla la producción diaria de cada equipo)</p>	<p><b>Controladores en Campo</b> (Determina las horas trabajadas en campo)</p> <p><b>Controladores de Producción</b> (Controla la producción diaria de cada equipo)</p>	<p><b>Controladores en Campo</b> (Determina las horas trabajadas en campo)</p> <p><b>Controladores de Rendimiento</b> (Controla la producción diaria de cada equipo)</p> <p><b>Oficina Técnica</b> (Análisis de Rendimiento y Programación)</p>

**Fuente:** Encuesta realiza por el Tesista.

- ¿Qué problemas considera Ud. que limitan la producción de la MP en obra?

Esta pregunta ha sido enfocada para identificar directamente los problemas que se pueden identificar en la producción de MP.

**Cuadro N°3.06**

**Problemas Identificados en la Producción de MP en Obra**

<b>PROBLEMAS IDENTIFICADOS</b>	<b>EG1</b>	<b>EG2</b>	<b>EG3</b>	<b>EG4</b>	<b>OP1</b>	<b>JM1</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>PUNTAJE</b>
<i>Deficiente Comunicación</i>	X		X	X	X		X	X	X	<b>7</b>
<i>Desabastecimiento de Combustibles</i>			X	X			X	X	X	<b>5</b>
<i>Deficiente Distribución de Equipos</i>			X				X	X	X	<b>4</b>
<i>Inadecuada Utilización de los Equipos</i>	X						X	X	X	<b>4</b>
<i>Falta de Tiempo para la Entrega de la Información</i>					X		X	X	X	<b>4</b>
<i>Movilización Inncesaria de Equipos</i>					X		X	X	X	<b>4</b>
<i>Laboriosa recolección de Información de Equipos</i>					X		X	X	X	<b>4</b>
<i>Procesos Constructivos Incorrectos</i>			X				X	X		<b>3</b>
<i>Falta de Previsión de Accesos y Rutas Alternas</i>			X				X	X		<b>3</b>
<i>Falta de Identificación y Motivación del Personal</i>		X	X				X			<b>3</b>

**Fuente:** Encuesta realiza por el Tesista.

Se han analizado la información de las diferentes fuentes, en donde se ha visto que muchas de ellas han sido coincidentes como se puede apreciar en el Cuadro N° 3.06, en donde se ha sumado las respuestas comunes para ver cuál de estas tienen más preponderancia sobre las demás.

En el Cuadro N°3.06, el principal problema es la deficiente comunicación y el desabastecimiento de combustible, actividades relacionadas a la logística y al control de MP.

### **Análisis de las Preguntas acerca del Control de Mantenimiento**

- **¿Quién es el encargado del mantenimiento de MP en obras?**

Esta pregunta fue hecha con el fin de poder ver la denominación del puesto del responsable de la MP y también con el objeto de indagar más sobre la organización de la empresa en las labores de mantenimiento.

**Cuadro N°3.07**

#### **Responsables del Control de Mantenimiento de MP**

<b>ID</b>	<b>ORGANIZACIÓN</b>	<b>Encargado del Mantenimiento de MP</b>
<b>EG1</b>	<i>Consorcio Vial Oxapampa - Constructora Malaga Hnos. S.A.</i>	Jefe de Equipo Mecánico
<b>EG3</b>	<i>Provias Nacional</i>	Jefe de Mantenimiento
<b>EG4</b>	<i>SERVICON - SVC</i>	Encargado del Area de Mantenimiento
<b>JM1</b>	<i>Intersur Concesiones - Andrade Gutierrez - Queiroz Galvao - Camargo</i>	Ingeniero Jefe de Equipos
<b>EG5</b>	<i>GYM</i>	Ingeniero Responsable de Equipo en Obra

**Fuente:** Encuesta realiza por el Tesista.

Como se puede ver en el Cuadro N° 3.07 existe siempre un encargado de equipos que tiene a su cargo técnicos y administrativos.

- **¿Su empresa tiene un reglamento interno de mantenimiento de MP?**

Las respuestas que se dieron en las encuestas fueron en su totalidad afirmativas, y estuvieron orientadas para determinar el grado de organización de las empresas, como podemos ver en el Cuadro N° 3.08.

- **¿Qué problemas identifica en su obra, respecto a la reparación y mantenimiento, que limitan la operatividad de la MP?**

Esta pregunta ha sido enfocada para identificar los problemas de mantenimiento de la MP, y ha sido formulada para que el encuestado de manera libre indique los problemas que él considere. Se ha analizado la información de las diferentes fuentes, en donde se ha visto que muchas de ellas son comunes, como se puede apreciar en el Cuadro N° 3.09.

**Cuadro N°3.08**

***Empresas que poseen Reglamentos Internos para el Mantenimiento de MP***

ID	ORGANIZACIÓN	Tiene Reglamento?
EG1	Consortio Vial Oxapampa - Constructora Malaga Hnos. S.A.	SI
EG3	Provias Nacional	SI
EG4	SERVICON - SVC	SI
JM1	Intersur Concesiones - Andrade Gutierrez - Queiroz Galvao - Camargo	SI
EG5	GYM	SI

**Fuente:** Encuesta realiza por el Tesista.

**Cuadro N°3.09**

**Problemas Identificados en el Mantenimiento de MP en Obra**

PROBLEMAS IDENTIFICADOS	MUESTRAS EVALUADAS								
	EG1	EG2	EG3	EG4	OP1	JM1	T1	T2	T3
<i>Falta de Repuestos en Almacen</i>	x		x	x			x	x	x
<i>Falta de Mecánicos Capacitados y Equipamiento de Talleres</i>	x		x				x	x	
<i>Improductividad de Equipos por Deficiente Mantenimiento</i>				x			x	x	x
<i>Deficiente Programación de los Mantenimientos</i>							x	x	x
<i>Procesos Largos y Costosos en la Adquisición de Repuestos</i>		x	x				x		
<i>Pérdidas de Combustible</i>						x	x	x	x

**Fuente:** Encuesta realiza por el Tesista.

**3.4.2 ANALISIS DE CAUSALIDAD DE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS**

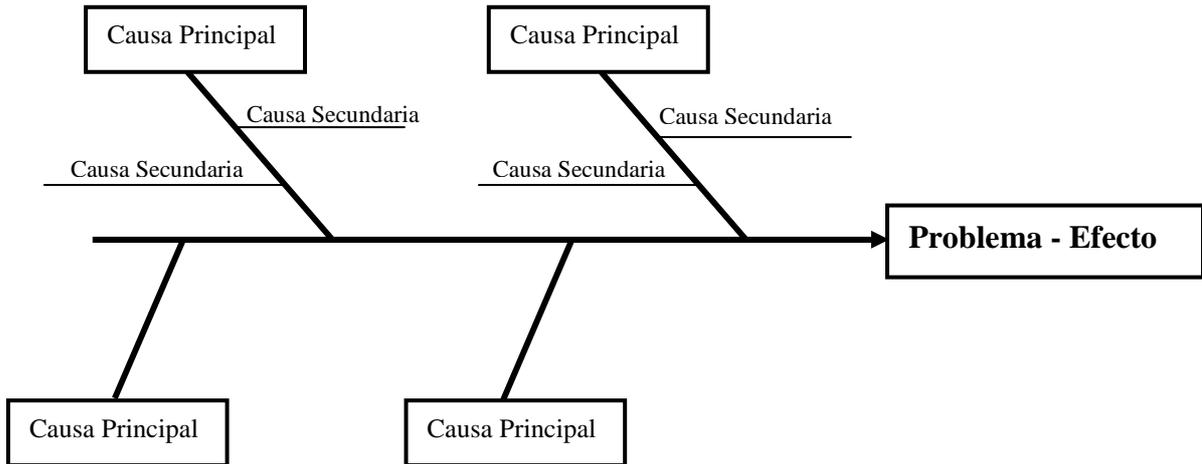
Los problemas identificados se resumieron en los Cuadros N°s 3.06 y 3.09 correspondientes a los problemas en la producción y mantenimiento de MP respectivamente. Para poder identificar las causas de los problemas se utilizó un diagrama de causalidad o también llamado diagrama de Ishikawa<sup>29</sup>, el mismo que permitió identificar las causas de un problema por un ordenamiento lógico la relación de causalidad entre los problemas identificados

<sup>29</sup> El Diagrama de Ishikawa, también llamado **diagrama de causa-efecto**, es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como es la calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el ingeniero japonés Dr.Kaoru Ishikawa en el año 1953.

anteriormente. Las partes que conforman el diagrama de Ishikawa son los que se representan en el Gráfico N° 3.01.

**Gráfico N°3.01**

**Partes del Diagrama de Ishikawa (Causa - Efecto)**



**Fuente:** Masaaki Imai - *Cómo Implementar el Kaizen en el Sitio de Trabajo (Gemba)* – Colombia, Ed. Mac.GRAW-HILL, 1998

Es preciso hacer un análisis conjunto de todos los problemas identificados en los cuadros N° 3.06 y N° 3.09 en vista de que es posible que haya una relación de causalidad entre un problema netamente de producción con un problema de mantenimiento.

En vista de que la existen muchos problemas identificados que pueden ser causas y efectos de otros al mismo tiempo, se ha hecho un análisis lógico de causa - efecto con la ayuda de una matriz con el fin de determinar las relaciones entre los problemas identificados, ver el Cuadro N° 3.10.

Como se puede observar en el Cuadro N° 3.10, existe una relación lógica causa-efecto entre los problemas antes identificados. Con este cuadro, se ha determinado, que existen cinco problemas, que resumen la problemática en el control de MP. Estos Problemas son los que han sintetizado el mayor número de "causas", los mismos que serán analizados individualmente para ver los factores que lo originan. (Ver Gráfico N°s 3.02, 3.03, 3.04, 3.05 y 3.06 "Diagramas Causa - Efecto, de los problemas identificados").

Cuadro N°3.10

Matriz de Relación Lógica entre los Problemas Identificados

PROBLEMAS IDENTIFICADOS	Deficiente Comunicación	Falta de Repuestos en Almacén	Desabastecimiento de Combustibles	Deficiente Distribución de Equipos	Inadecuada Utilización de los Equipos	Falta de Tiempo para la Entrega de la Información	Movilización Innecesaria de Equipos	Laboriosa recolección de Información de Equipos	Falta de Mecánicos Capacitados y Equipamiento de Talleres	Improductividad de Equipos por Deficiente Mantenimiento	Procesos Constructivos Incorrectos	Falta de Previsión de Accesos y Rutas Alternas	Deficiente Programación de los Mantenimientos	Falta de Identificación y Motivación del Personal	Procesos Largos y Costosos en la Adquisición de Repuestos	Pérdidas de Combustible	CAUSAS	PROBLEMA
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P		
A				→		→	→	→						↓		→	5	1
B										→			→		↓		2	1
C																	0	0
D	↓				↓	→	→	→		→	→	↓				→	6	3
E				→			→				→	↓		↓		→	4	2
F	↓			↓				↓						↓			0	4
G	↓			↓	↓			→			↓	↓	↓			→	2	6
H	↓			↓		→	↓										1	3
I									→				→	↓	→	→	4	1
J		↓		↓					↓				↓	↓	↓	→	1	6
K				↓	↓		→					→		↓		→	3	3
L				→	→		→				↓			↓		→	4	2
M		↓					→		↓	→				↓	↓		2	4
N	→				→	→			→	→	→	→	→			→	9	0
O		→							↓	→			→				3	1
P	↓			↓	↓		↓		↓	↓	↓	↓		↓			0	9
CAUSAS	5	2	0	6	4	0	2	1	4	1	3	4	2	9	3	0	46	
PROBLEMA	1	1	0	3	2	4	6	3	1	6	3	2	4	0	1	9		

LEYENDA		
A	→	"A" ES CAUSA DEL PROBLEMA "B"
A	↓	"B" ES CAUSA DEL PROBLEMA "A"

**Nota:** Se tiene que leer en sentido de la flecha.

**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

3.4.3 PRINCIPALES PROBLEMAS IDENTIFICADOS

Los principales problemas identificados, se han elegido según el mayor puntaje obtenido en el Cuadro N° 3.10. Estos problemas son los siguientes:

- a. Desabastecimiento de combustibles (\*)
- b. Falta de Tiempo para la Entrega de Información (4Ptos).
- c. Movilización Innecesaria de la MP (6Ptos).
- d. Improductividad por Deficiente Mantenimiento de la MP (6ptos)
- e. Pérdida de Combustible (9Ptos).

(\*) Considerada por ser un problema significativo, al tener pérdidas grandes (dependiendo del tiempo de desabastecimiento), sin embargo no tiene relación de causalidad, con otros problemas internos de obra. (Ver Gráfico N° 3.10).

Estos problemas representan 25Ptos de un total de 46Ptos, lo que en porcentaje vendría a ser un 54%; esta cantidad de problemas, que a continuación se van a analizar más detenidamente son una muestra representativa de la Problemática de las Pérdidas en la Producción de MP; refrendado por PARETO, quien afirma que si se controla el 20% de las actividades principales de un proceso; se está controlando en sí el 80% del mismo.

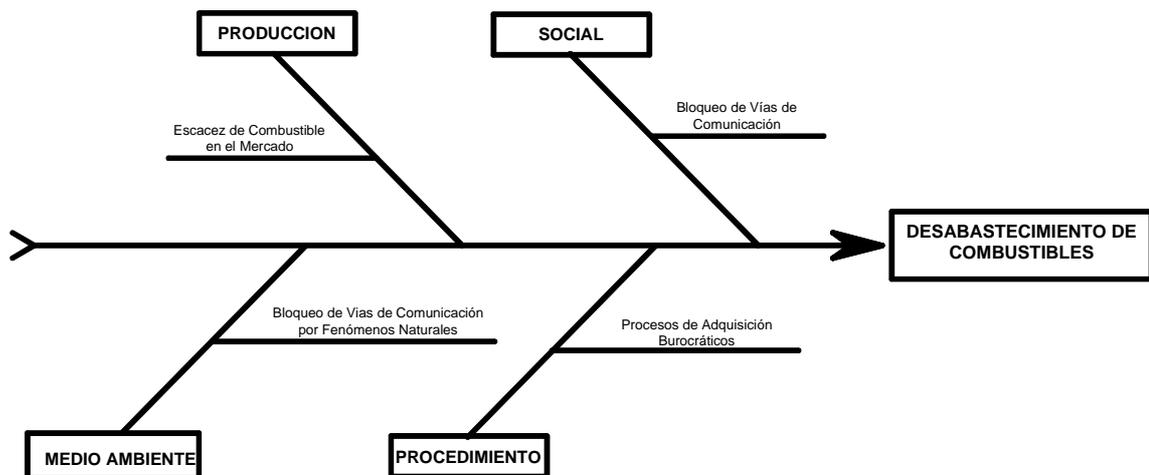
Seguidamente se analizará las Causas que motivan estos problemas.

#### a) Desabastecimiento de combustibles

Se ha determinado que las causas que generan este problema son en gran medida ajenas a la misma organización de la empresa y/o obra; así pues se ha visto que generalmente en la obras se tiene este problema por una escasez de combustibles en el mercado, como también a bloqueos de la vías por causas naturales (derrumbes, huaycos, etc) y sociales (huelgas, motines, etc.) que impiden la llegada oportuna de los combustibles a los centros de almacenamiento y distribución de combustibles en obra.

Gráfico N° 3.02

Problema - Efecto: Desabastecimiento de Combustibles.



Fuente: Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

También se ha visto que en las distintas obras ejecutadas por administración directa, el estado tiene procesos administrativos largos para la adquisición de insumos, en los que se halla los combustibles con los que operan la MP en obra, teniéndose así cuantiosas pérdidas por las horas-máquina improductivas de la MP (Ver Grafico N° 3.02).

**b) Falta de Tiempo para la Entrega de Información**

Este problema es propio del **control** de producción de MP en el que se requiere tener información clara y precisa en el momento oportuno para poder tomar decisiones de corrección del planeamiento de la producción y mantenimiento.

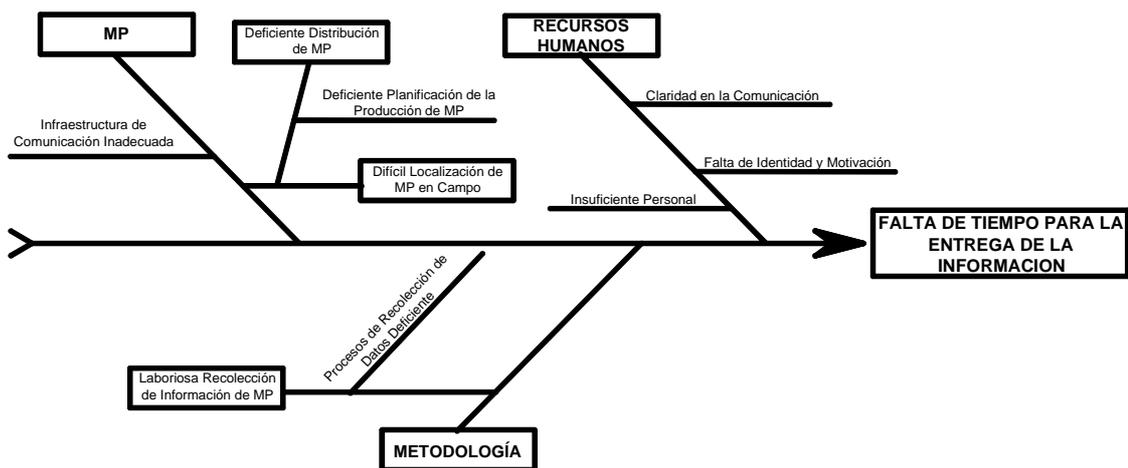
Las causas que originan estos problemas las hemos identificado bajo tres rubros, los mismos que describimos a continuación:

b.1) Recursos Humanos.- En el que se pudo identificar la falta de claridad en la comunicación de las personas, lo que ocasiona demoras en el proceso de comunicación y distorsiones en los mensajes; también se vio lo tedioso que es la recolección de información, su procesamiento y el escaso personal que se tiene para cumplir esta labor.

b.2) Equipos. En el que se ha podido ver que muchas empresas no proveen de una infraestructura eficiente para la comunicación entre los diversos niveles de su organización; también se ha visto que el proceso de recolección de información se hace tedioso y lento cuando se tiene dificultades para la localización de la MP por una deficiente distribución en la obra ha falta de una adecuada planificación y programación de los trabajos.

**Gráfico N° 3.03**

**Problema - Efecto:** Falta de Tiempo para la Entrega de Información



MP: Maquinaria Pesada

**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

b.3) Metodología.- El método que se utiliza para la recolección de información, en muchas obras es muy laborioso y demanda el trabajo de controladores, capataces, operadores y encargados de procesar esta información, lo que hace de este proceso ineficiente por los posibles errores humanos y además ineficaz cuando los canales de comunicación no son los adecuados, al mismo tiempo que el proceso se hace costoso por los recursos que esta labor demanda. (Ver Grafico N° 3.03).

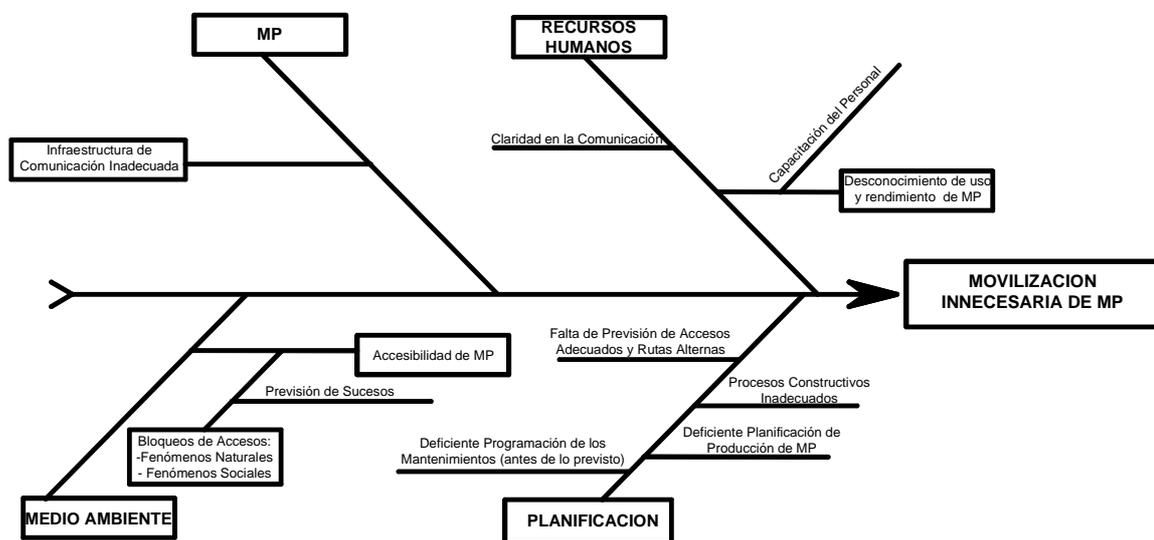
**c) Movilización Innecesaria de la MP**

La movilización innecesaria de MP es un problema que acarrea tiempos improductivos y muchas pérdidas en las obras de construcción de carreteras, este se ha visto que se debe a factores humanos, de MP, del medio ambiente y la planificación como podremos ver a continuación. (Ver Gráfico N° 3.04).

c.1) Recursos Humanos.- Las causas se resumen a la falta de **claridad en la comunicación** entre las personas, lo que ocasiona muchas veces la movilización innecesaria de MP a los centros de producción, también se pudo ver que existe un desconocimiento por parte de operadores y capataces del uso correcto y conocimiento de los rendimientos de la MP para ejecutar un determinado trabajo, lo que ocasiona que se movilice vanamente la MP inadecuado o que se disponga de más MP para un determinada cantidad de trabajo por no conocer los rendimientos correctos de la MP que se tiene en obra.

**Gráfico N° 3.04**

**Problema - Efecto:** Movilización Innecesarias de MP



**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

c.2) Equipos.- Se ha visto que las empresas que no tienen una buena infraestructura de **comunicación** pueden movilizar vanamente los equipos por la poca claridad de los mensajes.

c.3) Medio Ambiente.- Las causas relativas al medio ambiente que generan una movilización innecesaria de la MP, básicamente son ajenos a la organización de la empresas constructora, estos sucesos pueden ser causados por fenómenos naturales o hechos sociales que ocasionarían que se bloquen accesos a determinados frentes de la obra teniéndose que movilizar la MP por rutas alternas o tener la MP en “stand by”. Se ha visto, que muchas veces no se toma las acciones previsoras para este tipo de sucesos que pueden ser predecibles.

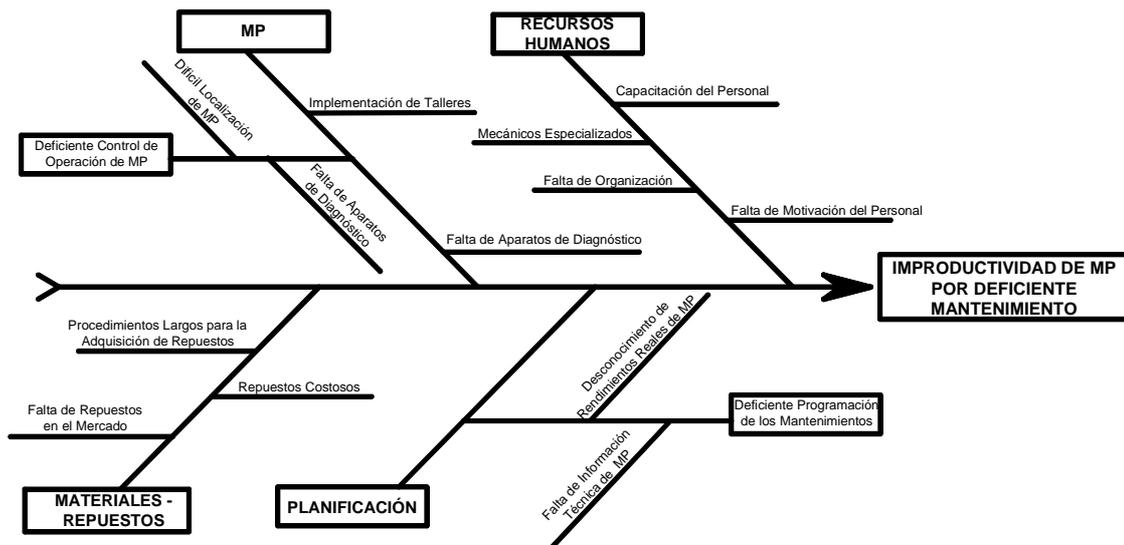
c.4) Planificación.- Se ha podido identificar en obra, que al no tener una **planificación adecuada de los procesos productivos**, se generan pérdidas; puesto que se efectúan movilizaciones innecesarias que no están de acuerdo a los objetivos de un plan central concebido, viéndose muchas veces que estas decisiones son tomadas directa e inoportunamente en obra por los capataces de obra. Se ha visto que las causas que motivan una deficiente planificación de la producción de la MP en obra son porque no se toma en consideración los siguientes aspectos:

- El uso correcto de la MP para las diferentes actividades en obra.
- Conocimiento del real rendimiento de la MP.
- Los procesos constructivos correctos.
- La previsión de accesos y rutas alternas.
- La programación de mantenimiento de la MP. (En el tiempo exacto y en lugar adecuado).

**d) Improductividad por Deficiente Mantenimiento de la MP**

**Gráfico N° 3.05**

**Problema - Efecto:** Improductividad de la MP por Deficiente Mantenimiento



*Fuente:* Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

Un deficiente mantenimiento va llevar a que la MP en obra esté inoperativa o que su rendimiento no sea el óptimo por deficiencias mecánicas. Además de no tenerse políticas de mantenimiento en una empresa como se había visto en el título 1.3 del Capítulo I, se va a incurrir en altos costos de reparación de la MP y en una depreciación rápida de esta. Las causas que se identificaron en obra, que motivan a un deficiente mantenimiento son las que a continuación describimos, y están esquematizadas en el Gráfico N° 3.05.

d.1) Recursos Humanos.- Se ha visto en las obras de construcción de carreteras que muchas veces el mantenimiento se hace deficiente por no tener en el taller de obra **mecánicos capacitados y especializados** en la reparación y mantenimiento de la MP, el problema se acentúa cuando en una obra existen MP de diferentes marcas que necesita mayor especialización de los mecánicos. También se ha notado que una organización de las personas involucradas en el mantenimiento, va ser de esta actividad más eficiente y ordenada.

d.2) Equipos.- En aquellas obras que son de gran envergadura, el **control de operación** del mantenimiento de la MP, se hace más difícil teniéndose dificultades desde la localización de la MP hasta un deficiente diagnóstico para un programa de Mantenimiento Predictivo. Esto debido por no tener elementos y/o **instrumentos de diagnóstico** que permitan acelerar estos procesos. También el proceso de mantenimiento de la MP se hace deficiente cuando no se tiene una buena **implementación de los talleres** con equipos de diagnósticos, herramientas y manuales de MP que permitan una optimización de los procesos.

d.3) Materiales - Repuestos.- Cuando una MP no tiene repuestos en el mercado y se tiene que obtener estos importándolos de otros países, se va tener altos costos de adquisición; además por el mismo proceso de adquisición de estos van a tener largos tiempos improductivos de la MP. En obras del estado, por los altos costos que representan los repuestos para MP y por estar estos insumos sujetos a la oferta y demanda es que el proceso de adquisición duran mucho tiempo, lo que repetimos, se traduce en tiempos ociosos de la MP y por tanto en considerables pérdidas económicas.

d.4) Planificación.- Una **planificación deficiente del mantenimiento** “Preventivo” y “Predictivo” será víctima de su propia deficiencia al tener que realizar reparaciones o mantenimientos correctivos encareciendo los procesos. La causa de una deficiente planificación de los mantenimientos se produce cuando se programa inoportunamente los mantenimientos y esto sucede cuando no se conoce el verdadero plan de mantenimiento de la MP o cuando no se tienen elementos de monitorio y control para evaluar constantemente su operatividad y prevenir a tiempo un problema.

Muchas empresas constructoras tercerizan<sup>30</sup> una parte de los procesos, o todos los procesos de mantenimiento a una empresa especializada; esto generalmente cuando la obra es de gran envergadura.

#### **e) Pérdida de Combustible**

La pérdida de combustible se traducen directamente a pérdidas económicas para la empresa, estas se deben a las siguientes causas:

---

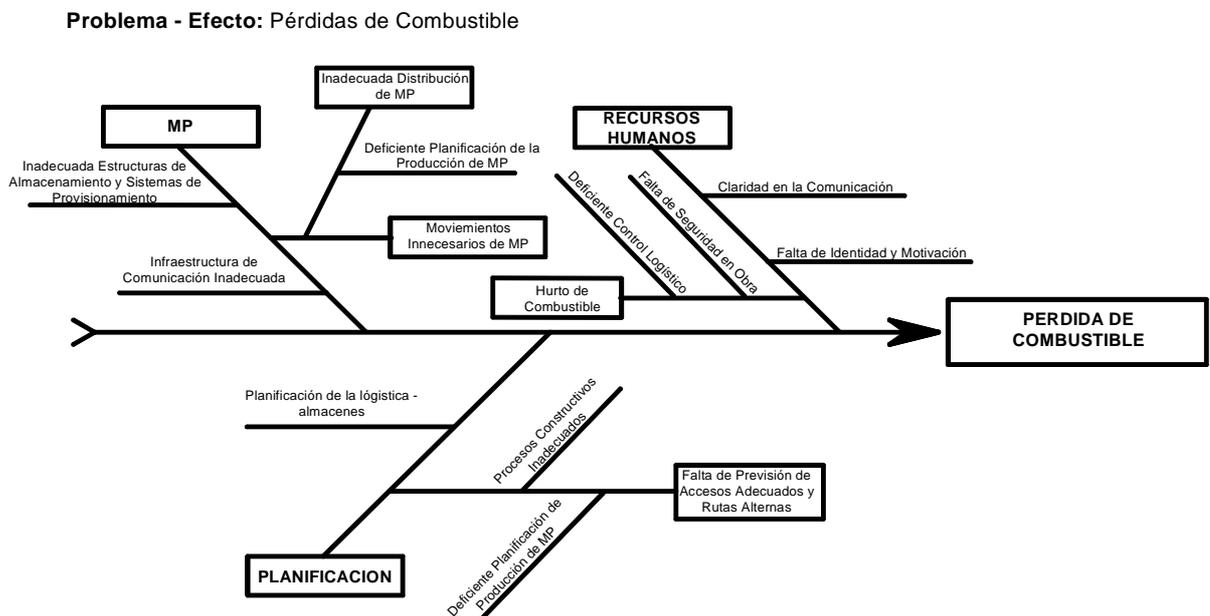
<sup>30</sup> **Tercerizar**, es la acción de recurrir a una agencia exterior para operar una función que anteriormente se realizaba en el interior de la empresa. También se le conoce como **“Outsourcing”** o **“Externalización”**.

e.1) Recursos Humanos.- Se ha podido ver en aquellas obras en las que se tiene un deficiente **control logístico** para cuando se distribuye el combustible a la MP, genera pérdidas de combustible o simplemente el combustible no llega a tiempo, generando tiempos improductivos, por lo que también es de mucha importancia contar con una infraestructura de **comunicación** eficiente. Estas pérdidas también se producen por el hurto de combustibles por **falta de seguridad en obras**.

e.2) Equipos.- Cuando en una obra no se tiene una planificación eficiente de la MP para su correcta ubicación y disposición en los frentes de trabajo, se van a realizar movimientos innecesarios, ocasionando mayor consumo de combustible injustificado; también como consecuencia de una difícil ubicación de la MP en obra, generalmente cuando las obras son de gran envergadura, el abastecimiento<sup>31</sup> de combustible se hace ineficiente cuando el camión abastecedor tiene que recorrer largas distancias sin tener un plan de ruta adecuado y carecer de elementos de comunicación adecuados.

e.3) Planificación.- Como habíamos indicado en los párrafos anteriores cuando no se tiene una **planificación de la producción** de la MP se producen movimientos innecesarios, que se traduce a pérdidas de combustible; también cuando no se tiene una **planificación adecuada de la logística de entrada**, (prever con anticipación el abastecimiento de combustible a obra) y una logística de salida, (previsión de los elementos de almacenamiento y distribución oportuna a la MP); se van a tener tiempos muertos en la producción y pérdidas de combustible.

Gráfico N° 3.06



MP: Maquinaria Pesada

**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

<sup>31</sup> El abastecimiento de combustibles y lubricantes en obras se hacen con **camiones cisternas abastecedores**, los que llevan el combustible desde los lugares de almacenamiento hasta el lugar en donde operan los equipos.

Una causa fundamental que lleva a una organización a pérdidas y sobre todo a no poder mejorar los procesos es cuando el personal no está plenamente identificado con los objetivos que persigue la empresa y no está motivada a hacer de mejor manera las labores encomendadas, por eso es preciso indicar esta, como una causa que genera problemas a la empresa, por más que se cuente con la infraestructura adecuada. Hoy en día se ha visto que el recurso humano es el factor innovador, de cambio y resumidamente el que genera mayor valor en las empresas; por tanto es importante tener políticas de capacitación y de motivación del personal. (Ver Gráfico N° 3.06).

Cuando en obra no se cuenta con tanques de almacenamiento adecuados y un sistema de abastecimiento eficiente, también se ha podido determinar que se generan pérdidas de combustible.

#### **3.4.4 IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS**

Las causas más comunes que han generado los problemas antes descritos son las relativas al deficiente control y a la falta de planificación.

Las causas comunes y fundamentales que hemos podido identificar con el diagrama de Ishikawa son las que describimos a continuación:

##### **A) PLANIFICACIÓN**

Las causas de los problemas anteriormente identificados que tienen que ver con la planificación son los siguientes:

- Asignación Equivocada de MP para la Ejecución de un Trabajo.
- Desconocimiento del Rendimiento de la MP.
- Procesos Constructivos Inadecuados.
- Previsión del Mantenimiento Preventivo de la MP.
- Previsión de Accesos, Rutas Alternas y Restricciones de Paso.
- Capacitación de los involucrados en la Planificación de Producción y Mantenimiento.

##### **B) CONTROL**

Las causas identificadas que generan los problemas identificados son las siguientes:

- Comunicación Deficiente.
- Difícil Localización de MP.
- Deficientes Procesos de Recolección de Datos.
- Insuficiente Personal para el Control de MP.
- Falta de Instrumentos de Diagnósticos para Identificar Problemas Mecánicos.

#### **3.5 CONCLUSIONES DEL CAPITULO**

1. Muchas de las empresas no comparten información relativa al manejo de su equipo mecánico, por considerar esta actividad estratégica.
2. Se ha podido determinar que en todas las obras, objetos de análisis, existen problemas para el control de MP y su planificación.
3. Se ha podido determinar que los problemas identificados están en una relación directamente proporcional al grado de organización de las empresas y ésta a su vez al tamaño de la empresa.
4. Se ha identificado que en la construcción de carreteras existen actividades críticas que requieren una mayor atención, por tal razón el control debe ser más imperioso. Estas actividades que fueron identificadas en el Cuadro N°3.03 en orden de importancia son: Planificación en Obra, Cortes y Terraplenes (Explanaciones), Transporte de Agregados y Producción de Agregados, Control logístico, Control de Rendimientos de MP y Control de Calidad. Podemos concluir que en todas estas actividades intervienen la MP directa o indirectamente, de ahí que el control mismo de MP se hace imprescindible.
5. Se ha visto que en las empresas constructoras el responsable de planificar y programar las actividades de la MP son los mismos residentes en función del plan general de obra y muchas veces con el apoyo de la oficina técnica; pudiendo concluir que las actividades que realizan las diversas MP en obra son de mucha importancia, al involucrar en su planificación a Residentes de Obra.
6. Las empresas, objeto de análisis, efectúan análisis comparativos para control de planificación. Algunas empresas, tal es el caso de las empresas del estado, solo hacen análisis comparativos de la cantidad de actividades programadas con la cantidad de actividades ejecutadas, no teniéndose variables de los recursos empleados que permitan un mejor análisis para determinar el valor ganado por cada actividades ejecutada de tal forma que se pueda retroalimentar los diferentes procesos.
7. Se ha visto que en las diferentes obras para el control de MP se emplean personas como controladores en campo, controladores de rendimientos y capataces para la recolección de información en función del número de MP en obra.
8. Se han identificado cinco problemas que han resumido los problemas identificados por análisis de causalidad, estos son los siguientes:
  - Desabastecimiento de combustibles.
  - Falta de tiempo para la entrega de información.
  - Movilización innecesaria de MP.
  - Improductividad de MP por deficiente mantenimiento.
  - Pérdida de Combustible.

9. Se ha determinado que las causas que generan los problemas anteriormente indicados son por deficiencias en la planificación y control de MP. El detalle se muestra en el Cuadro N° 3.11.

**Cuadro N°3.11**

**Identificación de las Causas para los Problemas Identificados**

<b>PLANIFICACIÓN</b>	<b>CONTROL</b>
1. Asignación Equivocada de Maquinaria Pesada para la Ejecución de un Trabajo.	1. Comunicación Deficiente
2. Desconocimiento del Real Rendimiento de la MP.	2. Difícil Localización de Maquinaria Pesada.
3. Procesos Constructivos Inadecuados	3. Deficientes Procesos de Recolección de Datos.
4. Previsión del Mantenimiento Preventivo de MP	4. Insuficiente Personal para el Control de MP.
5. Previsión de Accesos, Rutas Alternas y Restricciones de Paso.	5. Falta de Instrumentos de Diagnósticos para Identificar Problemas Mecánicos.
6. Capacitación de los Responsables de la Planificación de Producción y Mantenimiento.	

**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

## CAPITULO IV

### SOLUCION DEL PROBLEMA: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE MAQUINARIAS USANDO TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION

#### 4.1 ALCANCE DEL SISTEMA

El sistema propuesto es una alternativa para poder solucionar y optimizar los procesos de control de MP, en tal sentido esta se debe tomar como una alternativa con opción a ser mejorada y adaptada a cada tipo de organización.

El alcance del sistema está en función de la misión y de los objetivos que permitan resolver la problemática desarrollada en el capítulo anterior. La misión del sistema en ese sentido es la siguiente:

#### MISIÓN:

*“El sistema debe suministrar la información exacta en el momento oportuno”*

Mientras que los objetivos del sistema están más orientados a resolver cada una de las causas de los problemas identificados; en el Cuadro N° 4.01 se ha desarrollado los objetivos del sistema en ese sentido.

**Cuadro N°4.01**

#### Objetivos del Sistema

OBJETIVO PRINCIPAL	“OPTIMIZAR EL CONTROL PARA CORREGIR Y MEJORAR LA PRODUCCIÓN”	
<b>OBJETIVOS SECUNDARIOS</b>	<i>Para optimizar el Control</i>	<i>Para mejorar la Planificación</i>
	1. Optimizar la comunicación entre los centros de producción y oficinas (campamentos).	1. Asignar correctamente la MP para cada trabajo específico.
	2. Proporcionar parámetros de ubicación de la MP en obra.	2. Proporcionar un historial de producción de la MP.
	3. Optimizar la recolección de información.	3. Definir procesos constructivos adecuados.
	4. Proporcionar parámetros de producción de la MP.	4. Registrar la operación de la MP orientada a una programación de mantenimientos.
	5. Proporcionar parámetros del estado operativo (mecánico) de la MP.	5. Advertir a los operadores y capataces, correcciones de la programación de obra frente a una eventualidad.

*Fuente: Elaborado por el Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.*

## 4.2 IDENTIFICACION DE VARIABLES

Las variables se definen como aquellos valores que indican el comportamiento de un dispositivo de medición, en el caso del sistema propuesto vendrían a ser los datos que proporcionan los dispositivos instalados en la MP y algunos otros datos proporcionados directamente por los responsables de su uso.

Estas variables están orientadas por los objetivos del sistema, las que permitirán calcular y representar indicadores o parámetros de medición.

A continuación se muestra las variables generales que se propone para el sistema, ver Cuadro N° 4.02.

**Cuadro N°4.02**

### *Variables del Sistema Propuesto*

<b>VARIABLES</b>	<b>UND</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>VARIABLES DE UBICACIÓN</b>	<b>T(i)</b>	<b>Fecha/Hora</b>
	<b>X</b>	<b>(m) UTM</b>
	<b>Y</b>	<b>(m) UTM</b>
	<b>Z</b>	<b>(m)</b>
<b>VARIABLES DE IDENTIFICACIÓN</b>	<b>CO</b>	<b>Código del Operador</b>
	<b>CM</b>	<b>Código del Equipo</b>
	<b>AC</b>	<b>Código de la Actividad en Ejecución</b>
<b>VARIABLES DE OPERACIÓN</b>	<b>NC</b>	<b>gln</b>
	<b>HM</b>	<b>hm</b>
	<b>ODO</b>	<b>Km</b>
	<b>VEL</b>	<b>Km/h</b>
<b>VARIABLES MECÁNICAS</b>	<b>Tm</b>	<b>°C</b>
	<b>Th</b>	<b>°C</b>
	<b>Pm</b>	<b>Pa/m2</b>
	<b>Ph</b>	<b>Pa/m2</b>
	<b>Mensaje</b>	<b>TEXTO</b>
	<b>X1</b>	
	<b>X2</b>	
<b>Xn</b>		

*Fuente: Elaborado por el Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.*

### Variables de Identificación

**Código del Operador "CO":** Variable que identifica a la persona que opera la MP en el instante  $T(i)$ , este código deberá ser introducido a través del dispositivo OEA, cada vez que se encienda la MP.

**Código de la MP "CM":** Variable que identifica a la MP, el mismo que debe ser compatible con los inventarios y registros de MP en almacenes y talleres; este código será introducido al dispositivo OEA, previa ingreso de una clave secreta.

**Actividad en Ejecución "AC":** Variable que indica la actividad que está ejecutando la MP en el instante  $T(i)$ .

### Variables de Ubicación y Tiempo

**Tiempo de recolección de Datos  $T(i)$ :** Es el tiempo en el que se recibe toda la información de la MP y es transmitido a las oficinas. Esta variable deberá informar la fecha y hora.

**Datos de posicionamiento (X,Y,Z):** Datos de posicionamiento global, en sistemas de coordenadas UTM, para su uso compatible con los planos y mapas en formato "CAD".

### Variables de Operación

Estas variables son las mínimas necesarias para poder controlar la producción y rendimiento de la MP; así como para hacer las valorizaciones de la MP.

Las variables de operación están disponibles en función del tipo de MP; cabe resaltar que en algunas MPs, por las características que tienen, no es posible registrar algunas variables como por ejemplo en el control de Tractores y Excavadoras la variable de Velocidad, no es importante su registro, no sucediendo así para vehículos de transporte de materiales como los volquetes.

Las variables que el Sistema tendrá serán las siguientes:

**Nivel de Combustible:** Esta variable permitirá conocer el nivel de combustible en un tiempo  $T(i)$ .

**Horas de Trabajo (HM):** Horas de operación de la MP (Horómetro), esta variable es la que alertará de los programas de mantenimiento y lubricación preventivos; así como también los costos de alquiler y reposición de la máquina.

**Odómetro (Km):** Variable que indicará la distancia recorrida en kilómetros acumulada en el instante  $T(i)$ .

**Velocidad (Km/h):** Velocidad del Vehículo en (km/h) en el instante  $T(i)$

Algunas de estas variables tales como las horas de trabajo y el odómetro están orientadas también, para poder planificar mantenimientos preventivos de la MP; también en la actualidad se puede tener un monitoreo de la velocidad en los vehículos de transporte de agregados en obras viales, con fines de seguridad que son cada vez más exigidos en el sector de la construcción.

### Variables del Estado Mecánico de la MP

Al igual que las variables de operación estas variables están disponibles en función del tipo de MP. Estas son las mismas que se encuentran disponibles en tablero de información y que se pueden enviar a dispositivos externos como PLC y computadoras portátiles. Estas variables están signadas por códigos de error que representan diferentes tipos de fallas captadas por los sensores ubicados en distintas partes del motor y de los sistemas hidráulicos.

Además de estos mensajes se puede registrar parámetros de funcionamiento para monitoreo del comportamiento de la MP; como por ejemplo:

- **Temperatura del Motor (Tm):** Variable que indica la temperatura del motor en el instante T(i).
- **Temperatura del Sistema Hidráulico (Th):** Variable que indica la temperatura del motor en el instante T(i).
- **Presión en motor (Pm):** Variable que registra la presión en los pistones.
- **Presión en Sistema Hidráulico (Ph):** Variable que registra la presión en el sistema hidráulico.

Todos estos parámetros y aquellos que están disponibles en la MP, están orientados a efectuar un mantenimiento predictivo, como se vio en el ítem 1.3.2 del capítulo I, en el que se puede ordenar un mantenimiento anticipado frente a la identificación oportuna de una falla.

Muchos tipos y modelos de MP han codificado los errores, los mismo que están ampliamente descritos en manuales en los que se describe los procedimientos para reparar y los repuestos que se deben cambiar de ser el caso; así por ejemplo en los manuales de mantenimiento de Jhon Deere se tiene mensajes de alerta como el indicado en el Gráfico N°4.01. Un compendio de mensajes de alerta de CATERPILLAR se puede ver en enlace:

(<http://safety.cat.com/cda/files/695523/7/Dictionary+of+Pictograph+Symbols.pdf>).

#### **Gráfico N°4.01**

##### **Ejemplos de Mensaje Jhon Deere**

<b>110.0</b>	<b>Coolant Temp High</b>
<b>2360.5</b>	<b>Right Rear Work Light Open Circuit</b>
<b>52223864</b>	<b>Cluth Slippage</b>

Las variables deberán ser registradas, ordenadas y almacenadas en una base de datos, que será plataforma para el procesamiento, como se muestra en el Cuadro N°4.03, esta información deberá ser analizada y comparada con información (programas, indicadores) de una oficina de planificación de obra y/o oficina técnica.

#### **Cuadro N°4.03**

##### **Cuadro de Registro de Datos del Sistema en Función a las Variables**

T(i)	X	Y	Z	CO	CM	AC	NC	HM	ODO	VEL	VARIABLES MECANICAS							
											Tm	Th	Pm	Ph	Mensaje	X1	X2	Xn
12/04/08 - 10:45:10	8345678	5674832	3456	OP0145	EX1045	MT002	12.4	1546.2	987.4	34	100	120	12	45	123.98.09	34.4	23	13
12/04/08 - 10:45:11	8345651	5674821	3430	OP0146	TR1046	MT005	9.4	1536.8	996	29.667	96.17	117.4	13	11.5	MIL.38.60	23.12	34.56	28.56
12/04/08 - 10:45:12	8345238	5674809	3406	OP0147	VO1047	MT008	6.15	1530.65	1001.78	25.667	92.67	115	12	10.5	34.PE.11	15.74	42.43	36.43
12/04/08 - 10:45:13	8345564	5674798	3338	OP0148	EX1048	MT002	3.15	1527.5	1005.715	14.333	81.83	108.2	34	32.5	CO345-34	11.96	48.41	42.41
12/04/08 - 10:45:14	8345345	5674765	3296	OP0149	TR1049	MT002	11.7	1515.85	1008.705	7.3333	75.33	104	21	19.5	123548.13	25.94	61.38	55.38
12/04/08 - 10:45:15	8345456	5674745	3254	OP0150	CI1050	MT022	16.9	1498.95	1015.19	3.33	60.33	99.8	21	45	MAX.98.14	46.22	84.49	78.49
12/04/08 - 10:45:16	8345987	5674725	3168	OP0151	RO1051	MT010	22.2	1476.8	1026.745	14	46.5	91.2	43	41.5	PER.00X34	19.64	94.31	88.31
12/04/08 - 10:45:17	8345673	5674683	3144	OP0152	RO1052	MT011	32.9	1443.9	1031.655	13.4	43	88.8	12	10.5	MAX.98.15	59.12	123.87	117.87
12/04/08 - 10:45:18	8345678	5674672	3120	OP0153	MO1053	MT002	35.9	1408	1046.435	9.4	39.5	86.4	12	10.5	PER.00X35	16.04	131.89	125.89
12/04/08 - 10:45:19	8345648	5674661	3112	OP0154	EX1054	MT013	38.9	1369.1	1050.445	8.0667	38.67	85.6	4	2.5	MAX.98.16	62.72	163.25	157.25

Fuente: Elaborado por el Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

### 4.3 ELEMENTOS DEL SISTEMA

El sistema propuesto deberá tener los siguientes elementos necesarios:

#### a. Terminal Colector de Datos de la MP

Es el elemento del Sistema capaz de reunir, procesar y almacenar temporalmente toda la información proveniente de los dispositivos periféricos instalados en la MP.

#### b. Circuito de Datos

El circuito de datos es un elemento del sistema que a su vez está conformado por otros elementos, los mismos que tienen la responsabilidad de transmitir la información entre dos puntos distantes, transformado previamente esta información en señales susceptibles a ser transmitidas y bajo estándares y protocolos conocidos.

Este elemento está formado por:

- MP Terminales del Circuito de Datos (Transmisores, Receptores y Trasmisores-Receptores).
- Líneas de Transmisión.

#### c. Terminal Colector de Datos (Oficina de Producción)

Este elemento tiene la función de recibir, ordenar, procesar, registrar y retransmitir toda la información proveniente de la MP.

#### d. Usuarios del Sistema

Los usuarios del sistema son aquellas personas involucradas en el control de la MP, que requieren acceso a la información del sistema para su utilización con fines específicos; los usuarios pueden estar en distintas áreas de la empresa como: Jefatura en Obra, Taller en Obra, Administración, Oficina Central, Taller Central, como también se puede dar acceso a usuarios externos como Arrendadores y Empresas de Servicio de Mantenimiento.

### 4.4 INDICADORES DE SISTEMA

Los indicadores del sistema son aquellos que permitirán identificar posibles desviaciones respecto a nuestro plan de obra y a la productividad esperada de nuestra MP; en tanto es importante definir estos indicadores en la etapa de planeamiento, en función de los objetivos que persigue nuestro sistema.

Los indicadores permitirán medir y comparar la productividad de los diversos procesos que ejecutan la MP en obra con valores preestablecidos, los que ayudarán a identificar y corregir problemas haciendo un proceso de mejora continua.

Para la identificación de los indicadores, los hemos dividido en dos grupos el primero que está orientado a la producción y otro orientado al mantenimiento.

#### 4.4.1 INDICADORES DEL SISTEMA RELATIVOS A LA PRODUCCIÓN

Como se había analizado en el capítulo anterior todas las empresas realizan actividades de planificación con el fin de prever contingencias, al mismo tiempo de asignar recursos necesarios para cada actividad. Esta planificación recae en programas cuya frecuencia pueden ser mensuales, semanales o diarias; así podemos describir brevemente algunos tipos de programación, en función a su frecuencia.

**Programación Mensual de Obra:** Un programa mensual de obra está concebido de acuerdo al plan general de obra, el mismo que se programa en horizonte de 4 semanas. Este programa detalla todas las actividades que se desean ejecutar en este periodo de tiempo teniendo en consideración las restricciones que pudieran existir y previniendo con anticipación los recursos y aprobaciones necesarias para cumplir las metas previstas. Este programa debe ser actualizado cada semana, adicionando una semana más al horizonte del programa<sup>32</sup>.

**Programación Semanal de Obra:** Este programa va en concordancia con el plan general de obra y el programa mensual, con la diferencia que las actividades a programar se llevan a un mayor nivel de detalle, no teniéndose ninguna restricción para su libre ejecución. Para elaborar una programación de obra semanal se debe definir las actividades a ejecutarse teniendo en cuenta las actividades predecesoras, además se debe analizar la factibilidad de su cumplimiento.

**Programación Diaria de Obra:** Este programa, por lo general, está a cargo del ingeniero producción en coordinación con los ingenieros de campo. Este programa tiene el objetivo de optimizar el uso de los recursos mediante una asignación muy bien pensada y no a criterio de los capataces y maestros. A diferencia de una programación semanal, esta programación tiene la ventaja de poder detectar mucho más rápido problemas y poder reprogramar los trabajos más fácilmente. El control del sistema propuesto tiene la ventaja de ofrecer información en un tiempo real, lo que permitiría dar parámetros de control enfocados a una programación diaria.

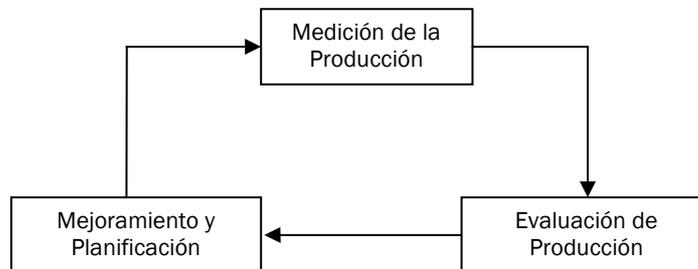
Estas programaciones deben de ser controladas y evaluadas, de nada sirve una programación de obra si no se mide, mejora y retroalimenta al proceso; es por eso la importancia de establecer un ciclo de mejora continua para la producción de MP en obra. Ver Gráfico N° 4.02.

---

<sup>32</sup> **Metodología de Programación de Obras "Lookahead"**, que significa "mirar hacia delante", que es una planificación a corto plazo que busca ser un mecanismo de prevención que permita estar preparados al momento de hacer la asignación de trabajos en la programación semanal o diaria, de tal manera que se genere un escudo protector en proceso de programación.

Gráfico N°4.02

**Proceso de Mejora Continua**



**Fuente:** Dr. Walter Rodríguez Castillejos Curso - "Teoría de las Restricciones y Lean Construction para Planear y Mejorar la Productividad en la Construcción" CD-Lima, 2004.

El sistema de control de MP propuesto se orienta a optimizar el control para corregir y prevenir fallas en la producción, ésta a su vez comprende los procesos secuenciales de recolección de datos y el análisis que pretende que sea automatizado y ordenado por el sistema propuesto.

Para establecer un proceso de control y procesamiento de los datos recolectados es importante como un primer paso establecer estándares de producción que se traduce en una meta o una producción esperada al cual se quiere llegar en un tiempo determinado. Estos estándares estarán traducidos en las hojas de programación.

Los indicadores de un sistema control, como se vio en el Ítem 1.2 del Capítulo I, están orientados a los factores de éxito: plazo, costo y calidad. Los indicadores de plazo son los relativos a la culminación de un trabajo en un tiempo previsto, mientras que los indicadores de costos indican los costos asociados a la culminación de un trabajo, es decir el plazo se orienta más a la efectividad de los procesos y los costos están más orientados a la eficiencia, del mismo modo que la calidad también se orienta a la eficiencia; puesto que no se trata de terminar un trabajo con una optima utilización de los recursos; si no que también se requiere terminar el trabajo con buena calidad, para no volver a ejecutarlo.

Sabiendo que los indicadores son puntos importantes para un proceso de control, y que este es un proceso de mejora continua (cíclico), conviene en un primer momento establecer una línea base de programación en función de la misma experiencia de los ingenieros en obra, asumiendo parámetros de producción conservadores de la MP; no obstante cuando se tenga datos reales de la producción de la MP se podrán ajustar los programas. **Las programaciones de la MP** son diarias y las realiza el ingeniero de producción en coordinación con los ingenieros de campo, éstas determinan el trabajo que deberá ejecutar una cuadrilla a cargo de un capataz durante el día y deben incluir los siguientes datos mínimos:

- Fecha
- Actividad a realizar
- Sector o área de trabajo
- Responsable (Capataz)
- Personal y MP asignada

- Horas Estimadas Producción
- Rendimiento Esperado
- Metrado objetivo
- Firma del Ingeniero de Producción, del Ingeniero de Campo y Capataz Responsable.

(Ver modelo en el Anexo 4.01 “Ejemplo de una Programación Diaria de MP”)

En ese sentido el sistema propuesto deberá analizar los siguientes indicadores:

## I. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

La productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en los recursos empleados. Se puede expresar como:

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{Cantidad Producida}}{\text{Recursos Empleados}}$$

La productividad también puede definirse en forma explícita como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad deseado. Es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad; así por poner un ejemplo, de nada sirve producir un considerable avance de carpeta asfáltica, utilizando muy eficazmente la MP, si después de un tiempo se van a presentar fallas y rajaduras en la superficie.

Los indicadores de productividad, pueden estar dirigidos a un control por MP o por Operador, así tenemos:

### I.1 PRODUCTIVIDAD POR MP

La productividad de la MP está orientada para comparar la productividad real con la productividad prevista en los programas, de tal manera que se tenga ratios que permitan reajustar nuestras programaciones diarias disminuyendo así la variabilidad, como también permitirá identificar restricción mecánicas, humanas y de organización que justifiquen la escasa producción de la MP.

Para poder determinar los indicadores de productividad, previamente se deberá prever datos de entrada al sistema con el fin de identificar a la MP, e indicar al sistema un intervalo de tiempo en el que se quiere hacer el análisis de la productividad. Esta información preliminar deberá tener los siguientes campos. Ver Gráfico N° 4.04.

Independientemente del Cuadro N° 4.04, toda la información de la MP deben estar registrada en una base de datos, la que debe contener información relativa a sus características mecánicas y de propiedad, de tal manera que para poder enunciar una MP al sistema bastará colocar el código de identificación.

**Cuadro N°4.04**

**Datos de Identificación de la MP**

<b>CODIGO</b>	EX0001	
<b>EQUIPO</b>	Excavadora CAT 330B	
<b>PLACA</b>	XI-123	
<b>POTENCIA</b>	145hp	
<b>AÑO FABR.</b>	2003	
<b>CAPACIDAD</b>		
<b>HORAS ACUM.</b>	1345.7	

**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

Para poder indicar al sistema un intervalo de tiempo este deberá indicar la fecha de inicio y fin; pudiendo el sistema tener la versatilidad de emitir reportes diarios, semanal, quincenal, mensual o intervalos variables.

Ejemplos:

- Rango de Fecha De: 01/12/2007 A: 31/12/2007 (mensual)
- Rango de Fecha De: 14/01/2008 A: 20/01/2008 (semanal)
- Rango de Fecha De: 01/02/2008 A: 16/02/2008 (variable)

Teniendo toda la información anterior, el sistema sería capaz de elaborar cuadros en los que se muestre los indicadores siguientes:

**a) Indicadores de Producción:** Estos indicadores evaluarán la cantidad de trabajo ejecutado por la MP en un tiempo y actividad específica. Ver ejemplo en el Cuadro N° 4.05.

**Cuadro N°4.05**

**Ejemplo de Informe de Producción de MP**

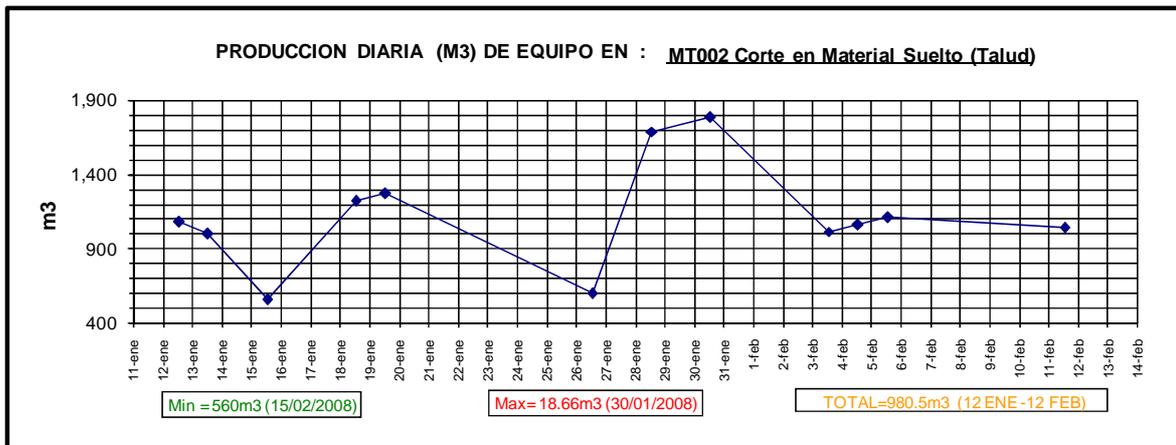
FECHA	ACTIVIDAD	OPERADOR	PRODUCCION
12/01/2008 06:30am	MT002 Corte en Material Suelto (Talud)	OP0032	1080 m3
13/01/2008 06:35am	MT011 Perfilado de Taludes	OP0032	1002 m2
14/01/2008 07:00am	MT003 Corte en Material Suelto (Plataforma)	OP0014	1100 m3
15/01/2008 16:30am	MT002 Corte en Material Suelto (Talud)	OP0016	560 m3
15/01/2008 01:02pm	MT008 Limpieza de Derrumbe	OP0016	890 m3
16/01/2008 06:04am	MANTENIMIENTO	-----	-----

**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

En función a la información del Cuadro N° 4.05, el sistema podrá elaborar un informe gráfico, en el que se muestre el historial de producción de una MP. Ver ejemplo en el Gráfico N° 4.03. Además esta información podrá utilizarse con fines de poder estimar la cantidad de ejecución de una partida, al poder acumular la producción de todas las MP que realizan un mismo tipo de trabajo. Ejem. Se podría obtener la cantidad de metros cúbicos de base que se produjeron en el mes de Enero, a partir de la producción de cada MP que realiza esta actividad.

**Gráfico N°4.03**

**Ejemplo de Reporte Gráfico de Producción de MP**

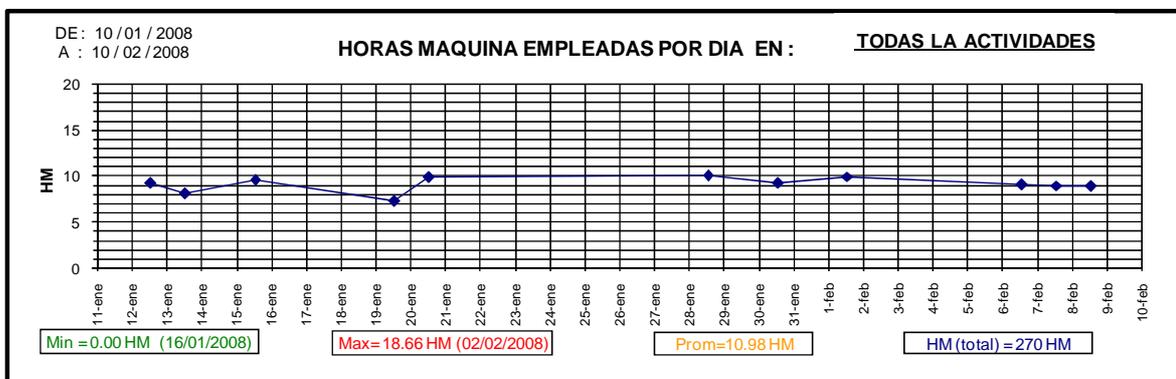


**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

**b) Indicadores de Recursos Empleados:** Estos indicadores son los que nos dan el costo aproximado que demanda una MP para la ejecución de una determinada actividad. Los rubros que componen este costo están básicamente resumidos en la cantidad de horas máquina (HM) que utiliza una MP para ejecutar una actividad específica, además del combustible, lubricantes, mantenimiento.

**Gráfico N°4.04**

**Ejemplo de Reporte Gráfico de Horas Máquina Empleadas por Día**



**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

Estos indicadores podrán ser una herramienta útil para verificar las posibles desviaciones económicas en el presupuesto que demanda la MP; estos indicadores también son de mucha importancia, porque permitirá realizar valorizaciones de la MP para su pago respectivo a arrendadores o para la depreciación contable en inventarios, de ser la MP propia. También servirá para programar mantenimientos de MP, así como para poder detectar desviaciones en el uso normal de combustibles y lubricantes de cada MP.

En Gráfico N° 4.04, podemos ver unos ejemplos de reporte de horas máquina por día.

**c) Indicadores de productividad:** La productividad, se había definido líneas arriba como la relación entre la cantidad producida y las horas máquina (HM) empleadas, el sistema propuesto reportará esta relación mediante el Cuadro N° 4.06.

Para una mejor interpretación de los resultados el sistema podrá elaborar un gráfico en el que se muestra la productividad por días, de tal manera que se pueda analizar comparativamente los resultados con producciones deseadas en las oficinas de planeamiento; también con el sistema sería posible hacer una análisis estadístico con el fin de determinar la productividad promedio y el rendimiento promedio. Ver ejemplo en el Gráfico N° 4.05.

#### **Cuadro N°4.06**

##### **Ejemplo de Informe de Productividad de MP**

FECHA	ACTIVIDAD	PRODUCCION (m3)	HM	PRODUCTIVIDAD (m3/HM)
12-1-08 1:01 PM	MT002 Corte en Material Suelto (Talud)	1080	9.20	117.39
13-1-08 1:01 PM	MT002 Corte en Material Suelto (Talud)	1002	8.00	125.25
15-1-08 1:01 PM	MT002 Corte en Material Suelto (Talud)	560	4.00	140.00
18-1-08 1:01 PM	MT002 Corte en Material Suelto (Talud)	1224	8.60	142.35
19-1-08 1:01 PM	MT002 Corte en Material Suelto (Talud)	1271	7.23	175.73

**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

Como podemos ver en el Gráfico N° 4.05 el sistema además, puede proporcionar una línea de tendencia, mediante un análisis estadístico de regresión simple, el mismo que puede ayudar a calcular valores de productividad para futuras programaciones. También se puede ver que como por ejemplo en el gráfico, la pendiente de la línea es negativa lo que advierte que la productividad está descendiendo en el tiempo, que puede ser causada de una falla mecánica de MP.

*(En el Anexo N°4.02 se puede ver todos los indicadores de productividad de la MP, resumidos en una hoja de control)*

Con un análisis estadístico, un oficina de planeamiento, podría hacer una programación de su MP bajo los siguientes escenarios:

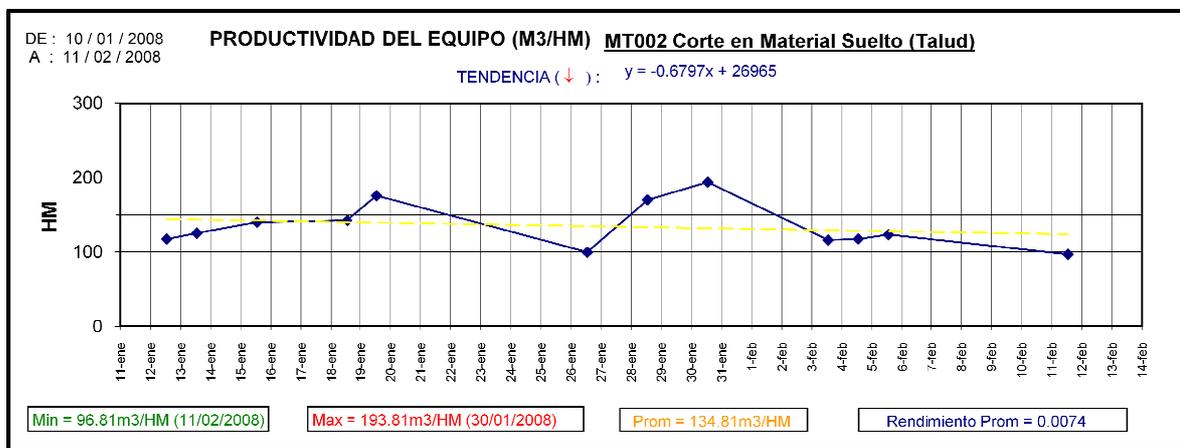
**Programación Optimista:** Es cuando se quiere ajustar al máximo la productividad del la MP con el fin de cumplir metas, o cuando se tiene retrasos en el plan de ejecución de obra. Para

este escenario podría tenerse como rendimiento esperado el máximo valor estadístico en un intervalo de tiempo prudente, en el que la MP tenga un rendimiento normal en función a su antigüedad.

**Programación Realista:** Es cuando la productividad de la MP son ajustados a un rendimiento probable en función de un análisis estadístico. Para este escenario podría tenerse como productividad esperada el valor promedio o si se quiere mayor exactitud podría ser el valor probable aplicando la ecuación de la línea de tendencia. Este análisis podría practicarse en un intervalo de tiempo prudente, en el que la MP tenga un rendimiento normal en función a su antigüedad.

### Gráfico N°4.05

#### Ejemplo de Reporte Gráfico de Productividad de MP



**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

**Programación Pesimista:** Es cuando se quiere tener una alta confiabilidad en la programación de la MP y no se quiere tomar riesgos de incumplimiento del plan de obra. Para este escenario podría tenerse como una productividad deseada el mínimo valor estadístico en un intervalo de tiempo prudente, en el que la MP tenga una productividad normal en función a su antigüedad.

## I.2 PRODUCTIVIDAD POR OPERADOR

Establecer indicadores de productividad para los operadores de MP, es una opción de sistema que permitiría inculcar las siguientes políticas:

- Establecer políticas de motivación; aquellos que tienen un historial de productividad bueno, podrían ser premiados.
- Capacitar a los Operadores que no tienen una buena producción.
- Seleccionar a los mejores operadores para frentes críticos de obra y para operar las mejores máquinas.
- Establecer un ambiente de competencia para mejorar la productividad, sin descuidar la calidad de los trabajos y la correcta utilización de la MP.

Al igual que el caso de la MP, es preciso indicar al sistema la identificación del operador (Ver Cuadro N° 4.07). Los operadores deberán estar en una base datos, con toda la información personal y record de productividad de otras obras, esto permitirá una rápida selección de operadores para cada tipo de MP.

**Cuadro N°4.07**

**Datos de Identificación del Operador de la MP**

CODIGO	OP0666			
NOMBRE	JUAN PEREZ RICALDI	DNI	23876567	
ESPECIALIDAD	Excavadoras, Retroexcavadora			
FECHA DE NAC.	14/04/1970 (38 AÑOS)	GRUP/SANGRE	RH(+)	

**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

Los indicadores de productividad de los operadores, que el sistema podría evaluar son los siguientes:

**a) Record de Productividad de Operadores:** Este es un informe comparativo de la productividad de los operadores, en el que se muestra la mejor productividad de un grupo de operadores en la ejecución de una misma actividad y con el mismo tipo de MP, comparándolo con la productividad de cada operador; de tal manera que se pueda establecer un orden de méritos. Ver ejemplo en el Cuadro N° 4.08. Un sistema informático tiene la posibilidad y versatilidad de seleccionar los campos de y parámetros de análisis.

**Cuadro N°4.08**

**Record de Productividad por Operador**

RECORDS DE PRODUCTIVIDAD					
EQUIPO	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	UND	Record General	Record Personal	Ranking
EX0001Excavadora CAT 330DL	MT0002 Corte en Material Suelto (Talud)	m3	1550	1505	3º / 10
EX0002Excavadora CAT 328DL	MT0003 Corte en Material Suelto (Plataforma)	m3	1780	1725	4º / 10
EX0001Excavadora CAT 330DL	MT008 Limpieza de Derrumbe	m3	2567	2567	1º / 10
EX0001Excavadora CAT 330DL	MT011Perfilado de Taludes	m2	1345	1314	2º / 10
EX0001Excavadora CAT 330DL	MT011Limpieza de Cause de Rios	m3	560	559	5º / 10
EX0001Excavadora CAT 330DL	MT011 Corte en Roca Suelta	m3	450	438	2º / 10
EX0002Excavadora CAT 328DL	MT011 Corte en Roca Suelta para Canal Tipo II	m1	25	22	3º / 10
EX0002Excavadora CAT 328DL	OA043Zanjas para Subdren en material suelto	m3	350	289	4º / 10

**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

El objetivo de este informe, es generar un ambiente de sana competencia entre los operadores para incrementar su productividad, del mismo modo que se puede seleccionar el personal idóneo para la operación de una MP en la ejecución de una actividad específica.

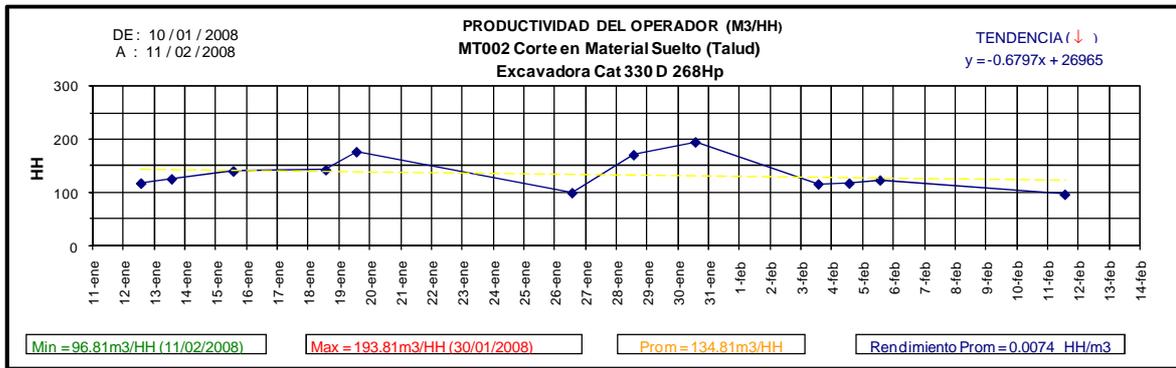
**b) Indicadores de Productividad de Operadores:** Este es un informe que permitirá controlar la productividad del operador en un intervalo de tiempo preestablecido; está orientado a identificar variaciones en la productividad y consecuentemente la evaluación de las causas de

estas variaciones. Previamente el usuario del sistema deberá seleccionar una actividad y una MP en particular para evaluar la productividad del operador. Ver Gráfico N° 4.06.

Al igual que los reportes de productividad de la MP el sistema reportará cuadros de la cantidad producida, el tiempo empleando en la producción de una determinada actividad y la productividad del operador. (Ver Anexo 4.03 “Ejemplo de Reporte de Productividad de Operadores”).

**Gráfico N°4.06**

**Ejemplo de Reporte Gráfico de Productividad de Operadores**



**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

Además de los informes de productividad por operadores el sistema deberá ser capaz de proporcionar informes de ranking de operadores por actividad y tipo de máquina, los mismos que deberán ser publicados como una manera de incentivar a los operadores más productivos. Ver Cuadro N° 4.09.

**Cuadro N°4.09**

**Record de Productividad del Operador por Actividad y MP**

RECORDS DE PRODUCTIVIDAD						
DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	EQUIPO	UND	RECORD	ORDEN DE MERITOS		
				1º	2º	3º
MT0002 Corte en Material Suelto (Talud)	Excavadora CAT 330DL 268HP	m3	154.6 m³/HH	OP121 Juan Perez R. 154.6 m³/HH 	OP078 Emerson Barriga T. 150.54 m³/HH 	OP912 Americo Puelles L. 
PR0034 Carguo de Material Granular	Cargador Frontal CAT 938H 180HP	m2	345.4 m³/HH	OP374 Oscar Revatta E. 345.4 m³/HH 	OP543 Pedro Venturo H. 	OP0871 Sebastián Alonso Q. 

**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

El requisito indispensable para la construcción de los cuadros de ranking, debe ser que existan actividades homogéneas que se ejecuten bajo las mismas condiciones y con el mismo tipo de MP, por lo que esta herramienta del sistema es opcional y no es aplicable para todas las actividades. Así mismo un sistema como el propuesto tendría la capacidad de evaluar

incidentes y accidentes relacionados con el operador de la MP, esto quiere decir que dentro de su historial podría evaluarse también aspectos relativos a la seguridad.

## II. INDICADORES DE CONFIABILIDAD DEL PROGRAMA

Los indicadores de confiabilidad indican las desviaciones que ha tenido una programación de obra, estos indicadores pueden ser expresados en valores porcentuales y/o gráficos.

El objetivo de aplicar este análisis es tomar acciones para evitar el incumplimiento del programa. En la medida de que el indicador de confiabilidad se acerque al 100% se incrementará la confiabilidad del sistema; mejorará la productividad de la mano de obra y la MP, ya que al asignar tareas más confiables se reducirán tiempos muertos y también se obtendrá una mejor iteración entre las actividades.

**Cuadro N°4.10**

### **Análisis de Confiabilidad para una Programación Diaria de Obra**

ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DEL PROGRAMA DIARIO DE OBRA							
PROGRAMACIÓN DIARIA					CONTROL DE PRODUCCIÓN		
FECHA	ACTIVIDAD	CAPATAZ	SECTOR	METRADO PROGRAMADO	METRA EJECUTADO	Confiabilidad Actividad	OBSERVACIONES
12/01/2008	MT 002 Corte de Material suelto en Talud	CAP 03 Jose Espinoza Ugarte	Km 13+500 - 13+580 (Quebrada Honda)	1500 m3	1200 m3	<b>80%</b>	Errores en el replanteo entre las progresivas 13+560 - 13+580
12/01/2008	MT 002 Corte en plataforma (para Mejoramiento de SR)	CAP 04 Pedro Oponente	Km 45+500 - 145+600 (Oxapampa)	350 m3	350 m3	<b>100%</b>	OK
12/01/2008	MT 011 Limpieza de Derrumbe	CAP 06 Carlos Palomino	Km 09+340 - 09+400 (Churumazu)	1800 m3	1600 m3	<b>89%</b>	Restricciones por vehículos varados
12/01/2008	PA002 Conformación de Sub Base	CAP 07 Elias Aguirre Capurro	Km 04+350 - 04+500 (Cantarizu)	450 m3	500 m3	<b>111%</b>	OK
12/01/2008	PA 008 Conformación de Base	CAP 07 Elias Aguirre Capurro	Km 03+500 - 03+580	340 m3	340 m3	<b>100%</b>	
12/01/2008	MA 001 Conformación de Botaderos	CAP 12 Jorge Mandarina	Km 05+750	1800 m3	1200 m3	<b>67%</b>	Tractor se quedo sin gasolina
Total Actividades Programadas (a)						<b>6</b>	
Actividades Inconclusas (b)						<b>3</b>	
<b>Confiabilidad del Programa Diario - 12/01/2008 (b/a)</b>						<b>50%</b>	

**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

Este mismo análisis se puede aplicar para evaluar la confiabilidad de los programas semanales y mensuales, al mismo tiempo que pueden ser complementados con diagramas de seguimiento de programas como es la Curva "S". Este proceso es responsabilidad de una oficina de planeamiento, la misma que deberá analizar, evaluar, comparar y retroalimentar el proceso dando nuevos parámetros para la asignación, secuenciación y temporización en los programas, así se cumple el ciclo de las funciones de una gestión de producción de MP.

#### 4.4.2 INDICADORES DEL SISTEMA RELATIVOS AL MANTENIMIENTO

Los indicadores del sistema relativos al mantenimiento están orientados básicamente a alertar el cumplimiento de los planes de mantenimiento en obra y también monitorear el funcionamiento de la MP para detectar a tiempo un mal funcionamiento con la ayuda de los sensores propios de cada MP. Estos indicadores son los que ayudaran a ejecutar planes de mantenimiento preventivo y predictivo; como se había definido en el capítulo I.

Los indicadores para el mantenimiento de los MP los hemos clasificado de la siguiente manera:

## **I. INDICADORES DE LUBRICACION Y MANTENIMIENTO MECANICO**

Los indicadores de lubricación y mantenimiento mecánico están orientados para anticipar un mantenimiento preventivo; estos indicadores están en función de las Horas Máquina (HM) acumuladas de las MP; las mismas que son registradas por el horómetro de cada MP y transmitidos al sistema. En función a las HM de cada MP se preverá las rutinas de lubricación (aceites, filtros, grasas), que los fabricantes recomiendan que se ejecuten con frecuencias determinadas; del mismo modo se incluirán todas las rutinas de inspección y ajustes que los fabricantes recomiendan que se ejecuten con frecuencias determinadas.

Estos indicadores son de mucha importancia ya que muchos fabricantes ofrecen garantías siempre que se hayan hecho estos mantenimientos en el tiempo previsto.

El sistema deberá ser capaz de alertar con anticipación las rutinas de mantenimiento; de tal manera que para las programaciones diarias de MP se prevea la disponibilidad de este.

## **II. INDICADORES DE MANTENIMIENTO PREDICTIVOS**

Estos indicadores son el resultado de un monitorio más exhaustivo de cada MP en el que se puede determinar la posible falla de una parte de la MP en función a los valores que transmite un sensor en una parte estratégica del motor; estos indicadores varían de acuerdo al tipo de máquina, no obstante los más comunes son los siguientes.

- Indicadores de Consumo de Combustible
- Temperatura de Motor
- Presión Interna del Motor
- Presión en el Sistema Hidráulico

Con la ayuda de histogramas y reportes se puede predecir una falla futura y actuar con anticipación.

## **III. INDICADORES DE FALLA**

Estos indicadores son los proporcionados por los diversos sensores ubicados en la MP que tienen la función de identificar fallas en las MP, muchos de estos errores están codificados, los mismos que según un manual tiene una amplia descripción y un procedimiento de acción.

A diferencia de los demás indicadores este proporciona un mensaje de emergencia; que tiene que ser atendido inmediatamente por los responsables del taller con el propósito de evitar un daño mayor de la MP.

Algunos de estos indicadores son los siguientes:

- Temperatura del Motor por encima de lo Permisible

- Carga Baja de la Batería

#### IV. INDICADORES DE MALA OPERACIÓN DE LA MP

Son aquellos indicadores que indican la manera como está siendo operada la MP, estos están orientados a prevenir posibles desperfectos del motor por el uso incorrecto por parte de los operadores. Entre estos indicadores tenemos: Revoluciones del Motor, Cambios de Marcha<sup>33</sup>.

Los indicadores predictivos, de falla y de mala operación de la MP, deberán tener la particularidad que deberán alertar al sistema cuando sean detectados.

En el siguiente enlace podemos obtener un plan de mantenimiento de MP Caterpillar:  
<http://safety.cat.com/cda/files/2452069/7/SEBU7880-16+M.pdf>

---

<sup>33</sup> El Ing. Edward Martín – Jefe de Mantenimiento de Intersur (Empresa Concesionaria de la Construcción y Mantenimiento del Tramo IV de la Carretera Interoceánica Sur); comenta que en un momento en el taller de mecánica había cuatro motoniveladoras con la “Corona rota” siendo la causa de esto una falla por la inadecuada operación al realizar cambio de reversa cuando la máquina esta en movimiento.

## CAPITULO V

### IMPLEMENTACION DE LA SOLUCION PROPUESTA

#### 5.1 ALCANCE DEL PROYECTO DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

El alcance del proyecto para la implementación del sistema de control de MP tiene un enfoque similar al de cualquier proyecto de Implementación de Tecnología (TI).

Los altos ejecutivos muchas veces se sienten incómodos cuando deben tomar decisiones importantes sobre proyectos de TIs, en vista de que no encuentran un asesoramiento técnico y arriesgan a sus empresas a despilfarrar inversiones y perder oportunidades. Se ha visto que las inversiones en TI hoy en día no están generando el valor esperado<sup>34</sup>, esto simplemente a que la alta dirección de la empresa no tiene un papel de liderazgo para unas pocas decisiones claves sobre el TI, las mismas que podemos ver en el cuadro N° 5.01:

#### 5.2 ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA PROPUESTO

Existen varias alternativas tecnológicas para poder implementar el sistema propuesto en el capítulo anterior, las mismas que muchas veces resultan de una combinación de varias tecnologías actuales.

Como se vio en el Capítulo II, existen muchas empresas que brindan información en tiempo real de datos relativos a la ubicación y operación de flotas (embarcaciones, vehículos, MP, etc); sin embargo estos servicios tienen un costo dependiendo del tipo de información que se brinde al cliente y del uso de sistemas de comunicación; en tanto, el sistema no se hace flexible y adaptable para su uso en las obras de infraestructura vial, en el que se quiere un control de la producción y estado mecánico de las MPs.

En vista de que existen varias alternativas disponibles, muchas de ellas dependiendo de las características del lugar donde se desarrolla la obra y de las características propias de la MPs, es que se ha propuesto un sistema flexible con el fin de poder adaptar la tecnología para satisfacer las necesidades y problemas en el control de la MP, de tal forma que también se pueda adaptar este sistema por medio de un plan elaborado por etapas con el fin de no correr riesgos económicos en la implementación de un sistema ostentoso sin un costo/beneficio justificado; por el mismo hecho de tratarse de proyectos TIs, no comunes en nuestro medio.

Otro aspecto sumamente importante para que un proyecto de TI, tenga éxito es la capacitación de todos los involucrados en el uso del sistema, tanto para la parte operativa como para la parte de gestión de los procesos.

Para una mejor descripción de las partes del sistema; se ha esquematizado de la siguiente manera (ver Gráfico 5.01).

---

<sup>34</sup>Apuntes del Curso "Gerencia de la Información" - MSc. Victor Díaz

**Cuadro N°5.01**

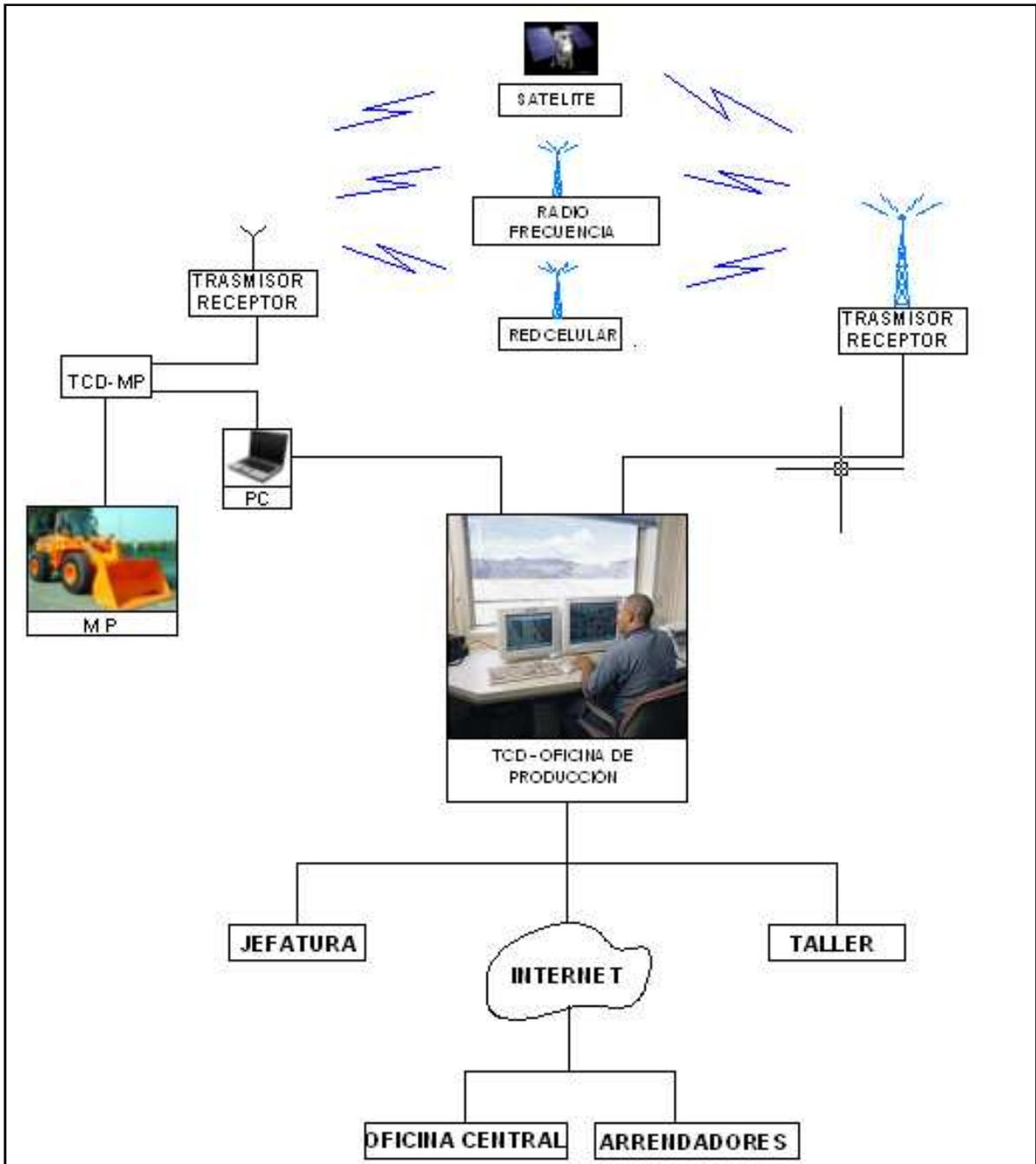
***Papel de la Alta Dirección en la Toma de Decisiones sobre TI***

	<b>Decisión de TI</b>	<b>Papel de la Alta Dirección</b>	<b>Consecuencias de Traspasar la Decisión</b>
<b>ESTRATEGIA</b>	¿Cuánto deberíamos gastar en TI?	Define el rol estratégico que tendrá la TI en la empresa y luego determina el financiamiento necesario para alcanzar ese objetivo	La empresa no logra desarrollar una plataforma de TI, que refuerce su estrategia, pese al alto gasto en TI.
	¿Qué procesos de negocios deberían recibir nuestros dólares de TI?	Toma de decisiones claras sobre qué iniciativas de TI recibirán financiamiento o no.	La falta de enfoque agobia a la unidad de TI, que trata de cumplir con muchos proyectos que pueden tener escaso valor, o que no se pueden implementar bien simultáneamente.
	¿Qué capacidades de TI deben abarcar toda la empresa?	Decide qué capacidades de TI deben ser provistas centralizadamente y cuáles deben ser desarrolladas por las unidades de negocios.	La extensiva estandarización técnica y de procesos limita la flexibilidad de las unidades de negocio; o excepciones a los estándares incrementan los costos y limitan las sinergias corporativas.
<b>EJECUCION</b>	¿Qué tan bueno tienen que ser realmente nuestros servicios de TI?	Decide qué características – por ejemplo, confiabilidad o tiempo de respuesta – se necesitan, sobre la base de sus costos y beneficios.	La empresa puede pagar por opciones de servicios que, dadas sus prioridades, no justifican gasto.
	¿Qué riesgos de seguridad y privacidad aceptaremos?	Dirige la toma de decisiones sobre el equilibrio correcto entre seguridad y privacidad, por un lado, y conveniencia, por el otro.	Un énfasis exagerado en seguridad y privacidad podría molestar a los clientes, empleados y proveedores; un énfasis subestimado podría hacer vulnerable la información.
	¿A quién culpamos si fracasa una iniciativa de TI?	Designa un ejecutivo del área de negocios como responsable de cada proyecto TI; supervisa la medición del negocio.	El valor de los sistemas para los negocios nunca se materializa.

**Fuente:** Artículo de Revista FOCO TI por Jeanne W. Ross y Meter Weill, 2004.

Gráfico N°5.01

**ESQUEMA DE ALTERNATIVAS DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA**



*Fuente:* Diglensy SAC – Empresa de Diseño de Prototipos Electrónicos – [www.diglensy.com](http://www.diglensy.com)

**5.2.1 DESCRIPCION DE LAS PARTES DEL SISTEMA**

**A) TERMINAL COLECTOR DE DATOS MP (TCD-MP)**

Como se ha descrito en el capítulo anterior este es un elemento del sistema que podrá ser implementado con los siguientes dispositivos y desarrollo tecnológico:

**Gráfico 5.02**

**ESQUEMA DE DISPOSITIVO TERMINAL COLECTOR DE DATOS DE LA MP "TCD-MP"**

Puerto de Salida Inalámbrico	Puerto de Salida PC	Memoria	LCD (Pantalla)
Fuente DC	Procesador o PLC	Botones	
Puertos de Entrada (15)	GPS (Integrado)	Teclado	

*Fuente:* Diglensy SAC – Empresa de Diseño de Prototipos Electrónicos –www.diglensy.com

Las partes conformantes de este elemento del sistema serán:

**A.1) Receptor GPS Integrado**

Los receptores GPS, son dispositivos colectores de datos<sup>35</sup> que tienen la capacidad de recibir parámetros de posición de satélites asociados al sistema de satélites GPS, este dispositivo puede estar integrado a los demás componentes del colector de datos de la MP. Las funciones de esta parte del sistema son las siguientes:

**Gráfico 5.03**



*Fuente:* Diglensy SAC – Empresa de Diseño de Prototipos Electrónicos –www.diglensy.com

<sup>35</sup> Elementos de la Comunicación Telemática Item 2.2.5 - Capítulo II de esta Tesis.

- *Localizar la MP en tiempo real; teniendo como punto de partida los mapas georeferenciados de la obra o planos "CAD"*<sup>36</sup>.
- *Almacenar la posición histórica de la MP, con el fin de poder recrear, mediante la aplicación de un Software, el recorrido de la MP durante un intervalo de tiempo y evaluar la eficiencia y eficacia de la movilización de la MP.*
- *Alertar a la central de Equipos cuando un equipo este fuera del área de trabajo; esto con fines de seguridad para evitar el uso de la MP para actividades de terceros o en el caso de robo.*

Existe en el mercado una gran variedad de receptores GPS, muchos de ellos capaces de proporcionar parámetros adicionales como **velocidad, temperatura y humedad del ambiente**; información que nos ayudaría a recopilar datos para el sustento técnico de expedientes relativos al monitoreo del Medio Ambiente exigidos en la actualidad para justificar expedientes de ampliaciones de plazo y/o adicionales de obra.

### **Especificaciones:**

Es preciso que el GPS, instalado en cada equipo a monitorear, tenga las siguientes características:

1. La precisión del sub-sistema de localización GPS puede tener un error que permita su fácil localización en un mapa digitalizado de obra, en el que se puede identificar su posición relativa al estacado del eje de la vía; se podría exigir una precisión de +/- 20m.
2. Debe registrar la posición del vehículo a intervalos no mayores de 10seg; para poder realizar acciones de corrección a tiempo.

### **A.2) Puertos de Entrada**

Esta parte del colector de datos, deberá disponer de entradas digitales y análogas para recibir información de los diversos sensores instalados en la MP como también del Módulo de Control Electrónico<sup>37</sup> (MCE).

Todos la MP y vehículos en la actualidad cuentan con un "MCE", los que controlan las funciones básicas de otros subsistemas del motor, también proporcionan registros de parámetros básicos de funcionamiento y mensajes de alerta de algún problema en el funcionamiento del motor.

Este dispositivo que se encuentra hoy en día en todas las MPs, tienen diversas entradas provenientes de los diversos sensores del motor, como también salidas al tablero de control de la cabina de la MP (para mensajes de alerta al operador) y salidas tipo puertos para poder interconectarse con computadores portátiles, en donde se puede tener

---

<sup>36</sup> El formato CAD es una versión electrónica de un plano y contiene la misma información que un set de planos en papel, pero en un formato electrónico. Puede ser abierto en la mayoría de los programas profesionales de diseños como Autocad de Autodesk. En nuestro país el Ministerio de Transporte y Comunicaciones exige para la entrega de Expedientes Técnicos de Infraestructura Vial el Plano Clave de Obra georeferenciados en coordenadas UTM.

<sup>37</sup> En sus siglas en Ingles ECM "Electronic Control Module"

información detallada del funcionamiento del motor y, dependiendo del software a emplearse, una identificación de los mensajes de error.

Muchas empresas han desarrollado sistemas de detección de estos mensajes y como valor añadido a este han desarrollado sistemas de gestión de servicios y repuestos on-line.

#### Gráfico 5.04

### EJEMPLO DE DISPOSITIVOS DE DIAGNOSTICO MEDIANTE INTERFACE AL "MÓDULO DE CONTROL ELÉCTRICO"

#### Nuevo sistema de diagnostico Dealer Level CAT

Este nuevo sistema de los manuales de partes, manual de servicio y software de diagnostico.

Esta herramienta de servicio está diseñada para trabajar sobre una computadora personal PC, bajo Microsoft Windows. Se puede comunicar con los módulos de control electrónico (ECMs), por medio de interfaces pudiendo diagnosticar posibles o potenciales problemas. Configure el software y obtendrá una gran herramienta de análisis.



*Fuente: Caterpillar Inc. [www.cat.com](http://www.cat.com)*

#### Especificaciones:

Para la utilización del MCE, como parte integrante del sistema, es preciso que se tenga en cuenta los siguientes aspectos técnicos.

1. Los cables y conexiones para la interface MCE – PLC y MCE – TCDMP, deben ser universales o existentes en el mercado.
2. Las conexiones al MCE, deben ser seguras y adecuadas para evitar que el cableado incomode al operador de la MP.
3. Los MCE deben ser capaces de recibir instrucciones de reprogramación básicas como apagado y encendido del motor y algunas regulaciones y calibraciones propias de la MP. Teniéndose que previamente se tenga que analizar las características de estos dispositivos en cada tipo de maquinaria con el apoyo de manuales.

## A.2) LCD<sup>38</sup>, Botones, Teclado

Esta parte del TCDMP propuesto, consta de una pantalla líquida de cristal - LCD, la que permite la verificación del ingreso de datos y los botones y/o teclado que permite el ingreso manual de información; estos elementos tienen la función de ingresar datos.

Las funciones principales de este dispositivo son las siguientes:

- Ingreso de Código de Equipo, el que tiene que ser ingresado por única vez por el Jefe de Mantenimiento, una vez que se le haya asignado un código durante el proceso de adquisición de MP para la obra. Este código debe ser fácilmente identificable en una base de datos de MP, de tal manera que se pueda saber inmediatamente el historial de este equipo.

Ejem. TR0045 (Código correspondiente a un Tractor)

- Ingreso de Código de Operador, el que tiene que ser ingresado cada vez que el operador encienda la MP, el mismo código que permitirá identificar, evaluar y registrar el record de operación del operador.

Ejem. OP0023 (Código asignado al operador)

- Ingreso del Código de Actividad a Ejecutarse, el que tiene que ser ingresado cada vez que la MP comience a trabajar. Las actividades deben estar debidamente descritas y detalladas en un registro de actividades elaborado por personas con amplia experiencia con la ayuda de manuales de MP, de tal manera que se tenga la MP adecuado para una determinada actividad.

Ejem. AC001 (Código correspondiente a Corte en Material Suelto en Talud a una altura menor de 3m)

- Envío de mensajes de emergencia, el operador puede enviar mensajes de alerta y/o emergencia a la central de MP.

### Especificaciones:

El teclado y pantalla del dispositivo, es preciso que se tenga en cuenta los siguientes aspectos técnicos.

1. Deberá ser instalada como un elemento externo y físicamente independiente del colector de datos, con el fin de que este se encuentre visible al operador.
2. El diseño de este dispositivo debe ser sencillo para un rápido y ágil ingreso de datos.

## A.3) Procesador o PLC

El PLC o “Programmable Logic Controller “; es un dispositivo que forma parte del TCDMP, el cual será el responsable de administrar la información de los dispositivos de medición.

---

<sup>38</sup> LCD (Liquid Crystal Display) – Pantalla de Cristal Líquido.

### **Especificaciones:**

Para la utilización del PLC, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos técnicos.

1. El PLC, debe tener la capacidad de reprogramarse para poder obtener la información de los dispositivos en tiempos predeterminados y con un lenguaje de comunicación estandarizado. Para el caso de la comunicación con los puertos de llegada, en vista de que este varía según la marca de la MP, el PLC deberá ser capaz de interpretar correctamente los parámetros ingresados, para su ordenada y clara transmisión o de ser el caso enviarlos bajo los protocolos propios de comunicación (Maquina – Computador) de los fabricantes, de tal forma que estos sean interpretados en las oficinas del campamento de obra mediante un computador con la utilización de los software propios de cada equipo.
2. El PLC debe tener la capacidad enviar la información recolectada a una memoria interna, de tal manera que esta información pueda ser descargada a un computador portátil al finalizar el día a través de un puerto de comunicación a la PC.

### **A.3) Memoria**

La memoria es una parte del Colector de datos cuya función principal es almacenar temporalmente la información que le proporciona el PLC, como resultado de una recolección, interpretación y ordenamiento de la información registrada de los dispositivos de control de la MP.

### **A.4) Fuente DC**

La Fuente DC, se refiere al suministro de energía eléctrica para el funcionamiento de todos los dispositivos del Colector de Datos deberá ser proporcionado por baterías recargables con el sistema eléctrico del vehículo, para que el sistema tenga un funcionamiento autónomo e independiente de la MP, junto con todas las partes del elemento colector de datos.

### **A.4) Puertos de Salida**

Los puertos de salida son los dispositivos por los cuales se conectará el Colector de Datos al Circuito de Transmisión de Datos, con el objeto de enviar la información recolectada y almacenada en la memoria a un dispositivo remoto. Estas salidas pueden ser:

- Salida por medio de un cable conector a una PC
- Salida para un medio inalámbrico.

### **Especificaciones Generales para el TCDMP.**

1. La ubicación del TCD-MP debe estar en un lugar seguro y oculto (a parte del teclado y pantalla LCD), para evitar su manipulación por personas extrañas.
2. La estructura del dispositivo debe ser totalmente rígida y segura contra los golpes, rayaduras, contacto con líquidos y vibraciones de la MP que pueda sufrir el dispositivo.

3. Medio Ambiente: El sistema debe soportar temperaturas del medio ambiente en el que se ejecuta comúnmente los trabajos en la construcción de carreteras, en el Perú las temperaturas máximas extraordinarias llegan a 45°C y las mínimas extraordinarias llegan a -25°C <sup>39</sup>.

## B) CIRCUITO DE DATOS

El Circuito de Datos es aquel elemento del sistema responsable de la transmisión de datos entre los Terminales Colectores de Datos; esta parte es de mucha importancia porque se quiere que los mensajes lleguen al receptor con exactitud, claridad y bajo las condiciones ambientales más adversas que se presentan comúnmente en una obra de construcción de carreteras; además que deben cubrir todo el espacio geográfico en donde se desarrolla el proyecto.

Como se puede ver en el Gráfico 4.01, la información puede ser enviada por diversos medios inalámbricos como también esta puede ser enviada por medio de cables con una conexión a un computador, de esta manera se podría tener las siguientes alternativas de circuitos de datos:

### 1. Transmisor de Radio Frecuencia (RF).

Los sistemas de comunicación vía Radio Trasmisores y Radio Receptores, permiten su uso en zonas alejadas de las ciudades a diferencia de los sistemas de telefonía celular. Su uso depende de la distancia entre los puntos a comunicar y de las interferencias en la trayectoria de la señal. Una ventaja adicional del uso de este sistema es que se puede prescindir del uso de sistemas de señales privadas como son las de las redes celulares o el uso de sistemas de satélites que representan costos adicionales, de tal modo que se tenga gastos variables casi nulos; pudiendo esta ventaja ser un gran nicho para poder ofrecer el Control de MP como un servicio de construcción independiente.

#### Gráfico N°5.05

*Ejemplo de un Módulo Trasmisor de Datos "Maxon"*

**136-174 MHz VHF y 400-470 MHz UHF**



**Fuente:** Maxon Electronic - [www.maxon.net/es/products.html](http://www.maxon.net/es/products.html)

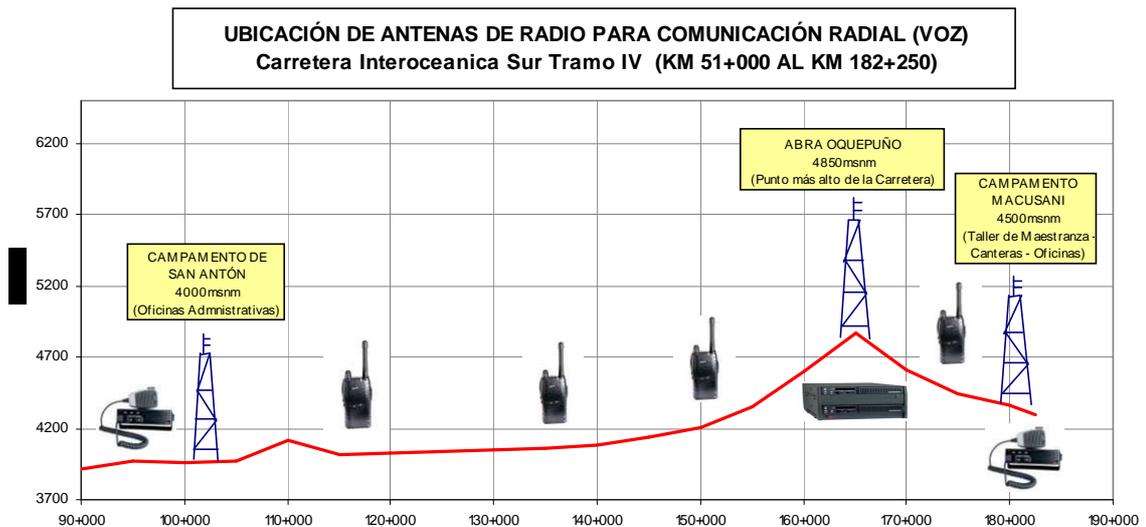
El sistema de Transmisión de datos por Radio Frecuencia tiene una ventaja adicional y es de que este sistema se puede apoyar en la infraestructura de un sistema de comunicación por radio (voz), valiéndose de la instalación estratégica de las antenas y

---

<sup>39</sup> SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú).

repetidoras; tal es el caso, por poner un ejemplo, en la obra Interoceánica Sur Tramo IV (Azángaro - Inambari) se tiene un sistema de comunicación radial que consta de tres antenas, dos de ellas ubicadas en los dos campamentos de obra y otra ubicada en el punto más alto de la carretera que permiten la comunicación entre personas con MP de mano o "Handhelds" que son distribuidos entre aquellas personal que toman decisiones en obra (capataces, ingenieros y administrativos) y otras radio instaladas en las camionetas; como podemos esquematizar en el gráfico N° 5.06.

**Gráfico N°5.06**



**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

La ubicación estratégica de estas antenas está en función de la topografía de la zona de tal forma que se tenga línea de vista entre ellas para que la comunicación se realice sin interferencia entre los diversos puntos de contacto.

Los sistemas de comunicación radial son imprescindibles en obra y su correcto funcionamiento facilita las coordinaciones, evitando re-procesos, movimientos innecesarios de MP y personal, tiempos muertos, entre otras problemas más que se pudieron analizar en el capítulo anterior; es por tal razón que se plantea que el sistema propuesto pueda apoyarse en la infraestructura del sistema radial, puesto que ambos requieren las mismas exigencias de instalación (altura, líneas de vista, etc); un esquema de lo que se quiere plantear, es el que se muestra en el gráfico N° 5.07.

El sistema propuesto, además deberá funcionar en otra frecuencia totalmente independiente del sistema de comunicación radial, para evitar interferencia y fallas en la comunicación.

Gráfico N°5.07



Fuente: Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

## 2. Dispositivo de Transmisión Satelital

Como se vio en el capítulo II, empresas grandes como Caterpillar, John Deere y Komatsu han desarrollado sus propios sistemas de control de flotas como el "Product Link", "JDLink" y "Komtrax" respectivamente; tales sistemas se caracterizan por transmitir los mensajes a una central de MP base vía **satélite**, el mismo que es retransmitido y vendido a los usuarios interesados vía Internet. La ventaja de estos sistemas es el alcance que tienen en cualquier parte del mundo, y el soporte técnico logístico relacionados al mantenimiento y compra de repuestos on-line; así mismo, la desventaja que tiene estos sistemas son la flexibilidad y disponibilidad de información para poder registrarla, analizarla en función de los objetivos reales del sistema; también se puede indicar como una desventaja los costos fijos y variables que son excesivamente caros. Los sistemas Satelitales pueden ser ventajosos cuando se pueda lograr una alianza estratégica con una empresa de servicio satelitales para poder controlar una flota grande de MP de tal manera de poder reducir los costos por una economía a escala, como podría ser el caso de la flota de MP del Ministerio de Transporte y Comunicaciones que están dispersos por todo el territorio nacional sabiendo que el estado dispone muchos recursos económicos para su control, mantenimiento y seguridad.

## 3. Dispositivo de Transferencia de Datos vía Red Celular (GSM, CDMA, TDMA,etc)

Los sistemas de comunicación y/o transferencia de datos que utilizan la tecnología de la telefonía celular tienen la ventaja de su facilidad de uso y de la disponibilidad de tecnología y dispositivos que se adaptan perfectamente para los fines del sistema propuesto; sin embargo existe la desventaja y limitante que estos sistemas no puedan ser usados en aquellas zonas en donde no exista la cobertura celular, como es el caso de zonas rurales en donde comúnmente se desarrollan los proyectos de construcción

de carreteras; por lo que la aplicación de estas tecnologías no convendría para los fines del sistema propuesto.

**Gráfico N°5.08**

**Dispositivo y Accesorios de Localización Vehicular Compatible con Sistema de Telefonía Celular GPS - GSM/GPRS - 850/900/1800/1900Mhz**



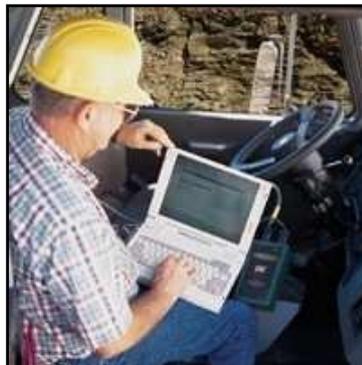
**Fuente:** Laipac Tech - Empresa de Venta y Asesoramiento de GPS - [www.laipac.com](http://www.laipac.com)

**4. Computador Portátil con Conexión a través de un Cable**

La adquisición de información del TCD-MP a través de un cable conectado a una computadora portátil, más que una posibilidad de transferencia es una alternativa de seguridad, puesto que la transmisión inalámbrica en muchos casos puede fallar por aspectos técnico ambientales, debiéndose descargar la información almacenada en el TCD-MP con un computador. La clara desventaja de esta posibilidad de transferencia de datos es que se hace tediosa la recolección de datos de todos la MP en obra; mientras que la ventaja es que se puede acceder a esta información de manera segura.

**Gráfico N°5.09**

**Uso de un Computador Portátil para la Recolección de Información del TCD-MP**



**Fuente:** Caterpillar Inc. [www.cat.com](http://www.cat.com)

## 5. Computador portátil con conexión inalámbrica tipo Bluetooth<sup>40</sup>

Este tipo de adquisición podría utilizarse como una alternativa optimizada de la recolección de información a través de un computador por medio de un cable, puesto que la tecnología Bluetooth permite enviar información inalámbrica aproximadamente desde 20m a 50m; lo que optimizaría y aceleraría el proceso de adquisición de datos.

Las alternativas de recolección de datos expuestas en los ítems 4 y 5 no permitirían la localización de la MP en tiempo real, lo que simplemente sería considerada como alternativas de seguridad.

### C) TERMINAL COLECTOR DE DATOS - OFICINA DE PRODUCCION (TCD-OP)

La TCD-OP, es un elemento del sistema que estará instalado en la oficina de producción del campamento de obra, el mismo que se define como un computador de regular potencia que tendrá las funciones básicas de recibir, ordenar, procesar, registrar y retransmitir a los usuarios de un sistema la información recibida por los TCD-MP(s).

El TCD-OP, para que cumpla las funciones descritas tendrá que ser implementado con los recursos necesarios, los que a continuación describimos:

#### Recursos Necesarios para la Implementación y Operación del TCD-OP

##### Recursos Humanos:

El responsable del TCD-OP, será el Jefe de Producción, quien tomará decisiones durante el día relativas a la ejecución de actividades, también efectuará la corrección de los programas de obra y coordinará permanente con los ingenieros de campo para hacer cumplir los programas de obra. El ingeniero de producción juntamente con la jefatura de obra serán los responsable de realizar reuniones de coordinación al final del día con el fin de evaluar los rendimientos y productividad durante el día y hacer un seguimiento de las actividades en obra en función de la información recabada del sistema durante el día. También estará en constante coordinación con el jefe de mantenimiento para prever las actividades del día siguiente.

El Ingeniero de Producción debe ser asistido por un Ingeniero que se dedique exclusivamente a las actividades de control de la MP y a la preparación de informes de producción y rendimiento. Este será el encargado de operar el computador de TCD-OP que procesará toda la información recibida de todos los TCD-MP(s) a través del circuito de datos; este elaborará informes para las áreas de Jefatura, Administración, Mantenimiento y Oficina Central.

##### Recursos Físicos:

---

<sup>40</sup> **Bluetooth** es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia segura y globalmente libre (2,4 GHz.). Los principales objetivos que se pretende conseguir con esta norma son: Facilitar las comunicaciones entre MP móviles y fijos, eliminar cables y conectores entre éstos, Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre nuestros MP personales.

Como recursos físicos se tiene el computador que se define como el TCD-OP propiamente, el cual deberá tener integrado un MODEM para poder decodificar las señales que llegan a través del circuito de datos; este deberá ser una computadora de buena potencia de procesamiento y buena capacidad de almacenamiento, para que pueda operar con un software que administre la base de datos proveniente de la MP en obra. Esta computadora además deberá estar conectada a la red interna de la oficina en obra y deberá tener acceso a Internet para usuarios externos.

### **Recursos de Software:**

En vista de la cantidad de información que se tiene que administrar, el software para poder operar el TCD-MP, deberá tener la capacidad de procesar toda esta información, además deberá cumplir las siguientes funciones:

- Registrar toda la información proveniente de la MP en obra.
- Ordenar y/o indexar los registros de cada equipo, para facilitar las opciones de búsqueda y análisis.
- Recrear en un mapa, la ubicación de la MP en obra identificando a cada tipo de máquina por tipo (color característico), código maquinaria y código del operador (ver Gráfico 5.03); además tener la capacidad de poder realizar animaciones para ver el recorrido de cada equipo durante un intervalo de tiempo.
- Alertar a los usuarios del sistema cuando se envíe un mensaje de alerta por parte del operador mediante el TCD-MP cuando se registre un mensaje error en el dispositivo MCE de la MP o cuando la MP abandone el área de obra.
- Tener acceso de varios usuarios en la red interna (campamento) e Internet (para usuarios remotos - oficina central) con ciertas restricciones, de tal manera que se pueda compartir información en tiempo real con el taller mecánico, con la oficina técnica, jefatura, oficina central y arrendadores.
- Elaborar informes de producción y rendimientos con cuadros y gráficos en función de los indicadores previamente establecidos.
- Registrar el historial de la máquina con información básica para ejecutar planes de mantenimiento preventivo y predictivos.

## **D) USUARIOS**

### **1. TALLERES**

El taller es el lugar donde se realiza el mantenimiento y reparaciones a todos la MP en obra. Como parte integrante del sistema, el taller será el encargado de controlar el funcionamiento de la MP en obra de tal manera que se programen oportunamente los mantenimientos y se pueda realizar mantenimientos en función de los mensajes registrados por los sensores de la MP. Los computadores del taller deberán estar en la red interna y deberá asignarse un usuario el mismo que será responsable de operar el sistema.

El taller estará a cargo del Jefe de Taller, el que será el responsable y encargado de delegar las siguientes funciones:

- Registrar el ingreso de todo equipo a obra, archivando los documentos relativos a cada equipo como manuales, fotografías, sistemas informáticos de diagnóstico, planos de mantenimiento y reparaciones, garantías de la MP, histogramas de mantenimientos y reparaciones realizadas como: análisis de aceite, consumo de combustible, mantenimiento de rodamientos, fichas históricas de neumáticos, reparaciones de motor.
- Registrar los parámetros de operación y actualizar los histogramas.
- Asignar un código al equipo.
- Ejecutar los programas de abastecimiento de combustibles, lubricación y mantenimiento de cada equipo advirtiendo y coordinando con la oficina de producción la ausencia de la MP en los frentes de trabajo.
- Asistir a un equipo cuando se presente un mensaje de alerta en el sistema.
- Interpretar los mensajes de error de cada equipo, con el uso de manuales y “softwares”.
- Identificar las variables de control disponibles en el MCE y codificarlas para su registro e interpretación en el sistema.
- Evaluar y capacitar a los operadores relacionando las fallas de la MP la eficiencia de operación de la MP.

## **2. JEFATURA EN OBRA**

El jefe en obra o Residente, tendrá la posibilidad de acceder al sistema como un usuario y podrá identificar y hacer un seguimiento al uso de la MP, al mismo tiempo que podrá acceder a información de producción y operación de la MP y sugerir y ejecutar modificaciones a los planes de obra en coordinación con el ingeniero de producción.

## **3. OFICINA CENTRAL**

La oficina central, se refiere al lugar donde los gerentes de la empresa dirigen y coordinan con todas las obras que ejecuta la empresa; al igual que el jefe de obra, los gerentes y personal involucrado podrán acceder al sistema y controlar la producción de la MP desde otras ciudades distantes con la ayuda de un computador con acceso a Internet y un código de usuario.

La información disponible en Internet debe ser restringida por aspectos de funcionalidad, de tal forma que los gerentes, y usuarios de la oficina central, puedan acceder al sistema desde cualquier computador con acceso a Internet y tener acceso a información resumida y ejecutiva.

## **4. ARRENDADORES**

Los arrendadores son aquellas personas que alquilan maquinarias a la empresa contratista para una obra específica. Estas personas o empresas que arriendan sus MP necesitan saber las horas de trabajo y los problemas o fallas que puedan tener sus MP durante su operación; por tal razón se puede asignar códigos de usuarios a estos para que mediante el uso de un computador con acceso a Internet puedan acceder a la información vital de la MP, y dependiendo del tipo de contrato de arrendamiento que se celebre entre las partes<sup>41</sup>, el sistema resultaría de gran ayuda para el mantenimiento en sus distintas modalidades.

El sistema también puede concebir otros usuarios como parte del sistema, como por ejemplo se podría personalizar el acceso al sistema a usuarios que están a cargo de la central de MP de la empresa o también llamado taller central, pudiendo estos disponer de la misma información que recibe el taller en obra de tal manera que se podría tomar decisiones como el adelantar la compra de un repuesto o recibir asesoría técnica de las distintas tiendas de repuestos de manera más eficiente; incluso se puede crear un acceso restringido a personal de las casas de repuestos como por ejemplo Ferreyros, para que mediante un contrato de Outsourcing puedan monitorear el comportamiento de la MP en obra.

### 5.30 ANALISIS COSTO – BENEFICIO

Para hacer un análisis costo beneficio del sistema hemos partido en primer lugar del costo aproximado que lleva implementar un Sistema de Control utilizando tecnologías de la información, teniendo como punto de partida las cotizaciones de proveedores.

Los costos de la implementación han sido divididos en tres tipos de costos que son los siguientes:

- a) Costos Fijos por Máquina.- Son los correspondientes al suministro e instalación del Terminal Colector de Datos para cada MP que se quiera controlar.
- b) Costos Fijos de Soporte del Sistema.- Son los correspondientes a todos aquellos costos que se hacen solo por una vez para un determinado proyecto u obra. Este costo se refiere a la infraestructura del sistema de comunicación como repetidoras y antenas para establecer los circuitos de comunicación, así como el soporte de un software, los que bien pueden ser reutilizados en otros proyectos de similares características.
- c) Costos Variables.- Son los costos que se tienen que hacer por un periodo de tiempo determinado; esto para poder pagar a otras empresas dueñas de un sistema de comunicación en particular; por el servicio de transmisión de mensajes.

Como se puede ver en el cuadro de arriba que los costos más favorables son de una implementación del sistema dentro de un área de cobertura celular; sin embargo los proyectos viales son generalmente en lugares alejados de las ciudades y por ende de la cobertura celular, no obstante el sistema sería una acertada solución para poder controlar MP que se encuentre operando en las ciudades.

---

<sup>41</sup> Existen muchos modelos de contratos para el arrendamiento de MP en obras viales. Una de las características de estos es la responsabilidad del mantenimiento en obra que puede ser a cargo del arrendador o de la empresa constructora arrendataria.

Los proyectos viales fuera de las coberturas celulares solo puede utilizar la transmisión satelital o por radio frecuencia; así podemos ver que los costos fijos más altos son los de radio frecuencia, por toda la infraestructura que se tiene que tender para poder cubrir todo el espacio del proyecto; lo que no sucede así con la transmisión satelital; no obstante se tiene que los costos variables para un sistema de transmisión de radio frecuencia es casi nulo lo que sería una ventaja cuando se tiene una cantidad considerable de MP y se puede utilizar esta infraestructura para otros proyectos de similares características.

**Cuadro N° 5.02**

**Costos aproximados para la Implementación de un Sistema de Control utilizando Tecnología de la Información**

ALTERNATIVAS	DESCRIPCION	UND	CANT.	P.U	PARCIAL	COTIZACION
ALTERNATIVA (A) "SATELITAL"	<b>COSTOS FIJOS POR MAQUINA</b>				<b>\$3,500.00</b>	CATERPILLAR
	Terminal Colector de Datos de la Maquinaria Pesada TCD-MP	und	1	\$3,500.00	\$3,500.00	
	<b>COSTOS FIJOS DE SOPORTE DEL SISTEMA</b>				<b>\$0.00</b>	
	(no requiere)			\$0.00	\$0.00	
	<b>COSTOS VARIABLES</b>				<b>\$50.00</b>	
	Uso del Sistema	mes	1	\$50.00	\$50.00	
ALTERNATIVA (B) "RED CELULAR"	<b>COSTOS FIJOS POR MAQUINA</b>				<b>\$690.00</b>	GPS PERÚ
	Terminal Colector de Datos de la Maquinaria Pesada TCD-MP	und	1	\$690.00	\$690.00	
	<b>COSTOS FIJOS DE SOPORTE DEL SISTEMA</b>				<b>\$5,000.00</b>	
	Software a medida	und.	1	\$5,000.00	\$5,000.00	
	<b>COSTOS VARIABLES</b>				<b>\$40.00</b>	
	Uso del Sistema	mes	1	\$40.00	\$40.00	
ALTERNATIVA (C) "RADIO FRECUENCIA"	<b>COSTOS FIJOS POR MAQUINA</b>				<b>\$1,000.00</b>	DIGLENSY SAC
	Terminal Colector de Datos de la Maquinaria Pesada TCD-MP	und	1	\$1,000.00	\$1,000.00	
	<b>COSTOS FIJOS DE SOPORTE DEL SISTEMA</b>				<b>\$12,000.00</b>	
	Software a medida	und.	1	\$5,000.00	\$5,000.00	
	Antenas Retransmisoras (*)	und.	5	\$1,000.00	\$5,000.00	
	Antena Principal	und.	1	\$2,000.00	\$2,000.00	
<b>COSTOS VARIABLES</b>				<b>\$0.00</b>		
	(no requiere)			\$0.00	\$0.00	

**Fuente:** Ferreyros S.A – Diglensy SAC – GPS del Perú SAC.

(\*) Las antenas retransmisoras son utilizadas para tener cobertura en todo el espacio geográfico de la obra, así como también para poder salvar la topografía accidentada que pueda presentarse. El radio de alcance para los retransmisores es de 5km aproximadamente, por lo que podría usarse un promedio de 1 antena retransmisora cada 10km.

Los beneficios de implementar el sistema de control de MP planteado está en función de los objetivos alcanzados, en tal sentido se muestra en el cuadro siguiente el cumplimiento de los objetivos alcanzados con el Sistema Propuesto.

**Cuadro N° 5.03 – Beneficios con el Sistema Propuesto en la Optimización del Control**

OBJETIVO PLANTEADO	SOLUCIÓN IMPLEMENTADA CON EL SISTEMA	BENEFICIO
<p>1. Optimizar la comunicación entre los centros de producción y oficinas (campamentos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Al ser los procesos de Recolección de Datos automatizados, se evitará menos la comunicación entre los controladores, capataces y la oficina de producción.</li> <li>▪ El sistema permitirá la comunicación directamente entre los operadores y la oficina de producción, evitando así canales largos de comunicación susceptibles a incorrectas interpretaciones. El sistema TCD-MP, también puede tener entradas de audio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Reducción de los Costos</u> de Recolección de la Información.</li> <li>▪ <u>Evitar pérdidas por re-procesos y tiempos muertos</u> debido a una mala interpretación de los mensajes de los controladores y capataces.</li> </ul>
<p>2. Proporcionar parámetros de ubicación de la MP en obra.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ubicación de la MP en obra en tiempo real.</li> <li>▪ Recreación del recorrido de cada maquinaria durante un intervalo de tiempo.</li> </ul>	<p><u>Ahorro en tiempo y dinero</u> para ubicar la MP en obra por parte de los responsables de producción y por el área de mantenimiento.</p>
<p>3. Optimizar la recolección de información.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Automatización de los procesos de recolección de información de la MP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Reducción de los Costos</u> de recolección de la información, al prescindir de los controladores en campo.</li> </ul>

<p>4. Proporcionar parámetros de producción de la MP.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El Sistema reportará registros históricos de la Producción de la MP,</li> <li>▪ Comparación de rendimientos esperados con los realmente ejecutados,</li> <li>▪ Comparación de productividad de MP de similares características y también podrá</li> <li>▪ Establecer políticas de motivación mediante cuadro méritos de los operadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Con un control de la producción y los rendimientos reales, se busca <u>optimizar las programaciones diarias de la MP, de tal manera que se pueda optimizar e incrementar la producción.</u></li> <li>▪ Al no tener un registro de la productividad de cada equipo, no se podría establecer indicadores que permitan mejorar los procesos y <u>optimizar la utilización de los recursos y tiempo.</u></li> <li>▪ Motivar a los operadores para <u>incrementar su productividad.</u></li> </ul>
<p>5. Proporcionar parámetros del estado operativo (mecánico) de la MP.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El Sistema permitirá el registro y visualización en tiempo real de los niveles de combustible.</li> <li>▪ El Sistema será capaz de alertar al taller de algún mensaje de error.</li> <li>▪ El Sistema llevará el control de histogramas de consumos combustible, presión del motor, temperatura, etc.</li> <li>▪ Se evaluará la forma de operación de la MP por parte de los operadores, con algunos indicadores claves.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prevenir el abastecimiento oportuno de combustible a los diferentes MP para evitar <u>horas muertas en la producción.</u></li> <li>▪ Un mantenimiento pro-activo frente a un indicador de falla de la MP, permitirá actuar rápidamente y evitar un mayor daño de la maquinaria.</li> <li>▪ El predecir posibles fallas mediante los histogramas, permitirá ejecutar acciones correctivas antes de que estas acarreen el deterioro de alguna parte vital de la maquinaria y sea <u>costosa su reparación</u> además de no poder utilizarla por un lapso de tiempo determinado.</li> <li>▪ Se puede responsabilizar al operador el desperfecto de una máquina por la incorrecta operación y establecer políticas de capacitación para una <u>mejor operación y consecuente cuidado de la maquinaria.</u></li> </ul>

**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

<b>Cuadro N° 5.04 – Beneficios con el Sistema Propuesto en la Mejora de la Planificación</b>		
<b>OBJETIVO PLANTEADO</b>	<b>SOLUCIÓN IMPLEMENTADA CON EL SISTEMA</b>	<b>BENEFICIO</b>
<p>1. Proporcionar un historial de producción de la MP.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El sistema permitirá los reportes históricos del rendimiento y productividad de cada MP.</li> <li>▪ El sistema podrá calcular en función al reporte de cada máquina los metrados de producción real para las valorizaciones de lo realmente ejecutado en obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Brindar información precisa para la programaciones de obra; de tal manera que se pueda identificar y <u>corregir desviaciones</u> de la producción de cada máquina</li> <li>▪ <u>Disminuir los costos</u> asignados al control de avance de obra.</li> </ul>
<p>2. Asignar correctamente la MP para cada trabajo específico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El sistema proveerá de una base de datos de todas las actividades que se desarrollan en obra y la MP idóneos para su ejecución.</li> <li>▪ El sistema podrá identificar la actividad que la MP esta ejecutando en tiempo real.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Evitar el uso inadecuado de la MP en obra permitirá <u>mejorar la producción</u> y evitar que la maquinaria se deteriore por una mala utilización.</li> <li>▪ La ubicación actual de una maquinaria, juega un papel importante para la asignación a una nueva actividad en vista de que se tiene que ver la longitud mas corta de movilización de la MP, para evitar <u>horas muertas y/o improductivas</u>.</li> <li>▪ Al tener en el sistema la ubicación exacta de la maquinaria y la actividad que esta ejecutando se puede saber si se está ejecutando otra actividad en otra posición o que se encuentre inoperativo; lo que permitirá identificar las causas y enmendarlas en el menor tiempo posible con el fin de <u>evitar tiempos muertos</u>.</li> </ul>

<p>3. Definir procesos constructivos adecuados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El sistema definirá en la base de datos de las Actividades de Obra los procedimientos y recursos necesarios para la ejecución de las actividades a ejecutarse; las mismas que serán anexadas en las programaciones diarias entregadas a los capataces.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tener los procedimientos exactos de las actividades que se ejecutan en obras viales, permitirá a los ingenieros de campo y capataces tener una actitud preventiva. Lo que evitará tener <u>horas muertas en la producción</u> y procedimientos ineficientes que atenten contra la <u>calidad de la obra</u>.</li> </ul>
<p>4. Registrar la operación de la MP orientada a una programación de mantenimientos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El Sistema alertará anticipadamente de los programas de lubricación, mantenimiento preventivo y posibles reparaciones de la maquinaria, de tal manera que se tenga la disponibilidad exacta de la MP para que sean incluidos en las programaciones diarias de obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El tener un acertado programa de mantenimiento conducirá a la empresa a acertadas políticas de mantenimiento que evitará que las maquinarias pesadas se deprecien, pudiendo tener un mayor tiempo de vida y un <u>mayor retorno</u> a las empresas.</li> </ul>
<p>5. Advertir a los operadores y capataces, correcciones de la programación de obra frente a una eventualidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El Sistema podrá comunicar a los capataces y operadores cambios en los programas de obra, frente a cualquier eventualidad, pudiendo rápidamente reasignar el frente de trabajo a una cuadrilla.</li> <li>▪ Se podrá monitorear además la velocidad de la MP, especialmente en los equipos de transporte de materiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las restricciones de producción en una obra se deben muchas veces a hechos impredecibles de la naturaleza o sociales, teniéndose que parar la producción. La rápida identificación de estos problemas podrá reasignar la maquinaria a otros frentes de trabajo, de tal forma que se evite tener <u>horas muertas en la producción</u>.</li> <li>▪ Apoyo a la Seguridad de Obra, con el fin de controlar las velocidades máximas de operación en obra.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración del Tesista: Ing. Juan Carlos Torres Estrada.

## CONCLUSIONES

1. El Perú es un país, que ha tenido indicadores económicos positivos durante los últimos diez años<sup>42</sup>. Estos buenos momentos por los que atraviesa el Perú ha permitido una acertada inversión en infraestructura vial. Las inversiones en proyectos de construcción, rehabilitación y mantenimiento de las carreteras, son muestra de que el país está enfocado a continuar con el desarrollo; no obstante la falta de inversión al 2010, coloca al Perú en los últimos lugares de infraestructura vial en Latinoamérica; que según el Instituto Peruano de Economía se tiene una carencia de inversión equivalente a US\$7,375 millones de dólares. En este sentido queda mucho por hacer en infraestructura vial en el país por lo que el desarrollo e investigación en tecnología en esta área será siempre un gran aporte para lograr un eficiente gasto público.

2. Se ha visto que las actividades que desarrolla la MP en la construcción de carreteras representan un porcentaje significativo en el presupuesto total de la construcción, variando de 30% al 60% según las características típicas de cada proyecto; por lo que las empresas invierten cantidades de dinero considerablemente altas en el control y mantenimiento de sus flotas para su óptimo desempeño. En tal sentido la propuesta de controlar estos equipos de una manera más efectiva y eficiente resulta de mucha importancia para poder ejercer un mejor planeamiento y al mismo tiempo evitar pérdidas durante la producción.

3. La recolección de información de la MP con el sistema propuesto se hará automáticamente en cualquier instante de tiempo y de manera exacta; esta además será registrada y almacenada en una base de datos de un ordenador y estará disponible a distintos usuarios del sistema; por lo que las labores de recolección, clasificación, registro, transcripción a un medio informático y la redacción de informes, que normalmente efectuaban las empresas, demandando tiempo y uso de recursos humanos en cada una de sus etapas, quedará resuelto por el sistema y de esta manera generará un ahorro para las empresas.

4. Un problema identificado en el Capítulo III es la deficiente comunicación entre los centros de producción y los centros de decisiones (oficinas); el sistema propuesto evitará que estos últimos tengan que comunicarse constantemente con los ingenieros de producción para obtener datos de producción, esto implica una eficiencia en la comunicación general de la obra y una manera de adelantar los trabajos al evitar demoras en las respuestas.

5. El sistema propuesto, es un gestor de la productividad de la MP en obra, al obtener datos de producción reales, exactos e inmediatos de los centros de producción que permitirán un rápido análisis, evaluación, corrección y reprogramación de las actividades que desarrollan la MP. Esto permitirá que las actividades de la MP, sean cada vez más industrializadas y mejoradas de forma continua, llegando así a tener una producción cada vez más homogénea y competitiva.

6. Al poder identificar a los operadores mediante el sistema propuesto, se logrará establecer políticas de sana competencia entre los trabajadores. Esto significa que podrá reconocerse el esfuerzo de los mejores operadores, al mismo tiempo que se motivará a los demás a esforzarse en lograr este reconocimiento. El reconocimiento

---

<sup>42</sup> Según el CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) - <http://www.eclac.org/estadisticas/>

se podrá hacer a la mejor productividad y/o también al operador que tenga menos incidentes de seguridad.

7. El sistema propuesto podrá también alertar al personal de mantenimiento de que una máquina se encuentra próxima a tener un mantenimiento preventivo, por lo que podrá anticipar a la oficina de planeamiento reprogramar las actividades anticipadamente.

8. El sistema propuesto podrá ser un gran gestor del mantenimiento de la MP, al poder alertar de una posible falla o de un uso inadecuado de la MP en tiempo real; así de esta manera se podrá evitar mantenimientos correctivos que por lo general acarrearán la compra de repuestos caros y mucho tiempo muerto.

9. El sistema propuesto podrá ser de gran utilidad para el área logística de obra, en el sentido que podrá planearse de manera más adecuada el abastecimiento de combustible teniendo información de la cantidad de combustible que cuenta cada MP en tiempo real.

10. El sistema propuesto, al tener información en tiempo real de la ubicación y de la actividad que desarrolla una MP, podrá servir de ayuda a los ingenieros para que puedan reprogramar sus actividades frente a una eventualidad, teniendo información de la ubicación de la MP más próxima al lugar donde se la requiera.

11. El sistema de control de MP propuesto también servirá de apoyo a los ingenieros de seguridad y medio ambiente, en el sentido de que estos podrán controlar las velocidades máximas de los volquetes, en tiempo real, al mismo tiempo que podrían identificar cualquier accidente o incidente de la MP.

12. El sistema propuesto puede ser adaptado para el control de las MP de organismos públicos como es el caso del MTC; instituciones que tienen a su cargo bastantes equipos cuyo control se hace complejo, costoso y altamente corruptible; al mismo tiempo, teniendo grandes flotas de MPs que controlar, se pueden lograr mejores costos para implementar un sistema de control. También se podría lograr buenos precios por la compra de repuestos a gran escala, y se podría alcanzar a estándares de producción de MP a nivel nacional.

13. El sistema de control de MP propuesto, es un medio eficiente de seguridad, pues permitirá el rastreo de las flotas, y de esta manera evitar robos o caso contrario bajar considerablemente las pólizas de seguro, al tener un medio de rescate para las aseguradoras.

14. Con un control de MP automatizado se podrá implementar con mayor facilidad metodologías de mejora continua, tanto en los centros de producción como en los talleres donde se desarrolla el mantenimiento. Existe muchas metodologías para implantarlas, como es el caso de las Cinco "S", TOC (Theory of Constriction), Sig Sigma, etc.

15. Los avances tecnológicos, específicamente los que se trataron en esta tesis son cada vez son más difundidas y más fáciles de encontrarlas en el mercado, al mismo tiempo que los costos de adquisición son más asequibles conforme pasa el tiempo. Esto permitirá que la implementación de estos sistemas por parte de las empresas constructoras sea cada vez más factibles en cuanto a la parte económica.

## RECOMENDACIONES

1. Para fines de planeamiento y para que el sistema propuesto puede ejecutarse adecuadamente; es importante especificar, describir y registrar en el sistema las actividades que ejecuta cada MP. Esto con el objeto de que se tenga un sistema que sea capaz de elegir eficazmente el tipo y cantidad de MPs, para un determinado trabajo. Esta recomendación tiene su origen en vista de que en obra muchas veces se utilizan equipos para hacer trabajos que no les corresponde; así por poner un ejemplo un corte de talud, que normalmente ejecuta un Tractor, no puede ser ejecutado por una motoniveladora, esto repercutiría en una menor productividad, al mismo tiempo que se malograría la máquina. Las mismas empresas fabricantes de MPs, recomiendan el uso adecuado de sus equipos y los límites de su desempeño.
2. Para implantar un proyecto de Tecnología de Información (TI) en una Empresa, no implica solamente gastar dinero para obtener una ventaja competitiva, según los últimas investigaciones<sup>43</sup>, las inversiones que están realizando las empresas en TI no están generando valores esperados; esto es simplemente a que los altos ejecutivos no tienen un papel protagonista en la estrategia de implementación de un proyecto basado en TI; en tal sentido se recomienda que para la implementación de un sistema como el propuesto se debe involucrar a la alta gerencia. Para una mejor estructuración de la toma de decisiones para este tipo de proyectos se recomienda que el plan estratégico esté a cargo de los directivos y accionistas a largo plazo; el planeamiento específico a nivel de gerencias a mediano plazo y los planes operativos a nivel de jefaturas a corto plazo.
3. Es importante, para la aplicación del sistema propuesto, promover la aplicación de metodologías de mejora continua, que permitirán corregir desviaciones de los programas, genera un ambiente de trabajo orientado a la motivación, ordene los centros de producción y mantenimiento y estandarice los procesos. Para lograrlo existen muchas metodologías como es el caso de las Cinco “S”, Sig Sigma, TOC, etc.
4. La solución que se plantea en esta tesis es aplicable a cualquier empresa que se dedique a la construcción de obras viales, por lo que se recomienda su aplicación; siempre y cuando se tenga un plan de implementación previamente establecido y aprobado por los altos directivos.
5. Se recomienda que si se requiere un sistema de control para MP en una obra determinada y/o por un periodo corto de tiempo, se recomienda los servicios tercerizados de empresas que monitorean equipos, acá en el Perú actualmente la empresa GPS del Perú SAC cuenta con un servicio de monitoreo de flotas de maquinaria pesada para la construcción; del mismo modo si la empresa es una empresa que su rubro es la construcción de carreteras y al mismo tiempo cuenta con una flota de equipos que van rotando por las diferentes obras; se recomendaría la implementación de un sistema propio que sea flexible, el mismo que en un inicio va representar una inversión en cuanto se tiene que hacer gastos de implementación, contratar profesionales para el diseño del sistema, capacitación del personal, comprar los equipos necesarios, etc. Para ambos casos los beneficios que se logre con la inversión de este sistema serán ampliamente rentables para la empresa por lo que se ha podido ver en el contenido de esta tesis.

---

<sup>43</sup> Apuntes del Curso “Gerencia de la Información” - MSc. Víctor Díaz

## BIBLIOGRAFIA

1. Alcalde y M.L García, "Informática Básica" España, 2da. Edición. Mac GRAW-HILLI, 1995.
2. Alvin, Toffler "La Tercer Ola" Nueva York, 1979.
3. Avgrafoff, Boris. "Sistemas de Gestión de la Producción". Ibérico Europa de ediciones S.A. Madrid.
4. Díaz, Victor Apuntes del Curso "Gerencia de la Información", Postgrado FIC – Universidad Nacional de Ingeniería, 2004.
5. DIGLENSY SAC "Diseño Electrónico y Cotización de Terminal Colector de Datos" Empresa Dedicada al Diseño de Prototipos Electrónicos [www.diglensy.com](http://www.diglensy.com).
6. Drucker, Peter Ferdinand "Desafíos de la gerencia en el siglo XXI". Bogotá, Editorial Norma, 2002.
7. Duran, Rodolfo Apuntes del Curso "Gestión Logística - Procura", Postgrado FIC – Universidad Nacional de Ingeniería, 2004.
8. FERREYROS S.A "Asesoramiento y Cotización de Sistemas de Rastreo Caterpillar" Empresa Dedicada a la Venta y Servicio Post Venta de Maquinaria Pesada <http://www.ferreyros.com.pe/portal/>.
9. Glenn Ballard. "Lookahead Planning The Missing Link in Production Control" Reporte Técnico N°97-3 del Programa de Construcción, Ingeniería y Dirección del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. EEUU - CA, Universidad de California, Berkeley, 1997.
10. GPS DEL PERU, "Empresa Peruana Dedicada al Rastreo Satelital de Vehículos" Soluciones Personalizadas DETEKTA [www.gpsdelperu.com](http://www.gpsdelperu.com).
11. JOANA ELIDA CHAU LAM, "Gestión del Mantenimiento de Equipos en Proyectos de Movimiento de Tierras" Tesis de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería, Lima 2010.
12. JOHN DEERE JDLink™ "Machine Monitoring System Artículo de Control de Flotas" [http://www.deere.com/en\\_US/cfd/construction/deere\\_const/service\\_support/jdlink.html](http://www.deere.com/en_US/cfd/construction/deere_const/service_support/jdlink.html).
13. Kaoru, Ishikawa "Las 7 Herramientas Básicas para la Administración de la Calidad" Japón, 1943.
14. KOMATSU "Sistema de Administración de Flotas Komtrax Artículo de KOMATSU" GLOBAL <http://www.komatsuklc.com/monitoreo.html>.
15. Laipac Tech, Página Web dedicada al Suministro de Equipos de Rastreo Satelital Apuntes acerca del GPS. <http://www.laipac.com>.
16. Location, Control Página Web dedicada al Rastreo Satelital de Vehículos Apuntes acerca del GPS. [www.locationcontrol.es](http://www.locationcontrol.es).
17. Martín, Edward, Entrevista personal Jefe de Mantenimiento de Intersur (Empresa

Concesionaria de la Construcción y Mantenimiento del Tramo IV de la Carretera Interoceánica) Puno, 2007.

18. Masaaki, Imai “Cómo Implementar el Kaizen en el Sitio de Trabajo (Gemba)”, Colombia, Ed. Mac.GRAW-HILL, 1998.
19. Mauricio Lefcovich, mlefcovich@hotmail.com “Administración de Operaciones”.
20. Mendiburu Díaz, Henry a20029802@pucp.edu.pe “Operaciones de Mantenimiento” Lima, 2002
21. Padilla Nisthal, Estuardo “Los Sistema de Mantenimiento” Boletín Electrónico N°06 Universidad Rafael Landivar, Guatemala, 2009.
22. Pérez Campaña, Marisol mpc@faceii.uho.edu.cu “La función de Control como parte integrada a la Gestión de la Producción”, Universidad de Holguín, Cuba, 2002 <http://www.monografias.com> .
23. Rios Segura, Juan Apuntes del Curso “Programación de Obras”, Postgrado FIC – Universidad Nacional de Ingeniería, 2004.
24. Sarache Castro, Willian Ariel wsarach@telesat.com.co, “El proceso de planificación, programación y control de la producción”. Colombia, Universidad Nacional de Colombia, 2002
25. Serpell B., Alfredo, “Administración de Operaciones de Construcción” 2ªEdición Santiago, Universidad Católica de Chile, 2002.
26. Soto, Ernesto, Entrevista Personal Ing. de Mantenimiento de CONIRSA (Empresa Concesionaria de la Construcción y Mantenimiento del Tramo II de la Carretera Interoceánica) Cusco, 2007.
27. Tapia B., Maria Antonieta “Apuntes de Metodología de la Investigación”, Santiago, INACAP, 2000 <http://www.angelfire.com/emo/tomaustin/Met/metinacap.htm>.

## COMPENDIO DE SIGLAS

AC	Actividad que desarrolla una Maquinaria Pesada (Variable del Sistema Propuesto)
ADLS	Acceso Digital Simétrico por Línea Telefónica
CDMA	Code Division Multiple Access (Multiplexación por división de Código)
CDPD	Cellular Digital Packet Data
CM	Código de la Maquinaria Pesada (Variable del Sistema Propuesto)
CO	Código del Operador (Variable del Sistema Propuesto)
DMT	Distancia Media de Transporte
ECM	Electronic Control Module
ECMA	Asociación Europeade Fabricantes de Ordenadores
EIA	Asociación de Industrias Telefónicas
ETCD	Equipo Terminal de Circuito de Datos
ETD	Equipo Terminal de Datos
GPS	Global Positioning System
GPSR	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles)
HM	Horas Máquina
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricistas y Electrónicos
IFIP	Federación Internacional para el Tratamiento de la Información
IPE	Instituto Peruano de Economía
ISO	Organismo Internacional de Normalización
JIPM	Japan Institute of Plant Maintenance (Instituto Japones de Planeamiento para el Mantenimiento)
LAN	Local Area Network (Area Local de la Red de Trabajo)
LCD	Liquid Crystal Display (Pantalla de Cristal Líquido)
MA	Mantenimiento Autonomo
MC	Mantenimiento de la Calidad
MCE	Modulo de Control Electrónico
MP(s)	Maquinaria(s) Pesada(s)
MTC	Ministerio de Trasportes y Comunicaciones
OSITRAN	Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público.
Ph	Presión en el sistema hidráulico (Variable del Sistema Propuesto)
PLC	Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable)
Pm	Presión en el motor (Variable del Sistema Propuesto)
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
RF	Radio Frecuencia
SANAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (Control Supervisor y Adquisición de Datos)
T(i)	Instante de Recolección de Datos (Variable del Sistema Propuesto)
TCD - MP	Terminal Colector de Datos de la Maquinaria Pesada
TDMA	Time Division Multiple Access
Th	Temperatura del Sistema Hidráulico (Variable del Sistema Propuesto)
TI	Teconología de La Información
Tm	Temperatura del motor (Variable del Sistema Propuesto)
TPM	Total Productive Maintenance (Mantenimiento Total para la Producción)
WAN	Red de Area Amplia
WAP	Wireless Application Protocol (Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas)