

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

## **“PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PARA MAQUINARIA Y VEHICULOS PESADOS DE LA EMPRESA IN.DI.GI.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**PAÚL IVÁN CÓRDOVA BERNAL  
JEFFERSON EDWIN SALGUERO VALENCIA**

**DIRECTOR: ING. JUAN DÍAZ  
CODIRECTOR: ING. ANGELO VILLAVICENCIO**

**Sangolquí, 2008 – 11 - 20**



## **CERTIFICACIÓN DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto “PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PARA MAQUINARIA Y VEHICULOS PESADOS DE LA EMPRESA IN.DI.GI. S.A.” fue realizado en su totalidad por Paúl Córdova Bernal y Jefferson Salguero Valencia como requerimiento parcial para la obtención de los títulos de Ingenieros Mecánicos.

.....

**Ing. Juan Díaz**

**DIRECTOR**

.....

**Ing. Ángelo Villavicencio**

**CODIRECTOR**

**Sangolquí, 2008-11-20**



## **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

“PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO  
PARA MAQUINARIA Y VEHICULOS PESADOS DE LA EMPRESA IN.DI.GI. ”

---

**PAÚL IVÁN CÓRDOVA BERNAL**

---

**JEFFERSON SALGUERO VALENCIA**

## **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

**Ing. Juan Díaz**

**COORDINADOR DE CARRERA**

**Sangolquí, 2008- 11-24**



## DEDICATORIA

*A mi familia y amigos, quienes me han acompañado en la consecución de las metas compartidas.*

*Paúl*





*DEDICATORIA*

*A mi familia, a mi novia.*

*Jefferson*



## AGRADECIMIENTOS

*A nuestros tutores por su dedicación y generosidad para compartir su tiempo y conocimientos.*

*A todos quienes hicieron esto posible, de forma directa o indirecta.*

*Los autores*



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

TEMA	PÁG
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 GENERAL	2
1.2.1 ESPECÍFICOS	2
1.3 ALCANCE Y JUSTIFICACIÓN	2
<b>2. MARCO DE REFERENCIA</b>	4
2.1 MARCO TEÓRICO	4
2.1.1. MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN Y VEHÍCULOS PESADOS	4
2.1.1.1 UNIDADES DE GENERACIÓN DE POTENCIA	4
2.1.1.1.1 MOTORES A DIESEL Y SUS SISTEMAS ANEXOS.	4
2.1.1.1.2 SISTEMAS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS	23
2.1.1.1.3 SISTEMAS ELÉCTRICOS.	50
2.1.1.2 UNIDAD DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA.	66
2.1.1.2.1 EMBRAGUE	66
2.1.1.2.2 CONVERTIDORES DE PAR	68
2.1.1.2.3 CAJA DE CAMBIOS	70
2.1.1.2.4 GRUPO CÓNICO	71
2.1.1.2.5 PROPULSIÓN	72
2.1.1.2.6 NEUMÁTICOS	72
2.1.1.2.7 TREN DE RODAJE	75
2.1.1.3 SISTEMA CHASIS	82
2.1.1.3.1 BASTIDOR	82
2.1.1.3.2 SUSPENSIÓN	82
2.1.1.3.3 DIRECCIÓN	83
2.1.1.3.4 FRENOS	83
2.1.1.3.5 CABINA	87
2.1.1.3.6 MANDOS FINALES	88
2.1.1.3.7 HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS	90
2.1.2. INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO	96
2.1.2.1 NIVELES Y CATEGORÍAS DE MANTENIMIENTO	96
2.1.2.2 DIFERENCIACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	99
2.1.2.3 PERIODICIDAD DEL MANTENIMIENTO	107
2.1.2.4 TEORÍA SOBRE ENVEJECIMIENTO DE LAS MÁQUINAS	116
2.1.2.5 TEORÍA DE FALLAS Y FIABILIDAD DE LA MAQUINA.	124
2.1.2.6 SEGURIDAD INDUSTRIAL APLICADA AL MANTENIMIENTO Y CONSTRUCCIÓN	138
2.1.2.7 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADORA	140
2.2 MARCO CONCEPTUAL	149
2.3 MARCO CONTEXTUAL	154
2.3.1 ASPECTO ECONÓMICO	154
2.3.2 ASPECTO SOCIAL	154
2.3.3 ASPECTO TECNOLÓGICO	156
<b>3. PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO</b>	157
3.1 INVENTARIO DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS	160
3.2 DIFERENCIACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE LAS MAQUINARIAS Y EQUIPOS	160
3.2 CONFIABILIDAD Y ANÁLISIS DE FALLAS DE SISTEMAS MECÁNICOS	165
3.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO DE VEHÍCULOS A RUEDA	177
3.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO DE EQUIPO PESADO	189
3.6 MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA VEHÍCULOS A RUEDA Y EQUIPO PESADO	200
3.7 SEGURIDAD INDUSTRIAL APLICADA	206
<b>4. ORGANIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL TALLER DE MANTENIMIENTO</b>	214
4.1 ESTIMACIÓN DE LA CARGA DE TRABAJO	214
4.2 ESTIMACIÓN DE LOS ESPACIOS REQUERIDOS	222
4.3 TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	224

4.4 PRODUCTIVIDAD DEL ESPACIO	227
4.5 DISTRIBUCIÓN LAYOUT	236
4.6 SEÑALIZACIÓN Y SERVICIOS BÁSICOS	238
4.7 PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS	238
<b>5. PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO</b>	239
5.1 ACTIVIDADES DE PREVISIÓN Y PLANEACIÓN	239
5.2 PREVISIÓN Y PLANEACIÓN EFICAZ DE LAS ACTIVIDADES DE PROGRAMACIÓN DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO	246
5.4 ACTIVIDADES DE CONTROL	248
5.5 SISTEMA DE ÓRDENES DE TRABAJO Y CONSERVACIÓN DE REGISTROS DE MANTENIMIENTO	250
5.6 ÍNDICES DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	254
5.7 CAPACITACIÓN EN MANTENIMIENTO	256
<b>6. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA COMPUTARIZADO DE ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO</b>	258
6.1 PANORAMA DE LOS SISTEMAS COMPUTARIZADOS DE MANTENIMIENTO	258
6.2 MÓDULOS DE SCAM	262
6.3 EVALUACIÓN DEL SCAM	266
6.4 IMPLEMENTACIÓN	266
<b>7. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO</b>	267
7.1 COSTOS DE LA INFRAESTRUCTURA	267
7.2 COSTOS DE OPERACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO	269
7.3 COSTO DE LOS INVENTARIOS DE MANTENIMIENTO	270
7.4 ANÁLISIS FINANCIERO	270
7.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	272
<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	273
<b>9. ANEXOS</b>	-
<b>10. BIBLIOGRAFÍA</b>	275

## ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS

<b>COD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁG</b>
2-01	Tensión de variación de frecuencia de electromotores	56
2-02	Variación de potencia en función de temperatura de motor eléctrico	57
2-03	Variación de potencia en función de altura SNM de un motor eléctrico	57
2-04	Rendimiento vs. factor de potencia	58
2-05	Aplicaciones de sellos de ranura mecánicos	95
2-06	Ejemplo de determinación de desgaste de una máquina	123
2-07	Determinación de desgaste por su plazo de servicio	123
2-08	Índices de seguridad	153
2-09	Competencia relevante de IN.DI.GI.	154
2-10	Proveedores	158
3-01	Inventario de maquinaria, equipos y vehículos	160
3-02	Diferenciación de equipo y vehículos	164
3-03	Categorización de retroescavadora CAT 561 C	165
3-04	Categorización de retroescavadora Hyundai 55-7	165
3-05	Categorización de Side-boom CAT 561	166
3-06	Categorización de Paywelder CAT D6G	166
3-07	Categorización de Paywelder CAT D7G	167
3-08	Categorización de Grúa de castillo Link Belt LS78	167
3-09	Categorización de Soldadora Lincoln SAE 300	168
3-10	Categorización de Soldadora Miller SAE 300	168
3-11	Categorización de Dobladora CRC Evans 4020	169
3-12	Categorización de Camión Isuzu NHR	169
3-13	Categorización de Cabezal Foton	170
3-14	Categorización de Camión Kamaz	170
3-15	Categorización de Camión MAN DAC	171
3-16	Categorización de Motobomba GR Donkey	171
3-17	Categorización de Motobomba GM 4000 psi	172
3-18	Resumen de políticas de mantenimiento	175
3-19	Máquinas cuyo envejecimiento se determina por el estado técnico de los elementos constructivos	176
3-20	Máquinas cuyo envejecimiento se determina por el plazo de servicio o volumen de trabajo ejecutado	177
3-21	Determinación de desgaste y fiabilidad de tren de rodaje	179
3-22	Envejecimiento y fiabilidad de la máquina por sistemas	180
3-23	Determinación de desgaste de la cadena de tracción	182
3-24	Determinación de fiabilidad de la cadena de tracción	182
3-25	Resumen de envejecimiento y fiabilidad de equipos y vehículos	184
3-26	Posibles fallas	186
3-27	Síntomas	187
3-28	Métodos de diagnóstico	187
3-29	Componentes de vehículos y mantenimiento respectivo	188
3-30	Actividades y frecuencias de mantenimiento de primer y segundo escalón para Camión Isuzu NHR	190
3-31	Costo anual de actividades de mantenimiento preventivo	193
3-32	Frecuencias predeterminadas mínimas de mantenimiento predictivo	194
3-33	Tabla de valores F para un nivel de seguridad del 95%	198
3-34	Actividades y frecuencias de mantenimiento para retroescavadora Hyundai 55-7	199
4-01	Intervención por tipo de maquinaria	214
4-02	Estimación de carga de trabajo	215
4-03	Utilización de equipos y herramientas	217
4-04	Espacios requeridos	218
4-05	Fórmulas de colas para el modelo B. Sistema multicanal	220
4-06	Fórmulas de colas para el modelo A. Sistema simple	220
4-07	Características de los sistemas de colas	221
4-08	Demanda histórica de trabajos de la empresa	228
4-09	Cuadro de relaciones actividades - áreas	230
4-10	Requerimiento y disponibilidades de espacios	232

4-11	Evaluación de alternativas de distribución	235
4-12	Señalización	236
5-01	Actividades de previsión	239
5-02	Síntomas y diagnóstico	241
5-03	Distribución de pareto	242
5-04	Inventario de suministros de mantenimiento	243
5-05	Costo de Transporte promedio de piezas de repuesto	244
5-06	Costo de almacenamiento promedio de piezas de repuesto	244
5-07	Características de inventario de repuestos A	245
5-08	Actividades de control	249
5-09	Ficha técnica del libro de vida	252
5-10	Índices calculados entre dos fechas	255
7-01	Costos de M.D. cerramiento	267
7-02	Costos de M.O.D cerramiento	267
7-03	Costo de construcción total de cerramiento	267
7-04	Costos de M.D. Vigas y columnas	267
7-05	Costos de C.I. Vigas y columnas	267
7-06	Costos de MOD Vigas y columnas	267
7-07	Costo de construcción total de vigas y columnas	268
7-08	Costos de Señalización M.D.	269
7-09	Costos de señalización MOD	269
7-10	Letreros	269
7-11	Gastos generales grúas y rampas	269
7-12	Costos totales grúas y rampas	269
7-13	Costos totales de todas las obras	269
7-14	Costo de explotación de los sistemas de mantenimiento	269
7-15	Costo de inventario de mantenimiento	270
7-16	Flujo de efectivo para el departamento de mantenimiento	271
7-17	Análisis de sensibilidad	272



## ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

COD	DESCRIPCIÓN	PÁG
1-1	Paywelder en el taller de Shushufindi	3
2-1	Motor de diesel de 6 cilindros de máquina pesada	5
2-2	Esquema de un sistema de inyección rail con gestión electrónica	6
2-3	Sistema de alimentación de combustible en MEC	7
2-5	Sistema de arranque eléctrico	10
2-6	Vista seccional de motor de arranque	11
2-7	Curva de rendimiento de alternadores en serie 10 SI	11
2-8	Esquema de sistema de combustible	12
2-9	Esquema de válvula y mecanismo levantaválvulas	12
2-10	Esquema del sistema de admisión y escape	13
2-11	Principales componentes del sistema de admisión y escape	13
2-12	Sistema de refrigeración	14
2-13	Componentes del sistema de refrigeración	14
2-14	Ciclo de circulación de refrigerante	15
2-15	Sistema de lubricación	16
2-16	Componentes del sistema de lubricación	16
2-17	Diagrama de apertura de válvula para un motor de tractor de cuatro tiempo	21
2-18	Multiplicación de fuerza de un sistema hidráulico	23
2-19	Analogía mecánica al sistema hidráulico	24
2-20	Flujo laminar	25
2-21	Flujo turbulento	25
2-22	Flujo laminar por transición lenta	25
2-23	Tubería con radio amplio	26
2-24	Tubería con cambio de dirección abrupto	26
2-25	Cañerías principales y secundarias de sistema hidráulico	26
2-26	Presión en tramos de tubería con fluido estático	27
2-27	Presión en tramos de tubería con restricciones con fluido dinámico	27
2-28	Presión en tramos de tubería sin restricciones con fluido dinámico	28
2-29	Circuito hidráulico con presóstato en posición inicial	29
2-30	Circuito hidráulico con presóstato en posición final	29
2-31	Caída de presión en circuito de máquina hidráulica	30
2-32	Caída de presión en circuito de máquina hidráulica	31
2-33	Equipos de protección	32
2-34	Regulador	33
2-35	Pulverizador	33
2-36	Conjunto de protección	34
2-37	Unidad de bombeo	34
2-38	Tanque con bafle	35
2-39	Nivel de tanques	36
2-40	Tapa de llenado	36
2-41	Filtro de respiración de bajo costo	37
2-42	Filtro con válvula de retención	37
2-43	Filtro en línea	38
2-44	Filtro en línea de presión	38
2-45	Retorno por alivio	39
2-46	Línea de retorno	39
2-47	Esquema de instalación oleohidráulica	40
2-48	Esquema de bomba de pistones	41
2-49	Bombas axiales de pistones de vickers	42
2-50	Bombas de pistones radiales con cambio de caudal por variación de excentricidad	43
2-51	Bomba axial de pistones N. O.	43
2-52	Bomba radial de pistones N. O.	43
2-53	Bomba de paletas	44
2-54	Bomba de engranajes	45
2-55	Cilindro oleohidráulico	46
2-56	Distribuidor de dos posiciones y punto muerto	47
2-57	Funcionamiento de válvula reversible	48

2-58	Válvulas de secuencia	48
2-59	Válvula tipo Orbit	49
2-60	Dos tipos de acumuladores	50
2-61	Sistema eléctrico básico de un tractor diesel	52
2-62	Motor de rotor devanado	52
2-63	Motor de rotor de circuito	53
2-64	Conexiones estrella - triángulo	55
2-65	Variación de la potencia con tensión	56
2-66	Variación del par en función de la velocidad	60
2-67	Campo de circuito para alternador	61
2-68	Curvas características de intensidad y par motor	63
2-69	Diversas configuraciones de motores	65
2-70	Embrague de volante	66
2-71	Embrague hidráulico	67
2-72	Componentes del embrague hidráulico	67
2-73	Recorrido toroidal del aceite en el embrague hidráulico	68
2-74	Convertidor de par	68
2-75	Caja de cambio de un tractor de oruga ligero	69
2-76	Engranaje planetario de caja de cambios	70
2-77	Esquema de combinaciones de corona	70
2-78	Grupo cónico	71
2-79	Ranurado de neumáticos	73
2-80	Rueda cabilla o motora	76
2-81	Rueda tensora	77
2-82	Rodillo	77
2-83	Despiece del rodillo	77
2-84	Bastidor	78
2-85	Eslabones, casquillos y bulones	78
2-86	Sellado de cadenas	79
2-87	Teja o zapata Caterpillar	80
2-88	Rodaje de escavadora	81
2-89	Vista de ensamble de freno de un camión Isuzu NHR	84
2-90	Freno de cinta	86
2-91	Freno de zapata	86
2-92	Cabina típica de retroescavadora	87
2-93	Cabina típica de camión	88
2-94	Vista en corte del mando final y embrague de dirección	89
2-95	Mandos finales de engranajes planetarios en cargadores de ruedas, etc	89
2-96	Cucharón de cargadora	90
2-97	GRUPO DE FIGURAS de cuchilla de cucharón	91
2-98	Tipos de orejetas	94
2-99	Sellos mecánicos	94
2-100	Fundamento de cálculo de periodicidad del mantenimiento por el método de productividad máxima	108
2-101	Fundamento del cálculo de periodicidad del mantenimiento por el método de probabilidad de fallo máximo	110
2-102	Fundamento del cálculo de periodicidad del mantenimiento por el método técnico – económico.	
2-103	Aspectos teóricos relacionados con la periodicidad de mantenimiento predictivo	113
2-104	Sistemas en serie	124
2-105	Sistemas en paralelo	125
2-106	Sistemas en reserva	127
2-107	Red petri	130
2-108	Flujo de información de un CMMS	148
2-109	Imagen de bodega de la empresa	157
3-01	Diagnóstico del motor para un síntoma de alto consumo de combustible	195
3-02	Diagnóstico, corrida y análisis de experimentos del motor	195
3-03	Organización de la restauración de piezas	203
4-01	Plano del terreno utilizado como taller	216
4-02	Alternativa 01 de distribución del taller	223

4-03	Productividad del espacio	226
4-04	Gráfico de burbujas para localización y volúmenes	228
4-05	Flujo de materiales de una reparación	229
4-06	Diagrama de relaciones	231
4-07	Diagrama de relaciones de espacios	233
4-08	Alternativa de distribución 2	234
4-09	Alternativa de distribución 3	235
4-10	Señalización	236
4-11	Señales	
4-12	Programación de obras GANT	238
5-01	Distribución de Pareto	243
5-02	Vista parcial del archivo de Programación de mantenimiento	246
5-03	Actividades de control	248
5-04	Orden de trabajo	250
5-05	Plan de capacitación	256
6-01	Vista de SisMAG	258
6-02	Vista de PROMAT	259
6-03	Vista de Infomante	260
6-04	Vista de SCAM de tesis FMSB	261
6-05	Vista de SCAM CORD Inicio	262
6-06	Vista de SCAM CORD Envejecimiento y fiabilidad	263
6-07	Vista de SCAM CORD Lista base recambios	263
6-08	Vista de SCAM CORD Mantenimiento	264
6-09	Vista de SCAM CORD Inventario suministros	264
6-10	Vista de SCAM CORD Personal	265
6-11	Vista de SCAM CORD Índices	265
6-12	Acerca de	266

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>COD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UBICACIÓN</b>
A	DETERMINACIÓN DEL ENVEJECIMIENTO Y FIABILIDAD DE LA MÁQUINA IDG-M03 RETROESCAVADORA HYUNDAI ROLEX 55-7	PG 291
B	CUADROS DE DIFERENCIACIÓN DE MANTENIMIENTO	PG 291
C	ANEXOS MISCELÁNEOS	CD ROM
D	CARTAS DE AUSPICIO Y SATISFACCIÓN	A partir de PG 291





# 1. INTRODUCCIÓN

La empresa IN.DI.GI. S.A. tiene más de veinte años de experiencia en campos como: construcción civil, montaje mecánico, tecnología antiincendios, bioremediación y bioaumentación.

Las obras civiles, mayormente, son lanzamientos de líneas de alcantarillado contratadas con municipios y construcción de puentes para el MOP en las tres regiones continentales del país: costa, sierra y oriente, por lo tanto sus campamentos e instalaciones son semimóviles.

Dentro del campo de montaje mecánico, principalmente se ha realizado lanzamiento de líneas de presión, construcción y reparación de facilidades petroleras.

Como representante de algunas firmas internacionales de protecciones antiincendios, ha servido a importantes empresas de la construcción en el país.

La bioremediación y la bioaumentación, por otro lado no han sido requeridas en el mercado nacional últimamente, ya que solo se emplean cuando existen catástrofes ambientales como derrames de petróleo o derivados, e incendios, respectivamente.

Para las dos primeras y principales actividades de la empresa como son la construcción civil y el montaje mecánico, la empresa cuenta con equipo pesado y equipo industrial cuyos activos superarían los 800 000 dólares. En virtud de esto, el mantenimiento adecuado de estos equipos es fundamental para el giro de la actividad de la empresa y se busca una completa tecnificación estadística y funcional de esta área.

## 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los activos fijos de la empresa no han estado siendo conservados y mantenidos de manera adecuada, y si bien esta inventariada contablemente, no está clasificada por factores como: tipo de máquina, rotación de operadores, edad del equipo, calendario y lugar de servicio, entre otros. Cuando la falla es inminente, se efectúa el pedido de repuesto correspondiente, más si este escasea en el mercado local se produce paro de maquinaria.

Los factores descritos son planificados, organizados y controlados empíricamente, dependiendo únicamente de los registros del jefe de mantenimiento, pese a la cantidad de maquinaria y vehículos que posee la empresa y la complejidad individual de cada uno de ellos.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 GENERAL**

Planificar, organizar, e informatizar el mantenimiento de los equipos pesados e industriales de la empresa IN.DI.GI. S.A.

### **1.2.2 ESPECÍFICOS**

- Optimizar la planificación, organización, ejecución y control de las labores de mantenimiento, con la debida coordinación de los departamentos de la empresa.
- Inventariar, clasificar y diferenciar los equipos pesados e industriales que van a ser intervenidos en el mantenimiento preventivo y correctivo.
- Mejorar la eficiencia de las acciones preventivas realizadas en los equipos pesados y livianos.
- Establecer los niveles de almacenamiento de repuestos en base a herramientas estadísticas.
- Llevar el registro de equipos clasificados por niveles de funcionamiento.
- Desarrollar el software a medida que la empresa requiere.
- Elaborar la base de datos necesaria para el software.
- Capacitar al personal operativo y de mantenimiento.

## **1.3 ALCANCE Y JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1 Alcance**

Proporcionar a la empresa un plan y organización completamente ejecutable de conservación y mantenimiento de los equipos con los que trabaja hasta nivel de tercer escalón, que funcione con su respectivo programa computarizado, su base de datos a medida, que permita la planificación, programación y presupuestos de la realización de las acciones de mantenimiento.

### **1.3.2 Justificación**

La necesidad de un sistema de mantenimiento es conveniente, si no esencial, para la oportuna conservación de los activos fijos que permiten realizar los trabajos. Se busca, por tanto, mejorar la disponibilidad de maquinaria y el desempeño de la empresa hacia sus clientes, de



ahorrarle costos derivados de exponer a las máquinas a trabajos fuertes en condiciones severas, y de aumentar el valor final de los equipos usados al final de su servicio para la empresa.

Es menester contar con una planificación que incluya la capacitación en acciones rutinarias de conservación y mantenimiento de primero y segundo escalón; además de la organización de talleres semimóviles que asegure la oportuna reparación de los activos fijos.



**Fig. 1-1 Paywelder en el taller de Shushufindi**

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1 MARCO TEÓRICO**

#### **2.1.1 MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN**

##### **2.1.1.1 UNIDADES DE GENERACIÓN DE POTENCIA**

###### **2.1.1.1.1 MOTORES A DIESEL**

Para diferenciar de forma coherente el motor de gasolina del motor diesel, se debe atender al menos a tres aspectos fundamentales:

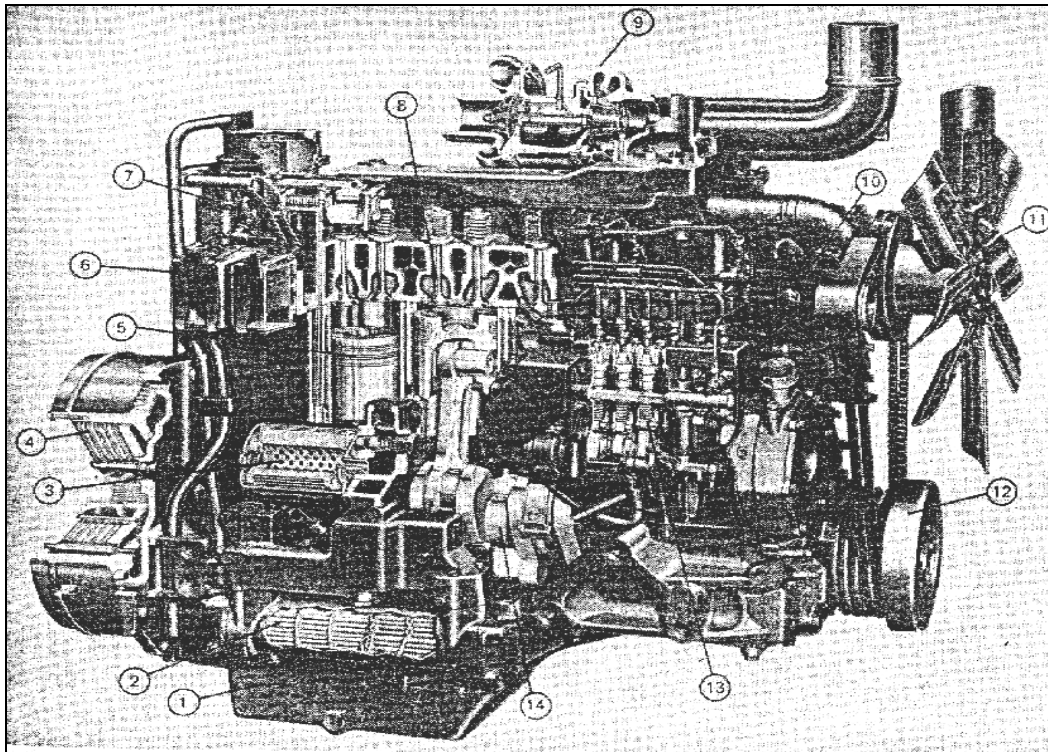
###### **2.1.1.1.1.1 ESTRUCTURA Y PARTES INTEGRANTES**

En cuanto a su fabricación y elementos que los constituyen, diremos que después de haber desplazado en un tiempo el motor diesel al de gasolina, sobre todo en sus aplicaciones de propulsión de vehículos, usos industriales, navales y agrícolas, por las causas que más adelante expondremos, si bien la fabricación del motor diesel es más cara y alguno de sus dispositivos auxiliares (refrigeración, filtrado de combustible, etc) son de coste más elevado que los de gasolina, hoy día se ha llegado con las grandes producciones en serie a un menor coste, que los iguala casi a los de gasolina, máxime con la incorporación en éstos de las nuevas técnicas de la inyección de gasolina.

El bloque motor es similar en ambos tipos de motores, si bien el dimensionado de los mismos es mayor en el diesel por trabajar éstos bajo cargas mayores. Suelen ser de fundición perlítica y llevar camisas recambiables (generalmente húmedas) con una pestaña de tope en su parte superior (en los Diesel).

Los pistones en estos motores desempeñan múltiples funciones, por lo que se diferencian de los de gasolina en la forma del fondo y en la cabeza, que dependen del sistema de inyección utilizado; en el perfil de la falda, actualmente en óvalo progresivo curvilíneo; en la disposición de los segmentos (en ocasiones alojados en gargantas postizas) y en la altura del eje; su espesor en la cabeza es superior por las presiones y condiciones térmicas a que son sometidos.

Las partes representativas del motor a Diesel se pueden observar en el siguiente gráfico:



**Figura 2-1. Motor de Diesel de 6 cilindros de maquina pesada.**

**CÓDIGO:**

<b>1.- Colector de aceite (carter)</b>	<b>8.- Válvula</b>
<b>2.- Enfriador de aceite</b>	<b>9.- Turbocargador</b>
<b>3.- Filtro de aceite</b>	<b>10.- Alternador</b>
<b>4.- Embrague húmedo</b>	<b>11.- Ventilador</b>
<b>5.- Pistón y anillos</b>	<b>12.- Amortiguador (Damper)</b>
<b>6.- Filtro de combustible</b>	<b>13.- Bomba de combustible</b>
<b>7.- Inyector de combustible</b>	<b>14.- Cigüeñal</b>

También difieren en el árbol de levas en los casos en que el motor diesel esté equipado de inyectores-bomba.

La culata suele diferir bastante en uno y otro caso, ya que los de gasolina suelen ser de una sola pieza y en los diesel acostumbra a disponerse de una culata por cada 3 cilindros, o una individual por cada uno de ellos. La disposición de los conductos de agua es diferente, pues los Diesel deben refrigerar no sólo las cámaras de turbulencia, sino los inyectores. También puede

serlo la disposición en la misma de una parte de la cámara de turbulencia, mecanizada en la misma.

Finalmente el sistema de inyección diesel en cualquiera de sus modernos procedimientos de common-rail, inyector-bomba, control electrónico, etc, constituyen un elemento diferente respecto a los de gasolina.

### 2.1.1.1.2 SISTEMAS DEL MOTOR A DIESEL

Las partes del motor se pueden agrupar por sistemas y conjuntos. Los sistemas y conjuntos que componen el motor son:

- Sistema de inyección en MEC
- Sistema de arranque
- Sistema de combustible
- Sistema de admisión y escape
- Sistema de refrigeración
- Sistema de lubricación

#### 2.1.1.1.2.1 SISTEMA DE INYECCIÓN EN MEC

En el circuito de inyección de MEC los elementos susceptibles de mantenimiento periódico son los inyectores, la bomba y los filtros primario y principal de combustible.

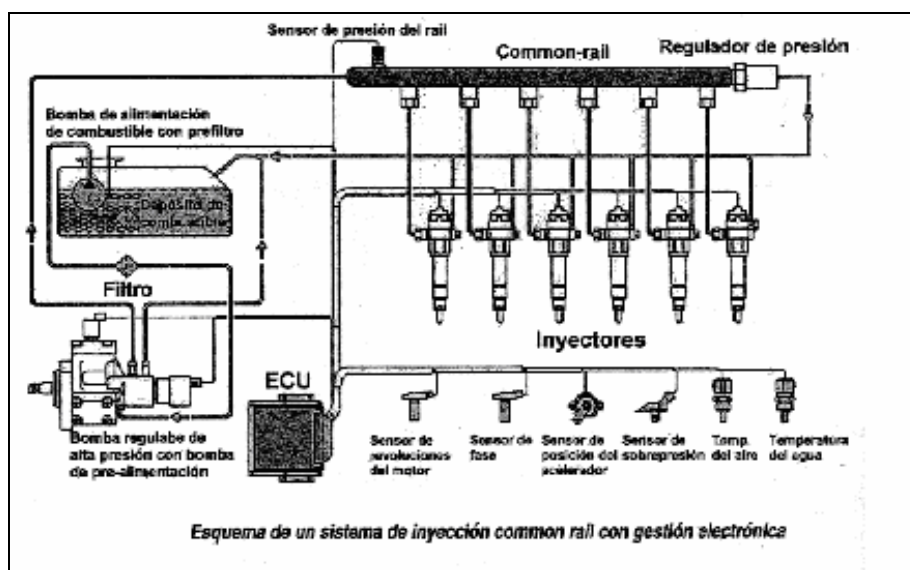


FIG 2.2 Esquema de un sistema de inyección rail con gestión electrónica

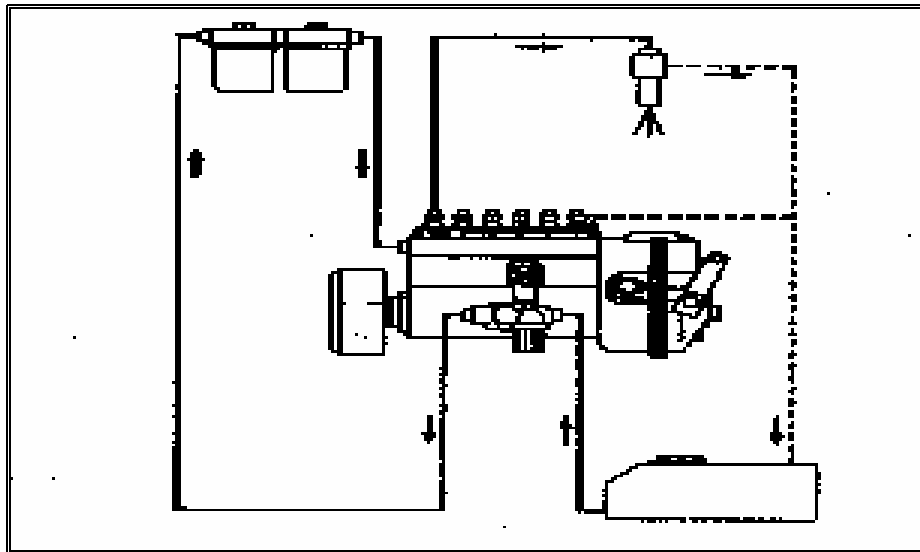


FIG 2-3. Sistema de alimentación de combustible en MEC

#### **2.1.1.1.2.1.1 LOS INYECTORES DIESEL**

La misión de los inyectores es la de realizar la pulverización de la pequeña cantidad de combustible y de dirigir el chorro de tal modo que el combustible sea esparcido homogéneamente por toda la cámara de combustión.

El inyector está fijado al porta-inyector y es este el que lo contiene además de los conductos y racores de llegada y retorno de combustible.

Los inyectores son unos elementos muy solicitados, lapeados conjuntamente cuerpo y aguja (fabricados con ajustes muy precisos y hechos expresamente el uno para el otro), que trabajan a presiones muy elevadas de hasta 2000 aperturas por minuto y a unas temperaturas de entre 500 y 600 °C.

#### **PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**

El combustible suministrado por la bomba de inyección llega a la parte superior del inyector y desciende por el canal practicado en la tobera o cuerpo del inyector hasta llegar a una pequeña cámara tórica situada en la base, que cierra la aguja del inyector posicionado sobre un asiento cónico con la ayuda de un resorte, situado en la parte superior de la aguja, que mantiene el conjunto cerrado.

El combustible, sometido a presión muy similar a la del tarado del muelle, levanta la aguja y es inyectado en el interior de la cámara de combustión.

Cuando la presión del combustible desciende, por haberse producido el final de la inyección en la bomba, el resorte devuelve a su posición a la aguja sobre el asiento del inyector y cesa la inyección.

#### **2.1.1.1.2 TIPO DE INYECTORES**

Existe gran variedad de inyectores, dependiendo estos del sistema de inyección y del tipo de cámara de combustión que utilice cada motor, aunque todos tienen similar principio de funcionamiento.

Fundamentalmente existen dos tipos:

-Inyectores de orificios, generalmente utilizados en motores de inyección directa.

-Inyectores de espiga o de tetón (que pueden ser cilíndricos o cónicos) para motores de inyección indirecta. Dentro de este tipo, existe una variante, que se denomina inyectores de estrangulación, con los que se consigue una inyección inicial muy pequeña y muy pulverizada y que en su apertura total consigue efectos similares a los inyectores de tetón cónico.

Las últimas versiones de motores turbodiesel que han llegado al mercado, se caracterizan por equipar sistemas de alimentación de inyección de combustible directa a alta presión, que bajo las denominaciones de "Unijet", "Common Rail", "HDI" y otras según el productor del vehículo remiten a una nueva tecnología caracterizada por un aumento de la potencia específica y el ahorro de combustible, en particular en regímenes de rotación altos.

Respecto de los dispositivos de inyección tradicionales, el Unijet (lo llamaremos así para sintetizar) garantiza una mejora global importante de las prestaciones y un funcionamiento más silencioso, que llega hasta 8 decibeles menos, según el régimen de rotación del motor.

En los sistemas utilizados hasta ahora, con cámara de precombustión, la alimentación gasoil es accionada por una bomba mecánica (a menudo con control electrónico) y la presión de inyección crece proporcionalmente al aumento del régimen de rotación del motor, lo cual presupone un límite físico para optimizar la combustión, y por ende las prestaciones, el ruido y las emisiones contaminantes.

En cambio, en el sistema Unijet la presión de inyección es independiente de la velocidad de rotación del motor, porque la bomba de inyección genera presión por acumulación. De allí deriva la posibilidad de utilizar, por un lado, presiones muy altas y, por el otro, suministrar cantidades mínimas de combustible, e incluso de realizar una preinyección, o inyección piloto.

Son dos características que conceden grandes ventajas al conductor: una combustión más eficiente y por lo tanto mejores prestaciones- y una reducción del ruido de combustión.

En resumen, el sistema consta de una pequeña bomba sumergida en el depósito que envía el gasoil a la bomba principal. Esta es una bomba de alta presión, arrastrada por la cadena de distribución, que "empuja" constantemente el combustible. De esta manera en el "rail" o depósito de acumulación, siempre hay combustible a presión.

Un sensor ubicado en el rail y un regulador en la bomba, adaptan la presión a la demanda de la central, generada por la presión sobre el acelerador. De este modo se puede variar constantemente la presión del gasoil, eligiendo para cada punto de funcionamiento el valor ideal.

Gestionar bien la presión en todo el campo de funcionamiento del motor, significa disponer de más eficiencia de combustión y por lo tanto mejores prestaciones y menores consumos.

Esto ocurre porque cuanto más alta es la presión con la que llega el combustible al inyector, mejor se pulverizan las gotas de combustible, mezclándose bien con el aire y quemándose completamente.

Pero alta presión, significa también fuerte ruido.

Contra esto último, el sistema Unijet acudió a otro dispositivo: la inyección piloto, una operación que tiene lugar en aproximadamente 200 microsegundos. Se trata de una solución que permite aumentar la temperatura y la presión de la cámara de combustión cuando el pistón llega al Punto Muerto Superior, preparando así la cámara para la verdadera combustión.

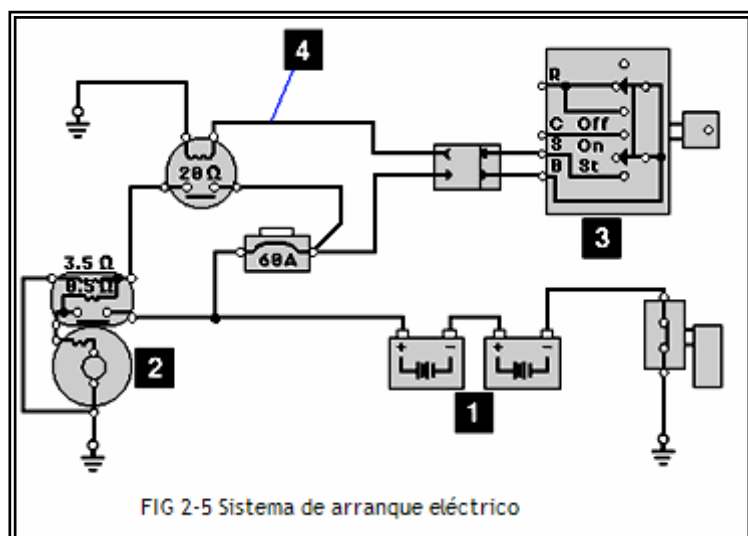
Lo que se consigue, en realidad, es una curva menos escarpada de desprendimiento de calor, junto a picos de temperatura y presión más bajos, lo que redundaría en obtener la misma energía, pero suministrada en forma más paulatina, lo que reduce drásticamente el ruido de funcionamiento.

En los nuevos motores turbodiesel, el "common rail" garantiza mayor eficiencia de combustión y mejores prestaciones, mientras que la inyección piloto permite disfrutar de un funcionamiento más silencioso, arranques en frío más fáciles y un nivel de emisiones más reducido.

### **2.1.1.1.2 SISTEMA DE ARRANQUE Y ELÉCTRICO**

Los sistemas de arranque funcionan mediante el giro del motor hasta producir compresión y calor suficientes para encender el combustible. En todos los sistemas de arranque, un motor de arranque hace girar la corona y el volante a medida que el volante, de inercia, gira, el aire se comprime en los cilindros.

La velocidad de arranque es más crítica en el arranque que la duración del arranque, debido a que a la velocidad determina la cantidad de calor generado en el cilindro.



Un sistema de arranque eléctrico consta de:

1. Baterías
2. Motor de arranque con un interruptor de solenoide
3. Interruptor de arranque
4. Conexiones y cables



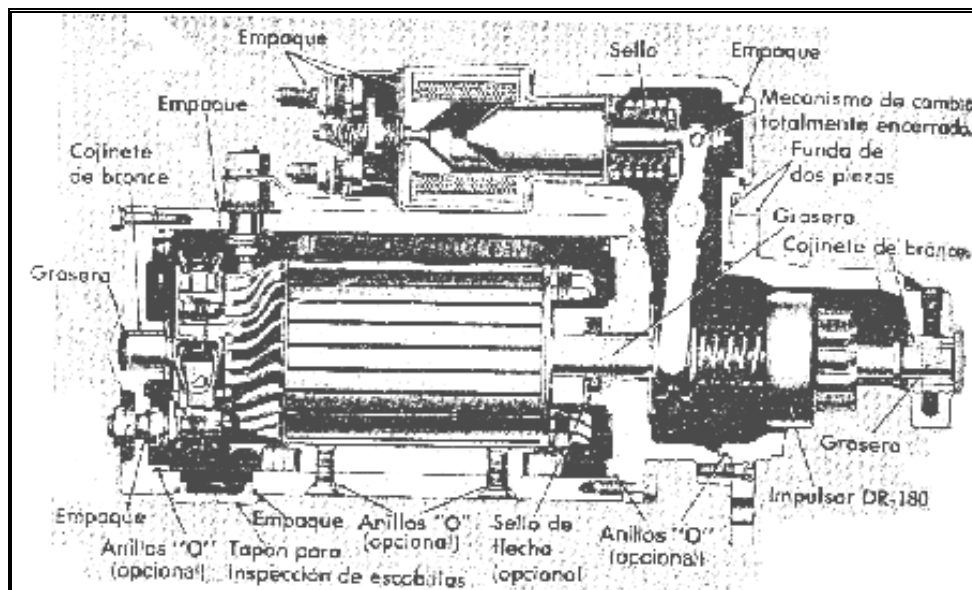


FIG 2-6 Vista seccional de un motor de arranque

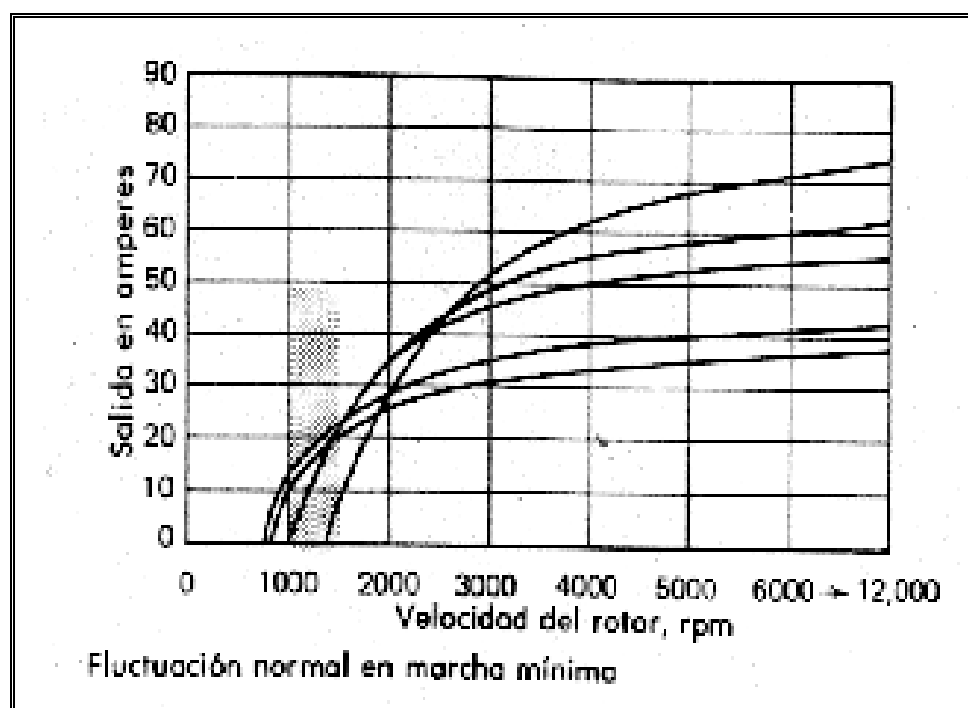
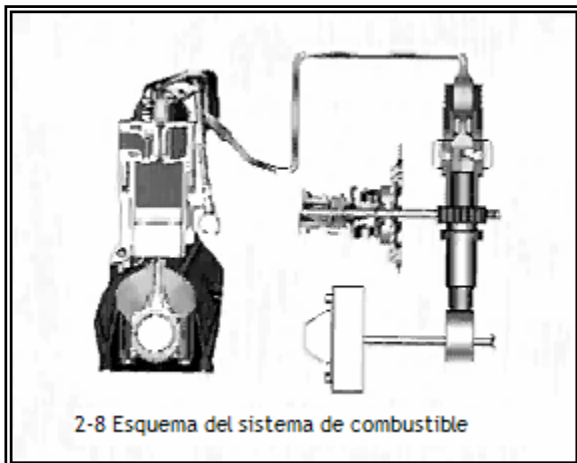


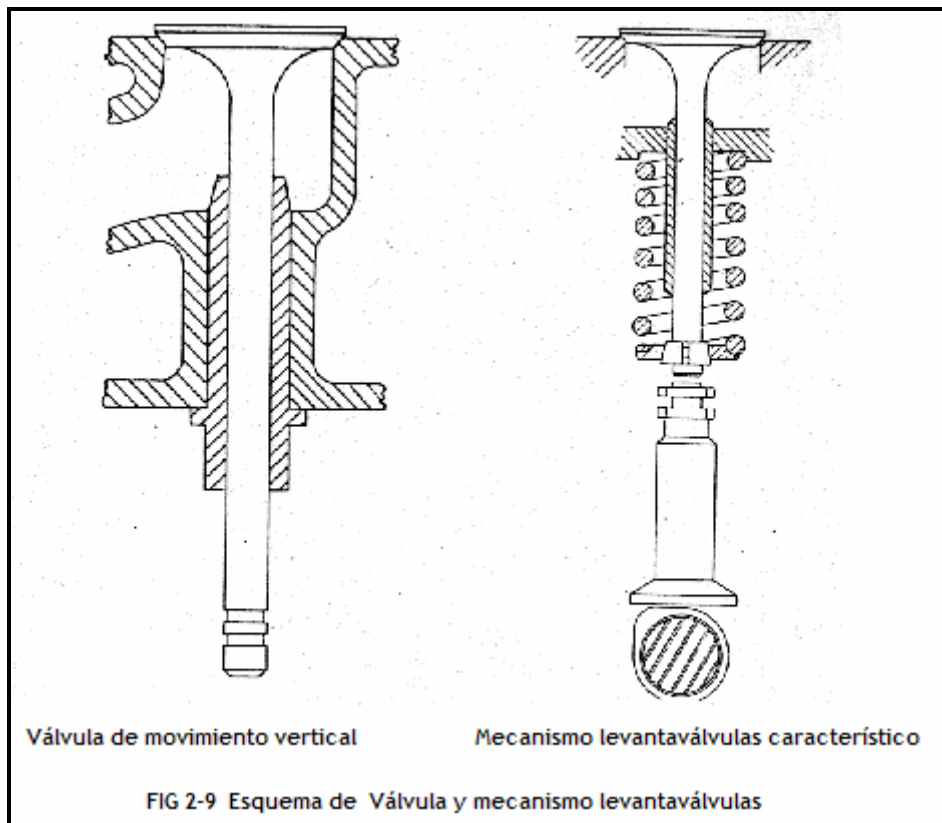
FIG 2-7 Curva de rendimiento de alternadores en serie 10 SI

### 2.1.1.1.2.3 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Durante la operación, el motor funciona bajo carga. El regulador determina las rpm correctas



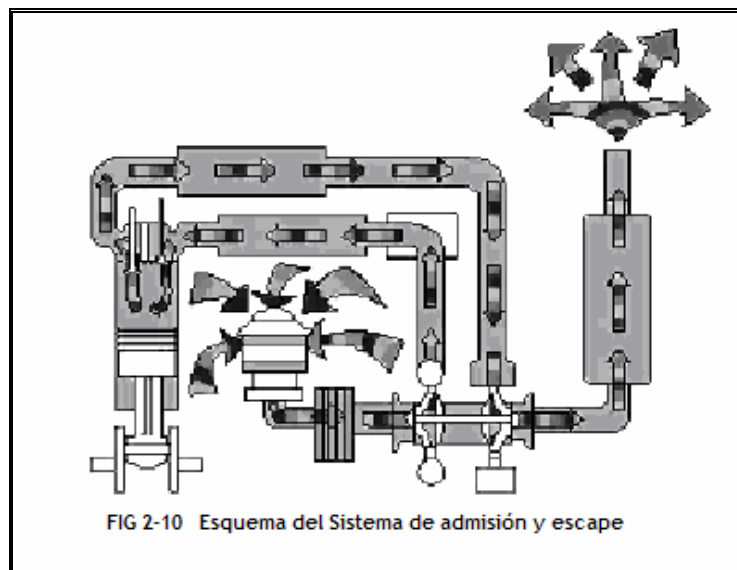
del motor para una carga aplicada, y mueve la cremallera de a desactivación de combustible, para establecer las rpm correctas. La unidad de avance de sincronización detecta el aumento o la disminución de rpm y ajusta la inyección para iniciar la ventanilla de combustión en el sitio preciso.



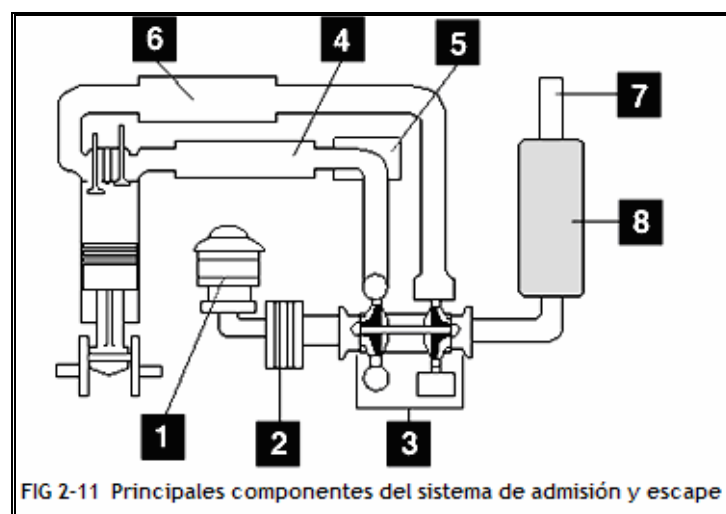
El combustible diesel se evapora lento porque es más pesado y aceitoso. Contiene más átomos de carbón en cadenas más largas que la gasolina (la gasolina típica es  $C_9H_{20}$  mientras el diesel es típicamente  $C_{14}H_{30}$ ). Toma menos tiempo refinar para crear el combustible diesel, razón por la que es más barato que la gasolina.

El combustible diesel tiene una densidad de energía más alta que la gasolina. En promedio, un galón de combustible diesel contiene aproximadamente  $147 \times 10^6$  joules, mientras que un galón de gasolina contiene  $125 \times 10^6$  joules. Esto, combinado con la eficiencia mejorada de los motores diesel, explica porqué los motores diesel poseen mejor kilometraje que el equivalente en gasolina.

#### **2.1.1.1.2.4 SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE**



Los motores diesel necesitan grandes cantidades de aire para quemar el combustible. El sistema de admisión de aire debe suministrar el aire necesario para la combustión. El sistema de escape debe sacar los gases calientes de la combustión.

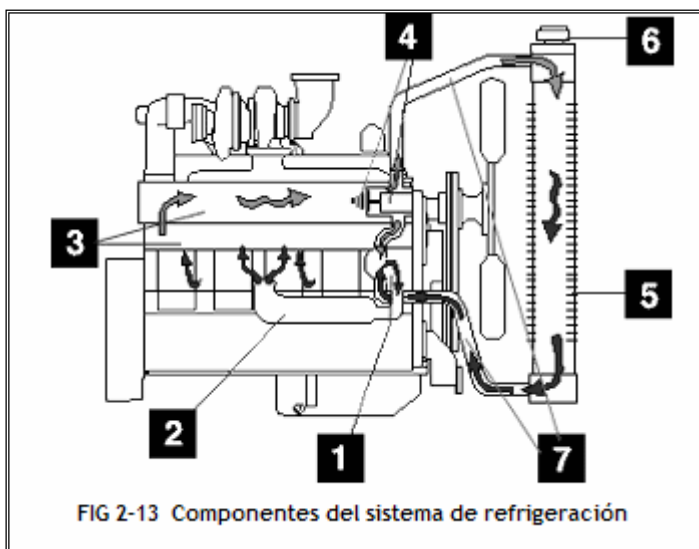
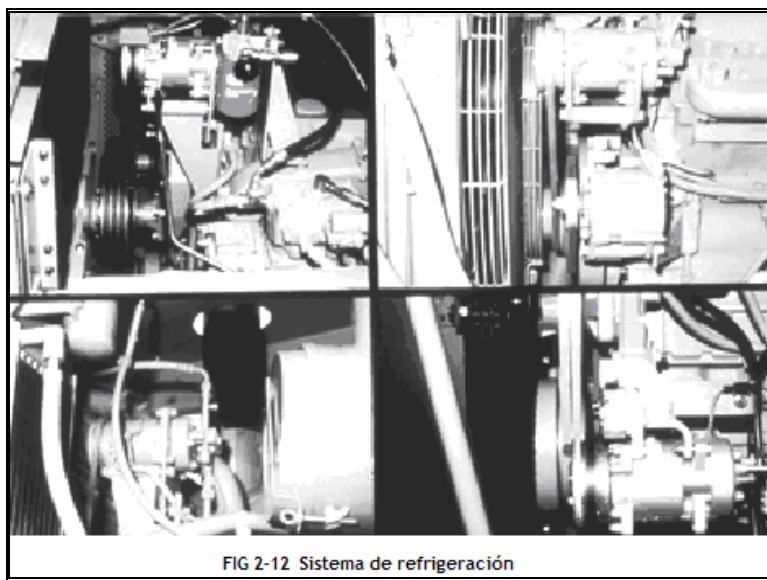


Cualquier reducción del flujo de aire o de gases de combustión en el sistema reducirá el rendimiento del motor.

Un sistema de admisión de aire/escape incluye el antefiltro (1), el filtro de aire (2), el turbocompresor (3), el múltiple de admisión (4), el posenfriador (5), el múltiple de escape (6), el tubo de escape (7), el silenciador y las tuberías de conexión (8).

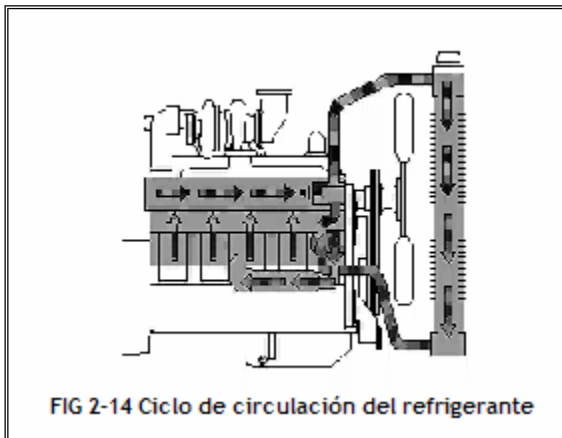
Para un correcto mantenimiento y procedimiento de localización y solución de problemas, es importante conocer el flujo de aire a través del sistema y la función de cada uno de los componentes. También es importante reconocer los componentes por su configuración y su funcionamiento.

### **2.1.1.1.2.5 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**



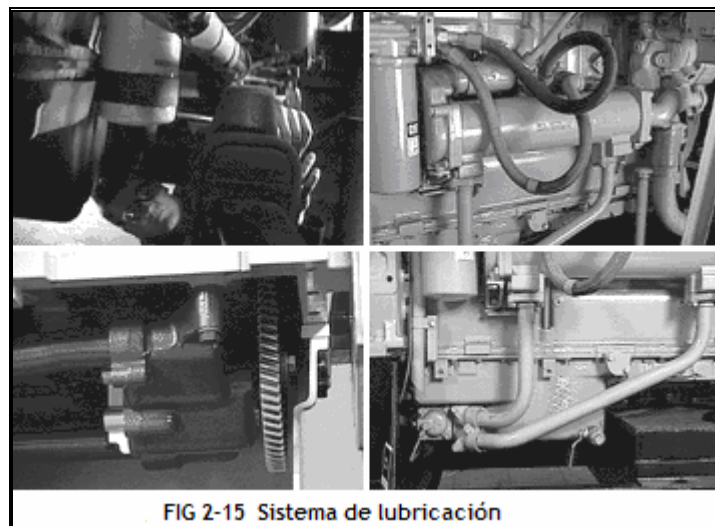
Los principales componentes del sistema de enfriamiento son: (1) la bomba de agua, (2) el enfriador de aceite, (3) los conductos a través del bloque del motor y la culata, (4) el regulador de temperatura y la caja del regulador, (5) el radiador, (6) la tapa de presión, (7) las mangueras y tuberías de conexión. Además un ventilador generalmente impulsado por correas, se

encuentra cerca del radiador, para aumentar le flujo de aire y la transferencia de calor.



El sistema de enfriamiento hace circular refrigerante a través del motor, para absorber el calor producido por combustión y fricción. Para hacer este trabajo, el sistema refrigerante aplica el principio de transferencia de calor.

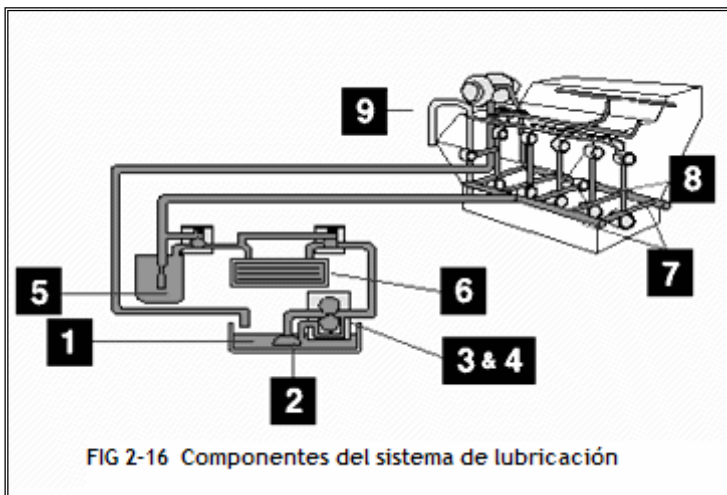
#### **2.1.1.1.2.6 SISTEMA DE LUBRICACIÓN**



La función principal del sistema de lubricación es hacer circular aceite por el motor. El aceite: limpia, protege y refrigera al motor.

La lubricación consiste básicamente en mantener separadas las superficies metálicas en movimiento. Esto se logra mediante el efecto HIDRODINAMICO. Bajo estas condiciones, se forma una cuña de aceite, la cual fluye en la misma dirección de la superficie en movimiento. En otras palabras, se produce también un efecto de BOMBEO del lubricante, lo que obliga a reponer el aceite desplazado para mantener las condiciones hidrodinámicas.

El sistema de lubricación se compone de: (1) sumidero o colector de aceite, (2) la campana de succión, (3) la bomba de aceite, (4) la válvula de alivio de presión, (5) el filtro de aceite con válvula de derivación, (6) el enfriador de aceite del motor con válvula de derivación, (7) los conductos de aceite principal, (8) los rociadores de enfriamiento del pistón, (9) el respiradero del cárter, las tuberías de conexión y el aceite mismo.



La reposición del aceite lubricante se efectúa por medio de la bomba de aceite, la cual dirige al aceite, hacia todas las partes a lubricar, impulsando varios litros de aceite por minuto a una presión controlada.

La presión de aceite es el parámetro más importante que afecta al circuito de lubricación, en motores de lubricación forzada. En la práctica, en todos los motores de combustión interna de 2 y 4 tiempos, el lubricante es obligado a circular por diversos conductos al interior del motor, debido a la presión generada por la bomba de aceite. La presión máxima en el circuito dependerá de la válvula limitadora de presión, y la presión mínima del ralentí del motor.

Un factor decisivo es la viscosidad del lubricante, un aceite de alta viscosidad (o a bajas temperaturas ) mantendrá una presión elevada, como en caso contrario un aceite de viscosidad baja ( o de altas temperaturas ) mantendrá una presión débil.

Por este motivo los indicadores de presiones de aceite en los motores, nos dan una orientación sobre las condiciones de lubricación al régimen normal de funcionamiento.

El indicador de presión indica la presión existente en el sistema, si la lectura es notablemente inferior puede ser señal de desgaste de los cojinetes de bancada o en los de biela; este desgaste produce un aumento en las tolerancias de los componentes internos y en consecuencia una caída en la presión.

El indicador de presión indica la presión existente en el sistema, si la lectura es notablemente inferior puede ser señal de desgaste de los cojinetes de bancada o en los de biela; este desgaste produce un aumento en las tolerancias de los componentes internos y en consecuencia una caída en la presión.

El funcionamiento del indicador de presión consta en su interior de un tubo metálico flexible unido al sistema de lubricación. Al aumentar la presión, el tubo tiende a desenrollarse. Al hacerlo la aguja se desplaza a lo largo de la escala del indicador.

Sin embargo, los usuarios notan un cambio en la presión de aceite de sus motores diesel cuando cambian un aceite monogrado a un multigrado. Efectivamente la presión del aceite en un multigrado es más baja y el usuario puede interpretar la caída de la presión como un problema en su motor o tiende a confundir y poner en duda su calidad como multigrado.

La presión alta puede necesariamente no ser buena, ya que se puede deber a un aceite demasiado viscoso, que esté tapado un conducto, o que sencillamente el ralentí del motor es demasiado alto.

Sin embargo la presión baja en un motor no necesariamente puede ser mala, ya que podría ser ventajosa para un motor diesel que opere en condiciones normales.

La presión de operación normal de un motor diesel debe ser establecida por su fabricante.

La presión estable, ni alta ni baja, es la clave para un funcionamiento seguro del motor, por tanto cualquier alza o disminución de la presión debe investigarse. .

Cuando el motor está frío, el aceite se encuentra en el cárter por lo que la presión es cero, por ello es conveniente verificar su operación una vez puesto en marcha. El aceite frío tiene una resistencia natural alta al flujo, por consiguiente su presión será alta al momento del arranque.

Cuando el aceite comienza a circular y va tomando temperatura, su viscosidad disminuye hasta llegar a un nivel de presión estable. Solamente en ese momento el motor está siendo lubricado debidamente. Hasta que la presión del aceite se estabiliza, los porcentajes de desgaste son altos debido a la alimentación insuficiente del aceite a las superficies adosadas. Por lo tanto, un buen aceite llega a una presión estable rápidamente.

Es por esta razón que el usuario debe preocuparse tanto de la presión alta como la baja. Una presión alta hace trabajar doblemente a la bomba de aceite, lo que resta potencia y pérdida en el rendimiento del motor. ( una presión alta no significa una buena circulación del aceite ).

Así también una presión baja quiere decir que el aceite lubricante está circulando vigorosamente por todas las partes donde el motor lo requiera, para evitar desgastes futuros.

También puede suceder que por efecto de diluciones por combustible la viscosidad del aceite se vea afectada teniendo como consecuencia una caída en la presión de aceite.

Una buena lubricación se consigue con una presión adecuada, lo cual asegura un flujo de aceite suficiente como para mantener lubricado, refrigerado y limpio el sistema de lubricación. Por lo tanto no debe engañarse con las indicaciones de presión de aceite en sus motores. no siempre una alta presión significa un alto caudal de aceite a mayor caudal de aceite - mayor lubricación , refrigeración, limpieza - mayor vida útil del equipo.

### **2.1.1.1.3 PRINCIPIOS DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR**

Los gases se caracterizan por estar constituidos por una materia informe y sin volumen propio, que toma la forma del recipiente que la contiene y que tienden a ocupar un volumen mayor, que el de dicho recipiente (expansibilidad).

Por otra parte, si se intenta disminuir el volumen ocupado por una cantidad determinada de gas, la reacción elástica de éste aumenta. Esta reacción es lo que denominamos presión y es el resultado de la compresibilidad de los gases (propiedad de ocupar un espacio menor).

La presión de un gas es la fuerza ejercida por el mismo sobre la unidad de superficie (generalmente el  $\text{cm}^2$ ) que lo encierra y se puede medir en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , en atmósferas, o en bares ( $1 \text{ atmósfera} = 1,033 \text{ Kg}/\text{cm}^2$  ;  $1 \text{ kg}/\text{cm}^2 = 0,98 \text{ bares}$ ).

Las Leyes de Boyle-Mariote y de Gay Lussac establecen la relación entre la presión y el volumen a temperatura constante ( $P.V = R.T$ ), en la que P es la presión del gas; V, el volumen ocupado por el mismo; T, la temperatura del gas y R, una constante empírica. Las evoluciones de un gas sin intercambio de calor con las paredes del recinto que lo contiene, se llaman proceso adiabático.

En 1.823 Carnot enunció un ciclo ideal, Ciclo de Carnot, que se compone de 4 etapas: Admisión, o compresión isotérmica; Compresión, o compresión adiabática; Combustión, o expansión isotérmica y la Escape, o expansión adiabática y que corresponden en su primera fase Admisión de aire puro, a la introducción de una masa gaseosa en un cilindro, su



compresión por el pistón a temperatura constante (refrigerando dicho cilindro durante esta fase); en su segunda fase Compresión, se cesa la refrigeración del cilindro y se sigue la compresión rápidamente, de manera que no se efectúe ningún intercambio de calor entre los gases y el cilindro; en su tercera fase inyección del combustible (Combustión), mientras dura la compresión isotérmica, el cilindro refrigerado (expansión isotérmica) debe ser recalentado para mantener la temperatura constante y en la cuarta fase Escape de los gases quemados, sigue la expansión, pero se detiene el calentamiento del cilindro para que se realice sin intercambio de calor entre cilindro y masa gaseosa y así ésta puede recuperar el volumen y la presión, que tenía al principio del ciclo

La potencia (P) de un motor es directamente proporcional al par motor (M) del mismo y al régimen de revoluciones ( $w$ ) a que está sometido ( $P = K \cdot M \cdot w$ ), siendo K una constante empírica y que, si medimos el par en  $m \times kg$  y el régimen, en r.p.m., el valor de K es de 1/716, si queremos obtener el valor de la potencia en caballos de vapor (CV).

Esta potencia del motor se mide en el cigüeñal por medio de unos bancos de prueba, dotados de un freno mecánico, o eléctrico (dinamómetro), por lo que recibe el nombre de potencia al freno.

El motor colocado en el banco puede estarlo con todos los elementos accesorios capaces de consumir esfuerzo, desmontados (bomba de agua, de combustible, ventilador, alternador, filtros de aceite y aire, silencioso, etc) y además realizarse varias medidas (cada 200 rpm), realizando cada vez la puesta a punto del mismo, con lo que se consiguen valores máximos cada vez. Entonces la medida así obtenida se llama potencia SAE y es preconizada por la industria norteamericana.

Si se hace con todos los accesorios desmontados y sin retocar los ajustes (puesta a punto) se denomina potencia DIN y es defendida por Alemania.

Existe una forma intermedia (italiana) que realiza la prueba con los accesorios desmontados, pero realizando los ajustes citados y se llama potencia CUNA.

Se suele usar la potencia DIN, o en casos de índole comercial, la SAE por ser alrededor de un 10% a un 15% mayor y por tanto más favorable publicitariamente.

También es preciso recordar el concepto de potencia específica (potencia máxima que puede suministrar el motor por litro de cilindrada) ya que, cuando ésta se mantiene más o menos constante en un intervalo amplio del régimen, el motor es elástico y se recupera rápidamente sin necesidad de cambiar de marcha.

Recordados estos conceptos generales, pasemos a estudiar los Ciclos Otto y Diesel, partiendo de un motor de gasolina de 4 tiempos (4 carreras del pistón por cada 2 vueltas del cigüeñal), o sea en un ciclo Otto:

En el primer tiempo, en carrera descendente, se produce la admisión de aire-combustible.

En el segundo, en carrera ascendente, se produce la compresión.

En el tercero, en carrera de nuevo descendente, el encendido y explosión (tiempo de expansión).

Finalmente, en el cuarto, ascendente de nuevo, el escape de los gases quemados.

En un ciclo Diesel:

Corresponde el primer tiempo con una carrera descendente en la que se produce la admisión de aire puro. El segundo tiempo, carrera ascendente, con una compresión de este aire. El tercer tiempo, con otra carrera descendente, con la inyección del combustible, combustión y expansión y finalmente, el cuarto tiempo, con una carrera ascendente con escape de los gases quemados.

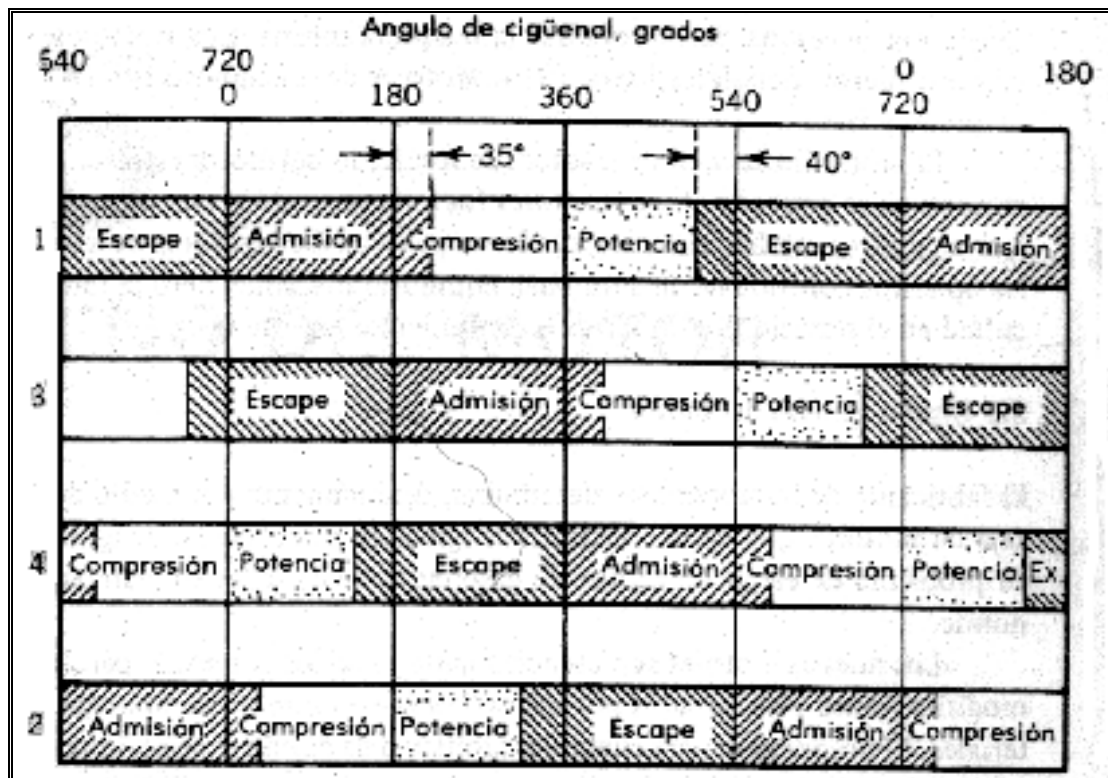


FIG 2-17. Diagrama de apertura de válvula para un motor de tractor de cuatro cilindros

De hecho el ciclo real es sensiblemente distinto del ciclo teórico.

El ciclo Diesel, a presión constante consta a su vez de una primera fase, o compresión adiabática del aire puro previamente aspirado; una segunda fase, combustión a presión constante; una tercera fase, o expansión adiabática y una cuarta fase, o descenso brusco de la presión.

En la primera fase el aire puro anteriormente aspirado se comprime y adquiere una temperatura suficiente como para provocar el autoencendido del combustible inyectado; en la segunda fase y al principio de la expansión, la combustión se realiza a presión constante, mientras el volumen aumenta.

La dilatación de los gases compensa la caída de presión debida a este aumento de volumen; en la tercera fase la expansión se efectúa sin intercambio de calor con las paredes del cilindro y en la cuarta fase la apertura instantánea de las válvulas de escape produce un descenso muy rápido de la presión, mientras el pistón se mantiene en el punto muerto (volumen constante).

#### **2.1.1.1.4 ASPECTO TÉCNICO ECONÓMICO DEL MANTENIMIENTO EN EL PERÍODO DE EXPLOTACIÓN**

En lo referente a sus aspectos económico y práctico vemos que los diesel tienen un mejor rendimiento térmico gracias a su elevado grado de compresión y a que su combustión se efectúa con un exceso de aire, pudiendo llegar a un 60% frente a un 45% en algunos de gasolina. Además el poder calorífico del diesel es superior al de la gasolina.

El consumo específico del diesel es inferior, lo que unido al menor precio del gasoil, es un elemento determinante en el transporte de mercancías; sobre todo al ralentí; la relación de consumos es de 1 a 4 , lo que lo hace particularmente adecuado para la distribución (furgonetas).

La duración de la vida útil del motor es asimismo superior en el diesel, que en el de gasolina (hasta 3 veces) y su valor residual es también mayor.

Otro punto favorable es la facilidad de puesta en marcha a bajas temperaturas, que los gases de escape sean menos tóxicos y que el peligro de incendio sea menor, pues el gasoil es menos volátil que la gasolina y sus vapores necesitan temperaturas de 80°C para inflamarse, mientras que los de la gasolina lo hacen a 20°C.

Sin embargo como aspectos negativos diremos que tanto el motor Diesel como su equipamiento es más pesado que los motores de gasolina; es más caro de construir, como hemos dicho; su mantenimiento es laborioso.

En general y además, pese a los avances conseguidos, es más ruidoso que el de gasolina.

En el motor diesel es el calor del aire comprimido lo que enciende el combustible en un motor diesel.

El inyector en un motor diesel es el componente más complejo y ha sido objeto de gran experimentación -en cualquier motor particular debe ser colocado en variedad de lugares-. El inyector debe ser capaz de resistir la temperatura y la presión dentro del cilindro y colocar el combustible en un fino rocío. Mantener el rocío circulando en el cilindro mucho tiempo, es también un problema, así que muchos motores diesel de alta eficiencia utilizan válvulas de

inducción especiales, cámaras de pre-combustión u otros dispositivos para mezclar el aire en la cámara de combustión y para que por otra parte mejore el proceso de encendido y combustión.

Un motor diesel siempre inyecta su combustible directamente al cilindro, y es inyectado mediante una parte del choque de poder. Esta técnica mejora la eficiencia del motor diesel.

La mayoría de motores diesel con inyección indirecta traen una bujía incandescente de algún tipo. Cuando el motor diesel está frío, el proceso de compresión no puede elevar el aire a una temperatura suficientemente alta para encender el combustible. La bujía incandescente es un alambre calentado eléctricamente que ayuda a encender el combustible cuando el motor está frío.

## 2.1.1.1.2 SISTEMAS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS

### 2.1.1.1.2.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE HIDRÁULICA Y NEUMÁTICA

#### 2.1.1.1.2.1.1 FACTOR DE MULTIPLICACIÓN

En la figura 2-18 vemos un método de multiplicar la fuerza en un sistema hidráulico. Una fuerza de 70Kg. es aplicada sobre el pistón A. Mediante el cálculo que hemos descrito, se origina una presión disponible de 7 Kg/cm<sup>2</sup>.

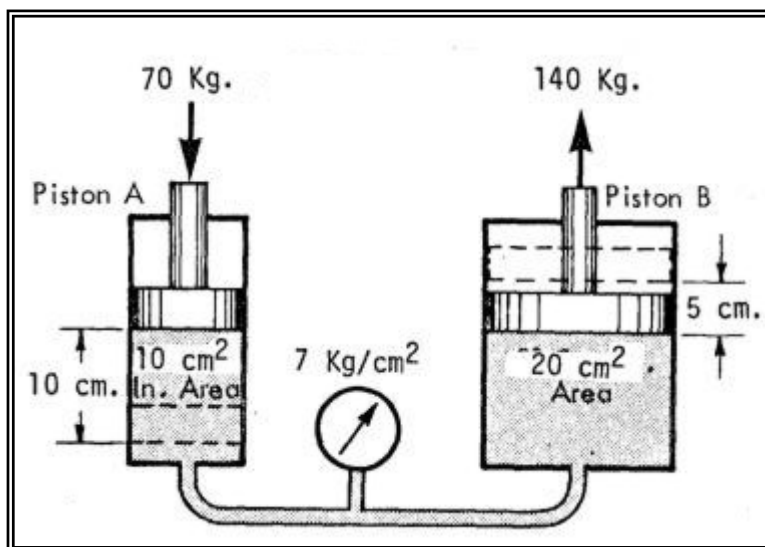


Fig. 2-18 Multiplicación de fuerza de sistema hidráulico

Esta presión actúa sobre la superficie del pistón B de 20 cm<sup>2</sup>. produciendo una fuerza de empuje de 140 Kg.

Es decir que la fuerza aplicada sobre el pistón A es multiplicada en la misma relación, que la existente entre las áreas de los dos pistones.

Este principio, de multiplicación de fuerza es empleado en el freno de los automóviles y en las prensas hidráulicas.

Refiriéndonos nuevamente a la Fig. 2-1 vemos que la multiplicación de fuerzas se hace a expensas de sacrificar la carrera del cilindro B. El pistón A se mueve una distancia de 10 cm desplazando 100 cm<sup>3</sup> (10 x 10).

Esta cantidad de aceite mueve el pistón B solo 5 cm..

La velocidad de la carrera se ha sacrificado. El pistón B se mueve 5 cm. en el mismo tiempo que el pistón A recorre 10 cm.

En la figura 2-19 vemos una analogía mecánica al sistema hidráulico descrito. El producto de las fuerzas por las distancias debe ser igual en ambos sistemas de acuerdo a las leyes de la mecánica. En el extremo izquierdo  $70 \times 0,10 = 0,700$  Kgm., en el extremo derecho  $140 \times 0,5 = 0,700$  Kgm.

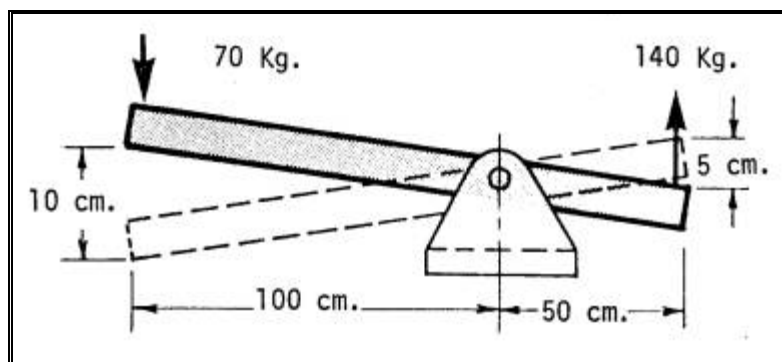


Fig. 2-19 Analogía mecánica al sistema hidráulico

### **2.1.1.1.2.1.2 EL FLUJO DE FLUIDO EN TUBERÍAS**

La situación ideal del flujo en una tubería se establece cuando las capas de fluido se mueven en forma paralela una a la otra. Esto se denomina "flujo laminar" figura 2-20. las capas de fluido próximas a las paredes internas de la tubería se mueven lentamente, mientras que las cercanas al centro lo hacen rápidamente. Es necesario dimensionar las tuberías de acuerdo al caudal que circulará por ellas, una tubería de diámetro reducido provocará elevadas

velocidades de circulación y como consecuencia pérdidas elevadas por fricción; una tubería de gran diámetro resultará costosa y difícil de instalar.

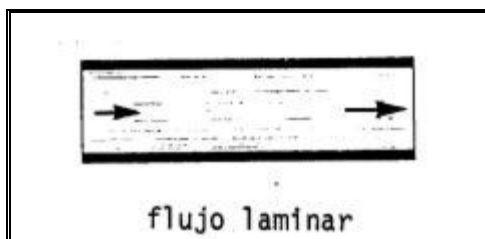


Fig. 2-20

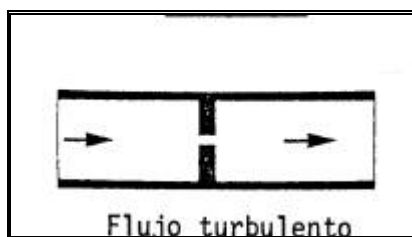


Fig. 2-21

En la figura 2-21 vemos una situación de flujo turbulento donde las partículas de fluido se mueven en forma desordenada con respecto a la dirección del flujo. La turbulencia es causada por el exceso de velocidad de circulación, por cambios bruscos del diámetro de la tubería, y por la rugosidad interna de la misma la turbulencia produce excesiva pérdida de presión en los sistemas y sobrecalentamiento del aceite. A menudo puede ser detectada por el ruido que produce la circulación por las tuberías. Para prevenir la turbulencia, las tuberías deben ser de diámetro adecuado, no tener cambios bruscos de diámetro u orificios restrictores de bordes filosos que produzcan cambios de velocidad.



Fig 2.22 Flujo laminar por transición lenta

En la figura 2.22 vemos una sección de tubería con flujo laminar, las partículas se mueven a alta velocidad en el centro pero paralelas una a la otra. La restricción se ha realizado de manera tal que presenta una transición lenta de velocidades, de esta forma se evita la turbulencia.

Las dos figuras 2-23 y 2-24 muestran qué sucede con la corriente fluida cuando toma una curva de radio amplio se mantienen las condiciones de flujo laminar, a la derecha el cambio de dirección es abrupto induciendo un flujo turbulento.

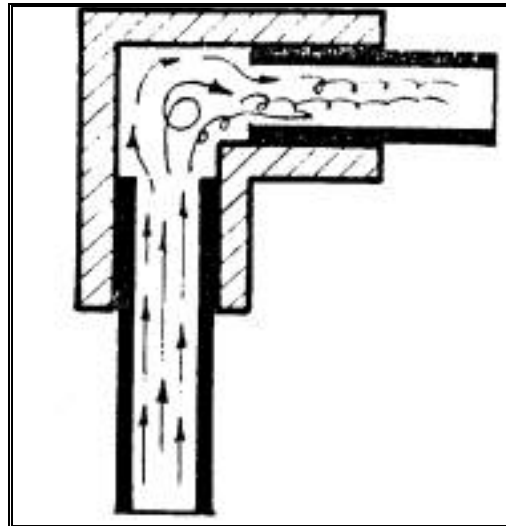
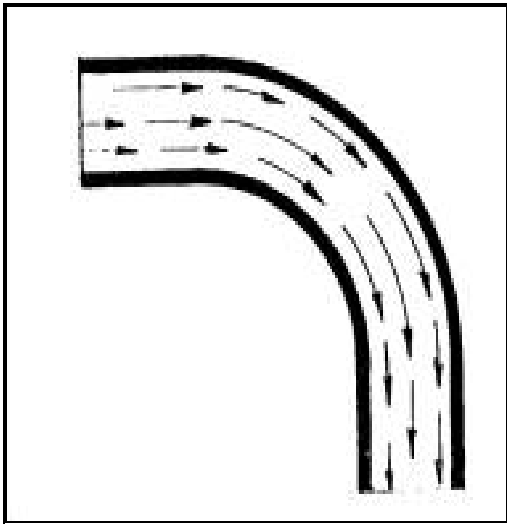
### **2.1.1.1.2.1.2.1 TUBERÍAS EN AIRE COMPRIMIDO**

Para el transporte del aire comprimido se reconocen tres tipos de canalizaciones

Cañería principal.

Cañería secundaria.

Cañerías de servicio.

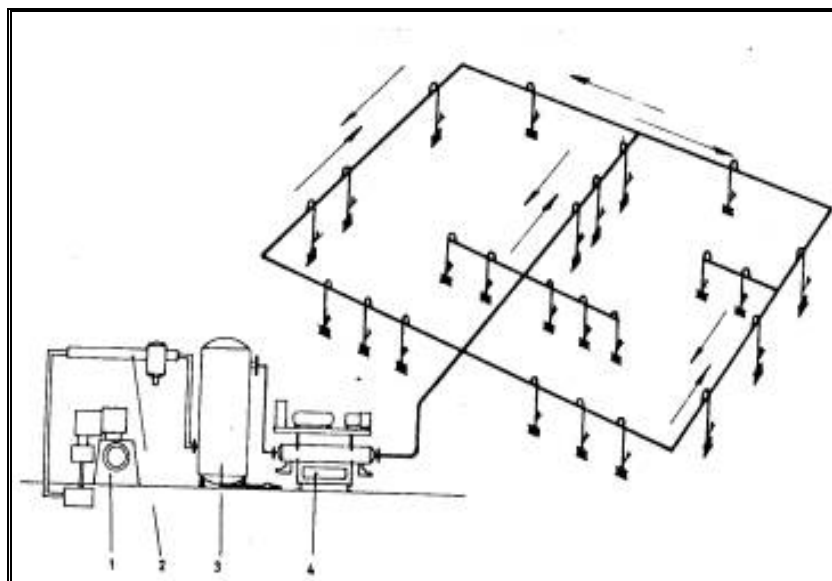


**Fig. 2-23 Tubería con curva de radio amplio**

**Fig. 2-24 Tubería con cambio de dirección abrupto**

Se denomina cañería principal a aquella que saliendo del tanque de la estación compresora conduce la totalidad del caudal de aire. Debe tener una sección generosa considerando futuras ampliaciones de la misma. En ella no debe superarse la velocidad de 8 m/segundo.

Cañerías secundarias son la que tomando el aire de la principal se ramifican cubriendo áreas de trabajo y alimentan a las cañerías de servicio tal como apreciamos en la figura 2-25.



**Fig. 2-25 Cañerías principales y secundarias de sistema hidráulico**



### **2.1.1.1.2.1.2.2 CAÑERÍAS DE SERVICIO**

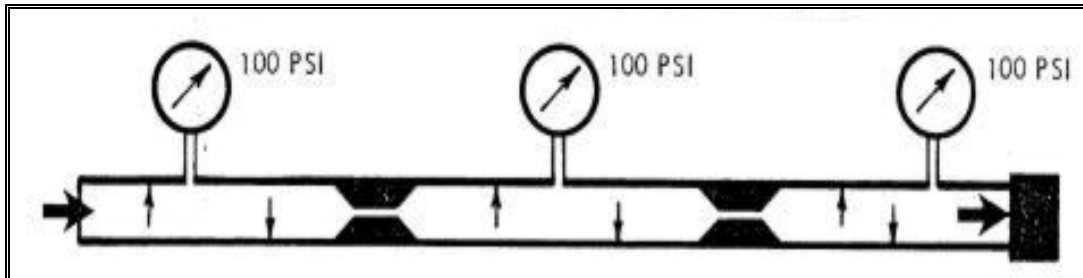
Estas cañerías o "bajadas" constituyen las alimentaciones a los equipos y dispositivos y herramientas neumáticas, en sus extremos se disponen acoplamientos rápidos y equipos de protección integrados por filtros, válvula reguladora de presión y lubricador neumático. Su dimensión debe realizarse de forma tal que en ellas no se supere la velocidad de 15 m/segundo.

### **2.1.1.1.2.1.2.3 CAÑERÍAS DE INTERCONEXIÓN**

El dimensionado de estas tuberías no siempre se tiene en cuenta y esto ocasiona serios inconvenientes en los equipos, dispositivos y herramientas neumáticas alimentados por estas líneas. Teniendo en cuenta que estos tramos de tubería son cortos podemos dimensionarlos para velocidades de circulación mayores del orden de los 20 m/seg.

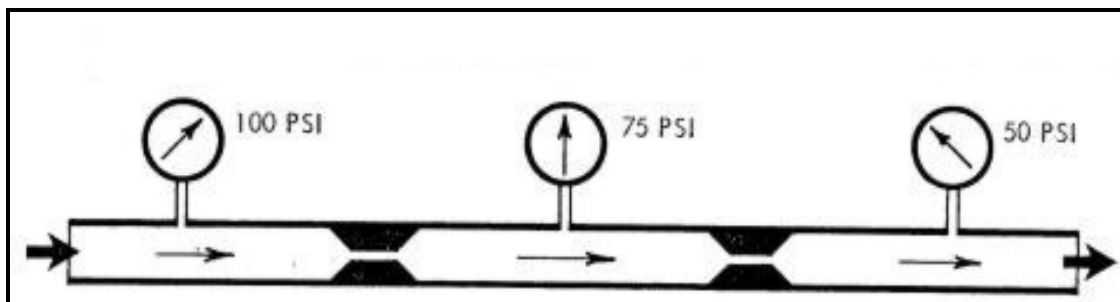
### **2.1.1.1.2.1.2.4 CAIDA DE PRESIÓN EN TUBERÍAS**

Es importante recordar que la pérdida de presión en tuberías "solo" se produce cuando el fluido esta en "movimiento" es decir cuando hay circulación. Cuando esta cesa, caso de la figura 2-26 las caídas de presión desaparecen y los tres manómetros darán idéntico valor.



**Fig. 2-26 Presión en tramos de tubería con fluido estático**

Si al mismo circuito de la figura anterior le retiramos el tapón del extremo aparecerán pérdidas de presión por circulación que podemos leer en los manómetros de la Fig. 2-27. Cuando mas larga sea la tubería y mas severas las restricciones mayores serán las pérdidas de presión.



**Fig 2-27 Presión en tramos de tubería con restricciones con fluido dinámico**

Si quitamos las restricciones una gran proporción de la pérdida de presión desaparece. En un sistema bien dimensionado, la pérdida de presión natural a través de la tubería y válvulas será realmente pequeña como lo indican los manómetros de la Fig.2-28.

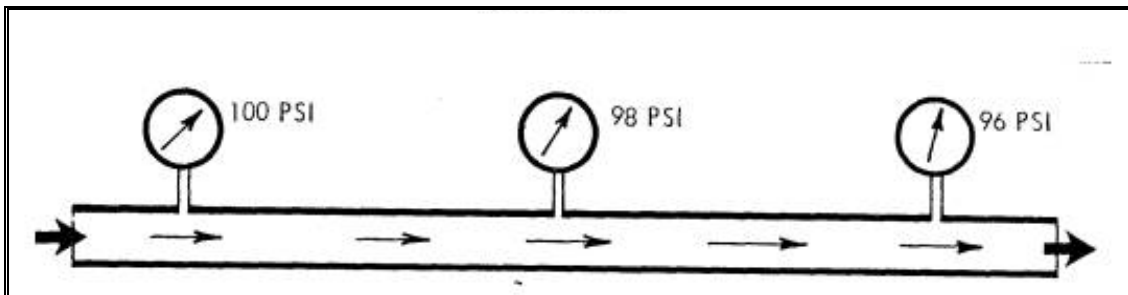


Fig. 2-28 Presión en tramos de tubería sin restricciones con fluido dinámico

#### **2.1.1.1.2.1.2.5 CAIDAS DE PRESIÓN EN VÁLVULAS**

Las válvulas presentan pérdidas de presión localizadas, por ello deben ser correctamente dimensionadas. Una válvula subdimensionada provocará pérdidas de potencia y velocidad, una sobredimensionada será económicamente cara.

Las recomendaciones precisas figuran en los catálogos de los fabricantes, pero para establecer una norma general diremos:

Válvulas Hidráulicas: Una velocidad de 4 m/seg. es considerada estándar para aplicaciones generales. Por ello el tamaño de la válvula puede ser el mismo que el diámetro de cañería de la tabla para líneas de presión.

En condiciones especiales pueden utilizarse tamaños mayores o menores.

Válvulas Neumáticas Una regla similar puede utilizarse aquí. El tamaño de los orificios de conexión de los cilindros neumáticos es una guía razonable para el tamaño de la válvula. Como excepción se presentan los siguientes casos:

Cuando una válvula comanda varios cilindros.

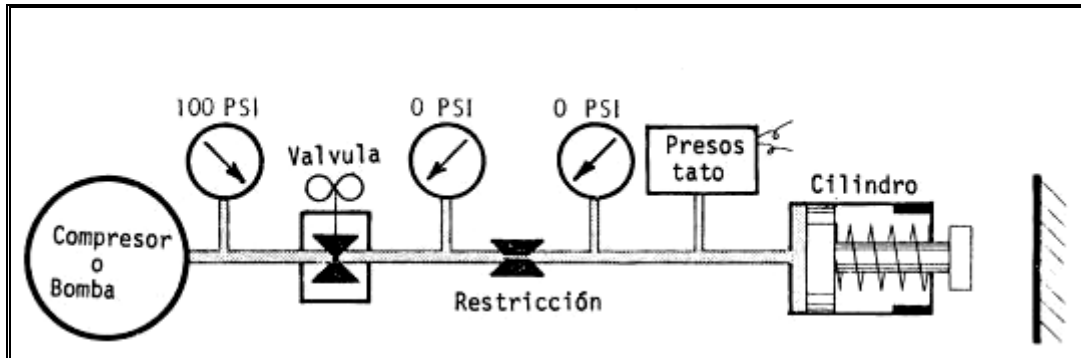
Cuando se requieren altas velocidades de operación en un cilindro.

Cuando el cilindro operara siempre a bajas velocidades

#### **2.1.1.1.2.1.2.6 PÉRDIDA DE PRESIÓN EN UN CIRCUITO AUTOMÁTICO**

No todas las caídas de presión son malas. En la figura siguiente hay un diagrama que ilustra una técnica importante utilizada en la automatización de circuitos, y aplicada en neumática e hidráulica. Cuando el cilindro de la Fig.2-29 llega a su posición de trabajo, una señal eléctrica es obtenida para poner en funcionamiento la próxima operación en un ciclo automático.

Nuestra descripción comienza con plena presión disponible en la bomba o compresor, pero con la válvula de control cerrada, de manera que el cilindro se encuentra retraído. El primer manómetro indica 100 PSI (7Kg/cm<sup>2</sup>). Las dos restantes indican 0. El presostato está ajustado a 80 PSI.

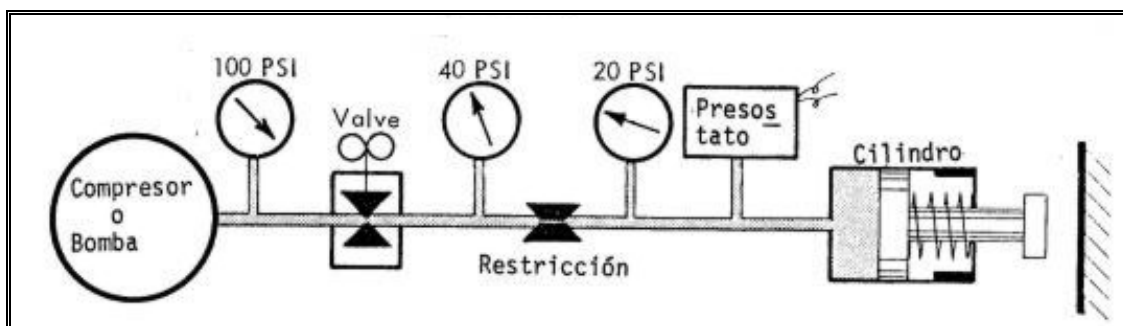


**Fig. 2-29 Circuito hidráulico con presóstato en posición inicial**

Con la válvula abierta, el fluido se dirige al cilindro. La restricción representa la pérdida de carga de una tubería.

Cuando el fluido comienza a circular, una pérdida de presión es generada, y esta ilustrada por la lectura de los sucesivos manómetros. El cilindro se desplaza libremente, requiriendo solamente 20PSI para moverse ; el remanente de presión disponible es consumido a lo largo de la línea. El presostato ajustado a 80 PSI no se conmuta mientras el cilindro hace su carrera libre.

Cuando el cilindro llega al final de su carrera o a un tope positivo el movimiento de fluido cesa y en la cámara del cilindro (y en el presostato) la presión alcanza su valor máximo 100 PSI. Una señal eléctrica procedente del presostato comandará la siguiente función de un ciclo automático.



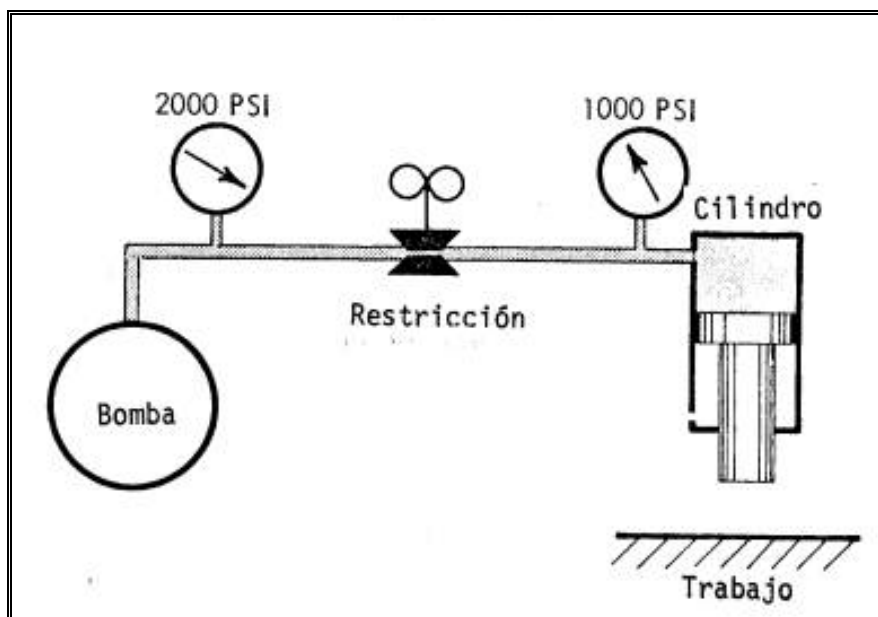
**Fig. 2-30 Circuito hidráulico con presóstato en posición final**

### **2.1.1.1.2.1.3 CAÍDA DE PRESIÓN EN EL CIRCUITO DE UNA MÁQUINA HIDRÁULICA.**

Las figuras 2-31 y 2-32 vemos dos diagramas de bloques que muestran dos estados de un mismo ciclo de trabajo de una prensa.

Se pueden efectuar grandes economías, cuando las necesidades de máxima fuerza a desarrollar por la prensa, son necesarias únicamente en condiciones estáticas, o a través de muy cortas carreras.

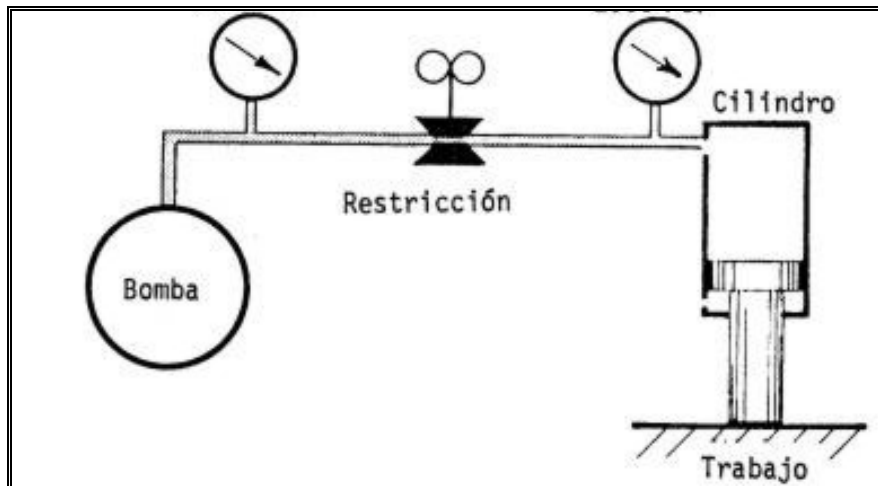
Las válvulas y tuberías se subdimensionan a propósito por razones económicas, pero en la operación de la prensa esto no tiene efectos perjudiciales. Esto es cierto ya que se basa en el principio ya visto de que no hay caídas de presión cuando no existe circulación. He aquí como opera:



**Fig.2-31 Caída de presión en circuito de máquina hidráulica**

El cilindro recibe fluido hidráulico desde la bomba y se mueve libremente. La restricción en la línea representa la resistencia a la circulación a través de válvulas y tuberías subdimensionadas. Esta restricción no reduce el volumen de aceite procedente de la bomba hidráulica de desplazamiento positivo, tal como veremos al estudiar estos elementos.

La restricción en cambio consume una buena proporción de la presión que es capaz de desarrollar la bomba, pero esto no tiene importancia por que solamente una muy pequeña presión es necesaria para mover el cilindro en su carrera libre.



**Fig. 2-32 Caída de presión en circuito de máquina hidráulica**

En este diagrama el cilindro llega a su posición de trabajo. Cuando el cilindro se detiene cesa la circulación de fluido a través de las válvulas y tubería y la caída de presión desaparece del sistema. Toda la fuerza de empuje es obtenida entonces a pesar de lo pequeño de las válvulas y tuberías. Estas figuras son diagramas en bloque en la realidad cuando el cilindro se detiene, todo el caudal de la bomba es descargado a tanque a través de una válvula de alivio no mostrada en la figura 2-32.

El aire comprimido debe ser filtrado, lubricado, y a veces deshumidificado antes de su empleo en cilindros, válvulas, motores y dispositivos de precisión similar.

Todos los compresores aspiran aire húmedo y sus filtros de aspiración no pueden modificar esto ni eliminar totalmente las partículas salidas del aire atmosférico.

Al aire comprimido conteniendo sólidos, y vapor de agua, debe agregársele el aceite de lubricación del compresor, que atravesando los aros se incorpora a la salda. Si bien una parte de esta mezcla de agua y aceite de color blancuzco y características ácidas, se deposita en el tanque, para luego ser drenada, una buena parte de ella se incorpora a las líneas de distribución provocando serios daños en los componentes de los circuitos.

La unidad de la figura 2-33 denominada "Equipo de Protección" esta constituida por un filtro, regulador con manómetro y lubricador.

El conjunto esta montado de tal forma que el filtro protege los elementos siguientes, siendo el último elemento el lubricador de forma tal que la niebla de aceite que el produce no se precipite en el regulador. Cuando se instala un equipo de protección debe cuidarse la dirección de circulación del aire ya que en forma inversa el conjunto no funciona correctamente.

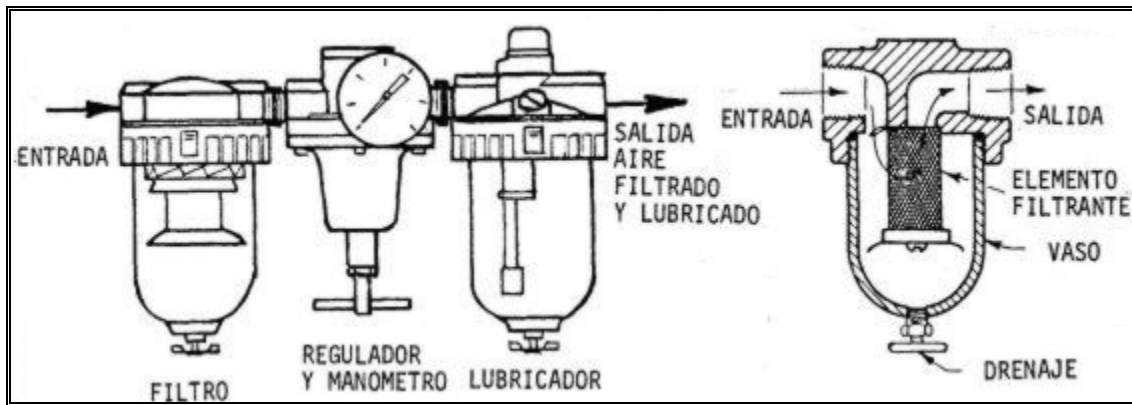


Fig. 2-33a Equipo de protección 1

Fig. 2-33b Equipo de protección 2

El filtro llamado ciclónico tiene dos acciones: El aire al entrar pasa a través de baffles que le confiere una circulación rotativa, de esta forma las grandes partículas sólidas y el líquido se deposita en las paredes del vaso por la acción centrífuga. Luego el aire atraviesa el elemento filtrante, de malla metálica, papel, o metal sinterizado. Este filtro de 20 o 40 micrones retiene las partículas sólidas. (Fig. 2-33 b).

Esta acción de filtrado se denomina "mecánica" ya que, afecta únicamente a la contaminación mecánica del aire, y no por ejemplo a su contenido de humedad.

El Regulador o Válvula reductora y reguladora de presión es una necesidad de todo circuito neumático, para establecer una presión segura para ciertos componentes o para fijar un valor exacto de empuje de un cilindro. En todo circuito es deseable el regulador para mantener constante la presión de trabajo independientemente de las variaciones que experimente la línea de alimentación.

El regulador tiene su válvula de asiento abierta por la acción de un resorte que fue comprimido por el tornillo ajustable, en este estado hay circulación desde la entrada hacia la salida, cuando la presión en la salida se va acercando al nivel establecido por la posición del tornillo, el aire a través del orificio piloto actúa sobre el diafragma comprimiendo el resorte y cerrando el pasaje previniendo un incremento de la presión de salida. En la práctica el regulador se autoajusta rápidamente para balancear las condiciones establecidas creando una pérdida de carga en la válvula de asiento que mantiene la presión de salida constante

La reguladora con "alivio" contiene una válvula de retención ubicada en el apoyo del vástago, de forma tal que cuando el operador ajusta el tornillo para valores de presión más bajos, permite que el aire pase a la atmósfera hasta alcanzarse en la salida el valor deseado.

El regulador tiene un sentido de circulación y por ello debe ser instalado respetando el mismo.

Fig. 2-34

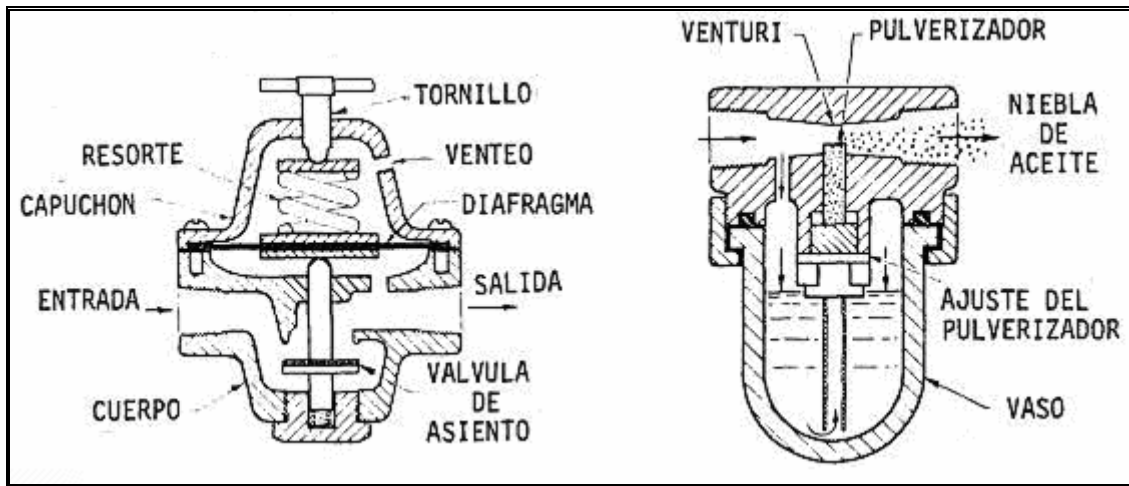


Fig. 2-34 Regulator

Fig. 2-35 Pulverizador

El lubricador es un elemento muy importante ya que los cilindros y válvulas requieren ser lubricados para su correcto funcionamiento y larga vida útil.

En la figura, el flujo de aire a través de una ligera restricción llamada " Venturi ", provoca una pequeña caída de presión usualmente 1PS1 entre la entrada y la salida.

Esta pequeña presión es suficiente, para que aplicada sobre la superficie del aceite contenido en el vaso, provoque el ascenso del mismo hasta el cuello del tubo. El flujo de aire pulveriza en ese punto el aceite.

Ajustando la altura del tubo en la corriente de aire, se aumenta la superficie expuesta y se incrementa la alimentación de aceite, Cuando cesa el flujo de aire la caída de presión a través del Venturi desaparece el aceite y asciende por el tubo.

Los lubricadores no deben ser instalados a mas de 3 metros del equipo al cual deben lubricar.

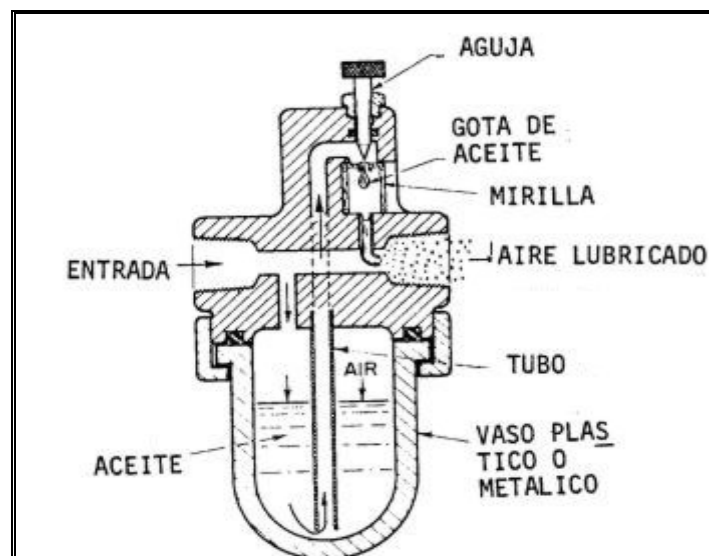
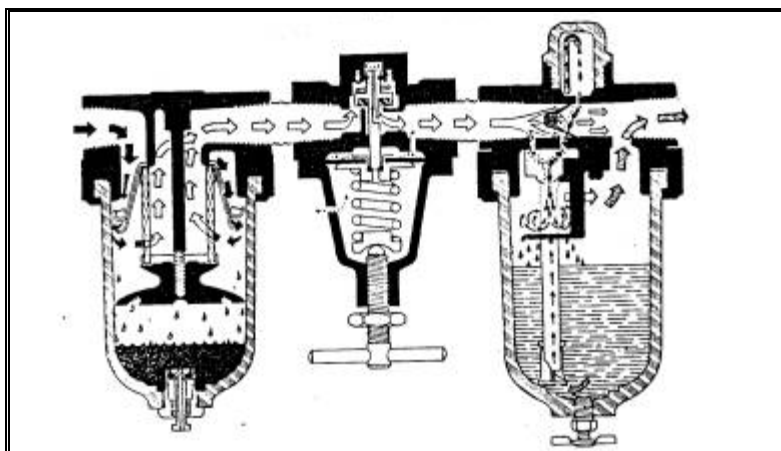


Fig. 2-35 Lubricador de gota

En la figura 2-35 vemos un lubricador de gota, el aire a través del Venturi crea una presión diferencial que actúa sobre la superficie del aceite empujando el mismo hacia la válvula de

aguja. El rango de goteo puede ajustarse con la aguja y observarse en la mirilla. La corriente de aire atomiza el aceite y lo conduce a la línea. Cuando el flujo cesa, la diferencial de presión desaparece de la superficie del aceite y cesa la subida.



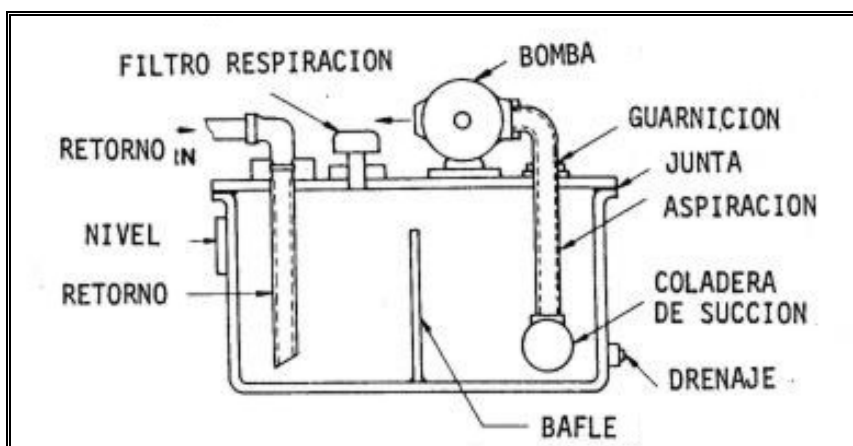
**Fig. 2-36 Conjunto de protección**

En la figura 2-36, vemos un conjunto de protección o equipo combinado en corte donde podemos apreciar la circulación a través de sus componentes.

#### **2.1.1.1.2.1.4 TANQUES Y DEPÓSITOS**

La mayoría de los sistemas hidráulicos de tamaño pequeño a mediano utilizan los tanques o depósitos como base de montaje para la bomba, motor eléctrico, válvula de alivio, y a menudo otras válvulas de control. Este conjunto se llama. "Unidad de bombeo", "Unidad Generada de Presión" etc.

La tapa del tanque puede ser removida para permitir la limpieza e inspección. Cuando esta no es la lateral y constituye la parte superior del tanque lleva soldadas cuplas para recibir la conexión de tuberías de retorno y drenaje. Se colocan guarniciones alrededor de las tuberías que pasan a través de la tapa para eliminar la entrada de aire.

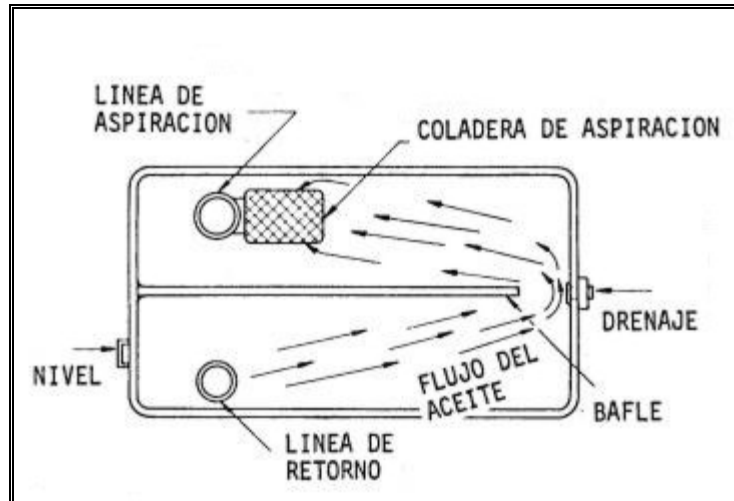


**Fig. 2-37 Unidad de bombeo**



El tanque se completa con un indicador de nivel, un filtro de respiración que impide la entrada de aire sucio.

La posición de los baffles dentro del tanque es muy importante (ver fig.2-22). En primer lugar establecer la separación entre la línea de succión y la descarga de retorno.



**Fig. 2-38 Tanque con baffle**

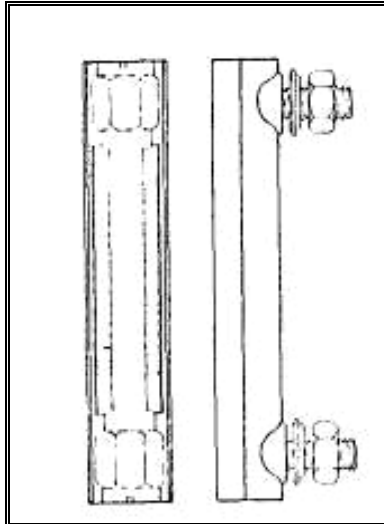
En segundo lugar la capacidad de radiación de temperatura del tanque puede ser incrementada si el baffle se coloca de forma tal que el aceite circule en contacto con las paredes externas como lo muestra la figura 2-38.

Para sistemas corrientes el tamaño del tanque debe ser tal que el aceite permanezca en su interior de uno a tres minutos antes de recircular. Esto quiere decir que sí el caudal de la bomba es de 60 litros por minuto, el tanque debe tener una capacidad de 60 a 180 litros. En muchas instalaciones, la disponibilidad de espacio físico no permite el empleo de tanques de gran capacidad, especialmente en equipos móviles. Las transmisiones hidrostáticas en lazo cerrado, constituyen una excepción a la regla, ordinariamente emplean tanques relativamente pequeños.

Tener un tanque muy grande a veces puede ser una desventaja en sistemas que deben arrancar a menudo u operar en condiciones de bajas temperaturas.

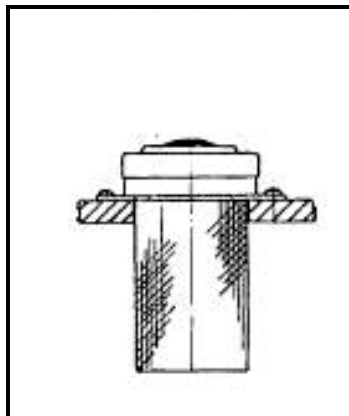
Accesorios para tanques.

En la Fig.2-39 vemos un nivel visible para tanques, este elemento construido en plástico permite que el operador no solo verifique el nivel sino también la condición de emulsión del aceite.



**Fig. 2-39 Nivel de tanques**

Tapa de llenado : el orificio de llenado debe ser cubierto por una tapa preferentemente retenida por una cadena. En la figura 2-40 ilustramos un tipo que usa una coladera para filtrar el aceite que se verterá hacia el tanque.



**Fig. 2-40 Tapa de llenado**

Los depósitos hidráulicos están venteados a la atmósfera. Por ello la conexión de venteo debe estar protegida por un filtro.

Cuando los sistemas operan en una atmósfera limpia puede emplearse un filtro de respiración de bajo costo como el de la figura 2-41. Pero si se opera en atmósferas muy contaminadas deben emplearse filtros de alta calidad capaces de retener partículas mayores de 10 micrones.

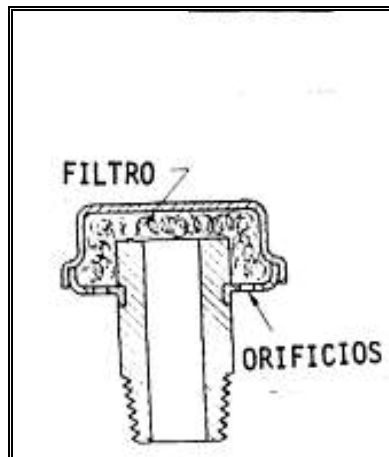


Fig. 2-41 Filtro de respiración de bajo costo

### 2.1.1.1.2.1.5 FILTROS

Coladera de Succión: La mayoría de las bombas utilizan para su protección un filtro destinado a retener partículas sólidas en la aspiración. La práctica usual cuando se emplean aceites minerales estándar, es utilizar coladeras de malla metálica capaces de retener partículas mayores de 150 micrones. Cuando se emplean fluidos ignífugos que tienen un peso específico superior al aceite, es preferible emplear coladeras de malla 60 capaces de retener partículas mayores de 200 micrones, para evitar la cavitación de la bomba.

Con la introducción de bombas y válvulas con alto grado de precisión, operación a presiones elevadas y altas eficiencias, el empleo de la coladera de aspiración no es protección suficiente para el sistema, si se quiere obtener una larga vida del mismo.

El propósito de la filtración no es solo prolongar la vida útil de los componentes hidráulicos, si no también evitar paradas producidas por la acumulación de impurezas en las estrechas holguras y orificios de las modernas válvulas y servoválulas.

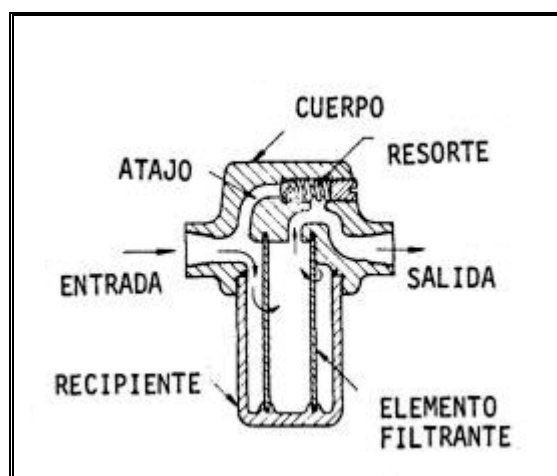


Fig. 2-42 Filtro con válvula de retención

La figura 2-42 no muestra un filtro micrónico que puede ser empleado en el retorno o el envío, el elemento filtrante de papel impregnado en fibra de vidrio, metal sinterizado, u otros

materiales puede ser removido desenroscando el recipiente. Cuando la calda de presión a través del elemento se incrementa, para evitar el colapso del mismo una válvula de retención se abre dando paso libre al aceite.

#### Filtro en Línea.

Una configuración popular y económica es el filtro en línea de la figura 2-43 que también lleva incluida una válvula de retención, su desventaja consiste en que hay que desmontar la tubería para su mantenimiento.

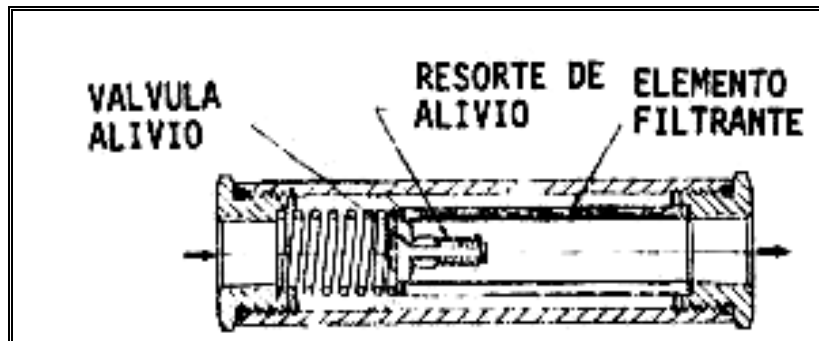


Fig. 2-43 Filtro en línea

Algunos circuitos de filtrado.

Los circuitos que veremos a continuación utilizan filtros micrónicos de 10 micrones.

#### En la línea de presión.

La figura 2-44 vemos un filtro instalado a la salida de la bomba y delante de la válvula reguladora de presión y alivio. Estos filtros deben poseer una estructura que permite resistir la máxima presión del sistema. Por seguridad deben poseer una válvula de retención interna. La máxima pérdida de carga recomendada con el elemento limpio es de 5 PSI.

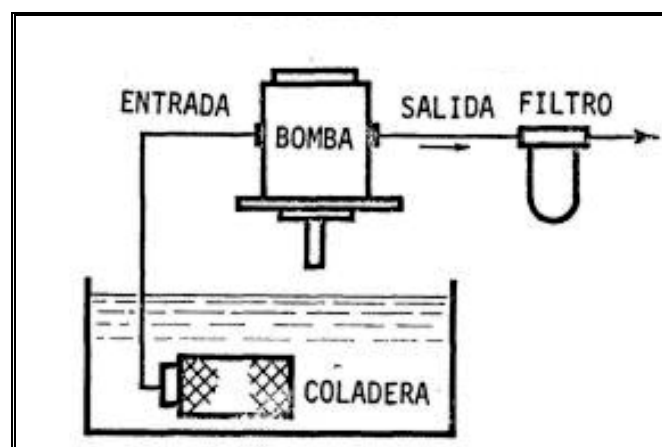


Fig. 2-44 Filtro en línea de presión

En el retorno por alivio.

En este punto Fig.2-45 puede emplearse un filtro de baja presión. Es una disposición Ideal cuando trabajan válvulas de control de flujo en serie y el caudal de exceso se dirige vía la válvula de alivio permanentemente a tanque. La máxima pérdida de carga recomendada es de 2 PSI con el elemento limpio.

En la línea de retorno.

El aceite que retorna del sistema puede pasar a través de un filtro cuando se dirige a tanque.

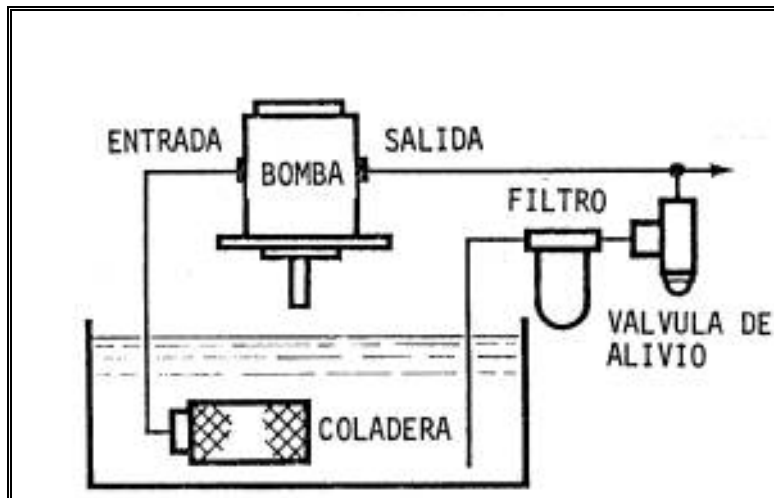


Fig. 2-45 Retorno por alivio

CUIDADO: Cuando se seleccione el tamaño de un filtro así , el caudal de retorno puede ser mucho mayor que el de la bomba, debido a la diferencia de secciones de ambos lados de los cilindros.

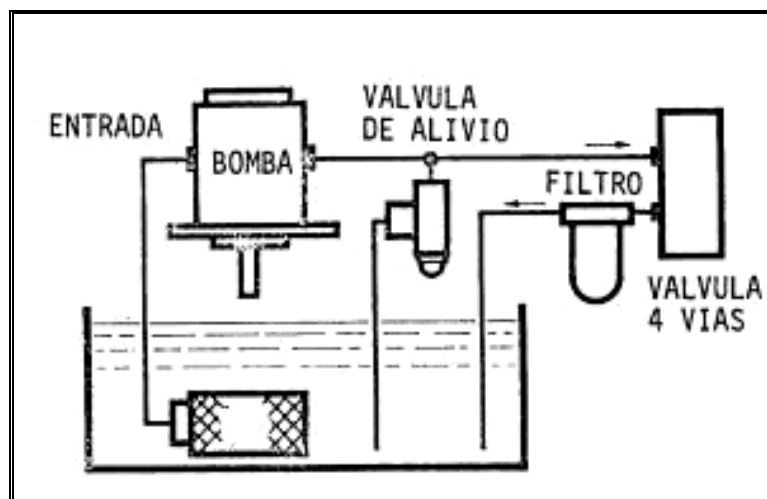


Fig.2-46 En línea de retorno

### 2.1.1.1.2.2 SISTEMAS DE CONTROL OLEOHIDRÁULICOS DE MAQUINARIA PESADA

Están basados en la transmisión de energía mediante circuitos hidráulicos, en los que se emplean aceites especiales. Dado que su presión es muy importante, del orden de varios centenares de kilos por centímetro cuadrado, puede entenderse su extensión cada vez mayor.

Un fluido que circula con un caudal de  $Q$  litros/minuto a una presión  $P$   $\text{kg/cm}^2$  supone un potencia de  $Q \cdot P / 450$  CV, como puede fácilmente deducirse.

Los sistemas óleo-hidráulicos necesitan para su cómoda activación circuitos eléctricos. Resultan imperativos para la actuación y diseño de este tipo de circuitos basados en el aceite a presión, la implementación simultánea de circuitos eléctricos de comando sin ayuda de los cuales aquéllos tendrían una aplicación muy limitada. Los circuitos eléctricos empleados son los llamados de maniobra, que, fundamentalmente, activan los relés que envían sus señales a través de sensores y detectores de diverso tipo.

El equipo óleo-hidráulico lo integran varios componentes:

- Bombas
- Motores y cilindros.
- Distribuidores
- Válvulas
- Acumuladores
- Tuberías y conexiones

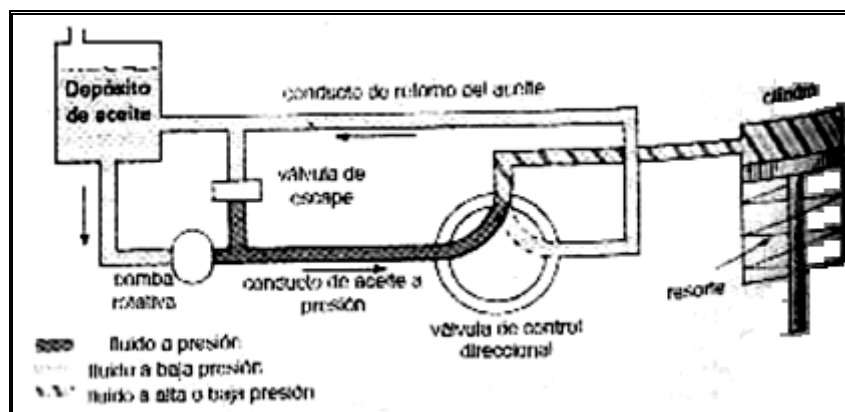


FIG 2-47 Esquema de instalación óleo-hidráulica

En muchos casos, la instalación óleo-hidráulica incorpora también otra serie de dispositivos que permiten su correcto funcionamiento, tales como filtros, depósitos, válvulas limitadoras de

presión y válvulas de seguridad, manómetros y otra multitud de equipos de regulación y control, formando así lo que podríamos denominar el “aparellaje” óleo-hidráulico.

Teniendo en cuenta la variación de la velocidad del fluido, existen básicamente dos tipos de bombas, hidrodinámicas, que a su vez se dividen en centrífugas y axiales (bombas de hélice), e hidrostáticas. En las bombas hidrostáticas, el líquido no sufre importantes aumentos de velocidad, sino es simplemente aspirado y transportado.

Los principales tipos de bombas óleo-hidráulicas en los sistemas de control óleo-hidráulico son:

- Bombas de engranajes
- Bombas de paletas
- Bombas de tornillo
- Bombas de pistones radiales
- Bombas de pistones axiales
- Bombas de engranajes interiores, además de otros tipos no utilizados industrialmente.

Bomba de pistones accionada a motor (motobomba de pistones).

El funcionamiento básico de una bomba de este tipo es muy semejante al de un motor y se divide en dos fases: la primera fase, llamada de aspiración, corresponde al movimiento de bajada del pistón a lo largo del cilindro, movimiento que crea una aspiración del líquido que va ocupar el espacio que poco a poco queda liberado por el pistón en su bajada; el pistón interrumpe su recorrido en una cierta posición llamada punto muerto inferior. En este punto, el pistón cambia el sentido del movimiento describiendo el camino opuesto comprimiendo primero y expulsando después el líquido que anteriormente había entrado en la cámara está es la fase “envió”, que concluye cuando el pistón alcanza el otro extremo del propio recorrido, llamado punto muerto superior. El final de la fase de envío coincide evidentemente con el comienzo de una nueva fase de aspiración, es decir, de un nuevo ciclo.

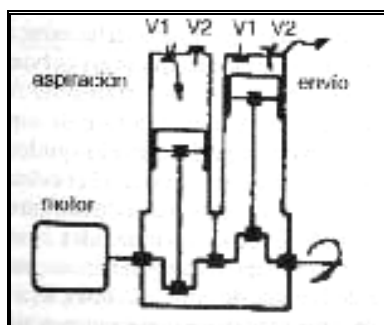
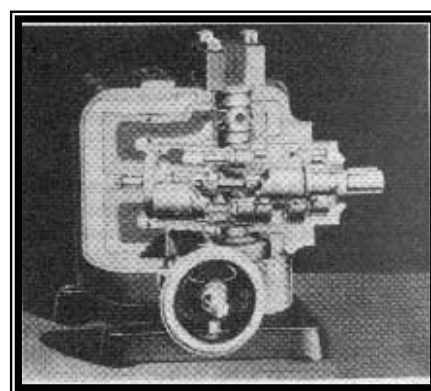
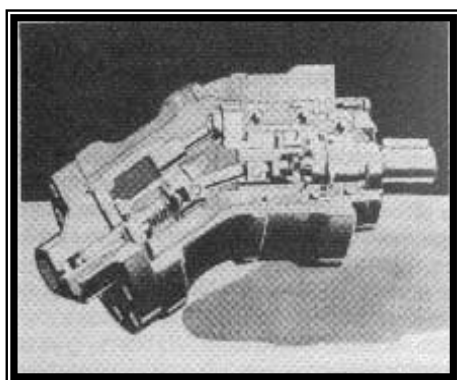


FIG 2-48 Esquema de bomba de pistones

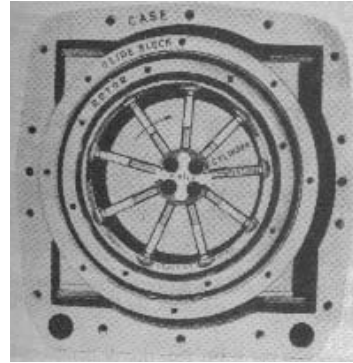
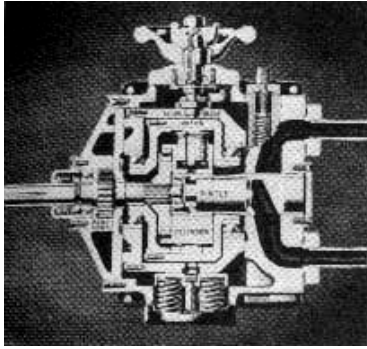
Para que la bomba pueda funcionar, la cámara debe estar conectado con dos conductos: el primero (aspiración) sirve para introducir en la bomba el líquido absorbido en la primera mitad del ciclo; el segundo (envió), transmite fuera de la bomba el líquido puesto en movimiento por el pistón. Durante la fase de aspiración, el conducto de envió debe permanecer cerrado para impedir que el líquido, ya bombeado, vuelva a la cámara, y durante la fase de envió debe cerrarse el conducto de aspiración por que en caso contrario el líquido, ya aspirado, volvería a descargarse por el mismo camino por el que poco antes había entrado. Para conseguir tales resultados, se introducen en la bomba dos válvulas, llamadas de aspiración y de envió, respectivamente, cuya forma de construcción puede ser de hongo de cono, de bola, etc. En todos los casos, no obstante, su funcionamiento es automático, ya que es provocado por el mismo paso del líquido sin necesidad de ninguna intervención desde el exterior. Durante la aspirada la parte móvil de la válvula es aspirada contra su asiente por efecto de la depresión que se crea en la cámara; por el mismo motivo, la válvula de aspiración se abre. En la fase de envió, el comportamiento de las válvulas se invierte: ahora es la presión la que cierra la válvula de aspiración y la que abre la de envió.

Los dos pistones están desfasados en su recorrido, de tal forma que cuando uno se encuentra en el punto muerto superior, el otro se encuentra en el punto muerto inferior para conseguir un suministro regular. En las motobombas pueden obtenerse resultados realmente notables aumentando el número de pistones.

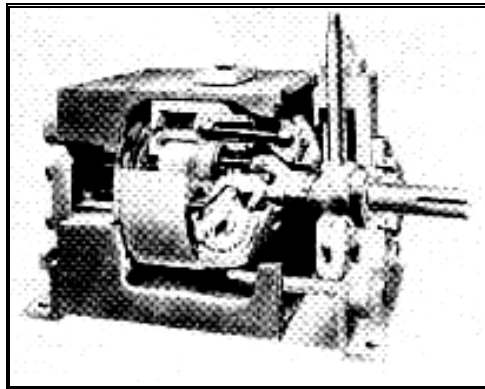


**FIG 2-49 Bombas axiales de pistones de Vickers, Inc(izquierda: de caudal constante; derecha: de caudal variable).**

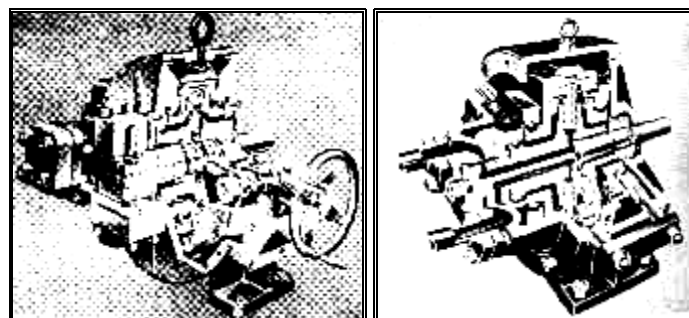




**FIG 2-50** Dos vistas de bombas de pistones radiales con cambio de caudal por variación de la excentricidad de The Oilgear Company.



**FIG 2-51** Bomba axial de pistones de caudal variable de Northern Ordnance, Inc.



**FIG 2-52** Bombas radiales de pistones (izquierda de caudal variable The Northern Ordnance Inc, y derecha de American Engineering Co

### **Bomba de paletas.**

Este tipo de bomba está construido por una carcasa dotada de orificios de aspiración y de envío, dentro de la cual gira un rotor que lleva en la periferia una serie de paletas móviles que

sirven para delimitar un número de cámaras comprendidas entre el rotor y la carcasa. Gracias a la forma especial que se le confiere a la superficie interior de la carcasa que guía las paletas alguna de las cámaras al pasar delante de los orificios de aspiración sufren un aumento de volumen seguido al progresar el movimiento, por una reducción de volumen acompañada por el transporte al orificio siguiente de una cantidad de aceite que coincide con el aumento de volumen sufrido por la cámara. La fuerza que mantiene las paletas en contacto con la pista guía puede ser de origen centrífugo, elástico (obtenido con muelles) o bien de origen hidráulico. Las bombas de paletas, dada la falta de válvulas admiten también un funcionamiento reversible.

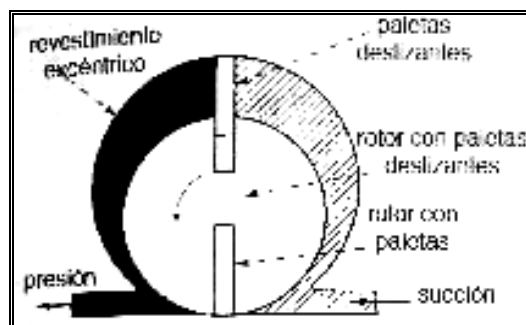


FIG 2-53 Bomba de paletas

La variabilidad del caudal se obtiene solamente en aquellas unidades provistas de toberas de aspiración y de envío simples y se realiza modificando la excentricidad del rotor dentro de la carcasa; con excentricidad nula, se tiene la anulación del caudal, y con excentricidad invertida se consigue la inversión del flujo.

### Bomba de engranajes

La bomba de engranajes es el tipo que se emplea más comúnmente en instalaciones hidráulicas. A favor de estas bombas hay numerosas características de índole constructiva, funcional y económica que pueden resumirse de la siguiente forma: robustez, adaptación a notables variaciones de viscosidad del aceite, facilidad de montaje en cualquier posición, amplitud del campo de regímenes admisibles, facilidad de aspiración, etc. Sin embargo estas bombas no permiten variaciones importantes de caudal.

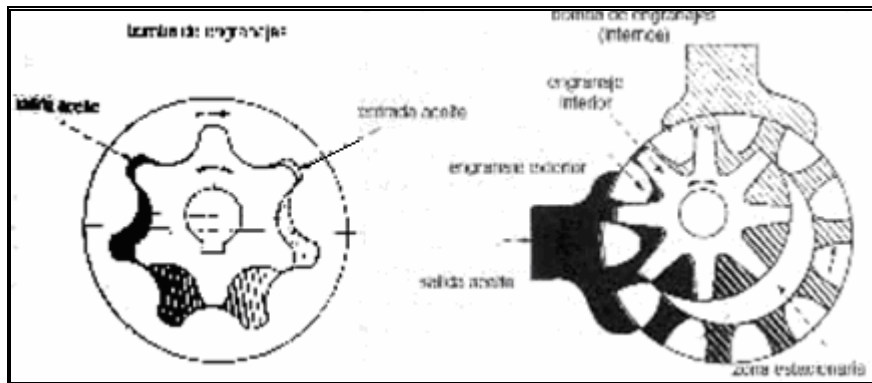


FIG 2-54 Bomba de engranajes

## MOTORES Y CILINDROS OLEOHIDRAULICOS

Las maquinas óleo hidráulicas se dividen en general en motores y en cilindros que convierten la presión del aceite en movimiento lineal o circular, respectivamente. Su configuración es muy similar a las de las bombas del mismo género. Las maquinas óleo hidráulicas no rotatorias están integradas básicamente en cilindros de doble y simple efecto.

Los motores hidráulicos rotativos tienen distintas variedades, como motores de engranajes, motores de paletas, motores de pistones radiales y axiales, que dan nombre a las bombas de las que forman parte, así como las pinzas hidráulicas que aparecieron recientemente en el mercado.

Una variante moderna de los motores lo constituyen las pinzas hidráulicas que se caracterizan por su capacidad prensil, que permite la manipulación de piezas, que se retienen y después de desplazarse se sueltan de la garra o pinza. Se utilizan en prefabricados, aunque las similares accionadas por aire comprimido son más ligeras y flexibles. Existen varios tipos ya sean de doble o simple efecto y de apertura angular o paralela.

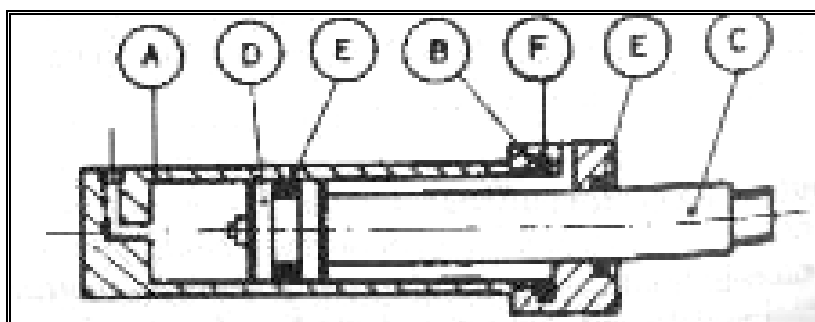
## LOS CILINDROS

Un cilindro está compuesto por un cuerpo tubular A que termina en dos cabezas, una de las cuales B, esta perforada de forma que permita la salida del vástago, C. el vástago no es otra cosa que la prolongación del pistón que se desliza dentro del cuerpo tubular, A y que sirve para transmitir, fuera del cilindro, las fuerzas de empuje o de tracción que se desean obtener. En el interior del cilindro, el pistón divide el espacio disponible para el aceite en dos cámaras. No se debe olvidar las guarniciones E – F, que tienen la misión de impedir las fugas de aceite. los materiales necesarios para construir un cilindro deben resistir las fuertes presiones que se emplean en óleo dinámica. Hasta 300 veces la presión presente en un neumático de automóvil,

por tanto se utilizan aceros de construcción para el cuerpo tubular para las cabezas el cuerpo tubular y el vástago. Las guarniciones son de material sintético que poseen además de la elasticidad la necesaria resistencia mecánica y química.

En el cilindro se emplean numerosas guarniciones y de forma diversa. Existen en efecto, dos tipos de guarniciones: las estáticas y las dinámicas.

Las estáticas aseguran la retención entre las partes que permanecen recíprocamente Fijas; las dinámicas aseguran el hermetismo y retención entre las partes que se desplazan entre sí durante el funcionamiento.



**FIG 2-55 Cilindro óleo-hidráulico.**

Los cilindros se clasifican según el movimiento que se quieran mandar con el aceite a presión. El cilindro de simple efecto es aquel en el que el cilindro a presión entra en una cámara y, por tanto puede accionar movimientos en un solo sentido; si el sentido corresponde al empuje tendremos el cilindro de simple efecto de empuje y entonces el vástago asume en general también la función de pistón (pistón introducido); si el sentido es de tiro, tendremos el cilindro de simple efecto de tiro.

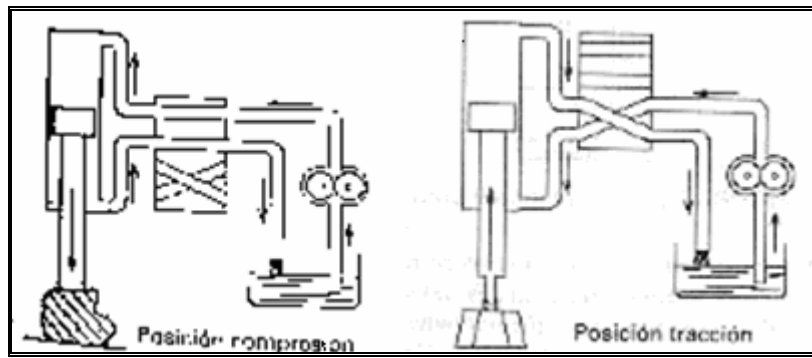
En los cilindros de simple efecto es preciso que el movimiento opuesto al producido por el aceite a presión, se obtenga con una fuerza de otro origen (el peso del pistón, muelle de retroceso, un contrapeso, etc).

Existen aplicaciones particulares en las que se exige el uso de cilindros de simple efecto de empuje que deben ocupar, una vez cerrados, una longitud muy pequeña respecto a la longitud de desplazamiento; se recurre entonces al llamado cilindro telescópico utilizado en los camiones volquetes.

Este cilindro posee a diferencia de los normales, al menos dos pistones situados uno adentro del otro, por tal razón, la longitud del cilindro abierto, en vez de ser solamente doble es aproximadamente triple de la longitud del cilindro cerrado.

El otro tipo es el cilindro de doble efecto en el cual el aceite a presión entra bien en una cámara o bien en otra; accionando por tanto, los movimientos del pistón en ambos sentidos. El cilindro de doble efecto puede tener uno o dos vástagos; en este caso, naturalmente, ambas cabezas deben estar perforadas. No en todos los cilindros es el pistón el que efectúa los movimientos. Existen particulares aplicaciones en las que se mantiene firme el pistón y se hace que se mueva el cuerpo tubular.

Los distribuidores (o válvulas de dirección) permiten la desviación del flujo para obtener distintas condiciones o funciones y pueden verse esquemáticamente en la figura ubicada en la parte inferior. Se definen por el número de variantes permitidas por el mismo enlace. El tipo de conexión define el número de pasos y el número de variantes condiciona el número de posiciones.

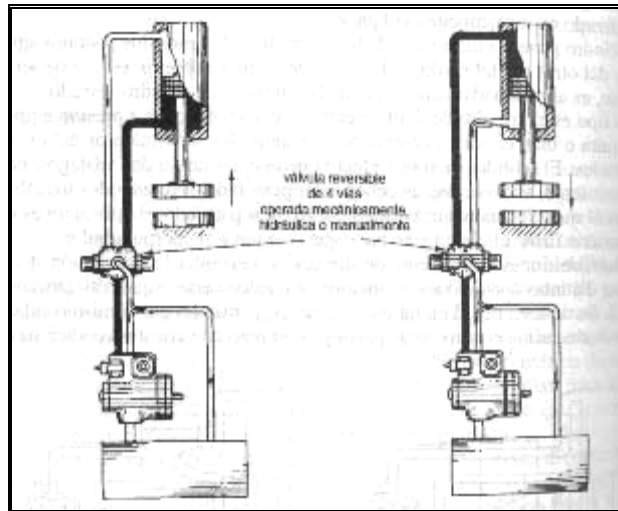


**FIG 2-56 Distribuidor de dos posiciones y punto muerto (esquema)**

El distribuidor precisa de una acción exterior (accionamiento manual, mecánico o con cualquier otro dispositivo de control) para provocar la fuerza en el sentido requerido y de la magnitud deseada. En cualquier caso el distribuidor puede disponer de mecanismos que le obligue en ciertas circunstancias a pasar a una posición predeterminada (como cero o reposo por ejemplo).

Las válvulas regulan el caudal y/o la presión, se puede clasificar en los siguientes tipos:

- Válvulas de retorno, válvulas reguladoras de presión, válvulas reguladoras de caudal, válvulas proporcionales, servo válvulas, válvulas proporcionales reguladoras de presión y caudal.
- De secuencia, de múltiples direcciones,
- De múltiples posiciones,
- Direccionales
- De retención
- De seguridad
- De interrupción



**FIG 2-57 Funcionamiento de válvula reversible**

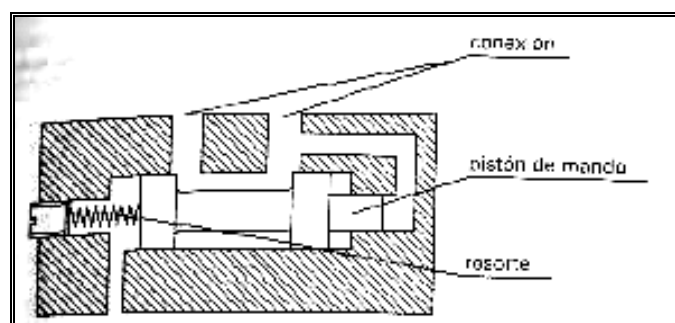
Muy importantes son las válvulas de retorno, las válvulas reguladoras de presión, las válvulas reguladoras de presión, las válvulas reguladoras de caudal, las válvulas proporcionales, las servo válvulas, las válvulas proporcionales direccionales, las válvulas proporcionales reguladoras de presión y caudal, cuya denominación indica con precisión su uso

Otras de particular importancia son las de secuencia, que simula un distribuidor de dos pasos que viene forzada a una posición de reposo por un muelle.

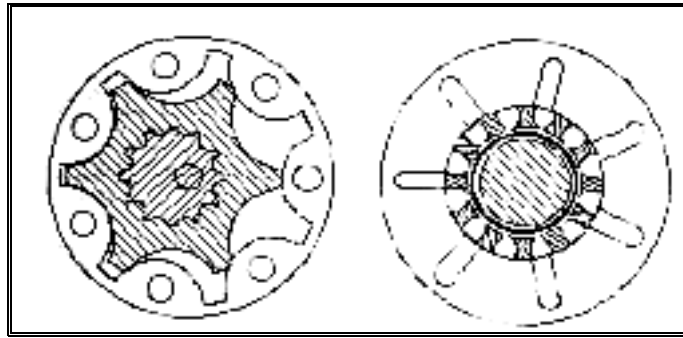
Las válvulas de múltiples posiciones tipo orbit, están construidas por un juego de engranajes y una válvula distribuidora. El juego de engranajes lo forma un anillo exterior unido a la parte inferior de una válvula de mando y un rotor.

Puede comprenderse que teniendo el anillo siete cavidades y seis el rotor permita múltiples combinaciones de entrada y salida para entender los distintos momentos operacionales de la máquina.

Las válvulas direccionales proporcionales empleadas actualmente pueden ser de operación manual o mecánica. Por medio de fluidos o medios electromagnéticos. Hoy día existen modelos normalizados según distintas reglamentaciones de los países más avanzados.



**FIG 2-58 Válvula de secuencia**



**FIG 2-59 Válvula tipo Orbit**

En la placa de características de las válvulas direccionales (o de cualquier otro tipo) deben indicarse peso, dimensiones, tipo de anclaje, temperaturas de servicio, viscosidades de los aceites empleados y datos complementarios que permitan calcular la pérdida de carga de fluido en ellas.

Válvulas de regulación, control y bloqueo son aquellos dispositivos que permiten hacer operativo cualquier tipo de motor, cilindro o accionador.

Un nuevo tipo de válvulas utilizado en la industria desde hace pocos años son las llamadas válvulas insertables o llamadas lógicas.

Tienen su aplicación para caudales elevados, siendo su configuración muy simple aunque estén dotadas de circuitos complejos.

Aunque las mas usuales son las de dos vías y dos posiciones se fabrican válvulas direccionales de hasta cuatro vías y tres posiciones.

Los acumuladores son recipientes que contienen gas a presión y un dispositivo separador de aceite. Estos dispositivos constituyen, en realidad, un acumulador de energía al permitir la compresión del aire en ciertos momentos, expandiéndose posteriormente y entregando al sistema un volumen complementario de aceite.

Las tuberías y conexiones pueden ser rígidas o flexibles y son fácilmente conectables entre sí.

Las conexiones sin soldadura permiten un ajuste roscado de alta precisión

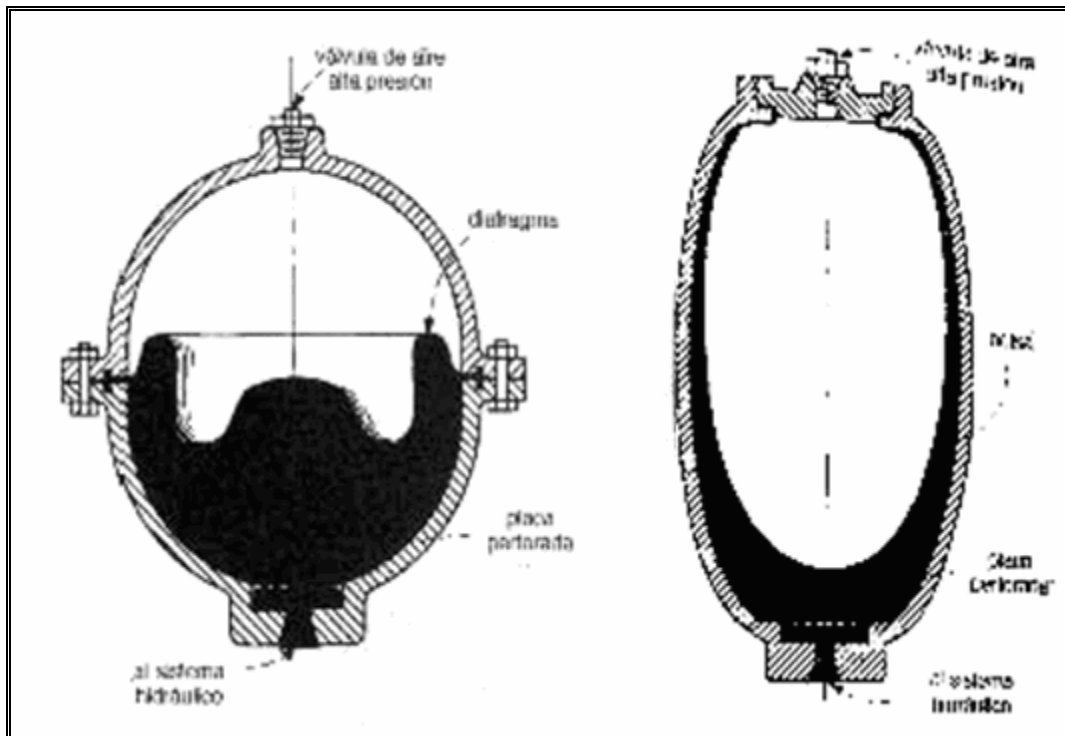


FIG 2-60 Dos tipos de Acumuladores

## **TOMA DE FUERZA OLEO HIDRAULICA**

Debe situarse por su importancia práctica en tractores, excavadoras, etc, la llamada toma de fuerza, cuya evolución ha sido notoria con la introducción de los sistemas de control hidráulico los inconvenientes de las tomas de fuerza mecánicas han llevado a la implantación casi general de los mecanismos hidráulicos más sencillos, versátiles, rápidos y económicos.

### **2.1.1.1.3 SISTEMAS ELÉCTRICOS**

#### **2.1.1.1.3.1 MÁQUINAS ELÉCTRICAS**

Antes de proceder al estudio de cada clase de motores más usuales, conviene establecer otras clasificaciones por razón de servicio al que están dedicados.

Por razón de funcionamiento se clasifican en:

- Funcionamiento intermitente
- Funcionamiento continuo e intermitente, con indicación del número de conexiones por hora.

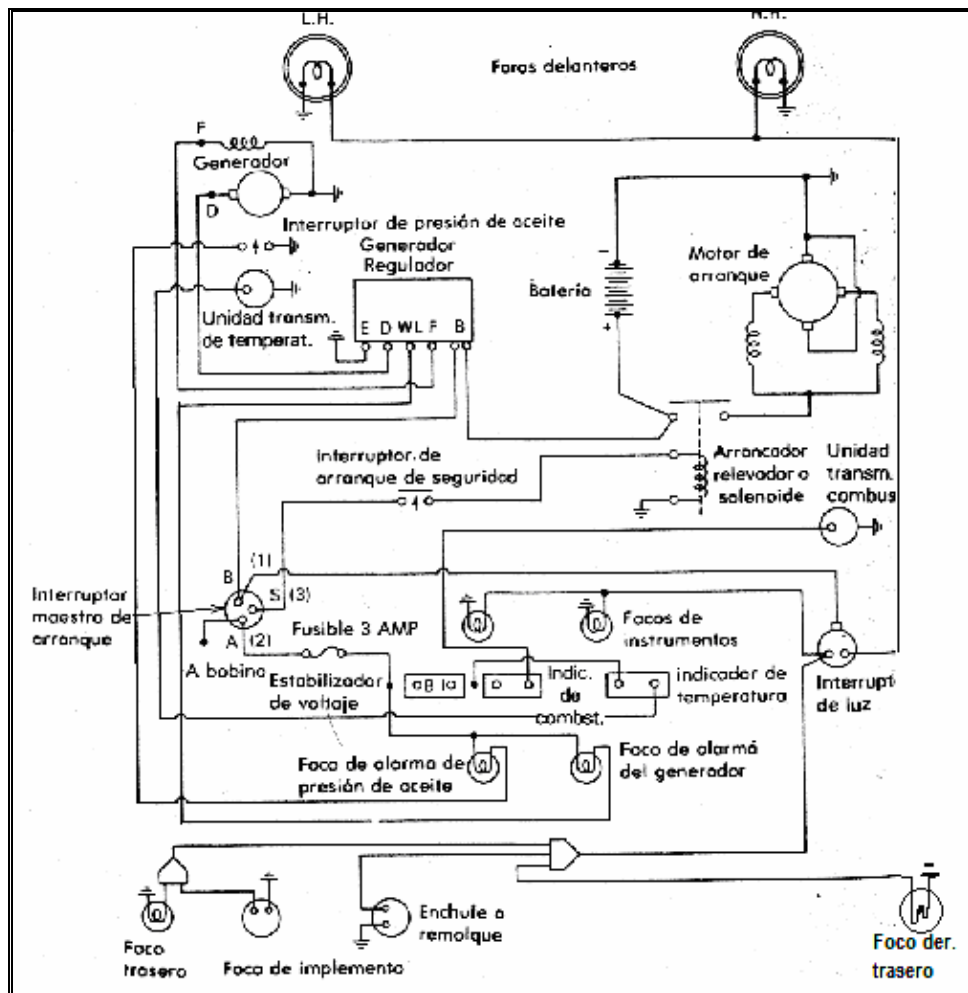
Por razón de sus características constructivas, se dividen en:



- Protegidos y ventilados
- Cerrados y ventilados
- Estancos
- Antideflagrantes
- Sumergidos

Desde el punto de vista de su instalación, en función de su relación con la máquina que mueven, se dividen en:

- De transmisión directa (por piñones, engranajes, cadenas, etc.)
- De transmisión por junta elástica.
- De transmisión por correa trapezoidal.



**FIG 2-61 Sistema eléctrico básico de un tractor diesel**

Las máquinas eléctricas transforman la energía eléctrica en mecánica. Como generador, la transformación es en sentido inverso (motores sincros). Las máquinas constan de una parte

fija (estator) y una parte giratoria (rotor). En el estator y en el rotor se generan en sus derivados campos magnéticos que originan un par de giros.

Cuando el campo magnético es variable (corriente alterna), y a fin de evitar las corrientes parásitos, el estator se construye de láminas de acero.

### **2.1.1.1.3.1.1 MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**

El estator de una máquina de corriente alterna trifásica lo compone un devanado de tres bobinas repartidas en las ranuras.

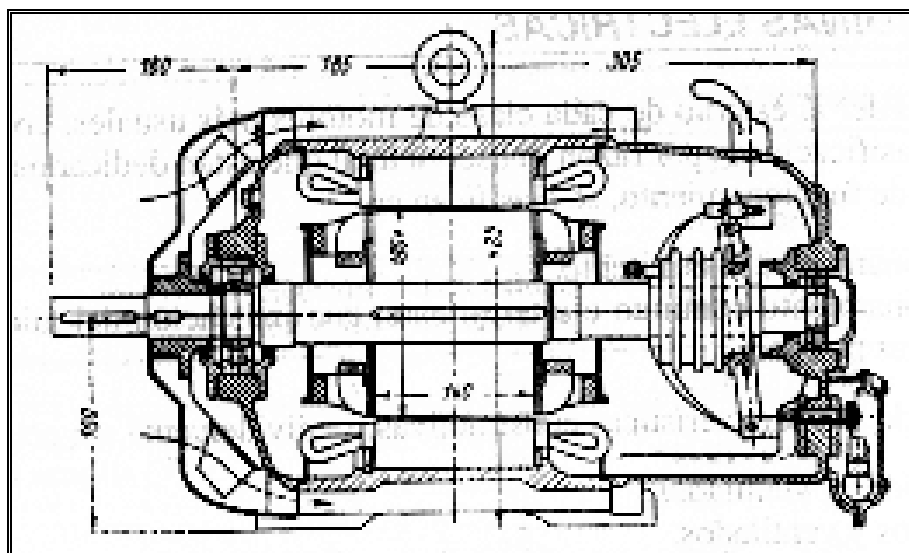
Las tres fases de la corriente trifásica producen un campo magnético giratorio.

Las máquinas de corriente alterna trifásica se clasifican, básicamente, según los diferentes tipos de rotores, en asíncronas y síncronas.

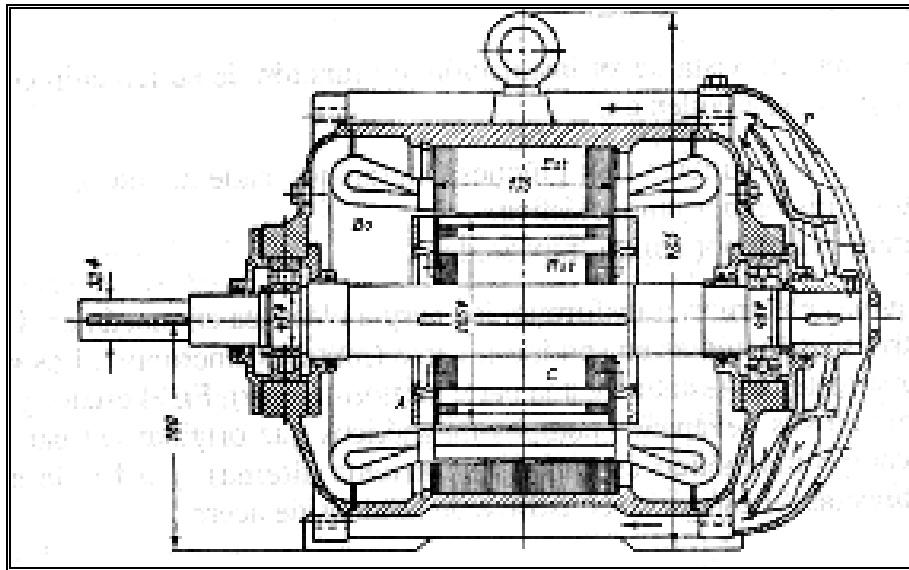
Los motores trifásicos de inducción son conocidos también bajo el nombre de asíncronos (en oposición a los síncronos reversibles en alternadores). La aplicación en obras de los motores síncronos es, principalmente, para mejorar el factor de potencia de grandes instalaciones.

Dentro de los motores de inducción, cabe distinguir por su forma constructiva dos tipos:

- De rotor devanado (Fig 2-62).
- De rotor en cortocircuito (jaula de ardilla de fig. 2-63).



**Fig. 2-62 Motor de Rotor devanado**



**Fig. 2-63 Motor de rotor de circuito**

Damos a continuación una breve descripción del motor asíncrono y de su arranque:

El motor asíncrono está compuesto por dos partes principales: el estator y el rotor. Generalmente ambas partes están compuestas de chapas magnéticas sobre las cuales se hacen los devanados correspondientes. Los devanados del estator que se conectan con la línea de alimentación crean un campo magnético giratorio. Los devanados del rotor se acoplan a anillos rozantes sobre los que apoyan las escobillas (caso de los motores de rotor devanado). Entre estas escobillas en la fase de arranque se intercalan resistencias que se van retirando de manera progresiva.

Cuando el motor es de jaula de ardilla, los devanados del rotor no van a parar a los anillos rozantes, sino que se conectan entre sí a través de unos arcos de cobre (o alambres). Posteriormente esta disposición constructiva tiene la forma de una jaula de ardilla, de ahí su nombre más común. La disposición solo se emplea en motores de pequeña potencia.

Hay una cantidad de motores que permiten variar su velocidad haciendo pequeños cambios en sus placas de conexionado. Ello es debido a que la velocidad de un motor es función del número de polos de sus devanadores, variando el número de estos según distintas formas, se consigue una variación de velocidad entre límites muy amplios.

El arranque de los motores eléctricos varían según el tipo de construcción y depende en general de su potencia.

Para motores de pequeñas potencias (hasta 5CV) basta conectar el interruptor. El amplio dimensionado de estos motores permite gran variación de intensidad generada en su fase de arranque (más de cuatro veces en la mayor parte de los casos).

Hasta los 25CV el arranque se efectúa mediante la maniobra llamada de estrella – triángulo. Conviene aclarar un poco estos conceptos. El conexionado eléctrico del estator admite, sin variar su construcción, alterar su orden eléctrico. Las palabras estrella y triángulo responden a dos tipos distintos de conexión de unos mismos devanados.

Precisamente conectando la red a un devanado en estrella se producen unas tensiones que son  $\sqrt{3}$  veces las que se producirían al conectar el triángulo, o sea que es como si el mismo

motor pasase de ser alimentado a 220 V a serlo a 380 V con una mejor facilidad en el arranque.

El sistema, pues, de arranque estrella triángulo es detallaremos en detalle más adelante consiste en conectar la red al motor, precisamente conexionado en estrella; cuando se nota que la velocidad del motor se acerca ala de régimen, se conexiona en triángulo, quedando en esta posición para su marcha definitiva.

Cuando los motores tienen más de 25 CV, el sistema de arranque viene en cierta manera impuesto por el tipo de fabricación del motor, pues ha de ser necesario que para arrancar un motor con el sistema de anillos rozantes haya que llevar estos incorporados al mismo y tener el rotor devanado. Este sistema de arranque por resistencia y anillos rozantes consiste en intercalar resistencias entre escobillas y hacer disminuir aquellas a medida que el motor va aumentando de velocidad hasta llegar a eliminarles totalmente, momento este en que puede asimilarse el motor de anillos rozantes al de jaula de ardilla.

Una vez que un motor eléctrico se pone en marcha su velocidad de régimen, conviene disponer ciertos mecanismos de seguridad que eviten que, por razones ajenas al motor se produzcan derivaciones o sobreintensidades; éstas producen sobrecalentamientos que accionan relees térmicos que detienen el motor cuando aquellos llagan a alcanzar valores peligrosos.

Aunque sea como referencia, y para establecer la diferencia con las asíncronas, debemos indicar que en las máquinas síncronas en el rotor se magnetizan los polos con bobinas de corriente continua. La corriente se transmite al rotor por medio de dos anillos rozantes. Mientras el rotor gira a su velocidad nominal, existe un par de giro constante. De lo contrario, el par de giro oscila periódicamente entre un valor máximo positivo y otro máximo negativo con corrientes excesivamente grandes no admisibles.

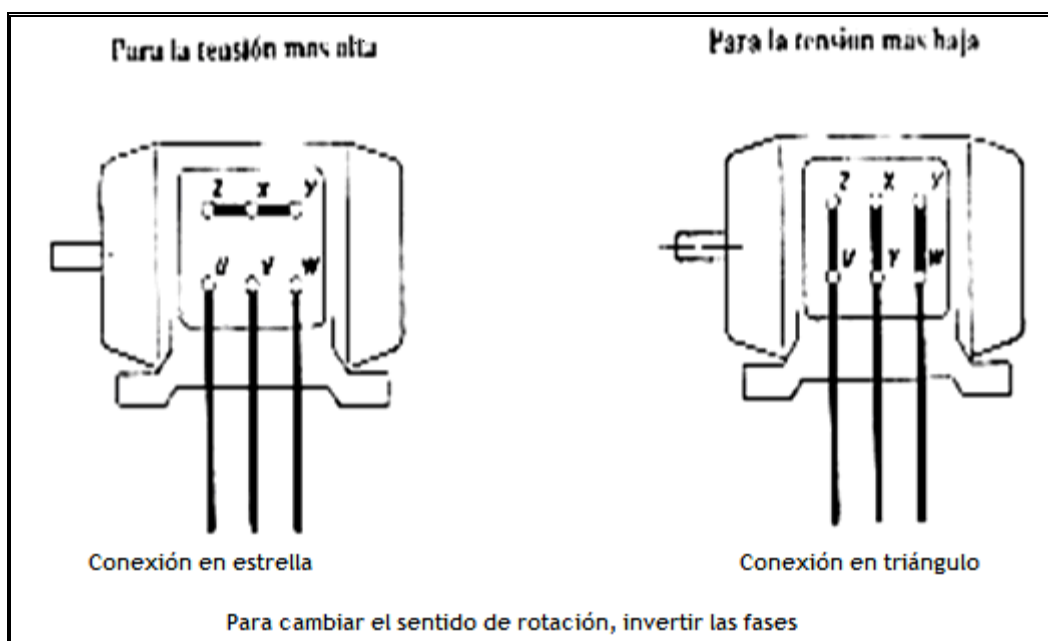
Por ello una máquina síncrona no puede funcionar sin estar dotada de dispositivos auxiliares. Además, las máquinas síncronas se diferencian de las asíncronas en que la absorción o cesión de potencia reactiva es regulable. El número de revoluciones de todas las máquinas trifásicas se fija por la frecuencia en el estator.

### **2.1.1.1.3.2. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS**

#### a) Tensión

Los motores se construyen normalmente para tensiones de 150/260, 220/380, 260/450, 380/870 V, que permiten la conexión estrella triángulo.

La figura 2-64 ilustra sobre la forma de conexión.



**Fig 2-64: Conexiones estrella triángulo**

La tensión puede sufrir variaciones de  $\pm 5$  por 100, sin que por ello varíe la potencia.

Empleando un motor bobinado para una tensión determinada y 50Hz, a una tensión inferior e igual frecuencia, debe contarse con una reducción de potencia de acuerdo con el gráfico de la figura 2-65.

Corriente, par de arranque y par máximo disminuyen también en la misma proporción.

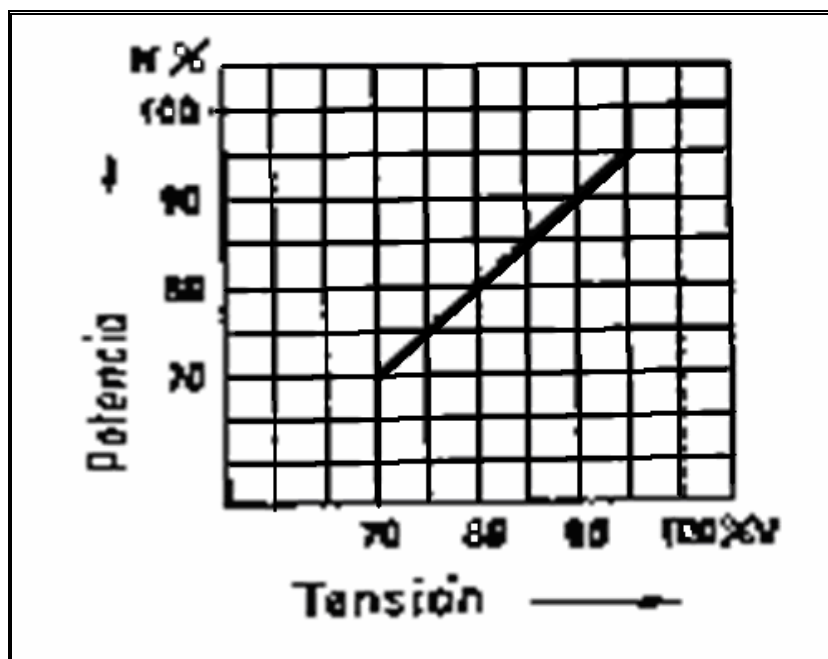


Fig. 2-65. Variación de la potencia con la tensión

b) Frecuencia y velocidad

Las velocidades indicadas habitualmente son válidas para 50 HZ y desarrolla la potencia nominal.

Los motores normales de 50Hz pueden emplearse para frecuencias comprendidas entre 40 y 60Hz, si al mismo tiempo se varía la tensión, como indica la tabla, sufriendo la potencia y la velocidad las variaciones en la misma consignadas:

TABLA 2-01 Tensión y variación de frecuencia de electromotores						
50 Hz		40Hz		60 Hz		
Tensión (V)	Tensión (V)	r.p.m.	Reducción de potencia	Tensión (V)	r.p.m.	Reducción de potencia
220	180	-20%	-25%	225	+20.5	+15%
380	315			440		
500	415			600		

Los motores construidos para 50 Hz pueden conectarse a redes de 60 Hz, manteniendo invariable la tensión, en cuyo caso la potencia desarrollada permanece prácticamente

constante. La velocidad aumenta proporcionalmente con la frecuencia, si bien el par de arranque e inversión referidos al par nominal para 60 Hz disminuyen relación inversa.

c) Potencia

La potencia indicada puede variarse por uno de los motivos siguientes:

1. Por protección contra explosión.
2. Pro frecuencia distinta a 50 Hz, según se indica en los párrafos anteriores.
3. Por conexión a redes de tensión distinta a la indicada en placa.
4. Por gran número de arranques.
5. Por frenado eléctrico
6. Por formas de protección y ventilación distintas a las indicadas en la lista.
7. Pro temperaturas del medio refrigerante superiores a 40 C.
8. Por instalación del motor a altitudes superiores a 1000 m sobre el nivel del mar.

Si se instalan motores es ambientes a elevadas temperaturas, superiores a 40C, disminuye la potencia en la proporción siguiente:

<b>TABLA 2-02 Variación de potencia en función de temperatura de motor</b>				
<b>Para °C temperatura ambiente</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>60</b>
<b>Porcentaje de potencia nominal</b>	<b>100</b>	<b>96</b>	<b>92</b>	<b>84</b>

Si los motores se instalan a gran altura sobre el nivel del mar, la potencia varía, según la siguiente tabla:

<b>TABLA 2-03 Variación de potencia en función de altura SNM</b>			
<b>Para la altura en m</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>3000</b>
<b>Potencia motor (porcentaje de la potencia nominal)</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>90</b>

Cuando los motores, principalmente los de rotor de jaula, han de arrancar muchas veces a intervalos relativamente breves, hay que considerar un fuerte calentamiento del bobinado a consecuencia de la corriente de arranque. Para poder elegir en este caso el motor adecuado (posiblemente con rotor especial) es necesario conocer los siguientes datos:

1. Gráfica del ciclo de trabajo y número de ciclos por hora.
2. Factor de inercia PD de la máquina accionada referida al eje del motor.

3. Par resistente de la máquina accionada en el arranque, en marcha y frenado (si lo tiene).
4. En su caso, clase de frenado, mecánico o eléctrico.

d) Rendimiento y factor de potencia

El rendimiento se determina por el procedimiento de las pérdidas separadas, teniendo en cuenta, además las pérdidas adicionales. A continuación, se indican los valores del rendimiento y factor de potencia a media y tres cuartos de carga.

<b>TABLA 2-04 Rendimiento vs. factor de potencia</b>					
<b>Rendimiento %</b>			<b>Factor de potencia (cos <math>\psi</math>)</b>		
<b>4/4 carga</b>	<b>3/4 carga</b>	<b>1/2 carga</b>	<b>4/4 carga</b>	<b>3/4 carga</b>	<b>1/2 carga</b>
94	93.5	92	0.91	0.89	0.83
93	92.5	91	0.90	0.88	0.81
92	92	91	0.89	0.86	0.78
91	91	90	0.88	0.85	0.76
90	91	90	0.87	0.84	0.75
89	90	89	0.86	0.82	0.72
88	89	88	0.85	0.81	0.70
87	88	87	0.84	0.80	0.69
86	87	86	0.83	0.79	0.67
85	86	85	0.82	0.77	0.66
84	85	84	0.81	0.76	0.65
83	84	83	0.80	0.75	0.64
82	82	81	0.79	0.74	0.62
81	81	79	0.78	0.72	0.61
80	80	77	0.77	0.70	0.59
79	79	75	0.76	0.69	0.57
78	77	74	0.75	0.68	0.56
77	76	73	0.74	0.67	0.54
76	75	72	0.73	0.65	0.52
75	74	71	0.72	0.63	0.50

e) Aislamiento

El aislamiento de los devanados y ranuras es resistente a la humedad y a la acción del polvo siempre que no contenga partículas conductoras.



El aislamiento normal corresponde a la clase E de las normas VDE, que tolera temperaturas máximas de forma permanente de 120 C. Los motores están ampliamente dimensionados, de modo que sus temperaturas límites quedan por debajo de las admitidas, permitiendo, en consecuencia, sobrecargas por este concepto.

En la instalación de los motores, especialmente cuando se adosan o incorporan a máquinas, se ha de tener en cuenta no dificultar la ventilación, siendo necesaria la renovación del aire aspirado.

#### f) Características de los motores trifásicos

La potencia viene definida por el producto de dos factores, fuerza, P (en kg), y velocidad V (en m/s):

$$N=P \cdot V \text{ (kg} \cdot \text{m/s)}$$

En el motor bajo la influencia conjunta del flujo magnético y de la corriente retórica, se engendra en la periferia del rotor de radio R una fuerza tangencial que hace girar al inducido a la velocidad de n revoluciones por minuto, es decir,  $2\pi Rn/60$  (m/s), siendo la potencia:

$$N = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot n}{60} \text{ (kg} \cdot \text{m/s)}$$

Se llama par o momento de rotación, al producto de la fuerza por el brazo de palanca, es decir:

Par=Fuerza x Radio del rotor;

De modo que la potencia será:

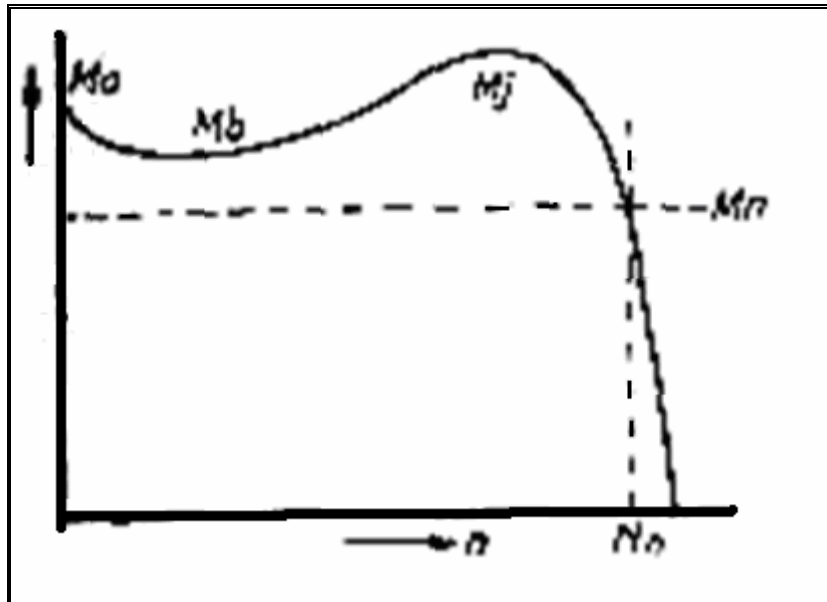
$$N = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60} \text{ (kg} \cdot \text{m/s)}$$

Y la potencia en CV:

$$N = M \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{M \cdot n}{716} \text{ (CV)}$$

Dada la potencia en CV y la velocidad en r.p.m., el par será:

$$M=716 N/n \text{ (m} \cdot \text{kg)}$$



<b>Mo</b>	Par de arranque o par desarrollado en el instante de conexión
<b>Mb</b>	Par de bache o par mínimo durante el arranque
<b>Mj</b>	Par de inversión o par máximo
<b>Mn</b>	Par nominal

**Fig. 2-66. Variación del par en función de la velocidad**

El par es una magnitud decisiva hasta el punto de determinar las dimensiones del motor. Motores de igual par tienen aproximadamente las mismas dimensiones cualquiera que sea su velocidad.

En el arranque, es decir, durante el intervalo en que el motor pasa de velocidad cero a nominal, el par toma distintos valores independientemente de la carga.

Es necesario distinguir algunos puntos notables de la curva de par, según se indica en la figura 2-66.

#### g) Sobrecarga

Los motores soportan, sin averiarse o sin que sufran deformaciones los devanados, una corriente de una vez y media la nominal durante dos minutos estando de antemano a la temperatura de régimen.

El par máximo de los motores de jaula es al menos dos veces el nominal.

h) Los dos modos de arranque

Depende de dos factores fundamentales; de la instalación, que a su vez depende de la punta de intensidad permitida por el reglamento de baja tensión y/o de la conexión a la red directamente o a través de transformador propio (con el riesgo de provocar una caída de tensión demasiado grande en la distribución de la instalación, sobre todo si el motor está alejado de la fuente de alimentación), y del tipo de motor de CA, así como del servicio que presta, que exigirá el arranque en vacío, a media o plena carga.

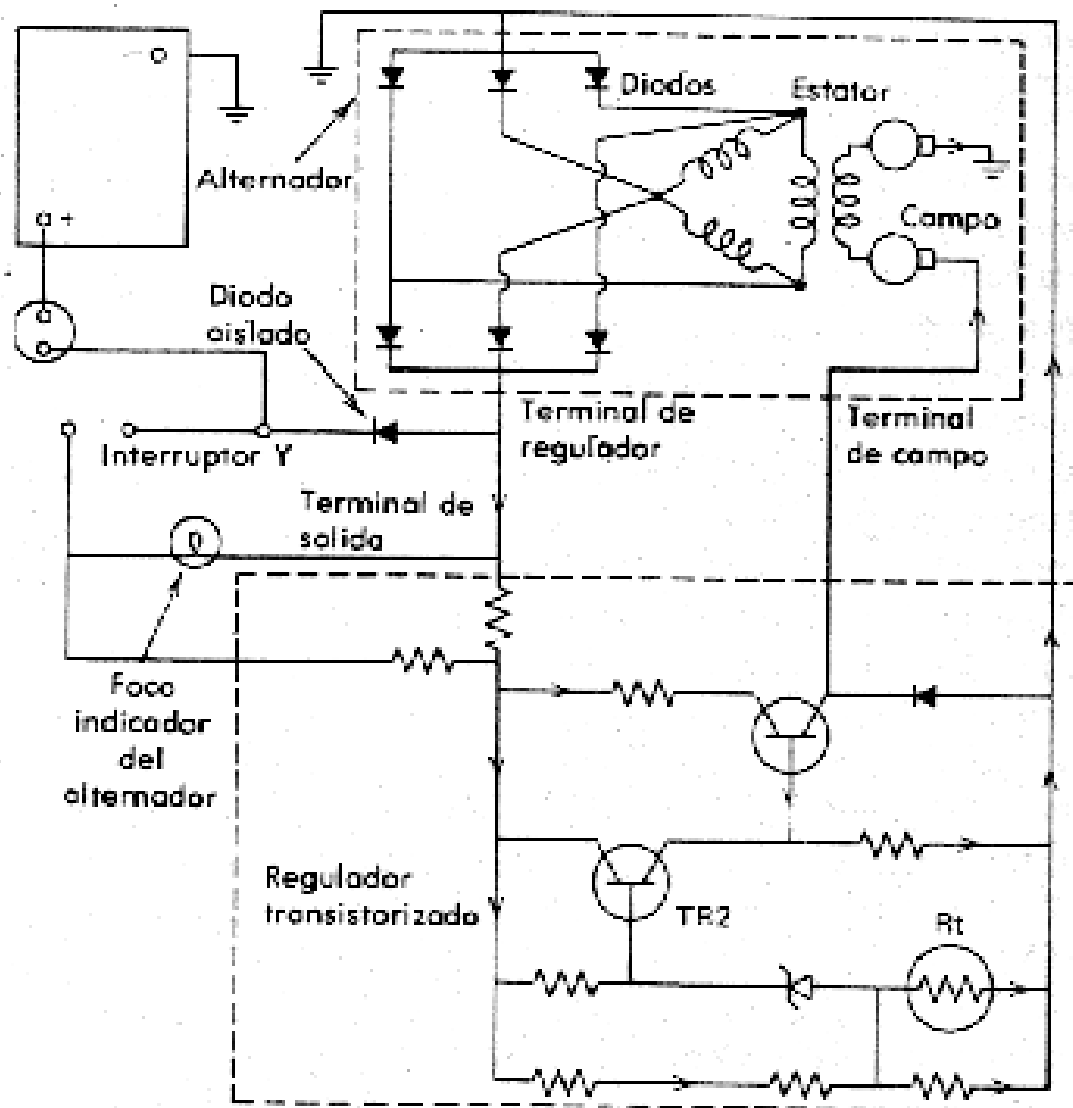


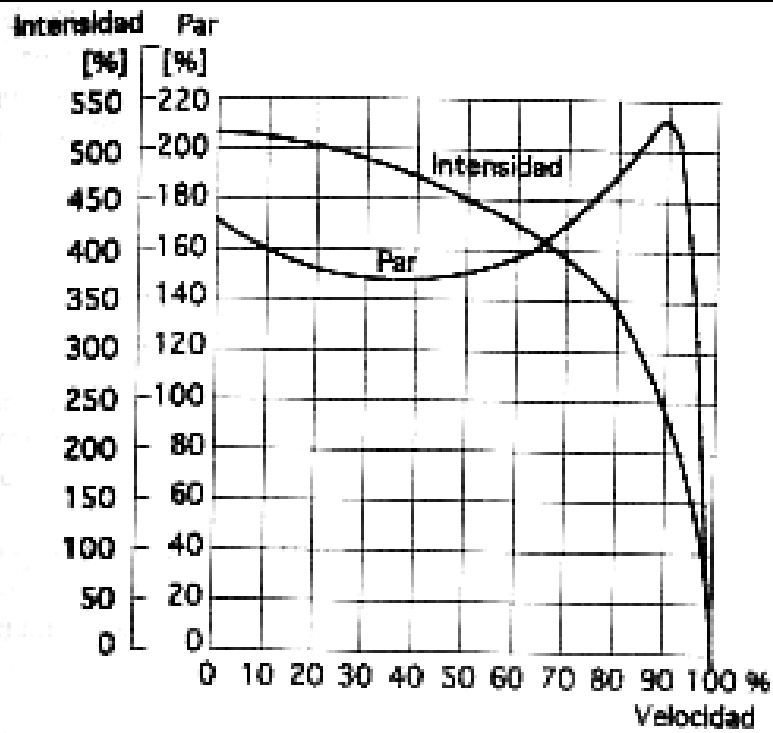
FIG 2-67 Campo de circuito para alternador

### **2.1.1.1.3.2.1 CONEXIÓN DIRECTA MOTORES DE JAULA DE ARDILLA**

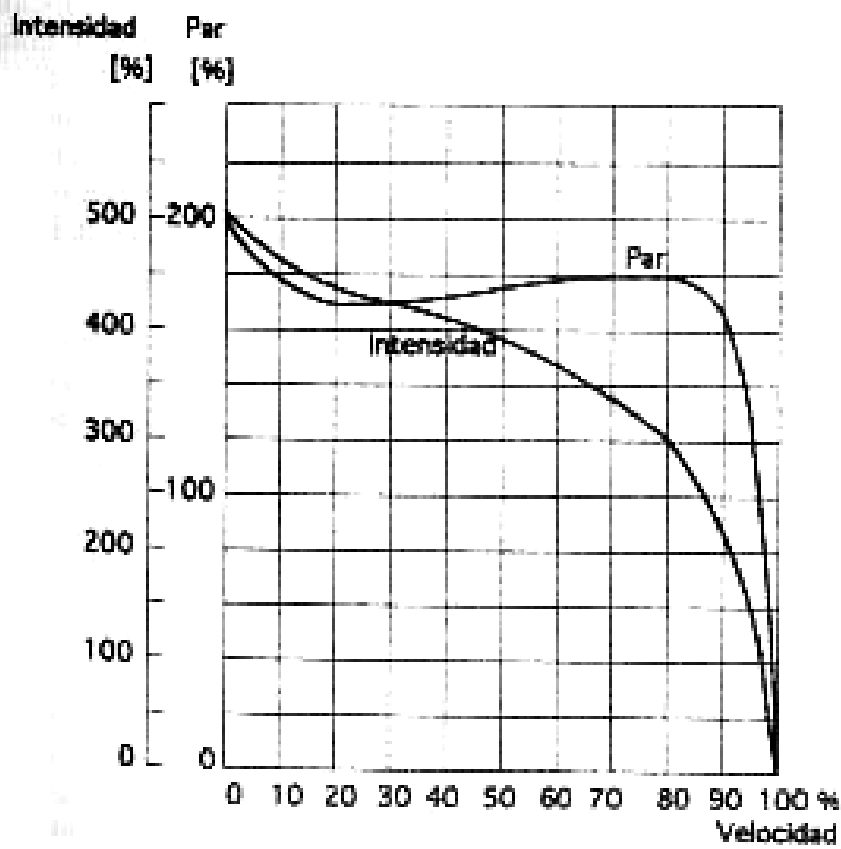
El conjunto motor-maquina tiene unas curvas características que deben conocerse previamente: velocidad-intensidad y velocidad-par motor; en esta última, el par máximo (arranque directo) y el par arranque (en arranque directo) está normalmente en una relación entre 1.5 y 2.

Con el procedimiento más sencillo de “arranque a plena tensión”, obteniendo directamente por conexión directa del motor a la red, éste arranca con una elevada intensidad. El par durante el arranque es sobre todo en los motores modernos de jaula de ardilla, siempre muy superior al par nominal, lo que permite arrancar rápidamente una máquina, incluso a plena carga, dentro de potencias bajas, por supuesto.

La reducción de la punta de intensidad viene acompañada en los motores de jaula de ardilla de una reducción del par, que es poco regulable. El motor de jaula de ardilla es el único que puede acoplarse de manera directa a la red.



a) Curvas características de intensidad y par de un motor AE 11/4 (AEG).



b) Curvas características de intensidad y par de un motor AE 38/4 (AEG).

FIG 2-68 CURVAS CARACTERÍSTICAS INTENSIDAD Y PAR MOTOR

### **2.1.1.1.3.3 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA**

El estator de una máquina de corriente continua contiene polos individuales que se magnetizan por medio de los devanados de excitación por corriente continua. En el rotor, las bobinas van conectadas a un colector. En el estator, unas escobillas de carbón rozan contra el colector y transmiten una corriente continua a las espiras del inducido.

Al girar el colector se invierte el sentido de la corriente en las bobinas. La elección de la conexión del devanado de excitación e inducido produce diferentes características de número de revoluciones/par de giro.

#### Conexión serie

El número de revoluciones depende fundamentalmente de la carga. En el vacío, un par de giro importante produce un número de revoluciones peligroso; para evitarlo, debe mantenerse siempre acoplado a la carga; para cambiar el sentido de giro, se invierte el de la corriente en el inducido o en el devanado de excitación.

#### Conexión paralelo

Las revoluciones varían poco con la carga, se cambia el sentido de giro invirtiendo el sentido de la corriente en el inducido o en el devanado de excitación. Cuando se incorporan devanados de excitación en serie y en paralelo (compound) se consiguen etapas intermedias en la característica del número de revoluciones/par de giro.

Con una tensión de inducido regulable, el número de revoluciones puede variarse de forma continua.

Aunque los motores de corriente continua se emplean pocas veces, y solo en máquinas muy pesadas de obras públicas, damos sus esquemas constructivos para los de tipo Serie, Shunt y Compound, así como sus curvas características de variación de la velocidad con la carga y el par con la carga.

Debe hacerse notar que el motor Compound diferencial es aquel en el que el devanado serie está invertido; así su fuerza electromotriz se opone al campo y de esta forma decrece el flujo y se incrementa la velocidad con el aumento de la carga.

Más utilizado es el sistema de control de velocidad Ward Leonard, este sistema consta de un conjunto motor generador de alta velocidad en el que el campo del generador está dispuesto de tal forma que puede variar en una amplia gama e incluso ser invertido. Sus terminales van

conectados a las armaduras del motor principal, M, en el cual se desea controlar la velocidad. Una variación uniforme de la velocidad, desde un máximo hasta 0 e igualmente en sentido opuesto, es posible con esta configuración. El campo del motor está permanentemente conectado con las líneas de alimentación.

Este dispositivo Ward Leonard se emplea con frecuencia en excavadoras de empuje de gran capacidad y en equipos de dragado sometidos a elevados esfuerzos puntuales.

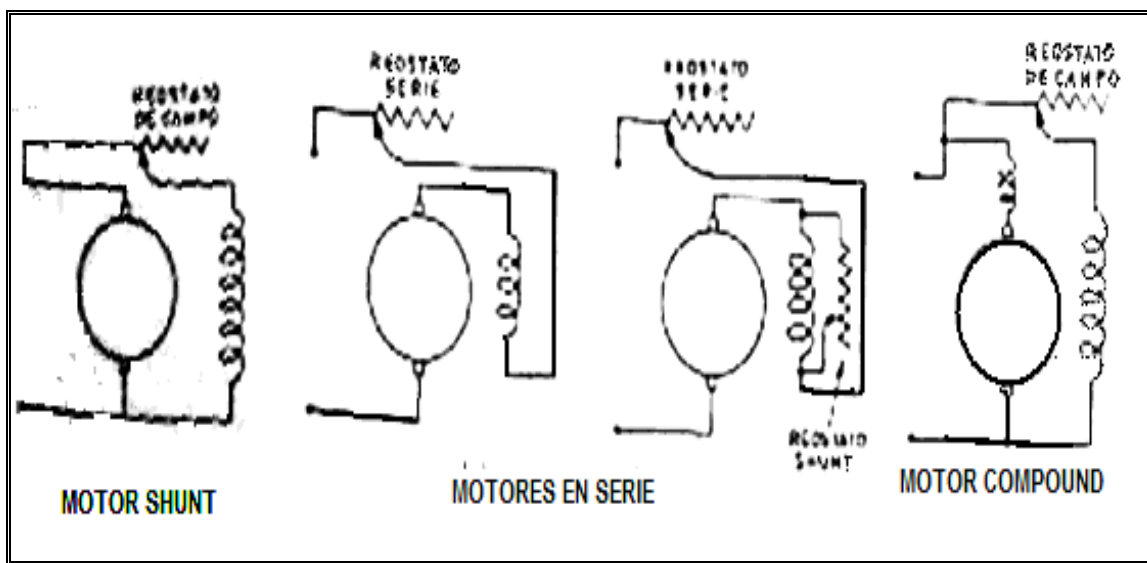


FIG 2-69 DIVERSAS CONFIGURACIONES DE MOTORES

## 2.1.1.2 UNIDAD DE TRANSMISION DE POTENCIA

Es el elemento estructural, encargado de soportar los esfuerzos estáticos y dinámicos que tiene el vehículo.

### 2.1.1.2.1 EMBRAGUE

El embrague es el elemento de unión entre el motor y la caja de cambios, elemento este último que consigue los diversos valores de un par motor más adecuado en cada caso. Los embragues secos constan, en general, de unos discos coaxiales que pueden estar sueltos o aprisionados entre dos masas. En esta última situación, se transmite completamente la potencia de un eje a otro.

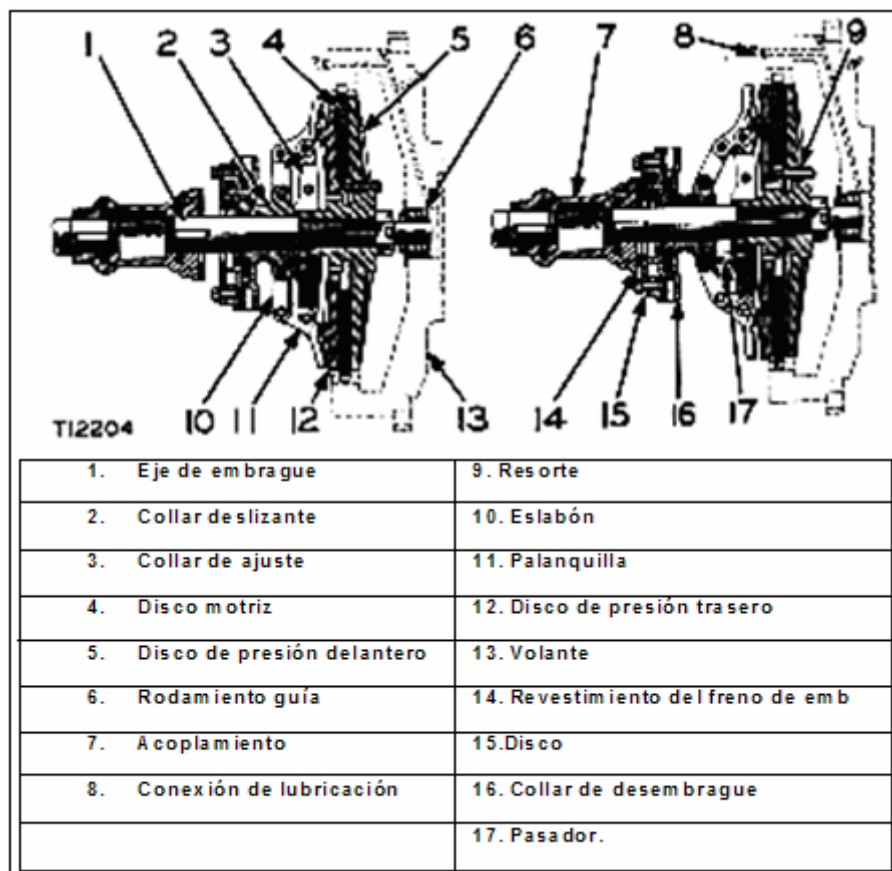


FIG 2-70 Embrague del volante

Izquierda: Embragado

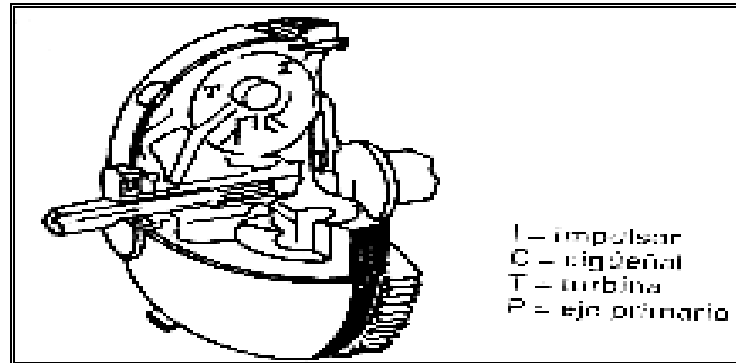
Derecha: Desembragado

En los embragues en baño de aceite el proceso de transmisión es el mismo, si bien los discos están sumergidos en un baño de aceite cuya circulación está confiada generalmente a una bomba de engranajes.



Las ventajas de los embragues en baño de aceite son su gran duración (tres a cuatro veces mas que los embragues secos) y la ausencia de ajuste periódico alguno durante las 2.500 horas o mas de funcionamiento.

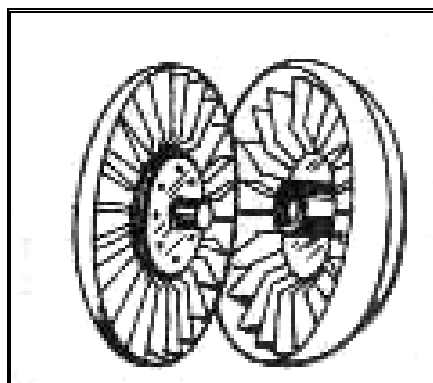
El embrague no produce variación de par salvo que patine, lo cual es desaconsejable por la destrucción prematura a la que se someten los discos.



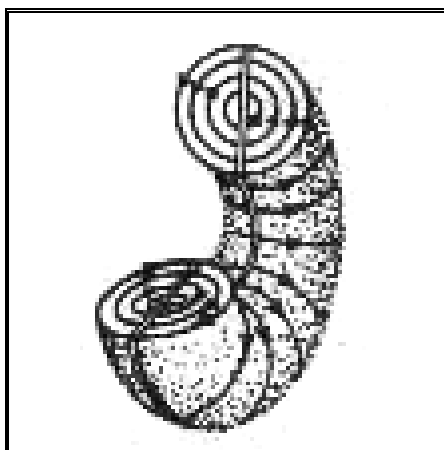
**FIG 2-71 Embrague hidráulico**

Dadas las importantes potencias en juego en las maquinas de movimiento de tierra, es cada vez mas frecuente la presencia de embragues hidráulicos, cuya teoría se expone a continuación:

Si dentro de una carcasa cerrada y llena casi en su totalidad (Cuatro quintas partes de fluido), colocamos dos ruedas dotadas de alabes una de estas llamada <impulsora> (accionada por el cigüeñal o volante del motor) y la otra enfrentada a ella <turbina> (acoplada al eje primario de la caja de cambios), podemos observar que el giro del impulsor provoca un arrastre de la turbina al crearse un efecto de espiral en el interior de la carcasa, En los embragues hidráulicos, las paletas o alabes son rectos y están dispuestos en sentido radial.



**FIG 2-72 Componentes del embrague hidráulico**



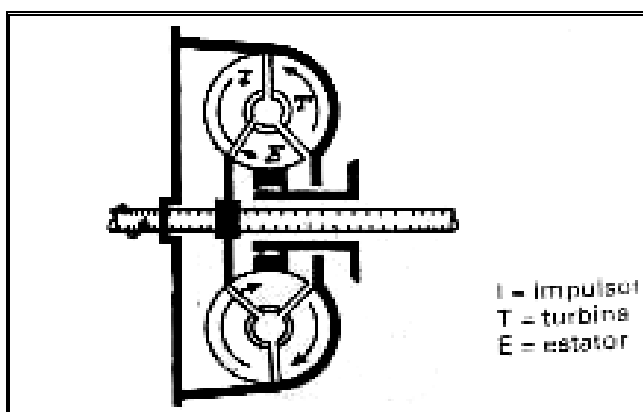
**FIG 2-73 Recorrido toroidal del aceite en el embrague hidráulico**

Al arrancar el motor, va entrando paulatinamente en carga la turbina, produciéndose en principio un deslizamiento que origina un calentamiento del móvil; después se equilibran los giros del impulsor y la turbina, realizándose la transmisión completa.

El embrague hidráulico, en consecuencia, transmite el par desde el motor a la caja de cambios por un medio fluido, es decir, sin enlace mecánico, por lo que no provoca ningún aumento o variación del par motor.

### **2.1.1.2.2 CONVERTIDORES DE PAR**

Similar al embrague hidráulico es el convertidor de par, en el que entre impulsor y turbina se coloca una pieza intermedia, llamada estator, que va fija a la carcasa



**FIG 2-74 Convertidor de par**

Los albes o paletas de los tres elementos son curvos para dirigir convenientemente el flujo de aceite.

El convertidor es mas perfecto que el embrague hidráulico por no haber choques ni movimientos debido a lo curvado de los alabes; la forma optima de transmisión del movimiento es cuando se alcanza entre un tercio y tres cuartos de la velocidad teórica del

impulsor, de ahí que sea necesario de todas formas disponer después del convertidor de par, de una caja de cambios normal o de trenes planetarios.

### 2.1.1.2.3 CAJA DE CAMBIOS

#### 2.1.1.2.3.1 CAJA DE CAMBIOS ORDINARIAS

Las cajas de cambios ordinarias mas avanzadas constan de tres ejes, llamadas primarios, secundarios e intermedio, que se identifican así: el eje primario es el que se transmite el movimiento del cigüeñal, el eje secundario es el eje de salida de movimiento de la caja y el intermedio es aquel que dispone de los piñones para multiplicación o desmultiplicación de velocidades.

Existen dos tipos generales de cajas de cambios las llamadas < de engranes desplazables>, y las conocidas por < sistemas de toma constante>. En las de primer tipo el orden de velocidad y por consiguiente de par, se efectúa desplazando un engrane a lo largo de un eje estriado hasta que engrana con otro engranaje que a su vez es solidario por estrías a otro eje.

Las cajas de toma constante se caracterizan por que los engranajes del eje primario e intermediario están continuamente en contacto, de forma que la palanca de cambios es desplazada por un collarín que hace que sean solidarios los engranes convenientemente transmitiéndose así el giro entre engranajes solidarios.

La caja de cambios de forma constante es mas silenciosa y mas cara tienen también la capacidad de admitir mas carga que la de engranes desplazables.

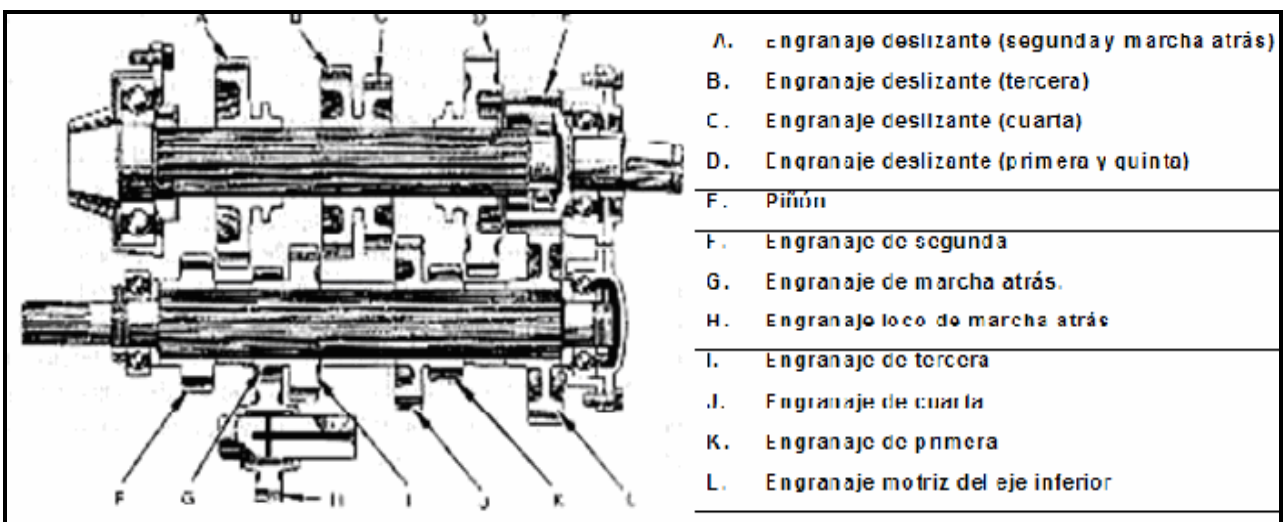


FIG 2-75 Caja de cambios de un tractor de orugas ligero

### 2.1.2.3.2 CAJA DE CAMBIOS DE TRENES PLANETARIOS

El tren planetario se compone de cuatro elementos principales

- Engranaje central o planeta
- Satélites
- Portasatélites.
- Corona

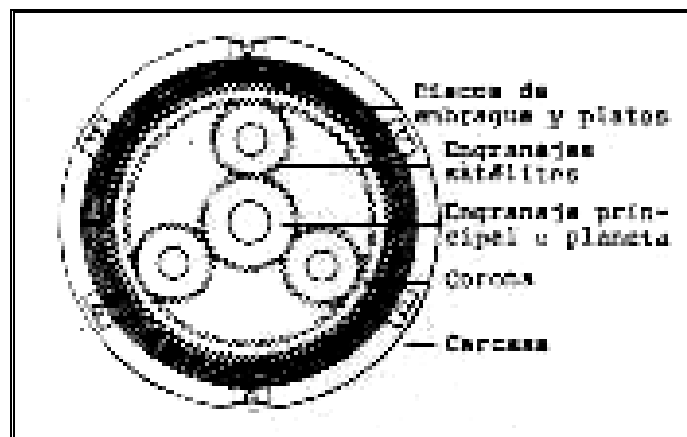


FIG 2-76 Engranaje planetario de caja de cambios

Puede observarse con una simple inspección de los dibujos que basta la simple fijación de uno de los elementos para que se produzca el movimiento relativo, lo cual puede dar origen a una multiplicidad de combinaciones.

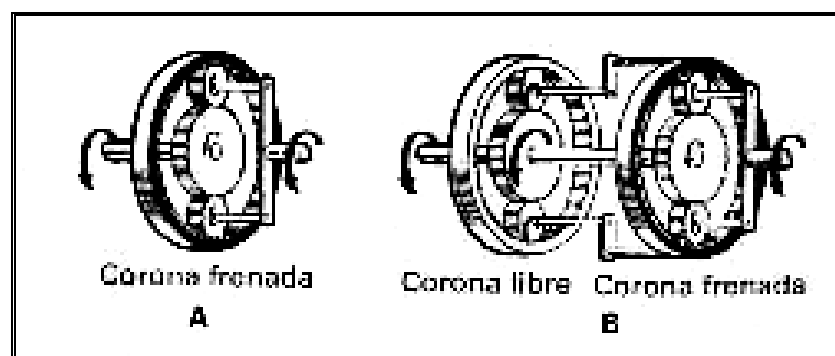


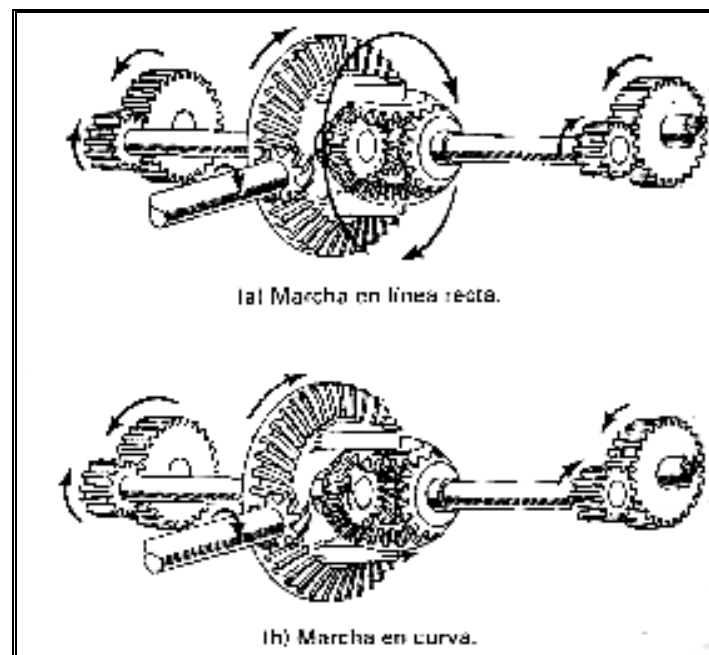
FIG 2-77 Esquema de combinaciones

Debe advertirse que el portasatélites no es solidario de los satélites ya que estos pueden girar libremente alrededor de aquel aparte de tener su propio movimiento de rotación como un conjunto.

Los engranes planetarios permiten la construcción de cajas de cambios extremadamente sencillas y, sobre todo, la posibilidad de hacer actuar cada una de las marchas por simple presión en los elementos que interese inmovilizar.

#### **2.1.1.2.4 GRUPO CÓNICO**

A la salida del eje secundario de la caja de cambios está el llamado, genéricamente grupo cónico, que consta de dos elementos principales: piñón de ataque y corona, muy similares a los utilizados en los automóviles.



**FIG 2-78 Grupo cónico**

La función principal del grupo cónico es aumentar todavía más el par motor reduciendo las revoluciones del eje de salida de la caja de cambios, cambiando simultáneamente la dirección de giro, originalmente paralela al cigüeñal, que queda finalmente en posición normal a ésta.

Para una mejor resistencia de los esfuerzos sufridos para el grupo cónico los dientes se tallan, en la mayor parte de los casos, en forma cónico-epiral, con lo que se produce poco ruido y reducido empuje sobre el piñón. En muchas maquinas de neumáticos se instala un mecanismo que compense las diferencias de giro, llamado mecanismo diferencial, muy similar al de los automóviles. Debe notarse que en las máquinas de neumáticos pesadas se adopta un sistema planetario reductor que se incorpora al mando final. Por otra parte en este tipo de maquinarias se emplea frecuentemente un sistema de bloqueo automático del

mecanismo diferencial en caso de patinaje una de las ruedas, de esta forma, se ordena el par de la rueda que tiende a atascarse por un terreno de poca adherencia.

#### **2.1.1.2.5 PROPULSIÓN**

El giro del motor llega, a través del embrague, cambio diferencial y palieres hasta las ruedas, cuyas bandas de rodadura al adherirse al piso, sirven de punto de apoyo y las obligan a rodar. Este impulso transmitido al chasis, produce su desplazamiento.

El sistema que realiza esta función, cuando las ruedas son traseras, se denomina propulsión y si lo son las delanteras, tracción. Recibe el nombre de propulsión total, el sistema en que todas las ruedas son motrices de forma continua u opcional.

#### **2.1.1.2.6 NEUMÁTICOS**

##### **2.1.1.2.6.1 USO DE LOS NEUMÁTICOS**

Las frecuentes investigaciones llevadas a cabo han dado como resultado que el resultado fundamental para el deterioro de un neumático, en forma prematura la generación de calor superior a las previsiones de fabricación. Cuando la generación de calor es tal que su transmisión a la superficie no consigue la distribución a la atmósfera por radiación, la reacción de vulcanización que convierten el calor en un compuesto homogéneo, se invierte dando origen a la descomposición del neumático. Esta alteración puede originarse también por esfuerzos de flexión excesivos que descomponen la estructura de las distintas partes del neumático. En general, se consigue efectos nocivos cuando se pasa de los 130 °C .

Pero aparte de los efectos irreversibles producidos por razones técnicas también la rodadura, en condiciones adversas puede ser suficiente para detener el neumático dejando inservible.

Existen tablas de cada fabricante para determinar los usos de cada neumático en la que se presentan los límites de producto:

Carga media, velocidad media, en milla/hora o en Km./h.

Las tablas se definen para una temperatura media de 32°C .o su equivalente 100 °F . Aunque los valores límites vienen indicados por las tablas no se recomienda pasar el valor de 110 (en valores métricos o su equivalente 230 en sistema sajón) debido a que el proceso de vulcanización del caucho tiene lugar a una temperatura cercana a los 130°C .

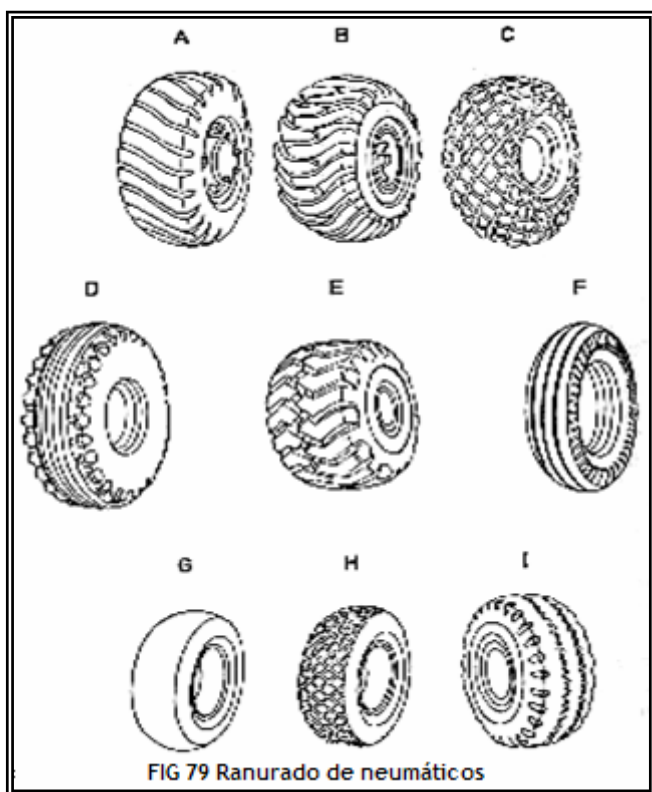
Existen tablas en las que para cada tipo de máquina y para las velocidades de trabajo mas usuales se determina los limites de carga elástica que soporta el neumático en función de la presión de inflada.

Estas tablas están publicadas por la Asociación Americana de Fabricantes de Neumáticos (TRA) y reflejan lo establecido en las normas SAE-J1015.

### 2.1.1.2.6.2 DIBUJOS DE LOS NEUMÁTICOS

La experiencia ha mostrado que el comportamiento en cada caso particular de un dibujo de la capa de rodadura es más conveniente para unas aplicaciones que para otras. Los dibujos más

comunes son los siguientes:



- A) De barras duras
- B) De barras direccionales
- C) Botón
- D) Ruedas frontales direccionales
- E) Para roca
- F) Para motoniveladora
- G) Lisas
- H) Con pequeño dibujo en la banda de rodadura.
- I) Con pequeño dibujo en la banda de rodadura.

### 2.1.1.2.6.3 CODIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE NEUMÁTICOS

Muy recientemente se ha establecido en Estados Unidos un sistema de clasificación para los neumáticos empleados en máquinas pesadas para **obras públicas** de mantenimiento de tierras.

Los tipos seleccionados (Los usados para obras publicas exclusivamente) se indican seguidamente por una letra y un número con su aplicación figurada a continuación la inicial corresponde a la palabra inglesa del tipo de máquina en cada caso.

## **Compactador**

C.1 – liso

C.2 – estriado

## **Maquina de movimientos de tierras.**

E.1 – nervaduras

E.2 – tracción.

E.3 – roca

E.4 – rocas, bandas de rodadura profunda.

E.5 Flotación.

## **Motoniveladoras**

G.1 – nervaduras

G.2 – tracción

G.3 – rocas

G.4 – bandas de rodadura profunda para rocas.

## **Cargadores y tractores de empuje**

L.2 – tracción

L.3 – rocas

L.4 – rocas, bandas de rodadura profunda

L.5 - rocas, bandas de rodadura muy profunda

L.35 – lisas

L.45 – Bandas de rodadura lisa profunda.

L.55 – bandas de rodadura lisa externa profunda

L.M.55 – media banda extra profunda.

Los neumáticos radiales de fabricación Michelin se clasifican por las siguientes siglas en un total de 18 diseños de banda de rodadura.

A su vez, se clasifican por su constitución interna según sus aplicaciones; el TIPO A, empleado cuando hay mas riesgo de cortaduras, penetración, etc; el TIPO B, especialmente resistente al calor (el mas usado), y el TIPO C, el mas adecuado para la circulación a mayor velocidad.

### **2.1.1.1.6.4 PRESIÓN DE INFLADO**

Se comprende que la presión de inflado tiene una gran repercusión en el área de la huella que produce en el terreno y esta condicionada por la capacidad portante del terreno sobre el que se apoya.



En terrenos muy blandos y húmedos se llega a presiones de inflado tan bajas como 0.75 Kg/cm<sup>2</sup> con la que se evita la penetración en el suelo sin embargo lo normal son presiones de 1.75 Kg/cm<sup>2</sup> (equivalente a 25 lb/plg<sup>2</sup>) a 5,62 Kg/cm<sup>2</sup> 80lb/plg<sup>2</sup>) si bien depende de las condiciones de operación y las recomendaciones del fabricante del neumático.

Para aumentar las condiciones de adherencia, a veces se llenan parcialmente los neumáticos de agua deben tomarse precauciones especiales para evitar que se congele cuando las temperaturas son bajas como anticongelantes se emplean el cloro, el calcio en porciones de 0.4 a 0.6 kg/lt de agua, llenado a los 75 por 100 o a nivel de válvula). Caterpillar recomienda rellenar los neumáticos con  $N_2$  seco.

Resulta interesante recalcar el interés que a efectos de mejores condiciones de rodadura presentan aquella maquinas cuya separación de ruedas delanteras es igual a las de las traseras ya que estas siguen las huellas de aquellas que pasan por un terreno mas compacto.

### **2.1.1.2.7 TREN DE RODAJE**

#### **2.1.1.2.7.1 TRENES DE RODAJE DE TRACTORES**

Para tener una garantía de los tractores en las condiciones mas adversas de tiempo de terreno se ha utilizado desde hace muchos años el tren de rodaje o de cadenas. El sistema es asimilarle al transporte de ferrocarril, si bien el carril, en este caso, es articulado y sin fin.

Las piezas principales de que consta un tren de rodaje de orugas son las siguientes:

- ruedas cabillas
- ruedas tensoras
- rodillo de apoyo inferiores
- rodillos superiores
- casquillas
- eslabones de cadena
- tejas
- Balones
- Elementos de fijación de las tejas (tornillos y tuercas)

#### **2.1.1.2.7.1.1 RUEDA CABILLA O MOTORA**

Las ruedas cabillas son las ruedas motoras de toda la cadena y pueden estar compuestas de una sola pieza o tratarse simplemente de una rueda con taladros en su periferia, en donde se

atornillan (o se fijan por otro procedimiento) distintos segmentos con forma de piñón sobre los que se deslizan una cadena.

Los dientes de las ruedas cabillas son fresados y mecanizados con gran precisión para evitar concentración de cargas.

Cuando el número de dientes de la cabilla es par, los casquillos encajan siempre en los mismos dientes, trabajando por tanto solo la mitad de estos. Para utilizar la rueda dentada completa debe desmontarse la cadena una vez que la primera mitad se ha desgastado hasta un límite prefijado y girar la rueda un diente, de modo que trabajen los demás dientes. Si el número de dientes es impar, la rueda llega hasta el final de su vida desgastando los dientes por igual, ya que en cada vuelta de aquella los casquillos se apoyan en distinta serie de dientes.

En muchos tractores para corregir los desgastes anormales de las ruedas cabillas o motoras, se ha procedido al establecimiento de sectores atornillados al cabo que facilitan su rápido recambio a pie de obra.

En la rueda cabilla se observa que después de un número suficiente de horas de trabajo, el efecto de desgaste producido por el apoyo de los casquillos..Con coronas y cadenas nuevas, la línea límite de desgaste esta alrededor de 25 mm de la cresta del diente y a medida que se desgasta esta distancia se disminuye.

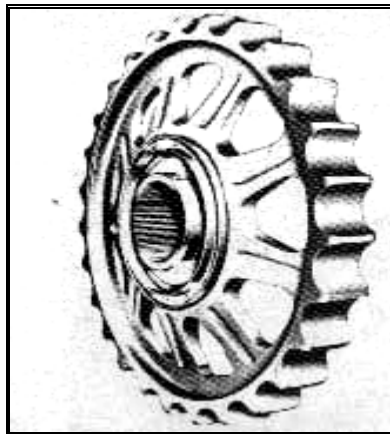


FIG 80 Rueda cabilla

#### **2.1.1.2.7.1.2 RUEDA TENSORA O GUÍA**

La rueda tensora está compuesta normalmente de chapa soldada y tienen también gran resistencia a la abrasión y es, como la rueda cabilla, endurecida por inducción por tratamiento térmico en su superficie.

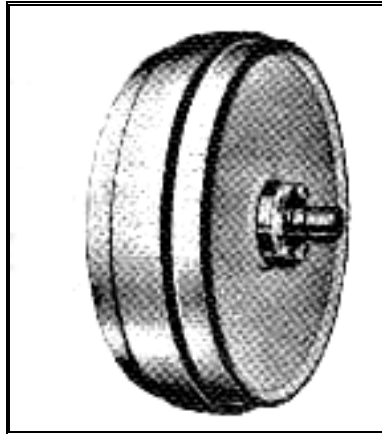


FIG 81 Rueda tensora

No es normal que se presente un desgaste importante en las ruedas tensoras dado que el tratamiento térmico a que están sometidos aumenta la dureza de su superficie. En donde resultan con desgastes nominales es en las palas cargadas sobre orugas, ya que en este caso el esfuerzo de giro puede ser mas importante. El recargue con soldadura eléctrica de las zonas desgastadas constituye la operación mas idónea.

### **2.1.1.2.7.1.3. RODILLOS**

Los rodillos de apoyo inferiores, en números que oscila de cuatro a siete, son metálicos construidos con un rodamiento interior o casquillos de bronce o de otro metal con gran facilidad de deslizamiento, y sumergidos en un baño de aceite y protegidos eficazmente.

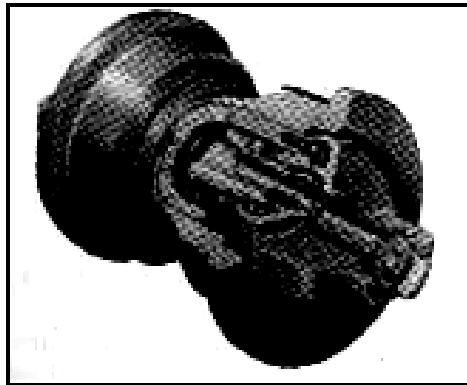


FIG 82 Rodillo

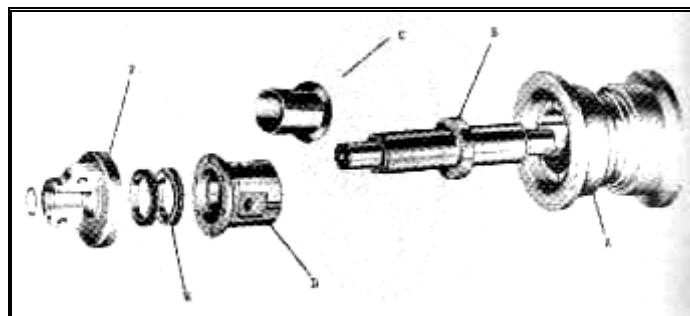


FIG 2-83 Despiece del rodillo

Los rodillos superiores tienen una constitución muy similar a los de apoyo, aunque su trabajo es menor, y se disponen en número de uno o dos en los modelos más usuales de tractores. Los rodillos y la rueda tensora va normalmente montados en un bastidor.

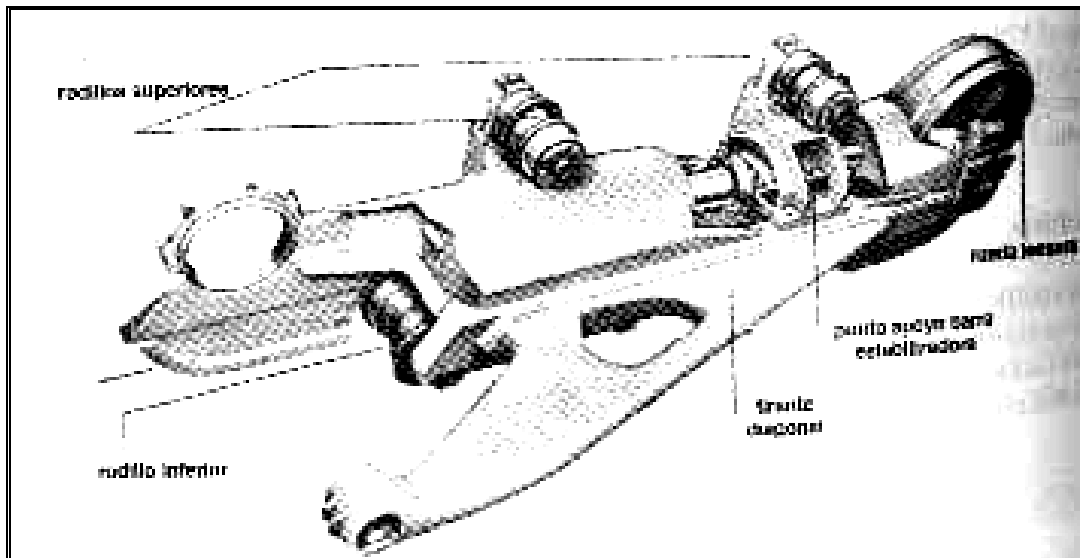


FIG 2-84 Bastidor

#### **2.1.1.2.7.1.4. ESLABONES, CASQUILLOS Y BULONES**

Los eslabones forman las piezas elementales de la cadena, y aunque los de una cadena son similares a los de la otra, no son idénticos.

Los eslabones se unen entre sí por los casquillos, que entran suficientemente ajustados en ambos eslabones, derecho e izquierdo, del mismo lado constituyendo el núcleo elemental de la misma.

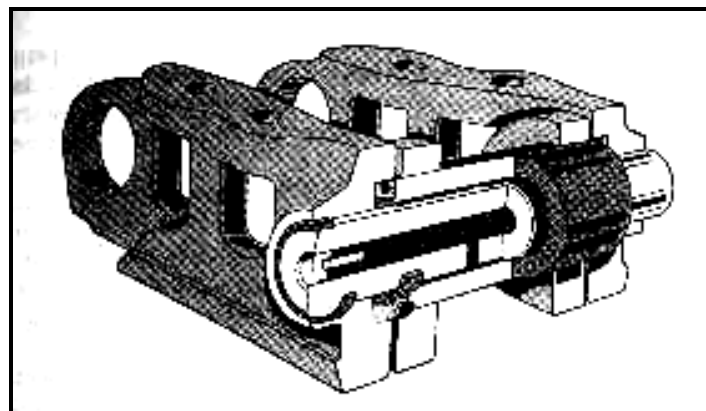


FIG 2-85 Eslabones, casquillos y bulones

Los bulones pasan por el interior de los casquillos con una cierta holgura que permite su giro, quedando fijados también a presión por elementos protectores en la parte exterior de los

eslabones, el sellado de la cavidad entre casquillo y bulón se consigue por medio de ingeniosos dispositivos de arandelas a presión en la mayor parte de los casos.

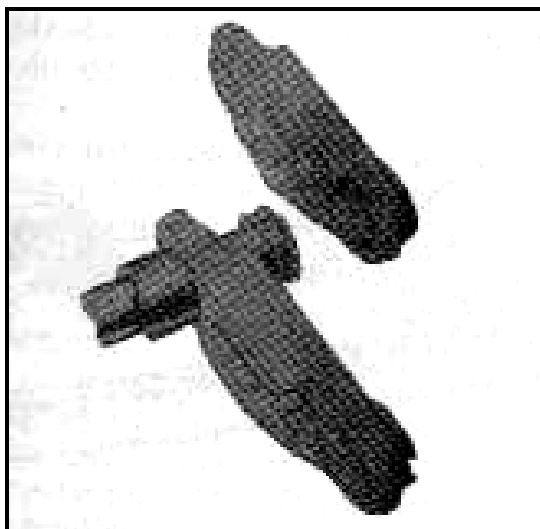


FIG 2-86 Sellado de cadenas

Dado que el movimiento de giro de la articulación tiene lugar en situación de tracción de la cadena, existe un rozamiento entre bulón y casquillo, origen del desgaste, que provoca el aumento de longitud de la cadena.

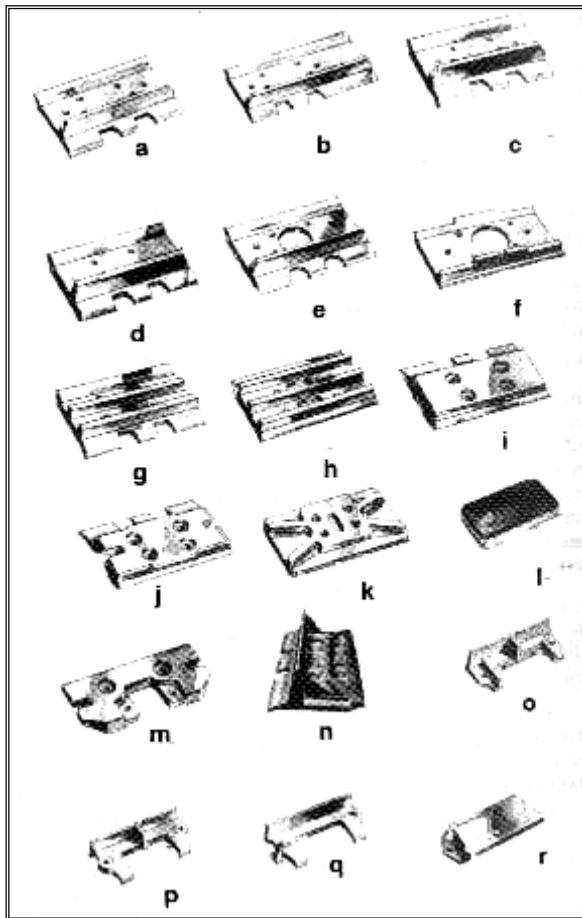
Para evitar este desgaste se ha recurrido a múltiples artificios; el más indicado es el de sellado hermético de la cadena para evitar la entrada de materias abrasivas que pudieran producir un proceso acelerado de desgaste.

En general, una cadena no debe aumentar su paso en más de 3 mm. para asegurarse la coincidencia perfecta del paso de la rueda cabilla con el de la cadena, dado que si un casquillo no se alejara entre dos dientes consecutivos de la rueda cabilla y tropezase en la cresta de un diente causaría desgastes muy perjudiciales a la rueda motora y a todo el sistema.

#### **2.1.1.2.7.1.5 TEJAS O ZAPATAS**

Las tejas son el elemento de contacto del tren de rodaje de orugas con el elemento de sustentación; tiene diversas formas, según sea.

- a) Estándar de una garra.
- b) Estándar descentrada
- c) De una garra para uso especial.
- d) Para condiciones extremas
- e) Estándar de abertura central



- f) Semicalada
- g) De doble garra
- h) De triple garra
- i) Teja plana para fundiciones.

FIG 2-87 Tejas o zapatas Caterpillar

La misión de las tejas es proporcionar a la maquina de cadenas un apoyo firme para el desplazamiento.

Las tejas están construidas con acero de un contenido medio de carbono con superficie endurecida térmicamente.

Los factores que deben tenerse en cuenta para un tipo de teja son:

**Flotación.** Varía en función de la presión del tractor sobre el terreno. La flotación del tractor puede regularse fácilmente variando el ancho de la zapata o teja.

**Tracción.** La tracción depende de la capacidad de las tejas para su penetración y resistencia al deslizamiento en el terreno, facilitando así el avance de la máquina.

**Penetración.** Es la capacidad de una teja de afianzarse en el terreno. Sobre este factor se puede influir variando las garras o su número.

Existen muchas opciones de zapatas para adaptarse a múltiples circunstancias. Las tejas se fijan a los eslabones mediante tornillos y tuercas tratadas y diseñadas para impedir que se aflojen durante el trabajo.

### **2.1.1.2.7.2 RODAJES DE ESCAVADORAS**

Estas máquinas precisan desplazamientos mucho menores que los tractores, por lo que sus trenes de orugas son esencialmente distintos. En las excavadoras las ruedas motoras o tensoras son de un perfil especial que autoelimina la suciedad, barro, tierra, etc.; los eslabones forman por lo general una sola pieza con las tejas; no se emplea normalmente el casquillo como elemento de unión, sino simplemente un bulón con un fiador que impide su salida.

La superficie de apoyo es normalmente plana y no tiene los realces de que disponen las tejas de los tractores de orugas y cadenas.

El apoyo se realiza por rodillos en la parte superior e inferior o bien por ruedas que al estar fijas en el bastidor de la oruga producen el apoyo den la parte superior e inferior de la oruga simultáneamente.

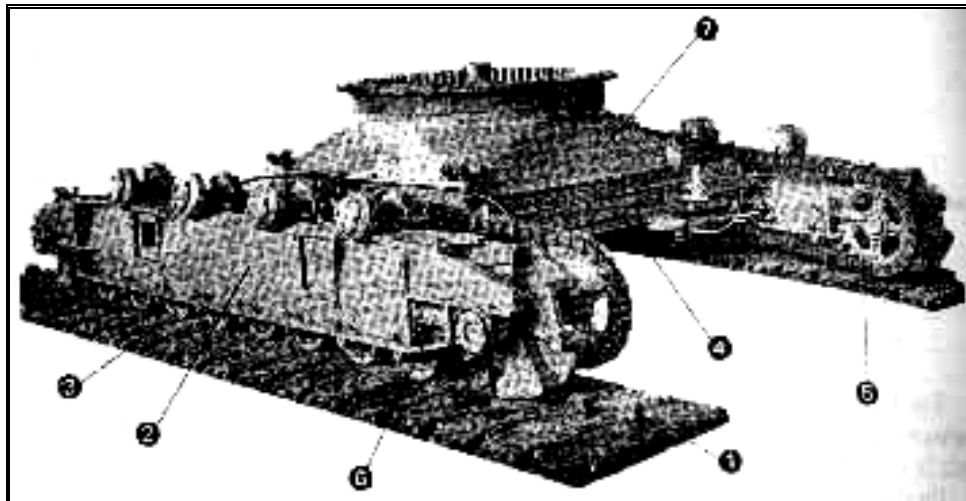


FIG 88 Rodaje de excavadora

- |                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| 1. Zapatas               | 5. Ruedas motriz y tensora |
| 2. Larguero del bastidor | 6. Tornillos tensores      |
| 3. Rodillos              | 7. Cuerpo central          |
| 4. Travesaños            |                            |

### **2.1.1.3 SISTEMA CHASIS**

#### **2.1.1.3.1 BASTIDOR**

El bastidor es el armazón metálico sobre el que se montan y relacionan todos los elementos del automóvil: la carrocería, el motor y la transmisión por un lado y la suspensión con las ruedas por el otro. Normalmente está constituido por dos largueros unidos entre sí por varios travesaños, piezas todas ellas de acero estampado con sección en U, tubular o rectangular; de diversas formas rectas, curvas o en X.

#### **2.1.1.3.2 SUSPENSIÓN**

##### **Suspensión**

La suspensión de un vehículo tiene como cometido “absorber” las desigualdades del terreno sobre el que se desplaza, a la vez que mantiene el contacto de las ruedas con el pavimento, proporcionando a los pasajeros un adecuado nivel de confort y seguridad de marcha, y protegiendo la carga y las piezas del automóvil.

El sistema está compuesto por un elemento flexible (muelle de ballesta o helicoidal, barra de torsión, estabilizador, labilizador, muelle de goma, gas o aire), y un elemento de amortiguación (amortiguador), cuya misión es neutralizar las oscilaciones de la masa suspendida originadas por el elemento flexible al adaptarse a las irregularidades del terreno. Son elementos auxiliares o complementarios del sistema de suspensión, los neumáticos y los asientos.

##### **Ballestas**

Las ballestas constan de una serie de laminas de acero resistente y elástico. La primera y la más larga es la hoja maestra, que termina en dos encorvaduras formando un ojo, por el cual y con interposición de casquillos de bronce se articula al larguero. La segunda hoja es a veces de la misma longitud que la maestra; las demás van siendo más pequeñas y curvadas.

##### **Muelles helicoidales**

Sustituyen a las ballestas en la mayoría de los vehículos modernos. De gran efectividad y reducido tamaño presentan grandes ventajas para la suspensión independiente en maquinaria pequeña.



### **2.1.1.3.3 DIRECCIÓN**

Según el tipo de máquina, es su dirección.

Los vehículos pesados a ruedas tienen dirección hidráulica en el eje delantero que es el que puede girar el eje normal de las ruedas.

En maquinaria de oruga, en cambio la dirección depende de los embragues de dirección que permiten contar con las siguientes variantes de movimiento de las orugas: a) derecha adelante, e izquierda adelante, b) derecha adelante, e izquierdo pivot c) derecha atrás, e izquierdo pivot, e) izquierda adelante, y derecha pivot, f) izquierda atrás y derecha pivot, g) derecha atrás e izquierda atrás.

### **2.1.1.3.4 FRENOS**

El freno es el mecanismo del vehículo para hacer disminuir su velocidad o incluso detenerlo.

Componentes básicos de una instalación de frenos

Una instalación de frenos consta de

- Dispositivo de suministro de energía
- Dispositivo de accionamiento
- Dispositivo de transmisión para la regulación del esfuerzo de frenado

## Rear Wheel Brake

N-m (kg-m/lb-ft)

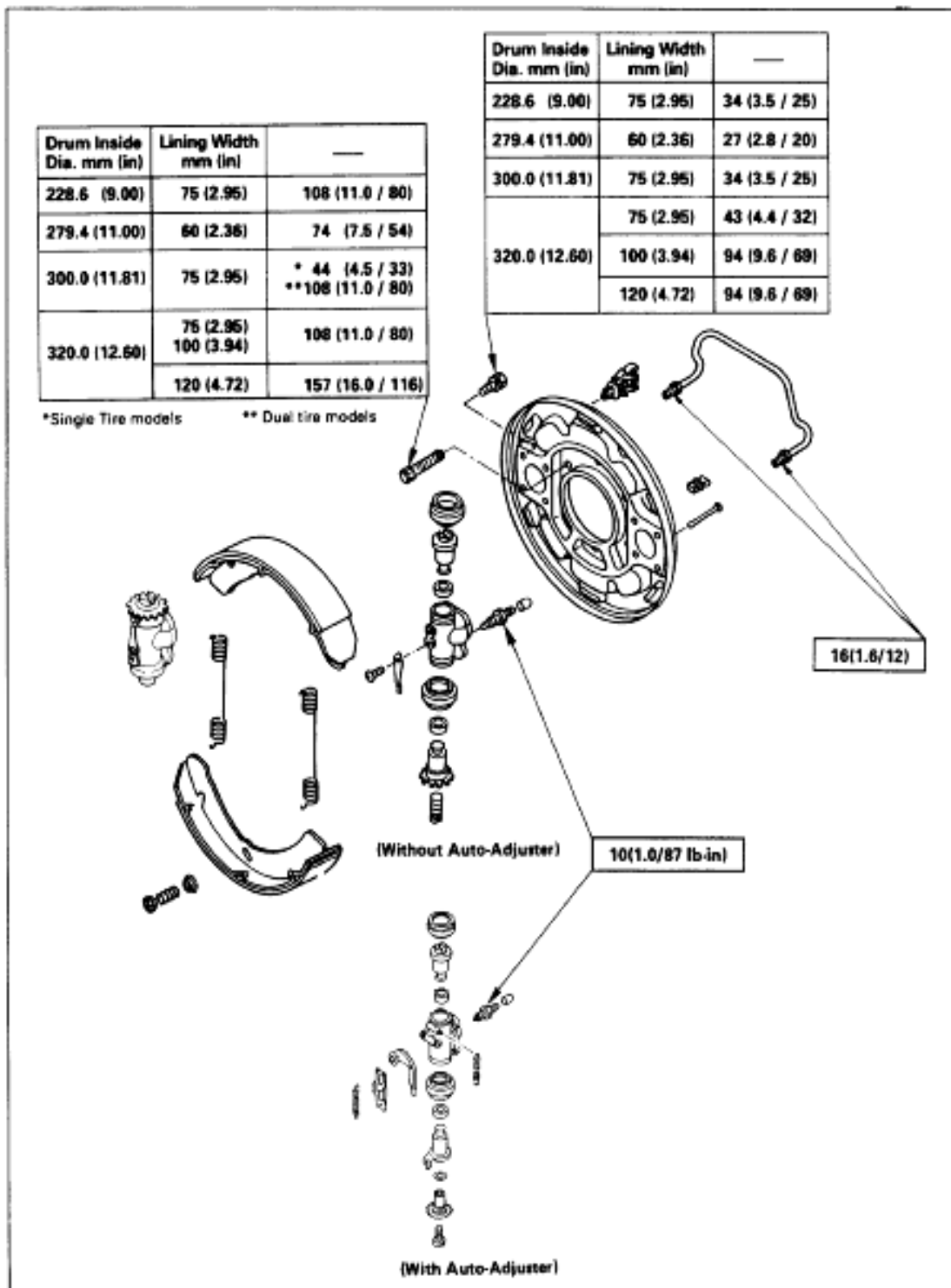


FIG 2-89 Vista de ensamble del freno trasero de un Camión Isuzu NHR

### 2.1.1.3.4.1 FINALIDAD DE UNA INSTALACIÓN DE FRENOS

Según normas sobre frenos, el equipamiento de los frenos de vehículos industriales ha de constar con:

- Instalación de frenos de servicio
- Instalación de frenos auxiliares.
- Instalación de frenos de estacionamiento
- Instalación de freno continuo
- Instalación de frenos automáticos

Para producir un discreto descenso de velocidad, en primer lugar se utiliza el freno del motor. Se da este nombre al efecto que se produce al dejar de acelerar la máquina pues el motor tiene que realizar un esfuerzo para vencer el tiempo de compresión proporcional a la cilindrada del vehículo y a la relación de compresión. De modo que el freno motor es un freno complementario al verdadero freno del vehículo. Los tipos más corrientes de frenos de vehículos son los siguientes:

- De cinta
- De zapatas
- De disco

Las instalaciones de freno de servicio y de estacionamiento poseen dispositivos separados de accionamiento y de transmisión.

#### **2.1.1.3.4.2 FRENO DE CINTA**

El freno de cinta es el utilizado corrientemente en los tractores de oruga, combinando su acción con los embragues de dirección en los giros del tractor. Se compone este freno de una banda metálica sobre la que se montan los forros que rodean al tambor giratorio solidario con las ruedas. La banda va cogida en sus extremos por unos soportes que se articulan independientemente. Cuando se acciona el pedal una varilla hace girar la biela, tirando al mismo tiempo de los extremos de la banda metálica. De esta forma el rozamiento de la banda contra el tambor, hace disminuir su velocidad, llegando incluso a pararlo.

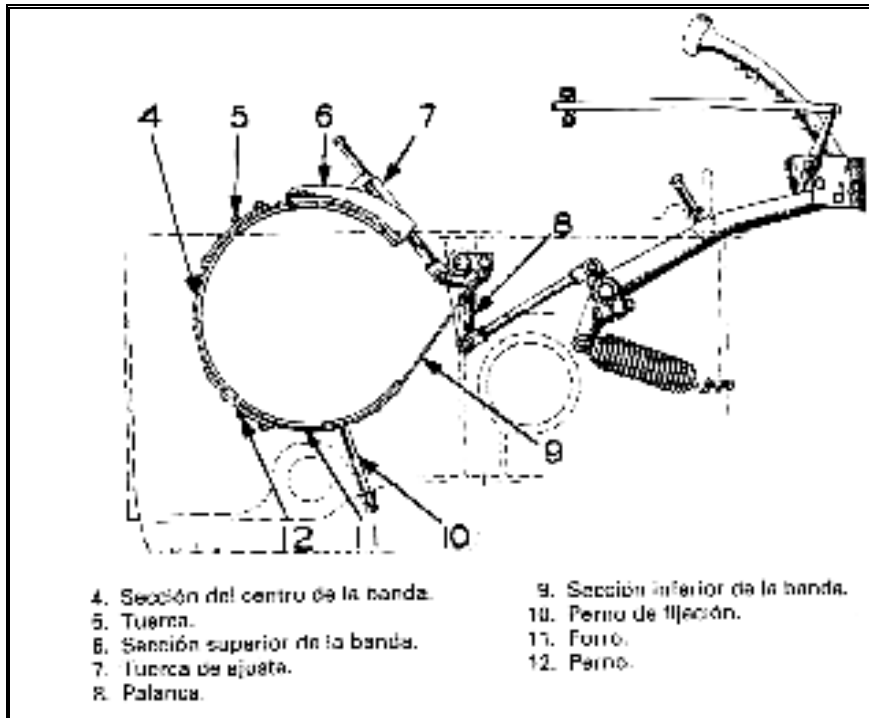


FIG 2-90 Freno de Cinta

### 2.1.1.3.4.3 FRENO DE ZAPATAS

El freno de zapatas es muy utilizado en los vehículos de neumáticos. Está formado por un plato fijo solidario con la trompeta del puente. En el plato va situado el eje, sobre el que se articulan los extremos de las zapatas, que llevan en su superficie unos forros. Los extremos de la zapata se apoyan sobre una excéntrica unida a una varilla, la cual se acciona con el pedal del freno. Un muelle es el encargado de que en todo momento las zapatas estén en contacto con la excéntrica.

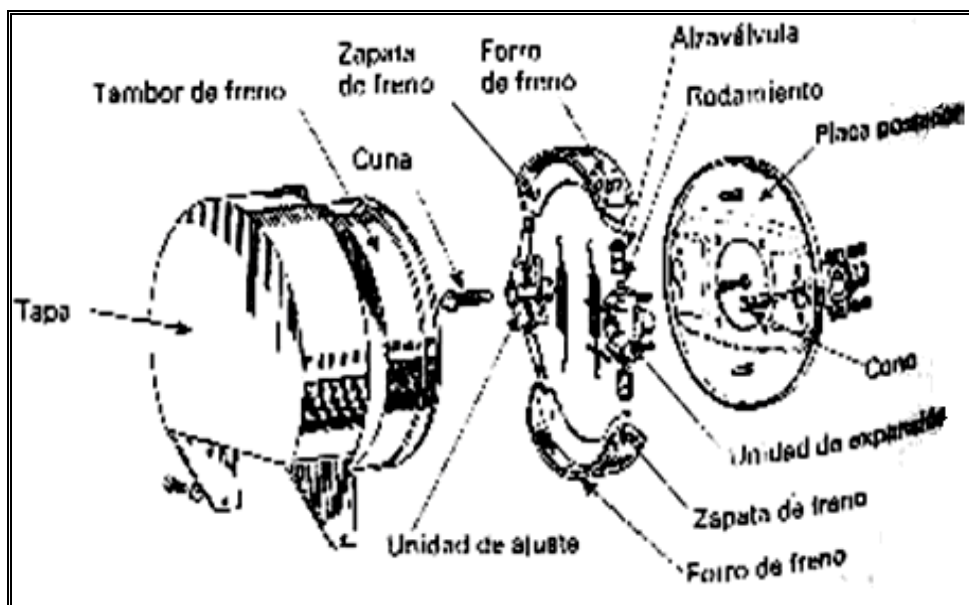


FIG 2-91 Freno de zapata

### 2.1.1.3.5 CABINA

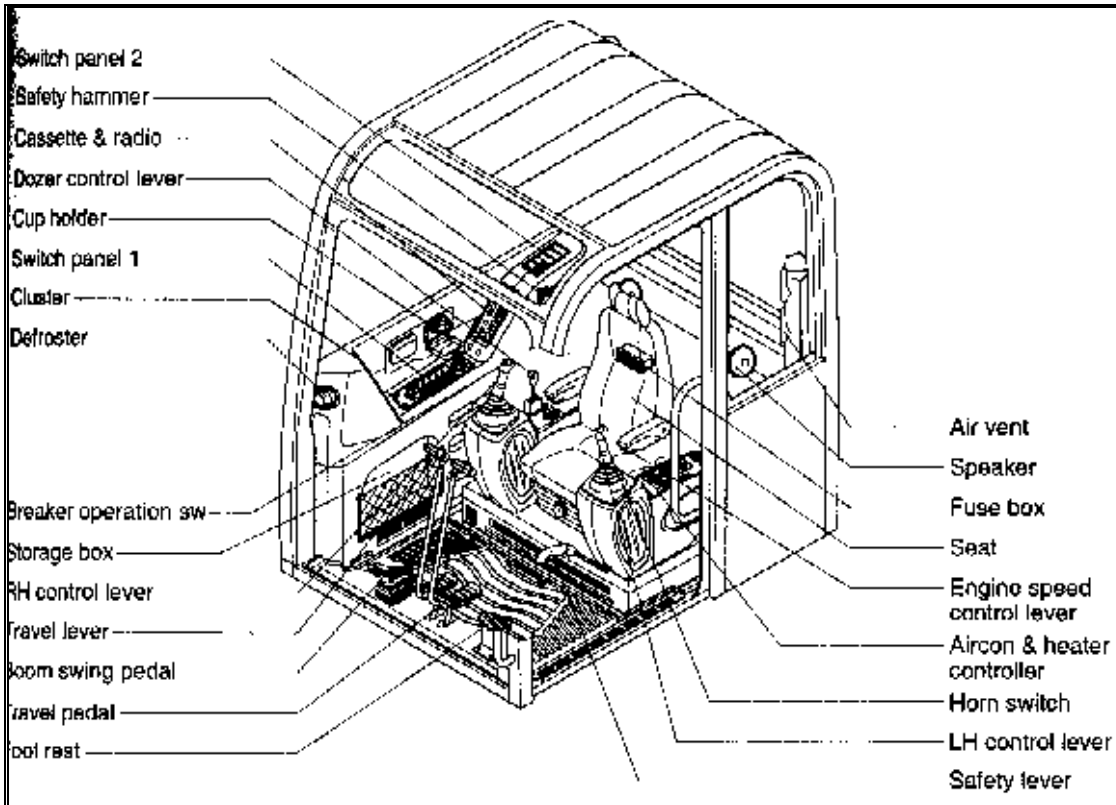


FIG 2-92 Cabina típica de retroexcavadora

La cabina es el sitio desde donde el operador de la maquinaria o vehículo hace uso de los controles de la misma para lograr que la máquina realice el trabajo para el cual fue construida.

Las características de una cabina varían dependiendo del tipo de máquina al que pertenezca, siendo mayormente conocida, por obvias razones, la cabina del camión o cabezal que son básicamente similares.

En una cabina de retroexcavadora, por ejemplo, los controles se ubican de la siguiente manera: al lado derecho se encuentra el control de velocidades que permite elegir entre velocidad lenta y rápida de movimiento de las orugas; también en el mismo lado se encuentra la palanca o joystick que permite mover el boom hacia arriba o hacia abajo y además permite girar la parte superior de la máquina (a la que pertenecen la cabina y todo el brazo) hacia derecha o izquierda; a la izquierda del asiento se ubica la palanca que permite alzar o bajar la articulación del brazo y alzar o bajar la pala.

Adelante se encuentran las palancas que permiten el movimiento independiente de cada una de las orugas para adelante o atrás a similar velocidad.

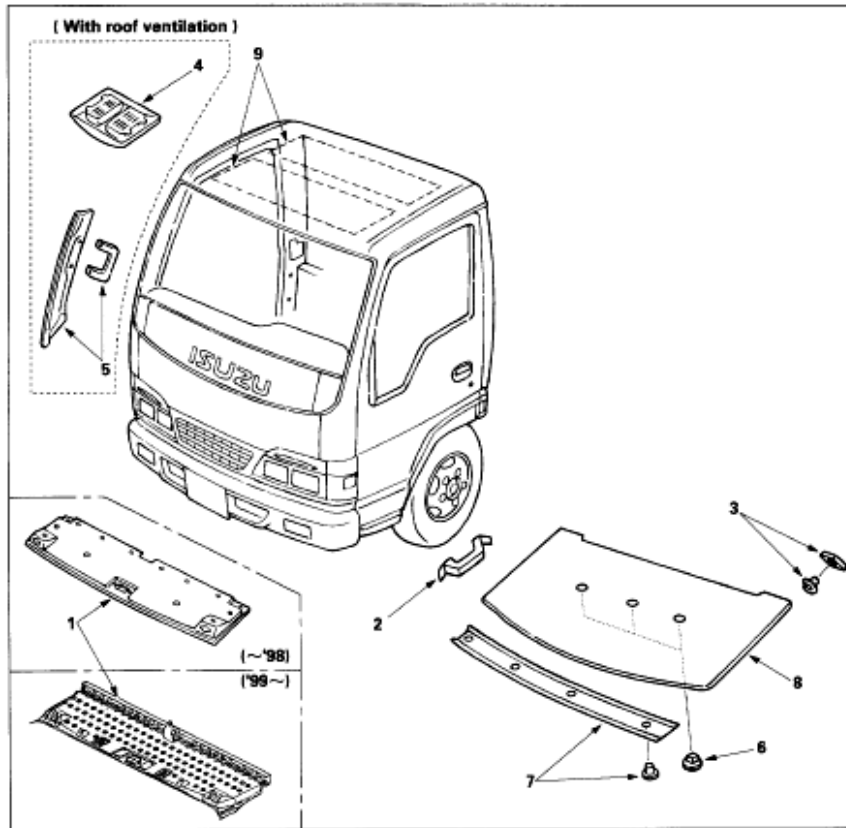


FIG 2-93 Cabina típica de camión

En las cabinas de otras máquinas como elevadoras, sidebooms, o escavadoras cargadoras, se pueden encontrar controles hidráulicos y de cable para manejar algunas de sus funciones.

### **2.1.1.3.6 MANDOS FINALES**

La última reducción antes de llegar a las ruedas motrices se consigue con los mandos finales, aumentando el par que llega hasta ellos seleccionando el tipo de marcha preferentemente en la caja de cambios.

Por mandos finales se entiende el sistema de piñones y coronas que va desde la salida del embrague de dirección hasta la rueda motora. Son objeto de vigilancia periódica por su importancia en el funcionamiento de la máquina.

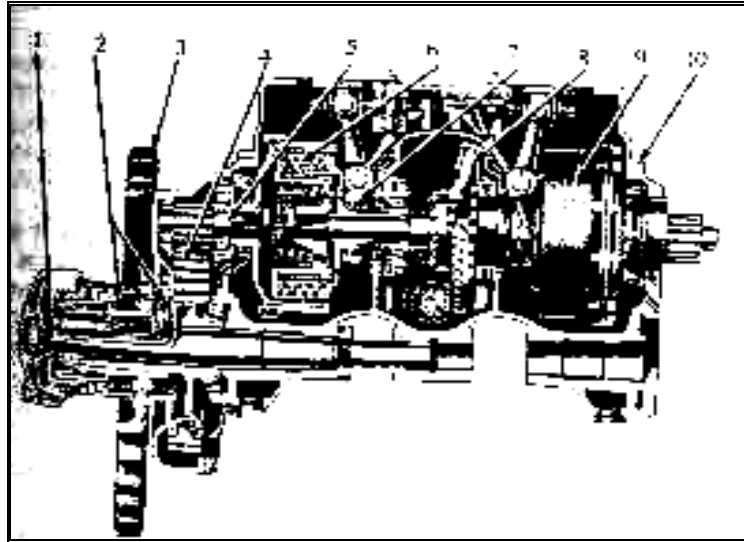


FIG 2-94 Vista en corte del mando final y embrague de dirección

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 1. Eje de la rueda dentada   | 6. Embrague de dirección                               |
| 2. Sellos de mando final     | 7. Rodamiento de desembrague del embrague de dirección |
| 3. Rueda dentada motriz      | 8. Corona  |
| 4. Engranaje del mando final | 9. Tambor del freno                                    |
| 5. Piñón del mando final     | 10. Caja del embrague de dirección                     |

Existen varios tipos de mandos finales, pero principalmente se distingue el de la retroexcavadora, que utiliza cadenas en la primera transmisión y los de los tractores, que pueden tener uno o dos multiplicadores; en los tractores mas complejos se tiene el mando final tipo planetario.



FIG 2-95 Mandos finales de engranajes planetarios en cargadores de ruedas, camiones de obras, tractores de cadenas, mototraillas y arrastradores de troncos

Se caracterizan por:

- Configuraciones de reducción simple, doble y triple
- Entradas de par de 2.500 a 25.000 lb-pie. (3.390 a 33.900 N·m)
- Una amplia selección de relaciones de marcha
- Autolubricación
- Sellos de superficie metálica de larga duración
- Diseño compacto

### **2.1.1.3.7 HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS**

#### **2.1.1.3.7.1 HERRAMIENTAS DE CORTE**

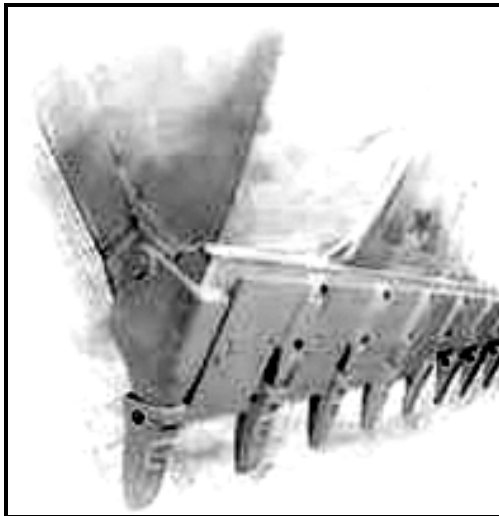


FIG 2-96 Cucharón de cargadora

Los fabricantes de equipo original pueden seleccionar de la línea completa de herramientas de corte para máquinas. De cucharones completos a cuchillas, de dientes de cucharón al Sistema Guardaesquinas patentado por Caterpillar, se puede seleccionar herramientas de corte fáciles de instalar para hacer que las máquinas sean más productivas. Y se puede obtener justo la herramienta de corte adecuada en una amplia variedad de tamaños y longitudes tanto en configuraciones soldadas como empernables para acomodarse a una aplicación específica.



### **2.1.1.3.7.2 CUCCHARONES PARA ESCAVADORA**

Las excavadoras son generalmente máquinas de producción juzgadas en yardas de material movido o metros de zanja terminada. Por lo tanto, necesitan generar salida máxima. Las herramientas de corte adecuadas pueden ayudar a obtener dichas metas.

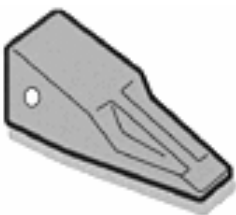
Los cucharones para excavadora normalmente usan cuchillas y adaptadores soldados de dos bandas. Existen adaptadores que están especialmente diseñados para excavadoras pero aceptan las mismas puntas que se usan en los cucharones para cargadores. Existen cuchillas de base de sección a granel sin adaptadores y algunos cucharones de pedido especial.

### **2.1.1.3.7.3 CUCHILLA DEL CUCCHARÓN**

El conjunto de cuchilla (cuchilla con adaptadores soldados) está disponible para cada estilo y ancho de cucharón. Los adaptadores soldados aceptan las mismas puntas que se usan en los cargadores Caterpillar. Las cuchillas de base de sección a granel sin adaptadores también están disponibles.

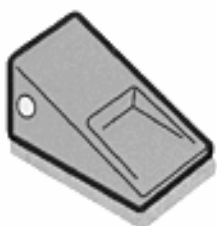
### **2.1.1.3.7.4 OPCIONES DE PUNTA DE CUCCHARÓN**

#### **Penetración:**



- Se usa en material densamente compactado, tal como la arcilla
- Proporciona buena protección
- Autoafilable

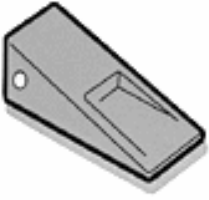
#### **Corta:**



- Se usa en trabajos de alto impacto y dislocación

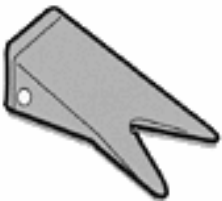
- Extremadamente fuerte
- Vida útil larga

**Larga:**



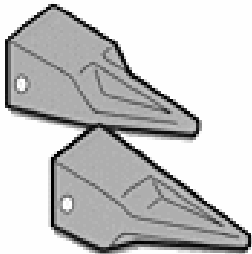
- Se usa en la mayoría de las aplicaciones generales donde la rotura no es un problema

**Afilada doble:**



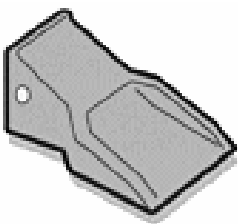
- Se usa para excavación severa en roca y terrenos congelados
- Se usa como esquina del cucharón para reducir el desgaste del cucharón

**Afilada/Afilada de esquina:**



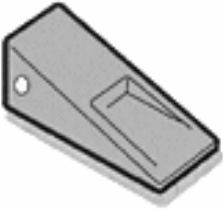
- Se usa en material densamente compactado, tal como la arcilla
- Mejor penetración
- Con menos material de desgaste

**Abrasión de servicio pesado:**



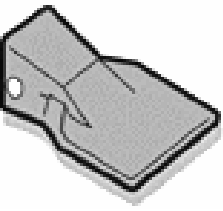
- Se usa en máquinas más grandes cuando se trabaja en arena, grava y roca dinamitada
- Material de desgaste máximo

### **Larga de servicio pesado:**



- Se usa en máquinas más grandes en trabajos generales de carga y excavación
- Tiene vida útil más larga y mayor resistencia

### **Ancha:**



- Proporciona un suelo limpio con menos derrames
- Tiene más material de desgaste que la punta larga

## **GRUPO DE FIGURAS 2-97 Cuchillas de cucharón**

### **2.1.1.3.7.4 OREJETAS**

Todos los cucharones para zanjas deben estar equipados con orejetas. Las orejetas aumentan la penetración del cucharón, aumentan su capacidad y protegen las planchas laterales del cucharón. También pueden aumentar el ancho de corte del cucharón. Hay disponibles cuatro diseños de orejetas.



FIG 2-98 Tipos de Orejetas

#### 2.1.1.3.7.5 SELLOS DE RANURA METÁLICOS

Los sellos de metal se usan en las aplicaciones de servicio extremo en las que fallan los sellos de labios de goma blanda. Estos sellos duran miles de horas sin mantenimiento ya que contienen aceite lubricante permanentemente sellado y evitan la entrada de sustancias abrasivas dañinas como suciedad o arena. Caterpillar® ofrece una línea expandida de sellos Duo-Cone y de doble pestaña con tamaños que van de las 3 a las 37 pulgadas de diámetro. Las aplicaciones típicas son las máquinas para minería y construcción, así como la maquinaria agrícola.



FIG 2-99 Sellos metálicos

## Ventajas del sello ranura metálicos

- Aumento significativo de la vida útil del sello con respecto a los sellos de labio
- Mejora de la retención de la lubricación y de la exclusión de contaminantes en una amplia gama de aplicaciones
- Permite el uso de aceite como lubricante en lugar de grasa, lo cual puede reducir la pérdida de lubricante por fricción y prolongar la vida útil

**TABLA 2-05 Aplicaciones del sello ranura metálicos**

Tractores agrícolas	Bombas
Sinfines	Traíllas
Ejes	Arrastradores de troncos
Retroexcavadoras	Palas
Clasificadores	Tractores para pistas de esquí
Bandas transportadoras	Transportadores
Torres de perforación	Camiones
Excavadoras	Tuneladoras
Motoniveladoras	Vagones
Vehículos de acarreo	Equipo ferroviario
Cargadores	Vehículos militares

## **2.1.2 INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

### **2.1.2.1 NIVELES Y CATEGORÍAS DE MANTENIMIENTO**

#### **2.1.2.1.1 NIVELES DE MANTENIMIENTO**

##### **2.1.2.1.1.1 ESCALON PRIMERO**

Compuesto por el conductor o maquinista y, en su caso, el ayudante.

La instrucción de este escalón primero es de la incumbencia de los jefes de equipo de obra y debe encaminarse a lograr un perfecto conocimiento de los tipos de lubricantes que han de emplearse y la situación de los puntos de engrase y forma y período de engrase. Hay que lograr en estas tareas un sentido de automatismo conforme a la clase tipo y modelo de máquina que corresponda.

##### **2.1.2.1.1.1.1 MISIONES**

Limpieza, tanto interna como externa de la máquina que habrá de realizarse diariamente a la terminación de los servicios prestados.

Puesta en servicio, que comprende repostar combustible, aceite y refrigerante así como la verificación de la presión de inflado de neumáticos o tensión de cadenas en su caso, etc.

Engrase de todos aquellos puntos que se establecen en las guías reglamentarias y colaboración para esta tarea con los equipos especiales del escalón segundo.

Conservación de las herramientas, equipo y documentación asignadas.

Revisión periódica diaria y colaboración en las revisiones semanales o quincenales con participación en estas últimas del escalón segundo.

Reparación de urgencia, principalmente en el caso de servicios aislados, cuando la competencia de los conductores permita que el jefe de equipo de obra la autorice

##### **2.1.2.1.1.2 ESCALÓN SEGUNDO (EQUIPO DE OBRA)**

Este escalón es el primero en que se efectúan reparaciones menores propiamente dichas ya que las autorizadas a los conductores son circunstanciales.

Sobre el escalón segundo recae la responsabilidad de las revisiones periódicas del material de obra, y en este aspecto desempeña un cometido principal, ya que su intervención permitirá que

las maquinas no tengan que sufrir otras reparaciones que obedezcan al desgaste normal de las piezas o accidentes fortuitos.

#### **2.1.2.1.1.2.1 MISIONES**

Revisión y mantenimiento periódicos.

Localización de averías tan pronto como se observe algún fallo.

Reparación de tipo ligero basadas esencialmente en la sustitución de piezas o conjunto de ellas.

Suministro de carburantes en buenas condiciones de limpieza y pureza.

El detalle de las revisiones y entretenimiento figura en las guías de engrase que tendrá que rellenar personalmente el jefe de equipo de obra, recogiendo y comprobando previamente las guías entregadas a los conductores de acuerdo con las instrucciones de operación.

#### **2.1.2.1.1.2.2 ORGANIZACIÓN**

En todas las obras en que la cuantía o importancia de las maquinas asignadas a las mismas lo exija, se organizara ese escalón segundo, empleándose las dos clases de equipos siguientes:

**Equipo A:** Para atender obras con plantillas de maquinaria ligera y vehículos de número de ruedas inferior a cinco.

**Equipo B:** Sirve de complemento al anterior para las obras con mayor número de vehículos o maquinaria pesada.

#### **2.1.2.1.1.2.3 COMPOSICION DE LOS EQUIPOS**

La composición de los equipos será variable de acuerdo con la clase y número de máquinas en obra; pero cada uno de ellos no dispondrá de menos personal y medios de los que se indican a continuación, a excepción en el caso en que, reunidos varios equipos pueda disminuir el número de electricistas.

#### **2.1.2.1.1.3 TERCER ESCALÓN**

Se organizara en los casos siguientes:

- cuando exista un gran número de obras de pequeña importancia o próximas entre si
- cuando una obra requiera ser asistida por un taller y no exista en localidades próximas ningún taller particular.

Tiene por consiguiente, este escalón un carácter de eventual y depende normalmente del jefe de la zona en la que preste sus servicios.

#### **2.1.2.1.1.3.1 MISIONES**

Reparaciones basadas en arreglos o reconstrucciones parciales de piezas dañadas.

Construcción de nuevas piezas especialmente bulones y casquillería.

#### **2.1.2.1.1.4 CUARTO ESCALÓN (Talleres fijos)**

En este escalón concluye la cadena de reparaciones ande estar capacitados para reconstruir totalmente las máquinas que necesiten una reparación general.

Tanto el número como la organización de estos talleres no pueden fijarse apriorísticamente.

Debe existir por lo menos, un taller central y en aquellas obras de gran importancia y con periodo de duración superior a los cinco años debe montarse un taller para la asistencia de la maquinaria en obra.

#### **2.1.2.1.1.4.1 MISIONES**

Son las siguientes:

- Reconstrucciones (Over hauling) de la maquinaria de la empresa.
- Reconstrucción de las piezas desgastadas procedentes de sustituciones ateniéndose a lo expuesto.
- reparación centralizada de los equipos de inyección diesel.
- reparación de los equipos eléctricos provenientes de las obras
- modificaciones en la maquinaria existente y construcción de equipos auxiliares.



## 2.1.2.1.2 CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO

### 2.1.2.1.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

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

#### **Características:**

- Está basada en la intervención rápida, después de ocurrida la falla.
- Conlleva discontinuidad en los flujos de producción y logísticos.
- Tiene una gran incidencia en los costos de mantenimiento por producción no afectada.
- Tiene un bajo nivel de organización.
- Se denomina también mantenimiento accidental.

#### **Clasificación:**

##### - **Reparaciones pequeñas**

Corresponden con trabajos que realizan sin desmontar la máquina pudiendo ser ajustes, regulaciones, limpieza de circuitos hidráulicos obstruidos, cambio de piezas de fácil acceso, etc. Siempre que se exija pequeña laboriosidad.

##### - **Reparaciones medias**

Exigen el desmontaje parcial de la máquina, reparando o cambiando las piezas deterioradas y ejecutando otras acciones de las mencionadas para las reparaciones pequeñas pero con una mayor laboriosidad.

##### - **Reparaciones generales**

Se desmontan y desarmen toda la máquina, reparando y cambiando las partes necesarias y devolviendo la capacidad de trabajo a un nivel más cercano al nominal con costos racionales.

#### **Aspectos positivos**

- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los elementos.
- La no-necesidad de un personal tan calificado.
- No hay necesidad de detener las máquinas con ninguna frecuencia prevista ni velar por el cumplimiento de las acciones programadas.

### **Aspectos Negativos**

- Ocurrencia aleatoria de fallo.
- Paros correspondiente en momentos indeseados.
- Menor durabilidad de las maquinas.
- Menor disponibilidad (en general al ocurrir los fallos los tiempos de estadía son muy elevados).
- Posible ocurrencia de fallos catastróficos que afectan la seguridad y el medio ambiente.

### **Procedimiento ante roturas**

- Realizar un diagnóstico para determinar cuales eran los componentes dañados y saber cuales se deben cambiar y determinar las causas de la falla.
- Fijar un tiempo estimado de reparación.
- Analizar si es posible hacer reparaciones de emergencia para que la máquina, equipo e instalaciones, puedan operar, a ritmo normal, inferior o disminuido.
- Determinar el número de operarios, los medios y las herramientas necesarias para reparar la falla.
- Realizar la oportuna gestión de los repuestos en stock, caso contrario activar su compra o construcción.

#### **2.1.2.1.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

Es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas y programadas y de un servicio de trabajos de mantenimiento previsto como necesarios para las máquinas, equipos e instalaciones, con el finalidad de disminuir los costos de emergencias y asegurar un mayor tiempo de operación en forma continúa.

Es decir es la intervención prevista, preparada y programada antes de la fecha probable de aparición de una falla.

Las intervenciones típicas del sistema preventivo se da por la limpieza, los ajustes, los reaprietes, las regulaciones, la lubricación, los cambios de elementos y hasta las propias reparaciones de cualquier tipo, siempre previamente planificadas.

### **Aspectos positivos**

- Logra una mayor vida útil de las máquinas y les incrementa su eficiencia y calidad en el trabajo que realizan.
- Incrementa la disponibilidad, la seguridad operacional y el cuidado del medio ambiente.
- Garantiza la planificación de recursos para la ejecución de las operaciones.

### **Aspectos Negativos**

- Señalan el costo del accionar obligatorio por plan.
- Las afectaciones en mecanismos y sistemas que se deterioran por los continuos desmontajes para garantizar las operaciones profilácticas.
- La limitación de la vida útil de elementos que se cambian con antelación a su estado limite.

### **Aspectos técnicos**

- La definición de las gamas de mantenimiento a programar.
- El correcto agrupamiento y establecimiento de los tipos de mantenimiento a programar (mantenimiento A,B,C, etc. y/o clasificados por cantidad de trabajo útil).
- El cálculo de la periodicidad más racional para su ejecución.

#### **2.1.2.1.2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, y determinar en que tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y de esa forma poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves.

Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe distorsionar el funcionamiento normal de la planta mientras se está aplicando.

Las inspecciones de los parámetros se pueden realizar de forma periódica, dependiendo de diversos factores como el tipo de planta, los diferentes tipos de fallo a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar.

## **Objetivo**

- Monitoreo de la condición de la máquina para cumplir su misión, e indicar el tipo de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo, que se debe tomar en la intervención de las máquinas.

## **Aspectos positivos**

- Logra menores paros indeseados, la mayor calidad y eficiencia en las máquinas, equipos e instalaciones.
- Garantiza la seguridad y la protección del medio ambiente, mediante el monitoreo de los contaminantes.
- Reduce el tiempo de las acciones de mantenimiento al indicar las que son realmente necesarias.
  
- Disminuye el tiempo de paro al conocerse exactamente que componente es el que falla.
- Mantiene un seguimiento de la evolución de un defecto en el tiempo.
- Mejora la gestión del personal de mantenimiento.
- Confecciona un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional de las máquinas, equipos e instalaciones muy útiles gracias a la verificación realizada de forma periódica.
- Apoya a la toma de decisiones sobre la parada de una línea de producción en momentos críticos.
- Garantiza la confección de formas internas de funcionamientos o compras de nuevas máquinas, equipos e instalaciones.

## **Instrumentación para mantenimiento predictivo**

- Sistemas de cámaras sensibles a rayos infrarrojos.
- Termómetros infrarrojos.
- Colector de datos de vibraciones.
- Medidores de vibración.
- Dispositivos magnéticos.
- Tintas penetrantes

## **Ensayos no destructivos usados para el mantenimiento predictivo**

- Análisis de Aceite.
- Termografía (análisis infrarrojo).
- Análisis de vibración.
- Monitoreo de motores eléctricos y análisis de las condiciones.
- Alineado de precisión y dispositivos de balanceo.
- Monitores de tonelaje.
- Inspección mediante partículas magnéticas.
- Inspección por ultrasonido.
- Inspección Radiográfica.
- Inspección mediante líquidos penetrantes.

### **2.1.2.2 DIFERENCIACIÓN Y CATEGORIZACIÓN**

#### **2.1.2.2.1 DIFERENCIACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS**

Modernamente, la acción de mantenimiento sobre las máquinas tiene que poseer un nivel de intensidad racional. Por intensidad se puede entender la cantidad de operaciones que se planifican y la intensidad con la que se ejecutan.

Para determinar la intensidad del mantenimiento programado sobre cada máquina y vehículo pesado se ha considerado como el método adecuado a la “Diferenciación y categorización de maquinaria”, que permite asignarle a cada una la atención necesaria de mantenimiento acorde con sus características; los parámetros que se han considerado pertinentes para caracterizar a maquinaria y vehículos pesados son los que se señalan a continuación:

**1) Intercambiabilidad.-** Consiste en la posibilidad de ser sustituida la máquina por otros equipos.

A) Una máquina se denomina “A” si es irremplazable, o sea, su labor no pueda realizarse por ningún otro equipo.

B) Se caracterizaría como “B” si es reemplazable su producción por una o dos máquinas de la sección.

C) Toma la categoría de “C” si su producción puede ser ejecutada por cualquier otra maquinaria.

**2) Nivel de utilización.-** Se refiere a la forma en la que la máquina toma parte en el proceso operativo.

A) Son aquellas máquinas que participen en una línea de operación continua.

B) Asumen esta categoría las que ejecutan operaciones seriadas, entre las cuales se pueden requerir modificaciones y ajustes de máquina.

C) Las que participen poco en los procesos operativos trabajando en días alternos, etc.

**3) Régimen de operación.-** Este parámetro tiene en cuenta el tiempo y la frecuencia que son utilizadas las máquinas durante las jornadas laborales. Esta reconocido como el parámetro de categorización más importante a la hora de tomar decisiones pues refleja la importancia productiva.

A) Son de categoría "A" las máquinas muy utilizadas, aquellas que necesitan del 90-100% de la jornada para realizar la producción exigida y realizarle el mantenimiento preventivo mínimo para que logre producir.

Cualquier necesidad de mantenimiento correctivo afectaría la producción pues no hay huelgo libre.

B) Son menos utilizados y sólo necesitan de una parte de la jornada para complementar su producción. Existe en ellas un tiempo libre de parada que puede ser utilizado para el mantenimiento correctivo sin afectaciones al trabajo principal.

C) Son máquinas poco utilizadas durante la jornada diaria. Se utilizan en general para trabajar complementarios y de apoyo a la producción principal.

**4) Parámetro característico.-** Se refiere a un parámetro característico de la máquina que garantiza la cantidad y calidad de su producción. Para camiones es la capacidad de carga. Para máquinas pesadas es el tamaño de la oruga que se equipare a la oruga de un bulldozer.

A) Las que poseen el valor más elevado del parámetro. A saber:

- Vehículos pesados con capacidad de carga de más de 10 toneladas; y,
- Máquinas con orugas que sean equivalentes a las de Side-boom CAT 583 o Side-boom CAT 594.
- Motosoldadora SAE 350, SAE 400, o superior
- Motobombas de más de 4000 psi.

B) Las de bajo valor de parámetro. A saber:

- Vehículos pesados con capacidad de carga de entre 4 y 10 toneladas; y,

- Máquinas de orugas que sean equivalentes en tamaño a las del Side-boom CAT 572, o CAT 583;
- Motosoldadoras SAE 300;
- Motobombas de 2000psi a 4000psi.

C) Las de bajo valor del parámetro. A saber:

- Vehículos de carga con capacidad menor a 4 toneladas,
- Máquinas con orugas que sean equivalentes en tamaño a las del Side-boom CAT561 o menores.
- Motosoldadoras SAE 250 o menos.
- Motobombas de menos de 2000psi.

**5) Mantenibilidad.-** Es una de las propiedades del diseño de la máquina y corresponde con la facilidad para ejecutarle el mantenimiento, la accesibilidad a sus sistemas y elementos, etc., según sus características constructivas.

A) Se categorizar en este grupo a máquinas de poca mantenibilidad, de difícil acceso a sus partes, es decir, equipos de alta complejidad.

B) Son de complejidad media, donde el acceso no es tan difícil a todos los sistemas.

C) Máquinas de poca complejidad y elevada mantenibilidad, donde el acceso es fácil a casi todos los sistemas.

**6) Conservabilidad.-** Es otra propiedad de la fiabilidad de la máquina que a la sensibilidad de su resistencia al medio ambiente que rodea pero en este incluye los periodos de trabajo.

A) Son categoría "A" aquellas máquinas que necesitan condiciones especiales de conservación y de trabajo, tales como acondicionamiento de aire, local cerrado, determinada iluminación, etc.

B) Son las máquinas que necesitan protección normal tales como techo, paredes, etc.

C) Se refiere a las que pueden ser sometidas a condiciones severas como alta humedad, temperatura, lluvia, etc.

**7) Grado de automaticidad.-** Este parámetro evalúa los grados de libertad de la máquina para trabajar sin la acción del hombre.

A) Las máquinas automatizadas, con control numérico, robotizadas, computarizadas, las cuales prácticamente laboran "sin el hombre".

B) Son equipos semiautomáticos porque algunas de sus funciones son automatizadas y en otras tiene que intervenir el hombre.

C) Son máquinas que operan mecánicamente en intercambio constante con el hombre.

**8) Valor de la máquina.-** es el valor de salida en el momento de ejecutar este análisis y toma en cuenta la depreciación acumulada hasta el momento.

A) Las máquinas de más alto valor se hallan en esta categoría.

B) Las de valor moderado.

C) Máquinas baratas.

**9) Facilidad de aprovisionamiento físico.-** Se refiere a la facilidad que exista para garantizar los suministros de piezas de repuesto y materiales para el mantenimiento y trabajo de la máquina y la intercambiabilidad de sus partes.

A) Se categorizar como "A" aquellas con dificultades serias en su aprovisionamiento.

B) Las que tienen asegurado al abastecimiento de algunos ítems.

C) Las que poseen grandes posibilidades con los suministros de repuestos y materiales.

**10) Seguridad operacional.-** Consiste en evaluar la medida en que la máquina puede afectar al hombre.

A) Son máquinas muy peligrosas en este sentido.

B) Serán aquellas que su peligrosidad se reduce a una menor cantidad de hombres o a lesiones menos graves en caso de accidente.

C) Son poco peligrosas y no ofrecen inseguridad salvo al propio operario ante su incumplimiento de alguna reglamentación de protección personal.

**11) Condiciones de explotación.-** Tiene en cuenta las condiciones que caracterizan el trabajo de la máquina, tales como ambientales, geográficas, sobrecargas, calidad de los operarios, regímenes intermitentes y variables de trabajo, etc.

A) Son maquinarias sometidas a severas condiciones de trabajo y que manipulan productos muy agresivos.

B) Maquinarias sometidas a condiciones normales para las cuales han sido concebidas.

C) Serán las que operan en condiciones más bien favorables en todos los órdenes.



**12) Afectación al medio ambiente.-** Se refiere a la posible afectación al medio que produce tanto el trabajo de máquina como sus posibles fallos.

A) Son las máquinas que crean afectaciones severas al medio ambiente (incluida la contaminación auditiva).

B) Los que lo afectan en alguna medida cuando ocurren fallos.

C) las que no afectan al medio en ningún momento.

### **2.1.2.3 PERIODICIDAD DE MANTENIMIENTO**

#### **2.1.2.3.1 PERIODICIDAD DE LAS ACCIONES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

No se completa la tecnología de mantenimiento si no se determina y establece la periodicidad para ejecutar tal acción. Para el cálculo de la periodicidad de acciones programadas hay alternativas generales:

A) Cuando no hay datos sobre el comportamiento del sistema. En este caso se pueden utilizar las recomendaciones del fabricante de la máquina y si no existen para el sistema que se analiza, situar una periodicidad que coincida con la que recomienda el fabricante para otros sistemas de la máquina. Otra opción en esta alternativa es apelar a la experiencia de Mantenimiento para situar aproximadamente [a periodicidad. Es evidente que ninguna de ellas' ofrece un resultado óptimo y son decisiones aproximadas ya que el fabricante no puede conocer las condiciones propias en que trabaja la máquina y en general se excede en sus recomendaciones para cuidar su prestigio a expensas de mayores costos.

B) Cuando se tiene dato sobre la fiabilidad del sistema y de la máquina, así como los datos económicos relacionados con su comportamiento en las condiciones concretas de explotación.

En este caso existen métodos que posibilitan calcular la periodicidad de las acciones preventivas teniendo en cuenta la categoría de la máquina en que se ubica el sistema.

##### **1) Método de la productividad máxima:**

El objetivo de este método es calcular una periodicidad que garantice la máxima productividad de la máquina. Es conocido que el rendimiento y productividad de una máquina

disminuyen acorde con cierta ley con el tiempo de utilización (t). En la figura se representa el fundamento de este método:

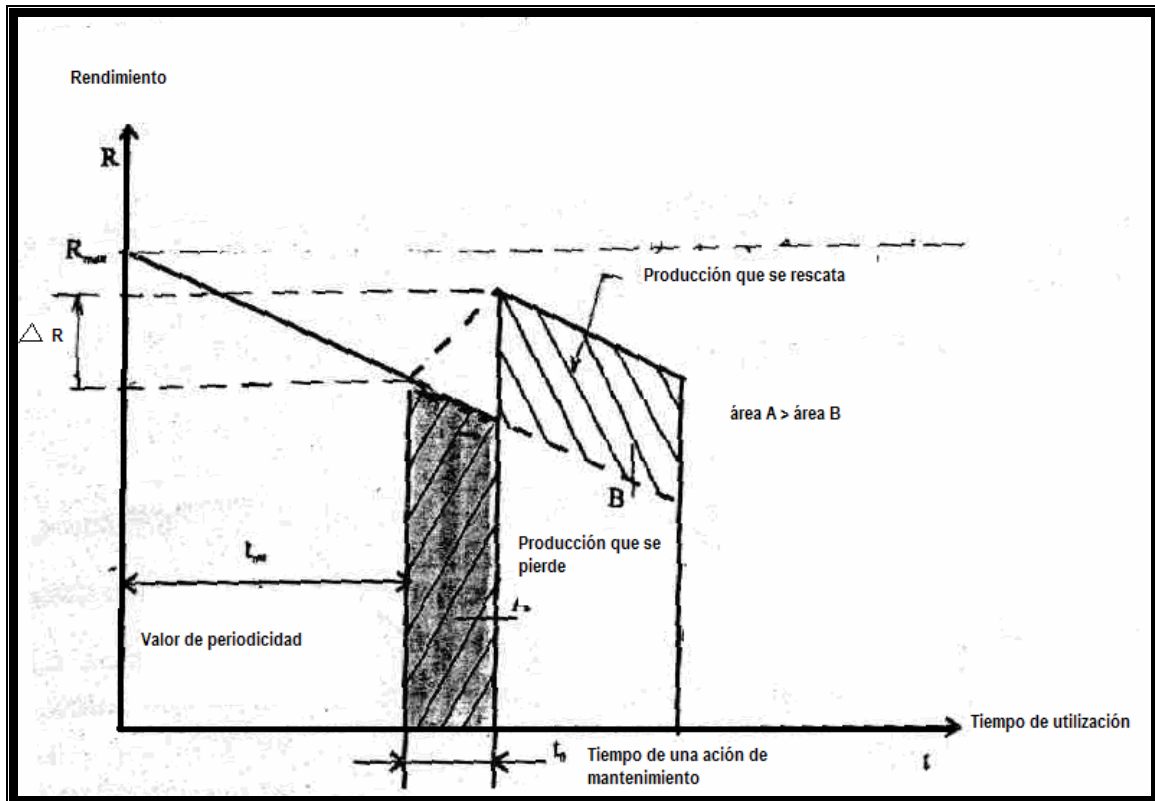


FIG 2-100 Fundamento del cálculo de la periodicidad del mantenimiento por el método de productividad máxima.

El problema consiste en determinar un valor de la periodicidad " $t_{mt}$ " para lo cual el área "B" (producción que se rescata por haber efectuado el mantenimiento) sea lo mayor posible al área "A" (producción que se pierde por haber efectuado el mantenimiento durante el tiempo " $t_o$ "). Es evidente que para diferentes valores de periodicidad, la relación entre las áreas antes mencionadas varía

El problema puede tener solución gráfica y analítica, teniendo la ecuación de cambio del parámetro "R" con el tiempo.

En realidad los cálculos se pueden complicar por las siguientes razones:

- \* El comportamiento del parámetro "R" no siempre es lineal
- « El comportamiento después del mantenimiento puede diferir del ocurrido antes de la acción.

- La acción del mantenimiento en general no devuelve el valor máximo o nominal al parámetro.

Sin embargo, para el ejemplo que se plantea en la figura anterior y solamente para la situación de áreas iguales ( $A=B$ ), se puede demostrar que la periodicidad se calcula fácilmente por:

$$t_{mt} = \sqrt{\frac{2t_0 R_{max}}{R'}} \quad (\text{horas})$$

donde:

$R'$  - intensidad de variación del parámetro "R" respecto al tiempo (unidades R/horas).

De la ecuación se concluye que en la medida en que se eleve el tiempo de la acción de mantenimiento " $t_0$ " y la productividad máxima " $R_{max}$ ", proporcionalmente se incrementará la periodicidad " $t_{mt}$ ". Con el incremento de la intensidad de variación del parámetro "R" la periodicidad debe disminuir. Éstos planteamientos tienen una lógica elemental.

Es importante señalar que este método es aplicable no sólo para garantizar el parámetro productividad, sino cualquier otro que interese según el tipo de máquina y cómo afecta el sistema objeto del mantenimiento a la misma. Por ejemplo, puede utilizarse para determinar la periodicidad que garantice la eficiencia máxima, la precisión máxima, la potencia máxima y otros. Como se observa, este método es de interés para aplicarlo a sistemas que se encuentran en máquinas "A".

## 2) Método de la probabilidad de fallo máxima admisible.

Para aplicar este método el requisito es conocer el comportamiento de la función probabilidad de fallo  $F(t)$  del sistema objeto de análisis. Es muy sencillo y su esencia es determinar una periodicidad " $t_{mt}$ " que impida que la probabilidad de fallo supere cierto valor permisible dada la categoría de la máquina. La periodicidad en este caso es realmente un recurso "gamma" dado. En la figura siguiente se presenta el fundamento del método.

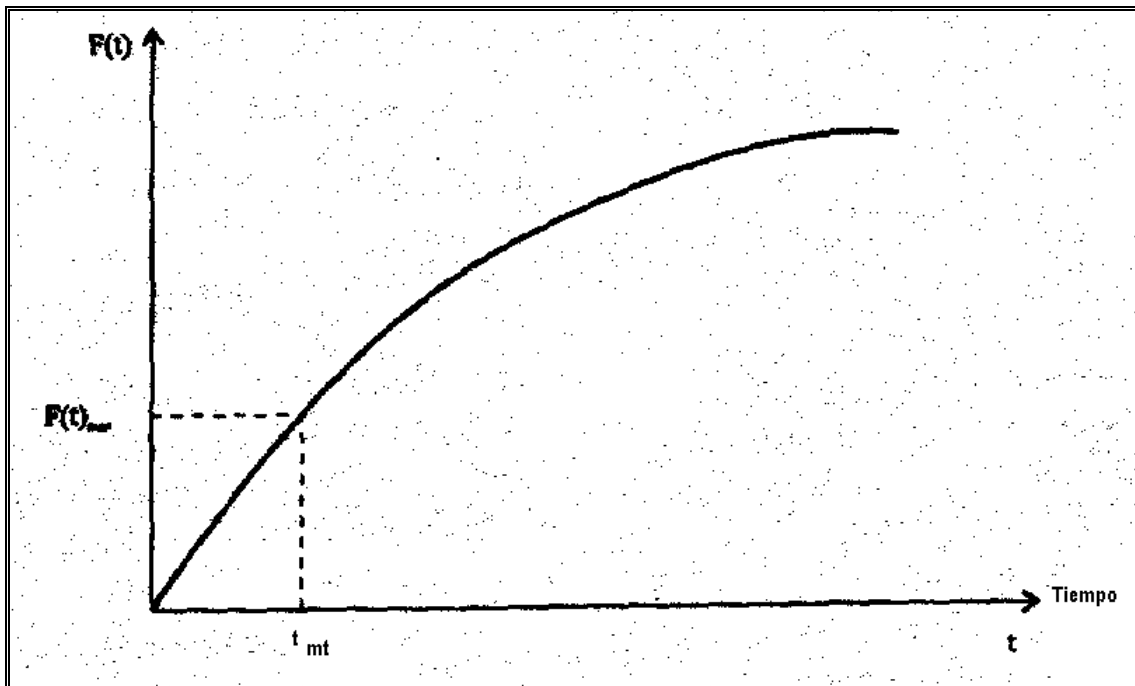


FIG 2-101 Fundamento del cálculo de periodicidad del mantenimiento por el método de la probabilidad de fallo máximo

De modo que ejecutando el mantenimiento cada  $t_{mt}$  (horas), se impide que la probabilidad de fallo supere cierto valor y se garantiza determinado nivel de fiabilidad de la maquina. Resulta evidente lo conveniente que es este método para sistemas que se encuentren en maquinas de categoría "A".

### 3) Método técnico económico

Para máquinas categoría "B" y mas aún para las de categoría "C", el accionar del mantenimiento preventivo debe justificarse desde el punto de vista económico ya que el objetivo es reducir los costos sin provocar catástrofes ni descensos indeseados en la disponibilidad y durabilidad.

El método técnico económico garantiza una periodicidad  $t_{mt}$  que ofrece los menores costos específicos del mantenimiento (correctivo + preventivo). El requisito para aplicarlo es conocer el comportamiento de ambos tipos de costos para diferentes periodicidades del accionar preventivo.

En la figura siguiente se muestra el fundamento del método.

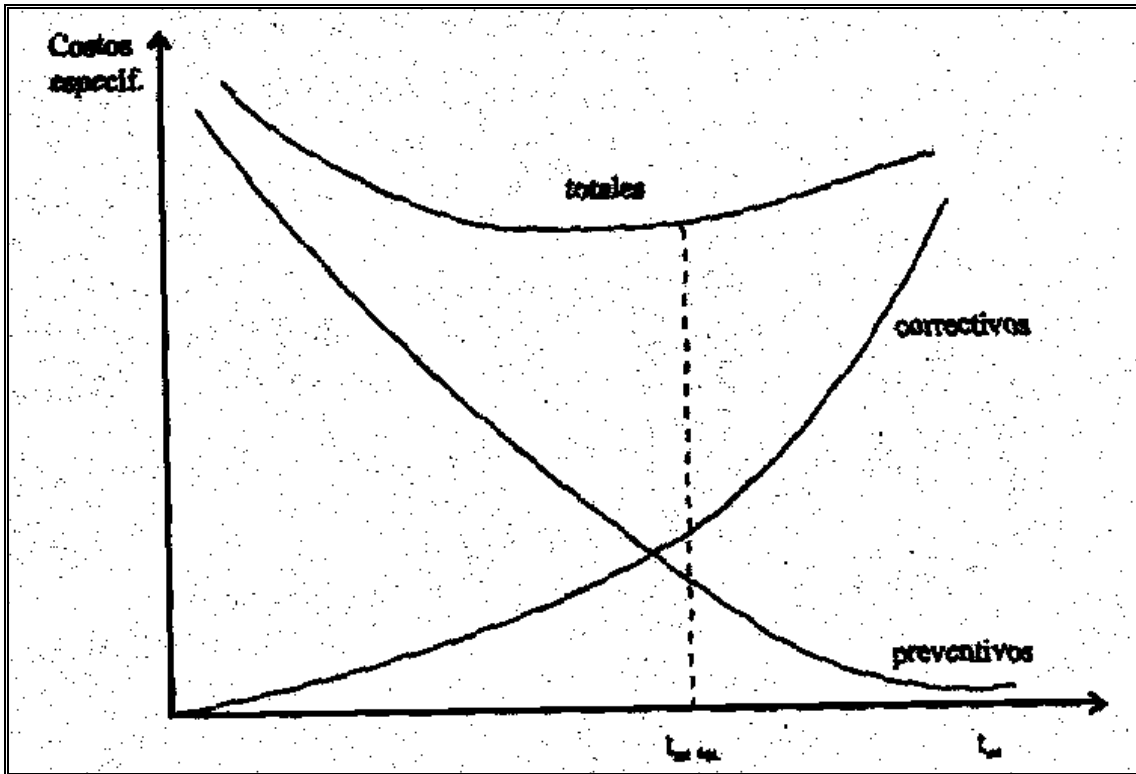


FIG 2-102 Fundamento del cálculo de la periodicidad del mantenimiento por el método técnico económico

La esencia del método es encontrar la periodicidad "t<sub>mt ópt</sub>", donde se tienen los costos específicos totales mínimos:

$$C_{\text{esp tot}} = C_{\text{esp prev}} + C_{\text{esp corr}}$$

Derivando e igualando a cero se puede despejar la periodicidad óptima "t<sub>mt ópt</sub>":

$$\frac{d C_{\text{esp tot}}}{d t_{\text{mt}}} = \frac{d C_{\text{esp prev}}}{d t_{\text{mt}}} + \frac{d C_{\text{esp corr}}}{d t_{\text{mt}}} = 0$$

$$t_{\text{mt}} = t_{\text{mt ópt}}$$

Los costos específicos preventivos se calculan por:

$$C_{\text{esp prev}} = \frac{C_{\text{prev}}}{t_{\text{mt}}} \quad (\text{pesos/unidad de labor})$$

Donde:

C<sub>prev</sub> - costo concreto de ejecutar la acción preventiva (pesos/acción)

" $t_{mt}$ " - periodicidad dada (acción/unidad de labor)

$$C_{esp.corr} = \frac{F(t_{mt})C_{corr}}{t_{mt}} \text{ (pesos/unidad de labor)}$$

Donde:

$F(t_{mt})$  – probabilidad de fallo para una labor equivalente a " $t_{mt}$ "

$C_{corr}$  - costo concreto de ejecutar la acción correctiva (pesos/acción)

La solución del problema planteado en la ecuación de la periodicidad optima puede lograrse gráficamente, tabulando los costos para suficiente cantidad de periodicidades estudiadas. Analíticamente deben encontrarse las ecuaciones de ambos tipos de costos y proceder con la derivada como se indico. El inconveniente del método radica en poder contar con el comportamiento de los costos correctivos para diferentes periodicidades de atención. Los costos preventivos se calculan de manera mucho más fácil.

### 2.1.2.3.2 DETERMINACIÓN DE LA PERIODICIDAD DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El concepto de periodicidad del mantenimiento predictivo se refiere al trabajo útil que debe separar una inspección de otra y tiene sentido cuando se está monitoreo discreto a la máquina.

Cuando corresponde la inspección, se diagnostican todos los sistemas que programados y se les determinan los valores instantáneos del parámetro " $S_i$ ".

En aquellos donde el valor " $S_i$ " supera el valor preventivo se ordena la intervención para restituir la capacidad de trabajo. De lo contrario se producirá el fallo antes del próximo momento de diagnóstico distante la magnitud  $t_d^*$ .

Debe tenerse en cuenta que los parámetros de diagnostico se ubican en dos grandes grupos:

- a) Parámetros de regulación, los cuales reflejan el estado de regulación y ajuste de mecanismos y cuya acción correctora requiere de operaciones de ese tipo.
- b) Parámetros de estado técnico que reflejan el estado de envejecimiento general de los elementos del sistema, la afectación significativa de sus parámetros estructurales y cuyos valores no son restituidos por simples tareas de ajuste y regulación.

En general los parámetros de regulación llegan a su valor preventivo y límite mucho antes que los de estado técnico, lo cual es un resultado lógico de la concepción y diseño del sistema. Por ejemplo, la regulación del ángulo de avance del encendido de un motor de combustión interna se pierde mucho más rápido que la presión de compresión en sus cilindros como regla general.

Por estas razones la periodicidad para monitorear parámetros de regulación es mucho menor que para parámetros de estado técnico.

El problema de la determinación de la periodicidad óptima para ejecutar el diagnóstico es muy complejo y requiere tener en cuenta muchos aspectos. En la figura ubicada en la parte inferior se representan las líneas de comportamiento y variación de un parámetro de diagnóstico de un grupo de sistemas en explotación. Cada línea significa la variación del parámetro de un sistema y pueden ser diferentes aún en las mismas condiciones de explotación. La intersección de cada línea con el valor límite del parámetro significa que se produce el fallo del sistema en cuestión.

Las curvas  $f(t)$  representan la densidad de distribución del fallo del sistema en función del tiempo. Se señalan dos posibles periodicidades para el diagnóstico  $t_{d1}$  y  $t_{d2}$ .

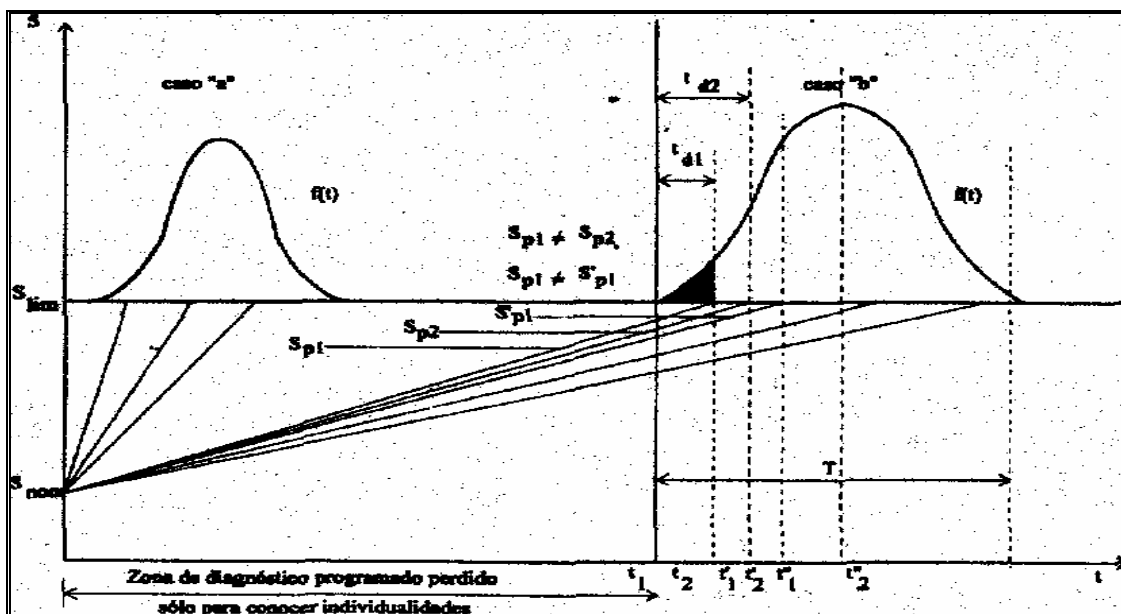


FIG 2-103 Aspectos teóricos relacionados con la determinación de la periodicidad del predictivo

Destacan entonces las siguientes consideraciones y análisis:

- 1) Aunque todas las líneas parten de un mismo valor nominal  $S_{nom}$ , se conoce que esto no es cierto y realmente cada sistema en explotación posee su valor propio.
- 2) Los comportamientos del parámetro de diagnóstico "S" con el tiempo no tienen que ser ni son en general lineales ni iguales entre un sistema y otro.
- 3) La ley de distribución del tiempo hasta el estado límite puede ser cualquiera y su determinación requeriría de investigaciones o criterios de expertos para asumirla. Se ha utilizado la función de densidad de la ley normal para facilitar el análisis y cuya área bajo la curva significa la cantidad de sistemas que alcanzan el estado límite en un período dado de tiempo.
- 4) Si el parámetro de diagnóstico es de regulación se estará en el caso "a" de la figura, donde dicha función de fallo está más cerca del eje de "perdido" pues en general no hay fallos en ella y el objetivo del predictivo puede ser el conocimiento de las individualidades de los sistemas en explotación. Esto se lograría con uno o dos monitoreos en dicha zona y así se conoce cuáles sistemas marchan mejor o peor.
  - 5) Se demuestra que el valor preventivo  $S_{p1}$ , para una posible periodicidad  $t_{d1}$  es muy diferente al valor preventivo  $S_{p2}$  que habría que utilizar con una periodicidad  $t_{d2}$ .
  - 6) Para una misma periodicidad, por tiempo  $t_{d1}$ , el valor preventivo  $S_{p1}$  en el primer momento de monitoreo  $t_1$  es diferente del valor  $S'_{p1}$  para el segundo momento  $t''_1$ .
  - 7) En cada momento de monitoreo se ejecuta la inspección o diagnóstico a todos los sistemas en explotación y se ordena la corrección a aquellos que poseen un valor del parámetro superior al preventivo. Por tanto, para cada periodicidad son diferentes los costos por concepto de inspecciones y correcciones.
  - 8) En cada momento de monitoreo se tienen pérdidas de vida útil de aquellos sistemas y elementos que se ordenan intervenir para corregirlos.

De todo lo anterior se desprende que la variación de la periodicidad del diagnóstico influye en los resultados técnico-económicos de los sistemas en explotación y sólo habrá una periodicidad que ofrezca los costos mínimos sobre la base de evitar el fallo sólo con el error de ajuste de la función densidad de distribución. Cuando las leyes de distribución se solapan (caso "a") se complica en extremo la solución y la periodicidad se toma otras gamas que recomienda el fabricante o por otras investigaciones propias.



Los costos totales como consecuencia del accionar predictivo (monitoreo) durante un período T (figura anterior) se pueden hallar por:

$$C_{tot\_pd} = C_{pd} + C_{vup} + C_{corr\_ind}$$

donde:

$C_{pd}$  - costos propios de la ejecución del diagnóstico a todos los sistemas en activo.

$C_{vup}$  - pérdidas de vida útil de los sistemas que se intervienen como conclusión de las inspección.

$C_{corr\_ind}$  - costos propios de los trabajos de corrección que se indican por las inspecciones.

Los costos propios de la ejecución del diagnóstico a todos los sistemas en activo se evalúan por:

$$C_{pd} = \frac{T}{td} C_{acc} N$$

Donde:

T- periodo para el cual se determina la periodicidad td.

$C_{acc}$  – Costo propio de ejecutar una inspección a un sistema.

N – Cantidad de sistemas en explotación.

Las pérdidas en la vida útil se determinan por:

$$C_{vup} = \sum_{i=1}^{T/td} \frac{C_e}{t_{lim\_i}} * t_{vup\_i} * n_i$$

Donde:

$T_{lim\_i}$  - recurso limite medio de los sistemas que fallarían en cada período entre inspecciones "i" si no fuesen corregidos en el momento de monitoreo.

$T_{vup\_i}$  - recurso perdido a los sistemas que se corrigen en el momento de monitoreo correspondiente al próximo período entre inspecciones "i".

$n_i$  - cantidad de sistemas que alcanzan el estado límite en el próximo período entre inspecciones “ $i$ ”.

La función de densidad y sus propiedades pueden facilitar el cálculo de los aspectos anteriores.

Los costos propios de los trabajos de corrección se evalúan por:

$$C_{corr\_ind} = \sum_{i=1}^{T/td} C_{corr} * n_i$$

Donde  $C_{corr}$  son los costos propios de la corrección que se indica a un sistema.

Resulta evidente que los costos totales del accionar predictivo son una función de la periodicidad  $td$ . Luego; derivando respecto a  $td$  e igualando a cero la ecuación de costos totales se puede encontrar la periodicidad para los menores costos y máxima disponibilidad pues se ha planteado corregir a **todos** los sistemas que fallarían en el próximo período entre inspecciones.

Una vez establecida la periodicidad, debe fijarse el valor preventivo para cada momento de monitoreo. Para ello se tiene en cuenta la curva de variación del parámetro de diagnóstico respecto al tiempo.

También se puede utilizar un método gráfico para una solución aproximada.

Para máquinas muy costosas o unitarias la filosofía anterior es improcedente. En estos casos se establecen periodicidades algo amplias al inicio y después se van disminuyendo en la medida que el parámetro de diagnóstico se acerca a su valor límite, de forma tal que se aproveche la máxima vida útil posible. En estos casos no se utiliza el concepto de parámetro preventivo pues el monitoreo no es con programación rígida, sino flexible y más frecuente al acercarse al estado límite.

#### **2.1.2.4 TEORÍA SOBRE EL ENVEJECIMIENTO DE MÁQUINAS**

Para la apreciación comparativa general de los mecanismos o máquinas en servicio ha adquirido gran difusión el coeficiente de fiabilidad de servicio.

De acuerdo con las investigaciones del académico B. S. Svirshchevski, el coeficiente de fiabilidad de servicio de las máquinas

$$K_{fs} = \frac{T_{tr} - t_{par}}{T_{tr}}$$

Donde

$T_{tr}$  - es el tiempo de trabajo de la máquina (tiempo de observación);

$t_{par}$  - es el tiempo de paradas de la máquina para la eliminación de sus roturas y desarreglos.

Otros autores, para la determinación del coeficiente de fiabilidad de servicio emplean la expresión

$$K_{fs} = \frac{T_{tr.r}}{T_{tr} + t_{par}}$$

donde  $T_{tr.r}$  - es el tiempo de trabajo real de la máquina (que difiere de  $T_{tr}$  en que no incluye las paradas por motivos de falta de organización y otros, no ligados con la máquina dada).

Con una correcta elección de las condiciones de observación y un tiempo relativamente pequeño de paradas, el segundo procedimiento para la determinación del coeficiente de fiabilidad de servicio, durante el ensayo de las máquinas, revela mejor la esencia de la dependencia y garantiza la obtención de la importante característica en la apreciación del servicio de la máquina, mientras que la determinación del coeficiente  $K_{fs}$  según B. S. Svirshchevski, es más importante para resolver las cuestiones de organización de la producción.

Sin embargo, los valores del coeficiente de fiabilidad de servicio de la máquina o mecanismo obtenidos por estos procedimientos no reflejan el estado auténtico de la máquina que se ensaya. Según los índices citados de fiabilidad de servicio, todas las máquinas son iguales, si tienen iguales paradas debido a las roturas o desarreglos, pero, en realidad, éstas pueden diferir bruscamente en muchas propiedades de servicio, a las cuales son particularmente sensibles los usuarios. La apreciación de las máquinas por el coeficiente de fiabilidad de servicio resulta insuficiente para sus usuarios, ya que en ellas

van incluidas otras características cualitativas, que se manifiestan durante su funcionamiento y no se registran durante las paradas. No se puede considerar igual la fiabilidad de dos máquinas con igual tiempo de paradas, sí en un caso el fallo o desarreglo se elimina sustituyendo el elemento de corta vida de acuerdo con el plazo prefijado por el diseñador, mientras que en el otro caso la causa del fallo o desarreglo era desconocida y este fue eliminado sólo después de una búsqueda prolongada. Tampoco se puede considerar igual la fiabilidad de dos máquinas con igual tiempo de paradas para eliminar los desarreglos, si en un caso el desarreglo se elimina por medio de un destornillador o llave de tuerca (por ejemplo, mediante una regulación), mientras que en otro se hace por medio de un equipo diverso, complejo, de aparatos y herramientas y sustituyendo las piezas desgastadas por otras nuevas. Aquí no se tiene en cuenta que en la máquina tuvo lugar una rotura u otro desarreglo, que se debe eliminar y, registrando las paradas, se aprecia la fiabilidad de servicio de la misma. Se supone que en la máquina se ha desgastado una pieza o un conjunto, cuya sustitución está prevista por el diseño, y el tiempo necesario para su recambio no difiere del necesario para la limpieza o regulación del conjunto.

- Los diseñadores y tecnólogos no siempre prevén los plazos de sustitución de las piezas, pero éstos se manifiestan siempre en la esfera de uso de las máquinas.

Si los diseñadores y tecnólogos de la industria han creado un tractor cuya oruga debe ser sustituida 10 veces en su plazo de servicio, mientras que la oruga de otro tractor es útil durante el plazo completo de su servicio, entonces, incluso con iguales paradas para sustituir las orugas de un tractor y ajustar las del otro, está absolutamente claro, que sus características de servicio deben ser diversas, debido a la duración desigual del servicio de las piezas.

Esta particularidad de las máquinas modernas no encuentra su reflejo correspondiente en los índices de fiabilidad y de vida útil, incluyendo también el coeficiente examinado de fiabilidad de servicio de las máquinas, establecido por B. S. Svirshchevski. Lo mismo se refiere a la diferente duración de servicio de los elementos de una máquina en funcionamiento, incluidos por los diseñadores en el ejemplar inicial, como son la lubricación, pintura, afilado de los órganos de trabajo, ajuste, etc.

Las características habituales para apreciar la fiabilidad de servicio no permiten distinguir las máquinas bien adaptadas para la lubricación y otras formas de mantenimiento técnico y reparación o la sustitución de las piezas de rápido desgaste, de aquellas que no han sido conseguidas absolutamente en este sentido.

R. V. Kughel en una investigación de los automóviles ha definido la vida útil de la máquina (grupo, conjunto, pieza), como duración de su trabajo en las condiciones dadas de servicio. Precisándolo, él explica que en las condiciones de servicio, en vez del término "vida útil", se puede aplicar otro idéntico "plazo de servicio".

Interpretaciones similares a ésta de la vida útil se tienen también en otras investigaciones.

La particularidad importante y característica de estas investigaciones consiste también en que el empleo del método de observaciones en masa ofrece un cuadro más completo del desgaste de las piezas y máquinas (grupos), con la dispersión natural de los plazos de servicio, que varían a medida que envejece el modelo.

Los métodos estadísticos de investigación del desgaste de las piezas de máquinas se pueden aplicar también con éxito para la solución de los problemas particulares, como ha hecho, por ejemplo, V. A. Shádrichev; éste, sobre la base del análisis de las curvas de distribución del desgaste de las piezas de los automóviles, desechados ya en las empresas de reparaciones, ha revelado la inobservancia de los mantenimientos técnicos correspondientes durante el trabajo de las máquinas que precedía al desechado de las piezas.

De los ejemplos examinados más arriba deriva que, si para una máquina están determinados los desgastes de todas las piezas, pares y mecanismos. Con todo y con ello no se puede considerar que se ha estudiado el desgaste de toda la máquina. Puesto que todavía no está resuelto el problema de conseguir, por ejemplo, para el tractor, un índice único de desgaste de las piezas del motor, caja de velocidades, radiador, pareja de émbolos buzo de las bombas de combustible, etc., es imposible responder correctamente a la cuestión sobre el desgaste de toda la máquina.

De este modo, hasta ahora es imposible la síntesis del desgaste de la máquina a base de las leyes del estudio experimental del desgaste de sus piezas.

Tal solución no la da ni la investigación del desgaste de las locomotoras, ni la del desgaste de las máquinas herramienta.

En estas condiciones **los numerosos datos de los experimentos, investigaciones y observaciones de la práctica avanzada no sirven en la medida necesaria para el desarrollo de la teoría**, sino que se acumulan como material ilustrativo.

Conviene indicar también, que el defecto sustancial de los datos existentes de las numerosas investigaciones sobre el desgaste de las máquinas consiste en la ausencia de estudios sistemáticos de la dinámica del desgaste de los elementos constructivos

recambiables de corta vida útil de las máquinas que envejecen (generalmente se estudia el desgaste del juego nuevo de aros, émbolos, camisas de los cilindros de los motores antes de su sustitución, pero no se estudia el desgaste de las camisas, émbolos y aros colocados reiteradamente en el motor; lo mismo sucede con el cigüeñal, casquillos, engranajes, árboles y cojinetes de la caja de velocidades, etc.

Pero esto todavía no es todo. Casi todos los investigadores se ocupan sobre el desgaste solamente de una categoría de elementos integrantes de la máquina, a saber: de sus piezas; sin embargo, para apreciar la máquina que necesita el usuario no es suficiente saber sólo los desgastes de sus piezas. Los datos del desgaste de todas las piezas de una máquina no le darán una característica completa, incluso sobre el índice del desgaste, sin hablar ya de la habilidad, vida útil, reparabilidad, etc. El perno desenroscado o el estado indebido de la lubricación de la máquina no expresa ningún desgaste de sus piezas, pero éstos expresan un desgaste determinado de toda la máquina en funcionamiento, ya que ésta no representa, en sí un juego simple de piezas, sino un juego de piezas racionalmente montadas, de conjugaciones respectivamente reguladas, de conjuntos y grupos engrasados y pintados y en interacción. En la máquina de funcionamiento se desgastan no sólo las piezas que físicamente existen por separado, sino también los elementos que no se separan y que van esparcidos por toda la máquina, como la grasa pintura, regulación, etc.

Por consiguiente, para juzgar sobre el desgaste de toda la máquina hay que investigar el desgaste de todas sus piezas, saber las leyes del empeoramiento de la lubricación y pintura, de la alteración de todas sus regulaciones y saber sumar estos datos de todos los elementos de la maquina a fin de obtener un índice único.

A diferencia de las ciencias de ingeniería, en las investigaciones económicas y estadísticas han sido elaborados y se recomiendan varios métodos para la determinación del desgaste de las máquinas y de otros objetos complejos.

Los principales de éstos son:

- 1) método de apreciación del desgaste de la máquina **por su estado técnico conjunto**.
- 2) método de apreciación del desgaste de la máquina **por el estado técnico de los elementos constructivos** (o por el estado técnico de los elementos constructivos más importantes);
- 3) método de apreciación del desgaste de la máquina **por el plazo de servicio** (o el volumen de trabajo ejecutado).

Por principio, se puede aceptar como correcto el método de apreciación del desgaste de la máquina por su estado técnico en conjunto, ya que existe cierta probabilidad de que los peritos, inspeccionando la máquina y conociendo prácticamente las leyes de variación de la utilidad de ésta y de sus elementos, puedan apreciar correctamente su desgaste. Pero esta probabilidad es extremadamente pequeña, al determinar el desgaste de la mayoría de las máquinas complejas modernas, debido a la comprensión subjetiva y arbitraria de su estado técnico, que se toma en consideración aplicando este método.

El método de apreciación del desgaste de las máquinas por su plazo de servicio (o el volumen de trabajo ejecutado) también puede hallar aplicación limitada debido a la gran inexactitud que acompaña frecuentemente a la determinación de los plazos mencionados. Sin embargo, este método es, en principio, correcto también, si éste se emplea para determinar el desgaste de las máquinas con carga uniforme en el tiempo y en condiciones estables de funcionamiento.

El método de determinación del desgaste de las máquinas y de otros objetos complejos por el estado técnico de los elementos constructivos, se considera fundamental y el más exacto, y se recomienda, generalmente, para apreciar el desgaste de las máquinas complejas, equipos, material móvil, construcciones, así como también los edificios que tienen un plazo prolongado de explotación, etc. Como método principal, éste está expuesto en varios documentos para la retasación y determinación del desgaste de los fondos básicos (medios principales).

P. G. Bunich expone detalladamente el método de determinación del desgaste de las máquinas y del equipo por el estado técnico de los elementos constructivos, junto con el de determinación del desgaste por el plazo de servicio de las máquinas.

Como ejemplo de la aplicación de este método él cita la determinación del desgaste de la locomotora por el estado técnico de los elementos constructivos en la tabla inferior.

El expone también tales ejemplos para determinar el desgaste de un puente de caballetes.

Si se toma el peso específico de los elementos no en porcentaje, sino en partes de la unidad, entonces el método examinado para el cálculo del desgaste de un objeto complejo puede ser expresado por una función matemática sencilla, que en muchos casos es más cómodo emplear:

$$P_{mx} = \gamma_1 P_{1x} + \gamma_2 P_{2x} + \dots + \gamma_i P_{ix} + \dots + \gamma_s P_{sx}$$

o bien

$$P_{mx} = \sum_{i=1}^s \gamma_i P_{ix}$$

Donde:

$P_{mx}$ : es el desgaste de la máquina en el momento de su control, en %;

$\gamma_i = \frac{Q_i}{Q_m}$ : es el peso específico del elemento constructivo en el coste total de la máquina

( $Q_i$  es el coste del elemento constructivo o de una parte de la máquina, en rublos;

$Q_m$ : es el coste total de la máquina, en rublos);

$P_{ix}$ : es el índice del desgaste de un elemento constructivo en el momento de control, en %.

Si por medio de los dos métodos citados (plazo de servicio de la máquina y estado técnico de los elementos constructivos) se quiere determinar el desgaste de una misma máquina, compuesta, por ejemplo, de dos partes de igual coste (con peso específico  $\gamma_i = Q_i/Q_m=0,5$ ), una de las cuales trabaja todo el plazo de servicio ( $t_1 = T = 10$  años), y la otra se sustituye cada año ( $t_2 = 1$  año), se obtienen resultados contradictorios.



TABLA 2-06 Ejemplo de determinación de envejecimiento			
Elementos constructivos de la locomotora	Peso específico de los elementos constructivos en el costo de la locomotora en %	Desgaste de los elementos constructivos $P_i$ en %	Producto del desgaste por el peso específico
Caldera	22	18	396
Parte del equipo junto con la máquina	50	20	1000
Ténder	23	22	506
Etc	...	...	...
En total	100		2072

Nota: La apreciación general del desgaste de la locomotora constituye  $2072:100=21\%$

El método para la determinación del desgaste  $P_{mx}$  de la máquina por su plazo de servicio al pasar  $t_x=$  5 años de trabajo, da un índice de desgaste igual al 50% ( $P_{mx}= t_x/T*100= 5/100*100 =50\%$ ).

El método para la determinación del desgaste por el estado técnico de los elementos constructivos, en este caso sencillo da el índice  $P_{mx} =75\%$ , que se obtiene de los datos citados en la tabla inferior, pero no el 50%.

Si se aplica el método para la determinación del desgaste basado en la fórmula correspondiente, para los mecanismos y máquinas modernas más complejos, se revelarán también alteraciones del cuadro real del desgaste, provocadas por la imperfección sustancial de este método.

TABLA 2-07 Determinación de desgaste por su plazo de servicio			
Elemento a constructivos	Peso específico $V_i$ de los elementos constructivos en el coste de la máquina, en %	Desgaste de los elementos constructivos $P_{ij}$ ;	Producto del desgaste por el peso específico
Primero	50	50	2500
Segundo	50	100	5000
Total	---	---	7500

Nota:  $P_{mx} = \sum \gamma_i P_{ix} = 7500/100 = 75\%$

## 2.1.2.5 TEORÍA DE FALLAS Y FIABILIDAD DE LA MÁQUINA

### 2.1.2.5.1 FIABILIDAD DE SISTEMAS O MÁQUINAS

En los capítulos anteriores se han estudiado los conceptos de fiabilidad y probabilidad de fallos, y las funciones de distribución de fallos, todo ello desde el punto general de los sistemas simples. Convendrá ahora examinar la fiabilidad de los sistemas complejos, teniendo en cuenta que existen dos grandes grupos de sistemas: Serie y Paralelo.

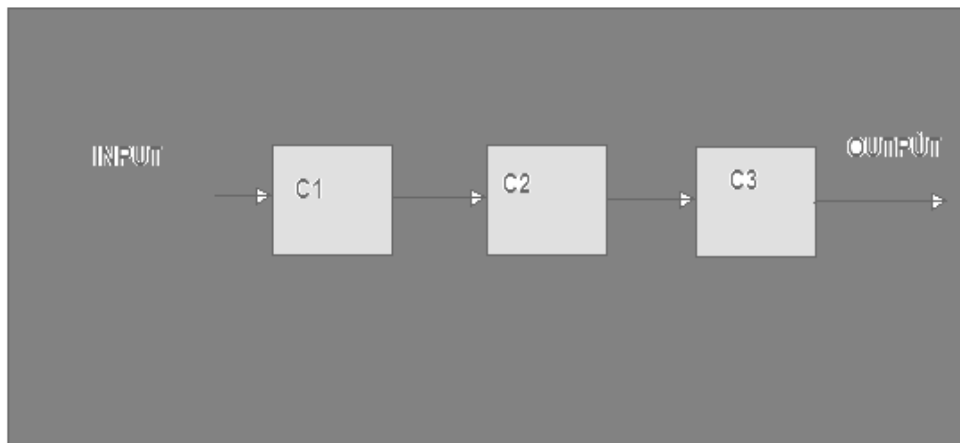


FIG 2-104 Sistemas en serie

Sistemas en serie

Los sistemas en serie (figura anterior) se caracterizan porque están en operación sólo si todos sus componentes operan.

Como la probabilidad de que se presente un evento, es el producto de probabilidades de dichos eventos, se infiere que la Habilidad es el producto de fiabilidades de sus componentes. O sea:

$$R = R_1 * R_2 * R_3 * \dots * R_n$$

En el caso de que todos los componentes tengan una distribución exponencial L, y siendo R, exp. (- L, \*t), resulta:

$$R = e^{(-L_1*t - L_2*t - L_3*t \dots)}$$

Ejemplo: sean dos válvulas de selenoide (a y b) en serie en un circuito con probabilidades individuales de fallo/año de 0.05. La fiabilidad del conjunto es:

$$L(\text{conjunto}) = L_a + L_b = 0.1/\text{año}$$

$$R(\text{conjunto}) = e^{-L*t} = e^{-1} = 0.905$$

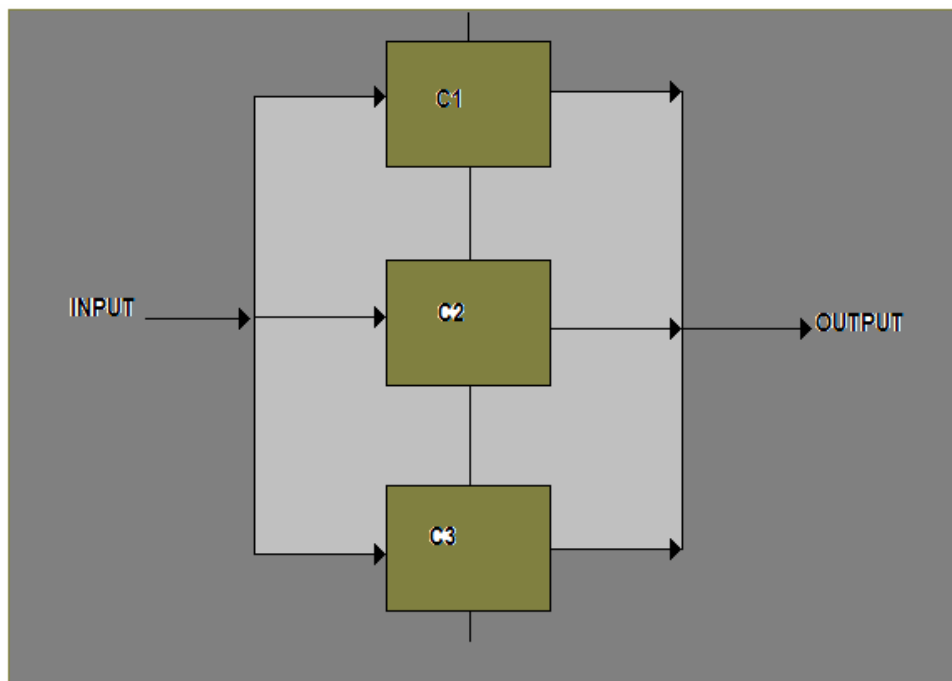


FIG 2-105 Sistemas en paralelo

### Sistemas en paralelo

Los sistemas en paralelo figura anterior se caracterizan porque el sistema falla si todos los componentes fallan en su operación.

Siendo la probabilidad que se presente un evento, el producto de probabilidades de los eventos componentes, se deriva que su No fiabilidad es el producto de sus No fiabilidades de sus componentes. O sea:

$$Q = Q_1 * Q_2 * Q_3 * \dots * Q_n$$

Y de aquí resulta:

$$R=1-Q$$

En el caso de que todos los componentes tengan una distribución exponencial L, y siendo  $R_1 = \exp(-L_1.t)$ , resulta:

$$R_1 = 1 - (1 - e^{-L_1.t}) \cdot (1 - e^{-L_2.t}) \cdot (1 - e^{-L_3.t}) \dots$$

Ejemplo

Sean dos válvulas de solenoide en paralelo en un circuito con probabilidades individuales de fallo/año de 0,05. Para que el sistema funcione con éxito, basta que una cualquiera o ambas válvulas operen correctamente. La NO fiabilidad del conjunto es:

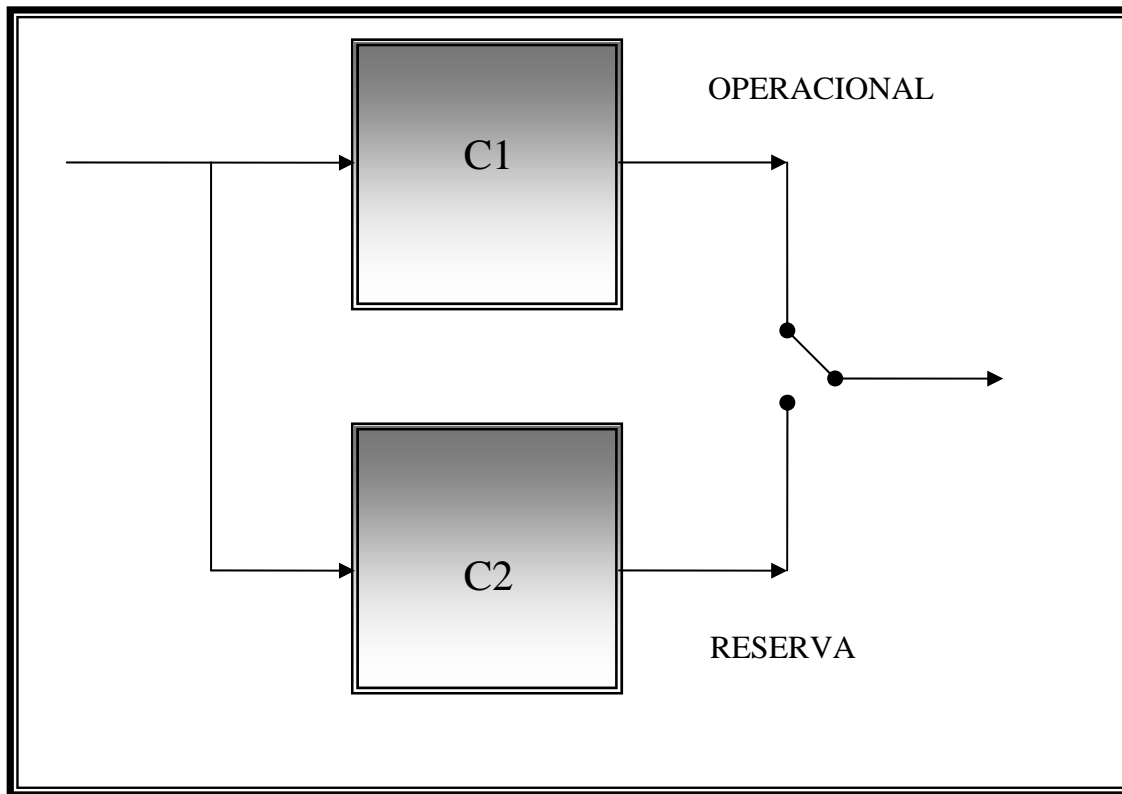
$$Q(\text{conjunto})=Qa*Qb=(1-e^{-0,05})*(1-e^{-0,05})=0,00238/\text{año}$$

Y la fiabilidad es:

$$R(\text{conjunto})= 1 - 0,00238= 0,9976$$

#### **2.1.2.5.1.1 SISTEMAS EN RESERVA**

Un sistema en reserva es un sistema que ha estado desactivado y en paralelo con el sistema en operación, aguardando a entrar en servicio a que el sistema básico operativo falle. En estas condiciones, el sistema en reserva queda conmutado (mediante un interruptor o conmutador) en sustitución del sistema básico. En la figura siguiente se puede ver un esquema de un sistema en reserva.



**FIG 2-106 Sistemas en reserva**

Un ejemplo simple de sistema en reserva consta de componentes operacionales con la misma tasa de fallos, y componentes en reserva con una tasa de fallos de valor cero, y con una perfecta conmutación entre ambos sistemas operacional y reserva, que actúa cuando un elemento de detección percibe el fallo del sistema operacional.

En términos de definición, la fiabilidad de un sistema en reserva formado por dos componentes, el operacionales y el de reserva, es la probabilidad de que la unidad operacional funcione correctamente durante el tiempo  $t$ , o bien de que habiendo fallado en el tiempo  $t_1$ , las unidades de captación y de conmutación del fallo actúen con éxito en  $t_1$  (fiabilidad = 1), y que la unidad de reserva no falle al entrar en funcionamiento y que continúe operando con éxito hasta que ha transcurrido el tiempo que falta entre  $t_1$  y  $t$ . De este modo:

$$R(t) = R_1(t) + Q_1(t_1) * R_2(t - t_1)$$

siendo:

$R(t)$  = Fiabilidad del sistema

$R_1(t)$  = Fiabilidad de la unidad operacional  
en el tiempo  $t$ .

$Q_1(t_1)$  = Probabilidad de fallo de la unidad operacional en el tiempo  $t_1$ .

$R_2(t-t_1)$  = Probabilidad de fallo de la unidad  
de reserva en el tiempo  $t-t_1$

Considerando una tasa de fallos de  $L_1$  (operacional) y  $L_2$  (reserva), resulta:

$$\begin{aligned} R_1(t) &= e^{-L_1 \cdot t} \\ R_2(t-t_1) &= e^{-L_2 \cdot (t-t_1)} \\ Q_1(t_1) &= \int_0^{t_1} L_1 \cdot e^{-L_1 \cdot t} dt \end{aligned}$$

Y haciendo operaciones se obtiene la expresión:

$$R(t) = e^{-L_1 \cdot t} + \frac{L_2 \cdot e^{-L_2 \cdot t}}{L_1 - L_2} \cdot (1 - e^{-(L_1 - L_2) \cdot t})$$

Ejemplo: El circuito de agua de alimentación de una caldera de vapor dispone, para una mayor seguridad, de dos bombas centrífugas en paralelo, de las cuales una estará en marcha y la otra en reserva (Tasa de fallos=0,1 fallos/año). La conmutación de una a otra se hará de forma manual o automática, realizándose con un pulsador en el panel de control de la caldera. Se supone que la maniobra de conmutación es instantánea y sin fallos. Determinar la fiabilidad durante dos años.

$$R_2 = e^{-(0,1 \cdot 2)} (1 + 0,1 \cdot 2) = 0,9824$$

Y si se supone que la conmutación falla y que su fiabilidad es de 0,002, resulta:

$$R(2) = e^{-(0,1 \cdot 2)} * (1 + 0,002 * 0,1 \cdot 2) = 0,8190$$

### 2.1.2.5.1.2 SISTEMAS CON REPARACIÓN

Si un sistema admite reparación, su fiabilidad aumenta. Aunque los tiempos de reparación pueden corresponderá varios tipos de distribuciones, se asume normalmente que la función de distribución del tiempo de reparación es una exponencial, de tasa de reparación constante (o de tiempo medio de reparación  $m_r$ ). Si el tiempo de reparación de un componente del sistema es  $t_r$ ,

es decir, es el tiempo que transcurre entre el fallo inicial (o su detección) hasta la reparación final (o la sustitución final del componente que había fallado), resulta:

$$f(t) = \mu \cdot e^{-\mu \cdot t} = \mu \cdot e^{-(1/m) \cdot t}$$

### 2.1.2.5.1.3 MODELOS DE MARKOV

Un modelo de Markov es aquel que da las probabilidades de los diferentes estados de un sistema en función del tiempo.

Existen pues dos tipos de variables: estado y tiempo, y como estas variables pueden ser discretas o continuas, se sigue que existirán cuatro tipos diferentes de modelos de Markov.

El sistema puede cambiar de estado pasando de uno a otro en forma secuencial directa o saltando de uno a otro sin pasar por estados intermedios. Es conveniente trabajar con los estados cuyos valores de regímenes de transición sean conocidos, tales como las tasas de fallo y de reparación que deben de ser constantes.

Las ecuaciones de estado que se establecen, que son ecuaciones diferenciales, resueltas permiten conocer en cada instante  $t$  la probabilidad de estar en cada uno de los estados, así como el tiempo de permanencia en ellos, y por lo tanto la fiabilidad o bien la disponibilidad del sistema que se estudia.

### 2.1.2.5.1.3 REDES DE PETRI

#### Generalidades

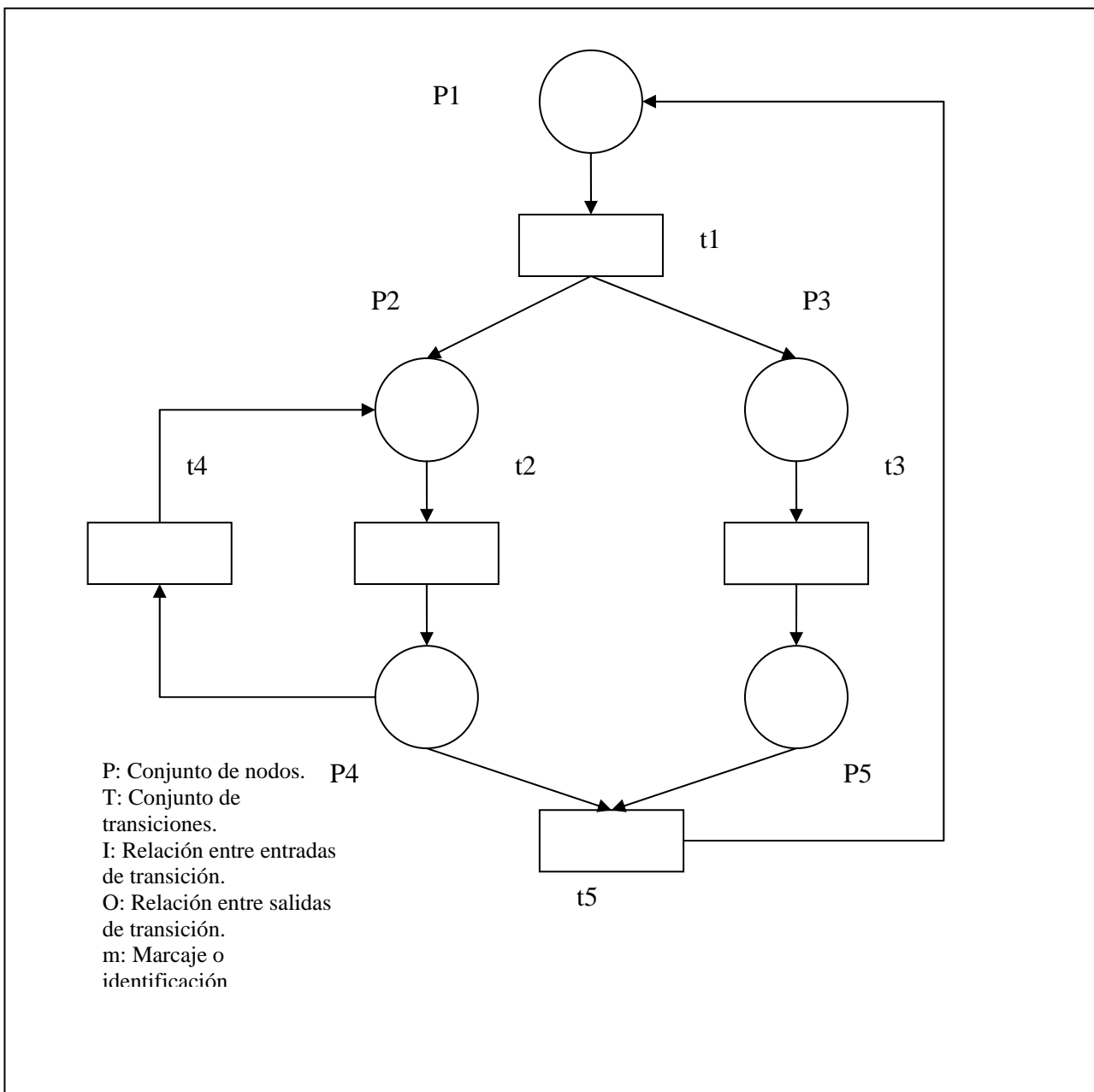
Las redes de Petri constituyen una herramienta gráfica para la modelización de las interacciones entre componentes y el flujo de actividades en sistemas complejos y complementan las demás representaciones gráficas de diagramas de bloques y de árboles de fallos.

El método fue ideado por CA Petri en 1962, y se ha difundido a muchas áreas teóricas y prácticas.

La marca PN (Petri Net ) de la red de Petri tiene cinco características P, T, I, O, M y que tienen los siguientes significados:

- $P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n\}$  es el conjunto de nodos  $n_p$  dibujados como círculos en la representación gráfica.
- $T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$  es el conjunto de  $n_t$  transacciones que se dibujan como barras.

- I es la relación entre las entradas de transición y está representada por medio de los arcos que unen y se dirigen (terminan en flecha) desde los asentamientos hacia las transiciones.
- O es la relación entre las salidas de transición y está representada por medio de arcos que unen y se dirigen (terminan en flecha) desde los asentamientos hacia las transiciones.
- $M = \{m_1, m_2, m_3, \dots, m_{np}\}$  es la marca o identificación. En la figura inferior se representa un gráfico de Petri típico.



**FIG 2-107 Red Petri**



Las redes de Petri representan un sistema y las relaciones entre sus componentes mediante nodos (asentamientos y posiciones de transición) unidos por arcos que conectan estos nodos entre sí. El estado dinámico de la red se representa mediante una "ficha" o varias "fichas" que pueden ir saltando entre los nodos siguiendo reglas determinadas, y la posición R que alcanza la ficha es el conjunto de todas las marcas obtenibles.

En el ejemplo de la figura anterior, formado por 5 nodos, pueden verse las expresiones correspondientes de {P, T, I, O, M).

Las situaciones típicas de interacción de las actividades que se presentan en la modelización del sistema, son:

#### Paralelismo o concurrencia

Dos actividades paralelas, donde el encendido de una transición no modifica el estado de la otra.

#### Sincronización

Donde  $t_1$  y  $t_2$  marchan de forma concurrente, y donde el encendido de la transición  $t_3$  requiere una ficha simultánea en  $p_2$  y en  $p_4$ .

#### Secuencialidad

La relación que existe entre un fabricante y un consumidor puede representarse mediante las redes de Petri. El fabricante pone los objetos fabricados en un almacén provisional o memoria intermedia (buffer), donde son recogidos y consumidos por un cliente consumidor. Debe existir una secuencia en el proceso de consumo con relación al proceso de producción.

#### Conflicto

Es el caso de dos recursos  $C_1$  y  $C_2$  que se encuentran en paralelo, pero que están conectados a un recurso compartido  $C_5$ , que no puede ser accedido simultáneamente por  $C_1$  y  $C_2$ .

Cuando la duración de las actividades durante la operación del sistema es perfectamente especificable y medible, puede introducirse el tiempo en las redes de Petri.

Una red de Petri temporizada es una red de Petri marcada en la cual se proporcionan un conjunto de reglas definidas de tal modo que una secuencia ejecutada temporizada,  $T_e$ , puede unirse unívocamente a cada secuencia ejecutada legal,  $E_s$ .

Los modelos que tienen en cuenta el tiempo son bastante complejos. La modelización puede realizarse mediante variables determinísticas o variables aleatorias.

Las áreas de aplicación abarcan los protocolos de comunicación, la evaluación de rendimientos y la fabricación.

A todo lo anterior se le puede aplicar un lenguaje estructurado que proporciona un entorno para determinar el comportamiento estocástico de la red de Petri, calculando las probabilidades de las ocurrencias de los estados del conjunto de accesibilidad RÍM-J de cada actividad.

Pueden hacerse estudios de comportamiento y (labilidad (origen de mucha literatura reciente) mediante el lenguaje estocástico de la red de Petri, y aplicarlos a una gran variedad de problemas. Por ejemplo, unidades en paralelo con recursos compartidos, sistemas en para ello con un almacén de entrada finito, etc.

El método de las redes de Petri, a pesar de que proviene de 1962 (tesis doctoral de C.A. Petri), constituye un lenguaje prometedor en la modelización del comportamiento de los sistemas complejos con relación al tiempo

Sus ventajas principales son su naturaleza gráfica sencilla (apta para personas no especialistas en el tema) y la posibilidad de implementar técnicas de análisis.

Su desventaja principal reside en la dificultad de modelizar sistemas distribuidos muy complejos, que convierte el método en cálculos analíticos demasiado complicados e intratables.

## SIMULACIÓN DE MONTE CARLO

Los métodos que se han explicado anteriormente no siempre solucionan todo tipo de problemas y, en ocasiones, la única forma es la simulación.

El método de Monte Carlo es un método numérico que permite la solución de procesos matemáticos o físicos utilizando un modelo probabilístico que representa las variables aleatorias ligadas al sistema.

Éste método empezó a utilizarse de modo sistemático en 1944 con los trabajos de Ulam, Metrópolis y J. Von Neumann en el área de la tecnología nuclear, y se ha ido aplicando con profusión a otras áreas, entre ellas el análisis de fiabilidad.

Se utilizan técnicas de muestreo aleatorio (definiendo las variables aleatorias  $o$  y sus funciones de densidad de probabilidad significativas  $f(o)$ ) y cada serie de cálculos equivale a realizar una jugada, con la consiguiente puntuación o resultado numérico. El juego que se efectúa está

proyectado de tal forma que el valor esperado de la puntuación es aquella cantidad matemática o física que el jugador desea obtener. Por lo tanto, si se realiza el número suficiente de jugadas (N jugadas), y de acuerdo con el teorema del límite central, la puntuación media se aproxima al valor esperado por el jugador, quién ha prefijado la cantidad a calcular, y que es una variable aleatoria X llamada estimador y de magnitud U. Al final de los cálculos, se determinan la media del estimador con los números obtenidos en cada jugada. Su valor es:

$$X = \frac{1}{N} \sum X_i,$$

cantidad que representa la magnitud U. Existe inevitablemente un error dado por la desviación estándar  $\sigma$  de la media aritmética X de N observaciones independientes que viene dada por:

$$\frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{N} - (X)^2}$$

De este modo, la probabilidad de que la media aritmética X se desvíe en  $\pm\sigma$  es de  $2 \cdot P(1) - 1 = 0,68$  (para  $t_p=1$ ) Así, la probabilidad de que los resultados del método de Monte Carlo se desvíen en más de una desviación estándar es del 0,32, mientras que si es más de  $2\sigma$  es de 0,054 y si es más de  $3\sigma$  será de 0,0027.

Un ejemplo típico del método de Monte Carlo es el experimento llamado de Buffon del año 1733, que permite la estimación del valor del número pi.

Se utiliza la función RND de números distribuidos uniformemente entre 0 y 1, para encontrar los puntos cuya distancia al punto central (coordenadas 0,0) es menor o igual a la unidad, y cuyo valor se aproxima al valor  $\pi/4$ .

El resultado que se obtiene en una ejecución del programa con un número de ciclos de 10000 es de  $PI(\pi) = 3,1388$ .

En la aplicación a un sistema en funcionamiento, el método de Monte Carlo fija datos tales como el periodo de tiempo de estudio, la configuración del sistema, las características de fallo y de operación de los componentes, etc.

Inicialmente el periodo de tiempo de interés se divide en incrementos y se realizan ensayos para cada incremento. Estos ensayos consisten en calcular la probabilidad de fallo del primer componente, la que se compara con un número aleatorio generado por una distribución uniforme. Si en esta comparación el número aleatorio es menor o igual a la probabilidad de fallo del equipo,

entonces, el equipo falla, y si no es así entonces sobrevive, es decir continúa en operación. Se comprueba así el estado de todo el equipo y de todo el sistema.

Se continúa así ensavando sucesivamente cada incremento de tiempo, hasta agotar el periodo de tiempo de interés.

La prueba realizada durante todo el tiempo de interés constituye sólo un ensayo. Es necesario realizar otros ensayos hasta que la relación entre los ensayos que el equipo ha superado con éxito y los ensayos en los cuales el equipo ha fallado se aproximan a una curva asintótica. Esta relación da el resultado fiabilidad/disponibilidad del sistema.

#### **2.1.2.5.2 FIABILIDAD HUMANA**

Los errores humanos se presentan durante toda la vida útil de los sistemas, desde su diseño hasta el final de su vida útil. En la vida diaria constatamos que nuestros errores son casi continuos, y de hecho, aceptamos que es cierta la frase "errar es humano".

Los fallos del hombre en el manejo de situaciones típicas en los procesos industriales son diversos y dependen mucho del entrenamiento y de la experiencia del operador ante situaciones difíciles. Deben considerarse durante toda la vida de la planta, en las fases de diseño (criterios ergonómicos de accesibilidad, espacio...), fabricación y construcción (manuales de control de calidad), puesta en marcha {entrenamiento, procedimientos de arranque y ante accidentes) y operación.

Los estudios de fiabilidad humana se iniciaron en aviación y se profundizó en industrias tales como la industria nuclear, donde los fallos del operador pueden conducir a situaciones realmente difíciles y peligrosas. En el resto de las industrias se les presta una creciente atención, pues aparte de conducir la planta a situaciones de peligro, pueden causar pérdidas de producto importantes. Existen bancos de datos de habilidad humana, que están en continuo desarrollo.

El error humano se presenta cuando el comportamiento humano o su influencia sobre el sistema, excede el límite de aceptabilidad. Este límite de aceptabilidad debe definirse claramente, así como los factores capaces de influir en el comportamiento del hombre. De aquí que deban especificarse todos los parámetros que determinan el error humano.

El hombre presenta un alto grado de variabilidad en su comportamiento. Su contribución a los fallos generales es del orden del 10%; mientras que contribuye a los accidentes importantes en un 50 - 80 %.

### **2.1.2.5.2.1 EL HOMBRE COMO MODELO DE ORDENADOR**

Nuestro cuerpo puede compararse a un ordenador, en particular el sistema nervioso que, ayudado por el sistema endocrino, asegura las funciones de control del organismo. En el sistema nervioso se reciben y valoran las impresiones externas e internas, y se establece la respuesta que ha de emitir el organismo, enviándose la información pertinente a cada uno de los órganos que lo componen.

Un área importante es la de la memoria situada en gran parte del lóbulo temporal y parietal. Los procesos de almacenamiento seleccionan la información sensorial de importancia (que suele ser sólo del 1% de toda la información que llega continuamente al cerebro) y la desvían a las áreas de almacenamiento o a las áreas motoras para originar respuestas corporales.

Además, cabe distinguir la memoria inmediata o de breve plazo y la memoria a largo plazo.

Por lo tanto, podemos asumir el cerebro del hombre a un ordenador compuesto por dos CPU: CPUV ni CPU voluntaria que contiene la memoria a largo plazo y que está encargada de realizar la secuencia del programa que se esté ejecutando.

La velocidad de procesamiento de la CPUV humana llega hasta unos 100 bits/segundo.

La memoria a Sargo plazo es de  $10^{12}$  bits de capacidad. Retiene conocimientos que permiten hacer un diagnóstico de la planta, razonar con la regla IF-THEN-ELSE en tareas dinámicas, tal como vigilar las indicaciones de un instrumento durante un período de tiempo determinado, y extraer conclusiones de este estudio.

CPUA o CPU Automática que dispone de la memoria a corto plazo y cuya misión es efectuar los trabajos automáticos, tales como, refrescar la memoria del monitor de vídeo y tomar los controles de rutina realizados por la unidad 1/O de entradas/salidas.

La memoria a corto plazo puede retener hasta 7 números de teléfono, pero no es demasiado fiable y está sujeta a errores frecuentes. Una distracción elimina instantáneamente el contenido de la memoria inmediata. Por ejemplo, un cambio de tarea o una llamada telefónica o la llamada de un compañero hará que la lectura de un instrumento en el panel o la consola de control pueda olvidarse inmediatamente, y el operador deberá refrescar su memoria efectuando una nueva lectura.

El sistema operativo o conjunto de programas que canaliza las señales y las transfiere adecuadamente entre el micro procesador, la memoria principal y los periféricos, proporciona la interfase entre el hardware y el usuario. Como símil en el cuerpo humano, el sistema operativo constaría del nivel consciente o actividad motora voluntaria, y del nivel inconsciente o actividad vegetativa.

Nuestros sentidos (vista, oído, olfato, gusto y tacto) forman los llamados periféricos de entrada — el teclado, el registrador de cassettes o de cinta, la unidad de diskettes y otros como el digitalizador, el ratón" (mouse) y el lápiz óptico que transforman una posición a señal digital binaria.

Una configuración multifuncional permite trabajar con varias señales de entrada. Por ejemplo, la vista y el oído.

Los órganos sensores reciben una información del orden de  $10^9$  bits/segundo y como la velocidad de procesamiento de la CPUV es menor de 100 bits/segundo, se sigue que el modelo humano debe llegar a un compromiso: realizar un muestreo con prioridades. Así ocurre, cuando el hombre pasa por situaciones de peligro.

Los periféricos de salida permiten registrar o ver la información introducida y elaborada (resultados) por el ordenador, por el registrador de cassettes o de cinta, por la unidad de diskettes, por la impresora y por la pantalla. Estos pueden compararse a nuestra memoria y a los gestos y palabras que efectuamos para comunicarnos con nuestro entorno.

## Ejemplos generales

Veamos varios ejemplos de tipos de errores humanos.

### Errores de entorno

En condiciones de saturación del aire, un posicionador electroneumático se averió por obturación gradual con agua del conjunto tobera-obturador pasando la válvula de control a la posición de seguridad.

### Errores de fijación

Por un circuito formado por un tanque de alimentación, una borní centrífuga (con una luz piloto de indicación de marcha en el panel c control), una tubería y una válvula de control no pasaba líquido. El operador creyó erróneamente que la válvula de control estaba cerrada. Intentó abrirla, pero de hecho ya lo estaba totalmente. Sus compañeros que acudieron en su ayuda, observaron su error de fijación: intentaba e intentaba vez tras vez abrir la válvula, cuando realmente ésta ya estaba abierta y era la bomba centrífuga la causante del problema.

### Errores de influencia externa

En un centro de control de motores un interruptor estaba encasquillado. El supervisor le indicó al operador que tomara un destornillador, separara con cuidado las cuchillas para desconectarlo. El operador I mal la maniobra y puso en cortocircuito dos fases recibiendo un chispazo en la cara, por suerte sin consecuencias.

— El autor en una de sus primeras experiencias noveles en la industria en la puesta en marcha de un autoclave inicialmente en control manual, indicó al operario que pasara a automático, y éste le advirtió que no era posible porque no confiaba en el controlador de temperatura. El autor se lo mandó bajo su propia responsabilidad, y al pasar a automático la operación falló porque las acciones de control no eran las adecuadas y la temperatura del producto aumentó excesivamente, lo que provocó una mala operación.

Errores de falta de valoración del peligro

Un operario trabajando en verano con temperatura y humedad altas, sudando y calzado con unas alpargatas mojadas en el interior de un panel) con el suelo inundado, tocó un cable eléctrico desnudo a 120 V. Murió electrocutado.

#### **2.1.2.5.2.2 CUANTIFICACIÓN DE LOS ERRORES HUMANOS**

Tal como se ha indicado anteriormente, el error humano se presenta cuando el comportamiento humano o su influencia sobre el sistema, excede el límite de aceptabilidad prefijado.

La valoración del error humano puede hacerse mediante la tasa de error humano que viene dada por el cociente:

Número de errores por demanda / Número de demandas

o bien por

Número de errores en el período de observación/ Período de observación

Para determinar los valores del numerador es necesario definir claramente los límites de aceptabilidad de la acción humana, lo cual es difícil de normalizar. Los intentos para obtener bases de datos de fiabilidad humana se iniciaron en la industria nuclear y en aviación. Se definieron áreas concretas de actuación que permitieron la cuantificación de los errores gracias a los informes de incidentes ocurridos, y al análisis experto cualitativo de los factores humanos envueltos en los incidentes.

Evidentemente, es casi imposible obtener una valoración cuantitativa completa para cada situación y cada tarea en las condiciones de entorno con que se ejecuta y, además, teniendo en cuenta que el operador informa sólo de los errores que tienen consecuencias importantes. Sin embargo, el estudio de las causas y de los mecanismos del error humano permite obtener datos cualitativos que previenen de cometer errores semejantes.

Entre los métodos de valoración del error humano se encuentran los siguientes.

Metodología THERP

Esta técnica (iniciales de Technique for human-error late prediction) fue ideada y desarrollada inicialmente por Swain, Rock y su equipo en el laboratorio Sandia en 1962. La técnica ha evolucionado y ha sido perfeccionada de tal modo que constituye un estándar plenamente aceptado y es el método más potente y sistemático para cuantificar la fiabilidad humana.

THERP descompone las tareas humanas en una secuencia de actividades unitarias, las que se visualizan en un árbol de eventos conjuntamente "con sus posibles desviaciones en forma de error de omisión o de comisión" del operador. El evento básico que representa el error humano puede representarse como un subconjunto de nudos del árbol. De este modo, para calcular la probabilidad del suceso del evento básico o del nudo. Basta multiplicar las probabilidades que se encuentran a lo largo del camino que conduce hacía el evento básico o el nudo correspondiente.

## **2.1.2.6 SEGURIDAD INDUSTRIAL**

### **2.1.2.6.1 ANÁLISIS DE RIESGOS**

El análisis de riesgos permite prever y corregir los accidentes y sus consecuencias en las plantas industriales y talleres de mantenimiento.

Se están desarrollando tecnologías se sistemas expertos en el campo del análisis de riesgos que, a partir de las metodologías de representación y formalización del conocimiento, pueden tratar los datos de riesgo no conocidos o inciertos.

Entre los tipos de accidentes dentro de la planta, taller o en el transporte de sustancias peligrosas se encuentran:

BLEVE (Boiling liquid expanding vapor) o explosión por líquido dentro de un recinto cerrado (cisterna, tanque..) que pasa por fases de sobrecalentamiento del líquido, despresurización súbita y nucleación espontánea.

UVCE (Unconfined vapor cloud explosion) o explosión de nube de gas o vapor liberada a la atmósfera.

POOLFIRE o bola de fuego.

ESCAPE TÓXICO DE SUSTANCIAS y su dispersión en el ambiente.

AGRESIVIDAD QUÍMICA por dispersión de sustancias.



### **2.1.2.6.2 ESTUDIO DE ACCIDENTES. BANCOS DE DATOS. CUESTIONARIOS**

Un accidente representa una desviación intolerable de las condiciones de trabajo de un sistema con relación a las prefijadas en un proyecto.

Para que se produzca un accidente debe existir un escape de material o energético. Por ejemplo, la rotura de una junta, la de cierres mecánicos de bombas, los defectos de cierre de una conexión temporal, la acción de corrosión, el sobrellenado de un tanque, el choque de vehículos, los errores de diseño o de operación de la planta, o bien causas naturales

Existen dos tipos de accidentes, los debidos a la pérdida parcial o total del sistema con daños económicos, y los que causan daños a personas o al ambiente interno o externo de la planta.

### **2.1.2.6.3 INCENDIOS, EXPLOSIONES, FUGAS DE SUSTANCIAS TÓXICAS**

#### Incendios

Los incendios provocan radiaciones térmicas que dependen de la forma del cuerpo radiante, del factor geométrico de vista con relación al objeto que recibe la radiación y la dispersión de la energía radiante.

#### Explosiones

Las explosiones pueden ser en espacios libres o en espacios confinados. En los espacios libres las explosiones pueden provocar diversos daños (rotura de cristales, demoliciones) a los edificios, estructuras y equipos, dependiendo de la presión ejercida.

En los espacios confinados, la deflagración que se presenta es debida a la ignición de los gases o vapores liberados de sustancias inflamables. La deflagración se caracteriza por dos parámetros, la presión máxima alcanzada y el máximo gradiente de presión, Los vapores de la presión que se alcanzan durante la deflagración dependen de la nube o sustancia explosiva y de la distancia.

#### Fugas de sustancias tóxicas

Pueden lanzarse a la atmósfera gases de distintos tipos, de densidad mayor o menor de la del aire y a baja o alta velocidad. La dispersión de dichos gases depende de la forma, de la geometría del terreno y de la velocidad del viento.

### **2.1.2.7 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADORA**

El mantenimiento de alto nivel no solo se preocupa de las intervenciones de los equipos, engloba todo un proceso relacionando las áreas administrativa, técnica y operativa. La gestión de mantenimiento garantizará una intervención organizada, eficiente y eficaz en los procesos de producción asegurando una mayor disponibilidad en sus activos y mejorando la calidad de los productos.

Una de las metodologías para la gestión de mantenimiento son los software (CMMS por sus siglas en inglés; Computerized Maintenance Management System). Con esta metodología se puede llevar y procesar grandes cantidades de información integrando personal, herramientas, equipos, bodegas, planos catálogos, indicadores, etc. Permitiendo una adecuada comunicación entre el área de producción y mantenimiento, para la planificación y control en las labores de mantenimiento, siendo el software una herramienta de gran ayuda en la toma de decisiones.

#### **2.1.2.7.1 BENEFICIOS DE UN CMMS**

Cuando se implementa este tipo de sistemas siempre buscaremos una mejora en las actividades que está realizando para el mantenimiento pero también tendríamos que aprovechar esta tecnología para realizar actividades que no se está haciendo. Algunos de estos beneficios son:

- Mejoras organizativas y de gestión.
- Asignación de mantenimiento, que tiene una frecuencia, de manera automática.
- Certeza que la mayor parte de trabajo está planeado y asignado.
- Mejora en el control en el trabajo realizado y en los informes de trabajo pendiente.
- Información actualizada del estado de los equipos.
- Fechas de trabajo y de inspección establecidas con anterioridad.
- Reducción en el tiempo de parada e incremento del rendimiento de los equipos.
- Incremento de la utilización y la eficacia de la mano de obra a través del control del plan de trabajo.
- Reconocimiento de la función del Mantenimiento.
- Informes de gestión útiles en la toma de decisiones.

- Disminución del trabajo en curso
- Mejora en el servicio y satisfacción en el usuario
- Disminución de costo de inventarios.
- Repuestos y herramientas a tiempo en especial en trabajos prioritarios, gracias a la planificación.

Todo este mejoramiento se los encuentran dentro de los cuatro etapas fundamentales para una gestión de mantenimiento:

- Organización.
- Planificación.
- Ejecución.
- Control.

#### **2.1.2.7.2 PLANIFICACIÓN**

Para la planificación debe responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuándo hacerlo?
- ¿Con qué y con quién hacerlo?

Esta fase se determina las acciones de mantenimiento (Preventivo, Predictivo, etc.) a realizar en los equipos o instalaciones, los recursos necesarios (materiales y humanos), así como se establece de las cargas de trabajo con las capacidades de medios y hombres para llevarlas a cabo.

#### **2.1.2.7.3 ORGANIZACIÓN**

Antes de la organización del mantenimiento se tiene que realizar dos preguntas fundamentales:

- ¿Qué hacer?
- ¿Cómo hacerlo?

Para la organización se tienen dos fases:

**Fase organizativa:** Se determina la estructura de trabajo, las funciones dentro de la estructura, las relaciones externas e internas, los procedimientos para el flujo y registro de información y documentación.

**Fase Preparatoria:** Se define la preparación de los recursos (materiales y humanos), documentación, instalaciones, etc.

#### **2.1.2.7.4 EJECUCIÓN**

Para la ejecución se deben tener principios básicos luego de haber completado la elaboración básica del plan:

- Precisar con claridad cada uno de los trabajos a realizar.
- Establecer las fechas de comienzo y culminación de cada trabajo.
- El balance de las cargas y de las capacidades sea dinámico
- Existencia de retroalimentación constante con la dirección técnica o de ingeniería.
- Necesidad de que exista una programación flexible a la cual se pueden incorporar los cambios que se produzcan por la operatividad del trabajo.

#### **2.1.2.7.5 CONTROL**

Antes de realizar el control se deben realizar las siguientes preguntas:

- ¿Cómo marcha lo que debo hacer?
- ¿Cuánto esfuerzo en tiempo, recursos humanos y materiales costó y pudo haber costado?

Las respuestas para las preguntas anteriores serán los resultados de evaluar un número de indicadores capaces de reflejar la cantidad, costo, eficiencia, disponibilidad, etc. Y una de las mejores herramientas es el sistema CMMS, ya que con su implementación se podrá disponer de una Gestión eficiente en la toma de decisiones.

#### **2.1.2.7.6 DISEÑO Y ATRIBUTOS COMUNES DE UN CMMS**

El diseño de un CMMS tiene dos atributos que lo definen: los módulos y la interfaz. Los módulos son como los programas individuales que componen todo el CMMS. La interfaz tiene que ver con la manera en que el CMMS se relaciona con el usuario.

### **2.1.2.7.6.1 MÓDULOS**

- Instalaciones. Inventario técnico de bienes a mantener.
- Documentación técnica. Vinculación de manuales, planos, referencias gráficas (formato JPG, BMP, PDF, DOC, DWG, etc.) y video al inventario de instalaciones.
- Fichas técnicas de datos. (Datos de placa, operación) predefinidas, y nuevas configurables por el usuario.
- Lista base de recambios. Información de materiales y repuestos vinculados al inventario de instalaciones.
- Interfaz gráfica. Almacenamiento de imágenes y video, relacionada con la información de todos los módulos.
- Personal técnico. Programación de actividades relacionadas con órdenes de trabajo, calendario de vacaciones, datos técnicos (Especialidad, participación en la gestión, etc), parametrización de tipos de especialistas, costo / hora especialista, evaluación de carga de trabajo y desempeño.
- Banco predefinido y configurable de Tareas de Mantenimiento.
- Programación paramétrica de tareas y rutinas de mantenimiento. De acuerdo a naturaleza y modos de operación definidos por el usuario (Horas operadas, Número de arranques, Km recorridos, etc.).
- Solicitudes de trabajo. Lanzamiento, seguimiento, evaluación.

#### **• Ordenes de trabajo:**

- Programación y lanzamiento de acuerdo a la naturaleza del trabajo (Preventivas, correctivas, etc.)

- Planificación y costeo de recursos (mano de obra, materiales / repuestos, herramientas, contratación externa)
- Factibilidad de ejecución.
- Registro de fallas, motivos de retraso de la OT, motivos de parada.
- Cronogramas de rutinas y órdenes de trabajo.
- Seguimiento de órdenes de trabajo según su estado.
- Programación y Control de contadores. Ingreso personalizado, cálculo automático de carga de trabajo y próxima lectura / fecha de ejecución de tareas y rutinas.
- Informes técnicos. De distinta naturaleza en los diferentes módulos, de acuerdo a selección de parámetros de consulta.
- Índices de mantenimiento. Disponibilidad, fiabilidad, mantenibilidad, etc.
- Informes gerenciales. Estadísticas y costos relacionados con la gestión del mantenimiento.
- Seguridad. Perfiles de usuario parametrizables por el Administrador del sistema, para acceso a cada módulo y sus diferentes submódulos.

**Herramientas de administración:**

- **Administrador.** Configuración de Servidor, ruta de acceso, opciones multiusuario y utilidades.
- **Interfaz.** Interfaz de datos con otras aplicaciones existentes en LA EMPRESA CONTRATANTE cliente (Inventarios de bodega, Compras, Activos fijos, Contabilidad, personal y nómina, aplicaciones técnicas, etc.)

- **Server.** Tareas automatizadas (registro histórico, actualización de recursos de Ots, etc.).

#### **2.1.2.7.6.2 INTERFAZ DEL USUARIO**

Módulos ejecutables independientes compilados en Visual Basic 6.0

Multiusuario o monousuario

Acceso a datos utilizando ADO

#### **2.1.2.7.7 REGLAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CMMS.**

Para la implementación de un sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computador (GMAC o CMMS) se debe tomar en cuenta, que este responda a los intereses y a las metas de la empresa. Se debe observar un compromiso general. Si no hay el compromiso, especialmente de los directivos no se podrá llevar a cabo un proyecto de implementación.

Existen tres parámetros para la ejecución de un CMMS:

- **Claridad y Simplicidad:** Todos los involucrados en el proyecto y los que van a utilizarlo, tienen que tener muy en claro su funcionamiento el objetivo del mismo.
- **Adaptabilidad:** Debe ser lo suficientemente flexible para adaptarse a condiciones especiales de cada empresa, capaz de absorber todas las diferencias.
- **Continuidad:** Este tipo de proyecto debe ser frecuente y progresivo, ya que esto dependerá el logro de las metas que se establecen antes de su implementación.

Para la implementación de un sistema CMMS, un tiempo razonable es la de un año, dentro del cual se adaptará el sistema a la organización, cubriendo un 50% del total de los objetivos planteados y de las necesidades que motivaron a su implementación. También es muy conveniente evaluar si el proyecto va realizar cambios importantes en mantenimiento solo con su implementación o hay que realizar una reestructuración previa en el departamento de mantenimiento y si es así el proyecto se podrá extender seis meses más.

#### **2.1.2.7.7.1 REGLAS PARA UNA IMPLEMENTACIÓN EFICAZ.**

- Asignación de objetivos a cada fase y control de marcha del proyecto por la dirección
- Establecer un líder técnico con suficiente peso en la empresa para dirigir el proyecto.
- Establecer una mecánica de reuniones periódicas para analizar la marcha del proyecto.
- Asumir una alta dedicación (superior al 60% del tiempo de trabajo) de personas con funciones inmiscuidas con el proyecto en particular.
- Evaluar si es necesario una reorganización previa a la implementación del sistema CMMS, y muy particularmente el nivel de dicha reorganización y el plazo para alcanzarla.
- Particularmente, Posponer a una segunda fase temas relacionados con la integración informática con otros sistemas y dominar el funcionamiento “aislado” previamente.

El cumplimiento de estas reglas llevará a una implementación óptima del sistema, en especial debe haber una total dedicación de las personas que están a cargo de su implementación. Para de esta manera cumplir con los plazos establecidos al principio del mismo.

#### **2.1.2.7.7.2 PUNTOS CRÍTICOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.**

- Asignación de objetivos medibles en cada fase.
- Dedicación de las personas durante la implementación
- Existencia de un líder de implementación.
- Adecuada elección de un área piloto para empezar.

##### **2.1.2.7.7.1 Asignación de objetivos medibles en cada fase.**

Esto conlleva a cubrir actividades como:

- Organización y levantamiento de almacenes.
- Identificar los tipos de máquinas de la empresa.
- Levantamiento e inventario del parque de activos y equipos.
- Definición de la cantidad de equipos con mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.
- Revisión y ajuste de los centros de costos de la empresa.
- Definición y revisión de la plantilla de mantenimiento ( tarifa horaria, categoría y oficio).



- Revisión y confección de los trabajos, actividades y proyectos de mantenimiento.
- Establecimiento de los defectos-causas y acciones más comunes.

#### **2.1.2.7.7.2 Dedicación del personal durante la implementación.**

Para la implementación tiene que asignarse a personas que van a dedicar casi todo su tiempo en el proyecto, ya que la codificación y el ingreso de datos requiere de una gran dedicación para no cometer errores que se pueden lamentar más tarde.

#### **2.1.2.7.7.3 Existencia de un líder de implementación.**

Se debe contar con un compañero de experiencia para que todos los problemas que se presenten en el camino tengan una rápida solución.

#### **2.1.2.7.7.4 Adecuada elección de un área piloto para empezar.**

Para una adecuada selección del área piloto se debe tomar muy en cuenta estos puntos:

- Existencia de literatura y manuales de fabricante de la mayor cantidad de equipos posibles.
- El nivel técnico del personal que trabaja en dicha área sea tal que cualquier tipo de consulta que se deba hacer sean confiables.
- Que exista alguna experiencia en el servicio de mantenimiento en esa área.
- Que las dimensiones en metros cuadrados, en cantidad de modelos de máquinas, equipos, cantidad de surtidos, repuestos y materiales, además del personal, tanto productivo, como de mantenimiento, sea el óptimo necesario para iniciar la instalación de prueba.
- Tanto el personal de producción, como el de mantenimiento, que atiendan el área estén motivados y se identifiquen con el proyecto.

### 2.1.2.7.8 FLUJO DE INFORMACIÓN DE UN CMMS

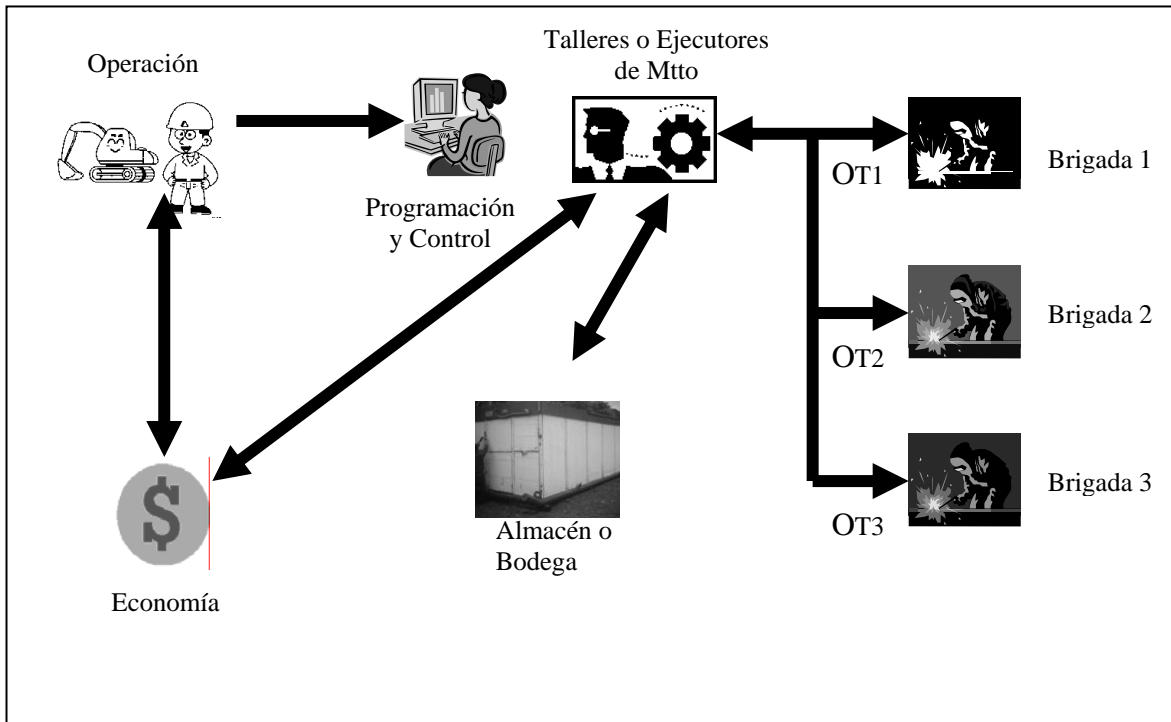


FIG 2-108 Flujo de Información con un sistema CMMS.

Una Orden de Trabajo (O.T.) sigue la siguiente secuencia o flujo de información:

- La orden de trabajo se solicita en un área de la empresa.
- La información de esta orden va al área de sistemas, o en su defecto de programación, para preparar la orden de trabajo.
- La orden de trabajo llega al departamento o taller de mantenimiento, para que esta sea ejecutada, por medio de las brigadas según el tipo de trabajo.
- Paralelamente a este proceso, almacenes, también es notificado de la O.T., para garantizar que tanto los repuestos y materiales a utilizarse estén listos para ser usados.
- El departamento de operaciones será un nexo importante entre los departamentos económicos y de mantenimiento ya que con ellos se tomará decisiones, cuando se trate de trabajos que tengan complejidad en su ejecución y sea necesario adquirir nuevos repuestos

o la importación de los mismos. O en el caso de presentarse más de una orden de trabajo en el mismo instante se decidirá cual es la más crucial para el funcionamiento de la empresa.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

**Mantenimiento:** Conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de sistemas, edificios, equipos y accesorios.

**Mantenimiento Preventivo:** Servicios de inspección, control, conservación y restauración de un ítem con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar fallas. Este mantenimiento se realiza con una frecuencia dependiendo de la criticidad del equipo.

**Mantenimiento Correctivo:** Servicios de reparación en ítems con falla; es decir este mantenimiento se realiza cuando se detecta la falla o cuando ya ocurrió.

**Mantenimiento Predictivo:** Servicios de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o estimación hecha por evaluación estadística, tratando de extrapolar el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio.

**Mantenimiento Mejorativo o Rediseños:**, consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación.

No es tarea de mantenimiento propiamente dicho, aunque lo hace mantenimiento.

**Mantenimiento Selectivo:** Servicios de cambio de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, de acuerdo con recomendaciones de fabricantes o entidades de investigación.

**Redundancia:** La redundancia es el empleo de varios medios para cumplir una función dada, cuando esta podría ser cubierta por un solo dispositivo. Esta superabundancia de dispositivos debe permitir obtener una mayor fiabilidad que la del dispositivo único.

**Redundancia simple:** Es llamada a veces activa por la que los dispositivos funciona continuamente. El conjunto será considerado averiado cuando todos los dispositivos hayan fallado o cuando solamente una cierta parte de estos hayan fallado.

Un ejemplo de redundancia simple lo constituye la función renal. El hombre posee dos riñones pero puede vivir con uno solo.

**Redundancia reserva, secuencial o conmutación:** Solo está en servicio un solo dispositivo. Cuando presente una avería un dispositivo (órgano de decisión y de conmutación), se registra el fallo y conmuta en línea otro dispositivo que funciona en forma permanente o secuencial. Un ejemplo de este tipo de redundancia es el de los neumáticos de un automóvil. Ante la avería de uno de ellos, el conductor lo reemplaza y sigue funcionando con los cuatro.

**Redundancia mayoritaria:** Varios dispositivos funcionan simultáneamente. Un dispositivo de control da unas señales internas de las funciones suministradas por los dispositivos que son compradas con unos niveles de actividad preestablecidos: No hay conmutación en ningún caso.

Este tipo de redundancia se encuentra en el sistema sensible y nervioso de la vista.

**Fiabilidad:** Es la probabilidad de que un dispositivo cumpla con una función precisa en condiciones dadas, durante un tiempo dado.

Normalmente la fiabilidad se expresa como la probabilidad de avería durante un tiempo dado. Existen varias clases de avería:

**Avería repentina:** Aquella que no ha podido ser prevista en un examen de inspección anterior.

**Avería progresiva:** Aquella que ha podido ser prevista en un examen de inspección anterior.

**Avería parcial:** Que resulta de desviaciones de una o varias de las características más allá de los límites especificados, pero de tal forma que no se pone una anulación completa de la función.

**Avería completa:** Aquella que resulta de una desviación de alguna de las varias características del equipo, lo que supone una desaparición de la función.

**Avería cataléctica:** Repentina y completa.

Avería por degradación: Progresiva y parcial

**Mantenibilidad:** Es la rapidez con la cual las fallas, o el funcionamiento defectuoso en los equipos son diagnosticados y corregidos, o el mantenimiento programado es ejecutado con éxito.

Productividad: Se descompone en dos términos:

PRODUCCIÓN Y ACTIVIDAD. Esto es lo que ha conducido durante muchos años a creer que este concepto está asociado únicamente a la actividad productiva de ciertas áreas de una empresa y ha limitado su utilización en otras áreas que no clasifican como tal.

El concepto más generalizado de productividad es el siguiente:

Productividad= Resultados Logrados/Insumos o Recursos Empleados.

La efectividad de un sistema de mantenimiento estará en dependencia del grado de mantenibilidad de la máquina a atender, entre otros factores.

Este concepto es caracterizado por el tiempo promedio para intervenir (TPPR).

$$TPPR = \frac{TNF}{Nm}$$

Donde:

$TNF$  = Tiempo de no funcionamiento.

$Nm$  = Número de intervenciones de mantenimiento.

Puede expresarse también como tiempo de falla promedio.

$$Tf = \frac{TTF}{Nf}$$

Donde:

$TTF$  = Tiempo total de fallas.

$Nf$  = Número de fallas.

## **Confiabilidad**

Es la probabilidad de que una máquina, equipo e instalación no falle, es decir, funcione satisfactoriamente dentro de los límites de desempeño establecidos, en una determinada etapa de su vida útil y para un tiempo de operación estipulado, teniendo como condición que el equipo se utilice para el fin y con la carga para la que fue diseñado.

Este concepto es caracterizado por el tiempo promedio entre fallas (TPEF).

$$TPEF = \frac{TF}{Ns}$$

Donde:

$TF$  = Tiempo de funcionamiento

$Ns$  = Número de puestas en servicio

### **Disponibilidad**

La disponibilidad permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar de la máquina, equipo o sistema este disponible para cumplir la función para lo cual fue destinado.

$$D = \frac{Tc - Tp}{Tc} \cdot 100 \%$$

Donde:

$D$  = Disponibilidad.

$Tc$  = Tiempo de carga.

$Tp$  = Tiempo de paradas

### **- Disponibilidad propia o eficiencia (Dp).**

$$Di = \frac{T_{fun}}{T_{fun} - T_{pp}} \cdot 100 \%$$

Donde:

$T_{fun}$  = Tiempo de funcionamiento.

$T_{pp}$  = Tiempo de paro propio.

### **- Disponibilidad Operacional (Do).**

$$Do = \frac{T_{fun}}{T_r} \cdot 100 \%$$

Donde:

$T_{fun}$  =Tiempo de funcionamiento.

$T_r$  = Tiempo requerido.

- **Disponibilidad Total (Dt)**

$$Dt = \frac{T_{fun}}{T_r + TM} \cdot 100 \%$$

Donde:

$T_{fun}$  =Tiempo de funcionamiento.

$T_r$  = Tiempo requerido.

$TM$  = Tiempo de Mtto. Efectuado en el tiempo no requerido.

**TABLA 2-08 Índices de seguridad**

ÍNDICE	FÓRMULA
Índice de frecuencia, con baja	$= \frac{NAC \times 1'000.000}{NHT}$
Índice de frecuencia, sin baja	$= \frac{NAS \times 1'000.000}{NHT}$
Índice de frecuencia total	$= \frac{NAT \times 1'000.000}{NHT}$
Índice de incidentes críticos	$= \frac{NIC \times 100.000}{NHT}$
Índice de gravedad	$= \frac{NJP \times 1000}{NHT}$
Índice de pérdidas (propiedad)	$= \frac{CPP \times 1'000.000}{NHT}$
Donde; NAC= Número de accidentes con baja NAS= Número de accidentes sin baja NAT= Número de accidentes totales NIC= Número de incidentes críticos NJP= Número de jornadas perdidas por accidentes CPP= Coste total, por accidente, de las pérdidas a la propiedad.	



## **2.3 MARCO CONTEXTUAL**

### **2.3.1 ASPECTO ECONÓMICO**

Según las últimas informaciones de la prensa, la subida internacional de los precios del acero, plomo, cobre, entre otros han ocasionado que los repuestos en general hayan experimentado una subida del 15% en promedio para el mes de marzo de este año; situación que afecta en el costo de mantenimiento de maquinarias y vehículos de algunas empresas, y en particular de las constructoras.

<b>TABLA 2-09 COMPETENCIA RELEVANTE DE INDIGI</b>			
<b>ITEM</b>	<b>NOMBRE O RAZÓN SOCIAL</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PRINCIPALES CONCURSOS DE PROYECTOS</b>
1	CONDUTO	Construcción civil, Montaje Mecánico	- Proyecto cambio de línea Santo Domingo – Beaterio para Petrocomercial 2008.
2	CEMISE	Construcción civil, Montaje Mecánico	- Proyecto cambio de línea Santo Domingo – Beaterio para Petrocomercial. 2008 - Lanzado de Línea Sacha - Shushufindi para Petroindustrial 2008
3	ARB ECUADOR	Construcción civil, Diseño Mecánico, Montaje Mecánico	- Proyecto cambio de línea Santo Domingo – Beaterio para Petrocomercial 2008
4	CMI SANTOS	Construcción civil, Montaje Mecánico	- Proyecto cambio de línea Santo Domingo – Beaterio para Petrocomercial . 2008 - Lanzado de Línea Sacha -Shushufindi. 2008 - Cambio de línea de agua para la Refinería Amazonas CIS Shushufindi. 2007
5	CIFOIL	Construcción civil, Montaje Mecánico	- Proyecto cambio de línea Santo Domingo – Beaterio para Petrocomercial 2008
6	PETROLEUM CONTRACTING	Construcción civil, Montaje Mecánico	- Misceláneos para Petrocomercial, 2002 - Proyecto cambio de línea Santo Domingo – Beaterio para Petrocomercial 2008
7	PEC	Construcción civil, Montaje Mecánico	- Proyecto cambio de línea Santo Domingo – Beaterio para Petrocomercial 2008 - Cambio de línea de agua para la Refinería Amazonas CIS Shushufindi. 2007

Pese a que la inversión extranjera directa en el país ha crecido, específicamente la inversión privada en actividades petroleras ha decrecido. Esto ha motivado que las compañías constructoras más grandes abandonen el país o cambien de actividad. Una de ellas es Harbert,

que ha estado en el país más de 25 años, pero al mantener costos altos, no ha obtenido contratos en los últimos años. Techint por su parte cesó por tiempo indefinido sus actividades en Ecuador luego de haber participado en la construcción del oleoducto de crudos pesados. Santos CMI tampoco ha logrado ganar licitaciones de importancia en los últimos años. ARB Ecuador mantiene pequeños contratos de pintado de tanques de gas y otros en el bloque 16 de Repsol. Conduto y Grupo Azul merecen un análisis especial, pues pese a mantener costos bajos, han tenido problemas con trabajadores y clientes; en el primer caso por salarios inferiores a la media de la industria, y en el segundo caso debido a que han infringido normas de seguridad industrial que han provocado desgracias fatales dentro de campos de operadoras que no permiten este tipo sucesos.

La empresa IN.DI.GI. S.A. es diferente a los casos anteriormente citados, pues, mantiene costos más bajos, aunque siempre observando las normas de calidad, medioambientales y demás que últimamente han hecho que empresas como esta ganen licitaciones con ofertas más convenientes para la petrolera del estado y sus filiales a diferencia de las compañías grandes citadas anteriormente; a este grupo de empresas nuevas (15 años o menos de actividad), fundadas por ex trabajadores de grandes compañías pertenecen también. Sopetroil, Petroleum contracting, Orienco, PEC, entre otras; éstas compiten fuertemente por los contratos pequeños, los que no son rentables para las empresas grandes.

Un desacierto nefasto en economía, a nuestro parecer, es haber creado una ley tributaria titulada “Ley de equidad tributaria” la misma que desalienta la inversión. Por ejemplo: las pequeñas y medianas empresas (grupo en el que está IN.DI.GI.) tienen que pagar un anticipo de impuesto a la renta de casi la mitad de la declaración del año anterior, sin saber si en el presente año tendrán utilidades superiores a ese monto. Esto lleva al absurdo de que algunas empresas se verán obligadas a pedir un préstamo para pagar el anticipo de impuesto a la renta. Esto sin contar las absurdas retenciones de IR e IVA que se deben pagar también, y la subida del impuesto a la renta hasta el 35% de la utilidad anual. Es bien sabido en economía que el aumento de impuestos hace que la curva de demanda se desplace hacia la izquierda, provocando estancamiento y llevando a recesión económica, lo que influye en las inversiones en todos los sectores. En Alemania y otros países Europeos el impuesto a la renta es del 50%, pero vale la pena mencionar que dichos países no tienen petróleo, gas y minerales.

Además esta ley tributaria también limita la reinversión de las utilidades obtenidas exclusivamente a maquinaria de producción u operación, cuando antes de la misma era permitida la reinversión en cualquier activo.

Todos estos sucesos hacen suponer que la actividad constructiva vinculada con la industria petrolera se mantendrá o crecerá en el segmento de mercado al que atiende IN.DI.GI., y ella se mantendrá en el mercado si cumple lo más cercanamente posible a la excelencia; sin embargo, la fuerte competencia y bajas ganancias obligan postergar la renovación de maquinarias y vehículos, y por ende el mantenimiento de sus activos fijos es fundamental.

### **2.3.2 ASPECTO SOCIAL**

La empresa IN.DI.GI. como otras contratan la mayor cantidad posible de obreros, operarios, soldadores y conexos provenientes del sector en el que se desarrolla la obra, pero existen mafias laborales que tienen exigencias desmedidas en cuanto a la cantidad de contratados, los puestos y salarios que aspiran; no solo eso sino que grupos de ex trabajadores de empresas del sector pretenden conseguir contratos con Petroecuador y sus filiales mediante la amenaza, extorsión y sabotaje, sin contar con las garantías económicas y de aptitud requeridas; éste es un problema con el cual también debe lidiar cualquier empresa que desee trabajar en el sector.

Según cifras del ECORAE, más del 35% de la población amazónica, que no pertenece a etnias aisladas, está indocumentada; el mismo Instituto crea campañas de cedulação masiva, por el problema que la falta del documento de identidad representa, pero también por ser un problema de seguridad para el resto de la población y causa de naturalización ilegal de extranjeros.

De los datos obtenidos de la misma institución se pueden obtener algunas conclusiones respecto al aspecto social de la región, algunas de ellas son las siguientes:

- Casi la mitad de la población de la zona oriental es conformada por niños y dos tercios de la misma vive en las ciudades, por lo tanto en la siguiente década, esta creciente población necesitará vivienda, electricidad, agua potable, alcantarillado, gas, entre otras facilidades de la vida moderna, lo que impulsará la industria de la construcción local.
- La construcción constituye la segunda actividad a la que se dedican los habitantes de la zona, luego del comercio, e inclusive, según cifras oficiales, existe una sobreoferta laboral para esta industria, esto garantiza la disponibilidad de mano de obra en cualquier proyecto en los próximos años.
- Un décimo de la población económicamente activa desempleada, lo que ocasiona problemas que afectan a las empresas y personas que trabajan en el país y en

particular de la región oriental: inseguridad pública, insatisfacción e improductividad laboral, alta rotación de personal, estafas, desfalcos internos, entre otros.

### **2.3.3 ASPECTO TECNOLÓGICO**

IN.DI.GI. mantiene operaciones actualmente es 6 ciudades o poblados orientales: Nueva Loja, Shushufindi, Joya de los Sachas, el Proyecto (Jivino Verde), El Coca, Tena.



Actualmente cuenta con dos campamentos: uno en Joya de los Sachas, y otro en Shushufindi; en este último se realizan las actividades de mantenimiento de rutina y es donde tentativamente se planea instalar el taller semimóvil de tercer escalón.

**FIG 2-157: Detectores de tuberías en servicio. Talleres del sector**

En Shushufindi existen: talleres mecánicos aunque no especializados en maquinaria pesada, proveedores de neumáticos, baterías, talleres de torneado y fresado, y almacenes de repuestos más comunes; de los que se dispone para la realización de mantenimientos rutinarios o para el reemplazo de piezas. Si alguna pieza debe ser comprada en Quito o Guayaquil, el tiempo estimado de compra y envío a Shushufindi es de 5 días.

**TABLA 2-10: PROVEEDORES**

<b>PROVEEDORES DE MAQUINARIA Y REPUESTOS</b>			
<b>ITEM</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>PRODUCTOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	IASA CAT	Maquinaria y repuestos Caterpillar y Mack	Proveedor al cual se han adquirido repuestos Caterpillar, pero no maquinaria nueva.
2	FATOSLA	Maquinaria y repuestos Hyundai	Proveedor al cual se han adquirido: maquinaria pesada Hyundai y repuestos originales
3	KOMATSU	Maquinaria y repuestos Komatsu	Proveedor al que se le adquiría repuestos de un Pay loader Komatsu, que fue vendido
4	ASTEC	Vehículos pesados MAN, Foton	Proveedor al que se le adquirió un cabezal Foton recientemente
5	Imbauto	Vehículos y repuestos y talleres Chevrolet	Proveedor al que se le ha adquirido más de 40 camiones NHR de 2 y 4 toneladas desde el año 2000. Además repuestos y servicio de mantenimiento.
6	World Wide Machinery	Compra, venta y alquiler de maquinaria pesada	Cuando los proyectos exceden la capacidad de IN.DI.GI., como todas las empresas del sector de la construcción y montaje, se alquila maquinaria a esta transnacional
7	Harbert*	Maquinaria y equipos propios de dicha empresa en liquidación.	Por el cambio de actividad de la empresa estadounidense, la que antes era una constructora en general pero que desde el presente año se dedica a perforación horizontal, se ha convertido en proveedora de Soldadoras, Dobladoras de tubos, y Sidebooms para IN.DI.GI.
<b>PRINCIPALES PROVEEDORES DE MATERIALES Y EQUIPOS INDUSTRIALES</b>			
<b>ITEM</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>PRODUCTOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	Lincoln Ecuador	Insumos de soldadura	Solo insumos consumibles
2	Link AGA Ecuador	Gases de soldadura	Insumos consumibles principalmente, cilindros de gases y equipo de protección
3	MACSOL	Insumos de soldadura	Insumos consumibles principalmente y equipo de protección
4	Sthil Center	Aceros, herramientas	Herramientas de mecánica básica.
5	Importadora Andina	Equipos livianos	Principalmente hornos, dobladoras de tubos pequeños (piping)
6	Acero comercial	Aceros, herramientas, equipo liviano	Principalmente amoladoras, discos de corte y desvaste, gratas, cables, fajas
7	Ivan Bohman	Aceros especiales	Aceros empleados para reparación de maquinaria

En cuanto a recursos humanos, en el Oriente viven personas de diversas profesiones que son requeridas en las obras de construcción: operadores de máquina, peones, soldadores, ayudantes de soldadura, mecánicos, conductores, alineadores, etc.

Los profesionales de educación superior vienen en su mayoría de otros lugares, aunque recientemente se han creado universidades como la ESPEC, Institutos Superiores en Nueva Loja, y algunas universidades nacionales tienen extensiones en Shushufindi, El Coca y Nueva Loja como: ESPE, UTPL, UCACUE entre otras, que en los próximos años aseguran que más profesionales de Instrucción superior de las provincias de Orellana y Sucumbíos serán empleados en los proyectos de desarrollo local y petroleros, abaratando el costo de contratación de profesionales y de mano de obra calificada.

**3. PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO**  
**3.1 INVENTARIO DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS**

**TABLA 3-1 INVENTARIO DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y VEHÍCULOS EN DETALLE**

<b>MAQUINARIA PESADA</b>										
<b>N</b>	<b>COD</b>	<b>TIPO DE MAQUINA</b>	<b>MARCA Y TIPO</b>	<b>MOD</b>	<b>PLACA</b>	<b>COLOR</b>	<b>ODOMETRO/ HORÓMETRO</b>		<b>ESTADO TÉCNICO CONJUNTO*</b>	
							<b>Km.</b>	<b>h.</b>		
1	IDG-M01	Retroexcavadora	Caterpillar 561 C Pipelayer	1992	-	Amarillo		21500	Bueno	
2	IDG-M02	Retroexcavadora	Caterpillar 561 C Pipelayer	1992	-	Amarillo		30200	Bueno	
3	IDG-M03	Retroexcavadora	Hyundai Rolex 66-7	2007	-	Amarillo		4000	Excelente	
4	IDG-M04	Retroexcavadora	Hyundai Rolex 55-7	2007	-	Amarillo		3200	Excelente	
5	IDG-M05	Sideboom	Caterpillar 561C	1992	-	Amarillo		32900	Regular	
6	IDG-M06	Sideboom	Caterpillar 561C	1992	-	Amarillo		30100	Regular	
7	IDG-M07	Paywelder	Caterpillar D6G	1991	-	Amarillo		38000	Regular	
8	IDG-M08	Paywelder	Caterpillar D7G	1991	-	Amarillo		45000	Malo	
9	IDG-M09	Grúa de Castillo	Link Belt LS 78	1996	-	Rojo		15800	Bueno	
10	IDG-M10	Grúa de Castillo	Link Belt LS 78	1996	-	Rojo		15700	Bueno	
<b>EQUIPO INDUSTRIAL</b>										
<b>N</b>	<b>COD</b>	<b>TIPO DE MAQUINA</b>	<b>MARCA Y TIPO</b>	<b>MOD</b>	<b>PLACA</b>	<b>COLOR</b>	<b>ODOMETRO/ HORÓMETRO</b>		<b>ESTADO TÉCNICO CONJUNTO*</b>	
							<b>Km.</b>	<b>h.</b>		
11	IDG-E01	Soldadora	Lincoln SAE 300	2006	-	Plomo		1020	Bueno	
12	IDG-E02	Soldadora	Lincoln SAE 300	2006	-	Plomo		1200	Bueno	
13	IDG-E03	Soldadora	Lincoln SAE 300	2006	-	Plomo		980	Bueno	
14	IDG-E04	Soldadora	Lincoln SAE 300	2006	-	Plomo		1200	Bueno	
15	IDG-E05	Soldadora	Lincoln SAE 300	2005	-	Plomo		3100	Bueno	
16	IDG-E06	Soldadora	Lincoln SAE 300	2005	-	Plomo		3400	Bueno	
17	IDG-E07	Soldadora	Lincoln SAE 300	2005	-	Plomo		3300	Bueno	

18	IDG-E08	Soldadora	Lincoln SAE 300	2005	-	Plomo		2800	Bueno	
19	IDG-E09	Soldadora	Lincoln SAE 300	2005	-	Plomo		3400	Bueno	
20	IDG-E10	Soldadora	Lincoln SAE 300	2003	-	Plomo		4300	Regular	
21	IDG-E11	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		10100	Bueno	
22	IDG-E12	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		11000	Bueno	
23	IDG-E13	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		11200	Bueno	
24	IDG-E14	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		10000	Bueno	
25	IDG-E15	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		11900	Bueno	
26	IDG-E16	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		11000	Bueno	
27	IDG-E17	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		10000	Bueno	
28	IDG-E18	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		9800	Bueno	
29	IDG-E19	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		9780	Bueno	
30	IDG-E20	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		9720	Bueno	
31	IDG-E21	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		9700	Bueno	
32	IDG-E22	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		8100	Bueno	
33	IDG-E23	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		8900	Bueno	
34	IDG-E24	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		8600	Bueno	
35	IDG-E25	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		8500	Bueno	
36	IDG-E26	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		8400	Bueno	
37	IDG-E27	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		8300	Bueno	
38	IDG-E28	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		8200	Bueno	
39	IDG-E29	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		10300	Bueno	
40	IDG-E30	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		13200	Bueno	
41	IDG-E31	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		13800	Bueno	
42	IDG-E32	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		14300	Bueno	
43	IDG-E33	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		14400	Bueno	
44	IDG-E34	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		12100	Bueno	
45	IDG-E35	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		6100	Bueno	
46	IDG-E36	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		5300	Bueno	
47	IDG-E37	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		6700	Bueno	



48	IDG-E38	Soldadora	Miller SAE 300	2000	-	Azul		7400	Bueno
49	IDG-E39	Soldadora	Miller SAE 300	1999	-	Azul		5300	Bueno
50	IDG-E40	Soldadora	Miller SAE 300	1999	-	Azul		4500	Regular
51	IDG-E41	Dobladora	CRC Evans 4020	1995	-	Plomo		3200	Regular

**VEHÍCULOS PESADOS**

N	COD	TIPO DE MAQUINA	MARCA Y TIPO	MOD	PLACA	COLOR	ODOMETRO/ HORÓMETRO		ESTADO TÉCNICO CONJUNTO*
							Km.	h.	
52	IDG-V01	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PIK-201	Blanco	153 000		Bueno
53	IDG-V02	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PIK-229	Blanco	156 000		Bueno
54	IDG-V03	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PIK-232	Blanco	134 000		Bueno
55	IDG-V04	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PIK-233	Blanco	121 000		Bueno
56	IDG-V05	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PIK-235	Blanco	171 000		Bueno
57	IDG-V06	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PIK-234	Blanco	165 000		Bueno
58	IDG-V07	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYY-431	Blanco	166 000		Bueno
59	IDG-V08	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYY-432	Blanco	132 000		Bueno
60	IDG-V09	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYY-412	Blanco	146 000		Bueno
61	IDG-V10	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYY-413	Blanco	122 000		Bueno
62	IDG-V11	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYY-414	Blanco	110 000		Bueno
63	IDG-V12	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYY-415	Blanco	160 000		Bueno
64	IDG-V13	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYY-416	Blanco	119 000		Bueno
65	IDG-V14	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYY-417	Blanco	133 000		Bueno
66	IDG-V15	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYY-418	Blanco	173 000		Bueno
67	IDG-V16	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYY-419	Blanco	144 000		Bueno
68	IDG-V17	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYY-420	Blanco	120 000		Bueno
69	IDG-V18	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-024	Blanco	131 000		Bueno
70	IDG-V19	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-112	Blanco	154 000		Bueno
71	IDG-V20	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-113	Blanco	155 000		Bueno
72	IDG-V21	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-114	Blanco	127 000		Bueno
73	IDG-V22	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-115	Blanco	132 000		Bueno

74	IDG-V23	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-116	Blanco	136 000		Bueno	
75	IDG-V24	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-118	Blanco	120 000		Bueno	
76	IDG-V25	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-119	Blanco	134 000		Bueno	
77	IDG-V26	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-200	Blanco	147 000		Bueno	
78	IDG-V27	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-201	Blanco	181 000		Regular	
79	IDG-V28	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-202	Blanco	122 000		Bueno	
80	IDG-V29	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-203	Blanco	155 000		Bueno	
81	IDG-V30	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-204	Blanco	153 000		Bueno	
82	IDG-V31	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-205	Blanco	113 000		Bueno	
83	IDG-V32	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-206	Blanco	127 000		Bueno	
84	IDG-V33	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-207	Blanco	124 000		Bueno	
85	IDG-V34	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-208	Blanco	156 000		Bueno	
86	IDG-V35	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-209	Blanco	139 000		Bueno	
87	IDG-V36	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-210	Blanco	149 000		Regular	
88	IDG-V37	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-211	Blanco	171 000		Regular	
89	IDG-V38	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-212	Blanco	-		Regular	
90	IDG-V39	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-213	Blanco	-		Regular	
91	IDG-V40	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	2002	PYZ-214	Blanco	-		Regular	
92	IDG-V41	Cabezal	Foton	2008	-	Amarillo	4 100		Excelente	
93	SMT-V01	Camión	Kamaz	1994	-	Rojo	-		Regular	
94	SMT-V02	Camión	Kamaz	1994	-	Rojo	-		Regular	
95	SMT-V03	Camión	Kamaz	1994	-	Rojo	-		Regular	
96	SMT-V04	Camión	MAN	1990	PYT-729	Turques	124 000		Regular	
97	IDG-V42	Bomba de presión con chasis	Donky Pres max: 10000psi.	1990	-	Plomo	-		Regular	
98	IDG-V43	Bomba de presión con chasis	Donky Pres max: 10000psi.	1990	-	Plomo	-		Regular	
99	IDG-V44	Bomba de presión con chasis	Donky Pres max: 10000psi.	1990	-	Plomo	-		Malo	
100	IDG-V45	Bomba de presión y caudal	General Motors Press max 4000psi	1991	-	Negro	-		Regular	

\* Simple observación para el método de determinación de desgaste por apreciación del estado técnico en conjunto de la maquinaria y/o otras determinaciones económicas referentes al desgaste. Se clasifican en: a) excelente, b) bueno, c) regular, d) malo, e) pésimo.

## 3.2 DIFERENCIACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS

### 3.2.1 METODOLOGÍA

La maquinaria y equipos se caracterizan según los doce criterios que fueron explicados del capítulo 2.1.2.2 del marco teórico en el tema “Diferenciación y categorización del mantenimiento”.

### 3.2.2 CUADROS DE DIFERENCIACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS

#### 3.2.2.1. DIFERENCIACIÓN

Los activos fijos operativos de la empresa se agrupan por el tipo, marca y modelo de máquina o vehículo (diferenciación), y se ubican en los cuadros de categorización que se indica en la tabla 3-2.

TABLA 3-2

DIFERENCIACIÓN DE EQUIPO Y VEHÍCULOS		
TIPO DE MAQUINA	MARCA	VER CUADRO DE CATEGORIZACION
Retroexcavadoras	Caterpillar 561 C Pipelayer	3-3
Retroexcavadoras	Hyundai Rolex 55-7	3-4
Sidebooms	Caterpillar 561C	3-5
Paywelder	Caterpillar D6G	3-6
Paywelder	Caterpillar D7G	3-7
Grúas de Castillo	Link Belt	3-8
Soldadoras	Lincoln SAE 300	3-9
Soldadoras	Millar SAE 300	3-10
Dobladora	CRC Evans 4020	3-11
Camiones	Chevrolet Isuzu NHR	3-12
Cabezal	Foton	3-13
Camiones	Kamaz	3-14
Camiones	MAN	3-15
Bomba de presión con chasis	GR Donkey Pres max: 10000psi.	3-16
Bomba de presión y caudal	General Motors Press max 4000psi	3-17

#### 3.2.2.2 CATEGORIZACIÓN DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS

En los cuadros subsiguientes se pueden observar las respectivas categorizaciones de todos los diferentes tipos de máquinas:

**CUADRO 3-3**

<b>CATEGORIZACIÓN DE RETROESCAVADORA CATERPILLAR 561C</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función		X	
2	Nivel de utilización			X
3	Régimen de operación		X	
4	Parámetro característico		X	
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad			X
7	Grado de automatización			X
8	Valor de máquina	X		
9	Facilidad de aprovisionamiento físico		X	
10	Seguridad operacional			X
11	Condiciones de explotación			X
12	Afectación al medio ambiente			X
	TOTAL	1	5	6

Es de categoría "C"

**CUADRO 3-4**

<b>CATEGORIZACIÓN DE RETROESCAVADORA HYUNDAI ROLEX 55-7</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función		X	
2	Nivel de utilización			X
3	Régimen de operación		X	
4	Parámetro característico			X
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad			X
7	Grado de automatización			X
8	Valor de máquina	X		
9	Facilidad de aprovisionamiento físico		X	
10	Seguridad operacional			X
11	Condiciones de explotación			X
12	Afectación al medio ambiente			X
	TOTAL	1	4	7

Es de categoría "C"

**CUADRO 3-5**

<b>CATEGORIZACIÓN DE SIDE-BOOM CAT 561 C</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función	X		
2	Nivel de utilización (lanzamiento de línea)		X	
3	Régimen de operación		X	
4	Parámetro característico			X
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad			X
7	Grado de automatización			X
8	Valor de máquina	X		
9	Facilidad de aprovisionamiento físico	X		
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación			X
12	Afectación al medio ambiente			X
	TOTAL	3	4	5

Es de categoría "C"

**CUADRO 3-6**

<b>CATEGORIZACIÓN DE PAYWELDER CATERPILLAR D6G</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función	X		
2	Nivel de utilización		X	
3	Régimen de operación		X	
4	Parámetro característico			X
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad			X
7	Grado de automatización			X
8	Valor de máquina	X		
9	Facilidad de aprovisionamiento físico	X		
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación			X
12	Afectación al medio ambiente			X
	TOTAL	3	4	5

Es de categoría "C"

**CUADRO 3-7**

<b>CATEGORIZACIÓN DE PAYWELDER CATERPILLAR D7G</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función	X		
2	Nivel de utilización		X	
3	Régimen de operación		X	
4	Parámetro característico			X
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad			X
7	Grado de automatización			X
8	Valor de máquina	X		
9	Facilidad de aprovisionamiento físico	X		
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación			X
12	Afectación al medio ambiente			X
	<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Es de categoría "C"

**CUADRO 3-8**

<b>CATEGORIZACIÓN DE GRUA DE CASTILLO LINK BELT LS 78</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función	X		
2	Nivel de utilización		X	
3	Régimen de operación		X	
4	Parámetro característico			X
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad			X
7	Grado de automatización			X
8	Valor de máquina	X		
9	Facilidad de aprovisionamiento físico	X		
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación			X
12	Afectación al medio ambiente			X
	<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Es de categoría "C"

**CUADRO 3-9**

<b>CATEGORIZACIÓN DE SOLDADORA LINCOLN SAE 300</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función			X
2	Nivel de utilización		X	
3	Régimen de operación	X		
4	Parámetro característico		X	
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad			X
7	Grado de automatización		X	
8	Valor de máquina		X	
9	Facilidad de aprovisionamiento físico		X	
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación	X		
12	Afectación al medio ambiente		X	
	TOTAL	2	8	2

Es de categoría "B"

**CUADRO 3-10**

<b>CATEGORIZACIÓN DE SOLDADORA MILLER SAE 300</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función			X
2	Nivel de utilización		X	
3	Régimen de operación	X		
4	Parámetro característico		X	
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad		X	
7	Grado de automatización		X	
8	Valor de máquina			X
9	Facilidad de aprovisionamiento físico			X
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación	X		
12	Afectación al medio ambiente		X	
	TOTAL	2	7	3

Es de categoría "B"

**CUADRO 3-11**

<b>CATEGORIZACIÓN DE DOBLADORA CRC EVANS 4020</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función	X		
2	Nivel de utilización			X
3	Régimen de operación	X		
4	Parámetro característico (hasta tubería de 12")		X	
5	Mantenibilidad			X
6	Conservabilidad		X	
7	Grado de automatización		X	
8	Valor de máquina		X	
9	Facilidad de aprovisionamiento físico			X
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación		X	
12	Afectación al medio ambiente			X
	TOTAL	2	6	4

Es de categoría "B"

**CUADRO 3-12**

<b>CATEGORIZACIÓN DE CAMIÓN ISUZU NHR</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función			X
2	Nivel de utilización		X	
3	Régimen de operación	X		
4	Parámetro característico			X
5	Mantenibilidad			X
6	Conservabilidad		X	
7	Grado de automatización			X
8	Valor de máquina		X	
9	Facilidad de aprovisionamiento físico		X	
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación		X	
12	Afectación al medio ambiente			X
	TOTAL	1	6	5

Es de categoría "B"



**CUADRO 3-13**

<b>CATEGORIZACIÓN DE CABEZAL FOTON</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función	X		
2	Nivel de utilización			X
3	Régimen de operación	X		
4	Parámetro característico	X		
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad		X	
7	Grado de automatización			X
8	Valor de máquina	X		
9	Facilidad de aprovisionamiento físico			X
10	Seguridad operacional	X		
11	Condiciones de explotación		X	
12	Afectación al medio ambiente			X
	<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

Es de categoría "A"

**CUADRO 3-14**

<b>CATEGORIZACIÓN DE CAMIÓN KAMAZ</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función			X
2	Nivel de utilización		X	
3	Régimen de operación	X		
4	Parámetro característico		X	
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad		X	
7	Grado de automatización			X
8	Valor de máquina		X	
9	Facilidad de aprovisionamiento físico		X	
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación		X	
12	Afectación al medio ambiente			X
	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>3</b>

Es de categoría "B"

**CUADRO 3-15**

<b>CATEGORIZACIÓN DE CAMIÓN MAN DAC</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función			X
2	Nivel de utilización		X	
3	Régimen de operación	X		
4	Parámetro característico		X	
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad		X	
7	Grado de automatización			X
8	Valor de máquina		X	
9	Facilidad de aprovisionamiento físico	X		
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación		X	
12	Afectación al medio ambiente			X
	TOTAL	2	7	3

Es de categoría "A"

**CUADRO 3-16**

<b>CATEGORIZACIÓN DE MOTOBOMBA GR DONKEY 10000PSI</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función		X	
2	Nivel de utilización (lanzamiento de línea)			X
3	Régimen de operación	X		
4	Parámetro característico	X		
5	Mantenibilidad	X		
6	Conservabilidad	X		
7	Grado de automatización			X
8	Valor de máquina		X	
9	Facilidad de aprovisionamiento físico	X		
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación		X	
12	Afectación al medio ambiente			X
	TOTAL	5	4	3

Es de categoría "A".

**CUADRO 3-17**

<b>CATEGORIZACIÓN DE MOTOBOMBA GM 4000PSI</b>				
<b>NUM</b>	<b>PARÁMETRO DE CATEGORIZACIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Intercambiabilidad de función		X	
2	Nivel de utilización (en lanzamiento de línea)			X
3	Régimen de operación	X		
4	Parámetro característico		X	
5	Mantenibilidad	X		
6	Conservabilidad	X		
7	Grado de automatización			X
8	Valor de máquina		X	
9	Facilidad de aprovisionamiento físico	X		
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación		X	
12	Afectación al medio ambiente			X
	TOTAL	4	5	3

Es de categoría "B".

### **3.2.2.3 POLÍTICA DE MANTENIMIENTO A NIVEL DE SISTEMA, CONJUNTO O ELEMENTO DE LA MÁQUINA**

Un método para definir de forma aproximada el tipo de atención que requiere un sistema o elemento de máquina, concibe el análisis de al menos diez criterios técnicos- económicos. La caracterización del sistema a la luz de cada criterio puede indicar la conveniencia o no de aplicarle una o varias acciones de mantenimiento. El balance de los resultados obtenidos después del análisis de todos los criterios puede incluir el tipo de sistema de mantenimiento conveniente. Los criterios aplicables a maquinaria y vehículos pesados son:

**1.- Posibilidad de diagnóstico del sistema.-** Considera la existencia o no de alguna técnica de monitoreo para diagnosticar el sistema. Si existe, se estimula una acción de mantenimiento programado, en este caso predictivo.

**2.- Nivel de especialización del personal de mantenimiento.-** Considera el nivel de preparación y formación técnica de este personal. De ser elevado estimula la utilización del mantenimiento programado ya que éste necesita de mayor nivel de los hombres para su reparación y ejecución (estudios, investigaciones previas, utilización de equipos de mayor complejidad, serio cumplimiento de los programas de atención , etc.) De ser bajo estimula al accionar correctivo.

**3.- Consecuencias de fallo del sistema.-** Se analiza si el fallo ocasiona catástrofes u otros fallos importantes o pérdidas económicas; si es así desestimula el correctivo y estimula el programado.

**4.- Valor de la hora de paro.-** Es válido el criterio siempre que el fallo del elemento haga detener la máquina. Para valores elevados se desestimula el correctivo y estimula el programado.

**5.- Existencia de reservas.-** (Reserva de máquinas o elementos paralelos) en cualquier caso de reserva el fallo no afecta la producción, no desestimula el correctivo y puede desestimar al programado por los costos de su frecuente accionar.

**6.- Posibilidad de intercambio del sistema o elemento.-** Si el elemento que falla pertenece a un sistema o agregado que se atiende por el intercambio (existencia de fondo circulante) esto facilita enormemente la solución y disminuye el tiempo de y costes del paro. Entonces se estimula el correctivo y desestimula el programado.

**7.- Características tecnológicas del arme, desarme y ajuste del elemento y mecanismos.-** Existen elementos (mecanismos) cuyo desarme y arme implican grandes afectaciones,

desgastes intensos, peligros de rotura, deformaciones, etc. Por ejemplo, uniones prensadas en frío, uniones roscadas en base a aluminio, uniones remachadas, soldaduras, etc.

En estos casos el accionar programado puede motivar una frecuencia más alta de los procesos de desarme y ajuste que si fuera correctivo.

Por ello, se estimulará este último y no el programado.

**8.- Necesidades sistemáticas obligatorias de trabajos de lubricación y otros programados sobre el mecanismo a que pertenece el elemento.-** En estos casos ya hay accionar programado quizás obligado por el fabricante y a veces conlleva el paro de la máquina. En estos casos la inclusión de una actividad adicional programada no implica grandes inconvenientes. De esta forma se estimula el programado y no el correctivo.

**9.- Tiempo medio de reparación del elemento ( $\bar{r}$ ).**- Si el fallo implica el cambio de la pieza y la concepción es repararla y volver a utilizarla, entonces el tiempo medio de reparación juega un papel importante.

Si es elevado se estimula el programado y no el correctivo, pues al menos la recuperación se prepara, es más eficiente y el paro se aprovecha para la ejecución de otras acciones.

**10.- Si la acción del programado eleva la productividad y/o la calidad del producto.-** Hay acciones programadas sobre elementos o sistemas que tienen gran influencia sobre la productividad y eficiencia del equipo, así como sobre la calidad del producto que se elabora.

Por ejemplo: ajustes y reglajes a piezas que soportan herramientas de corte, lubricaciones o transmisiones, a rodamientos, a superficies con movimiento relativo, etc.

En estos casos se estimula el programado y se desestimula el correctivo.

Por ejemplo: Para encontrar el tipo de mantenimiento adecuado para la retroexcavadora Caterpillar 561 C, se le ha dividido y agrupado sus elementos en los siguientes conjuntos y/o sistemas: a) motor a diesel, b) transmisión y mandos finales, c) sistemas hidráulicos y neumáticos, d) cabina y chasis y anexos.



### **3.3 CONFIABILIDAD Y ANÁLISIS DE FALLAS DE SISTEMAS MECÁNICOS**

#### **3.3.1 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD**

##### **3.3.1.1 DETERMINACIÓN DE EL ENVEJECIMIENTO DE MAQUINARIA Y VEHÍCULOS**

Para determinar el desgaste sumario de las maquinas y vehículos de la empresa se emplearán los dos métodos más exactos de los tres existentes, y que se indicaron y explicaron en el capítulo correspondiente a “Teoría del envejecimiento”. Se empleará para cada máquina el método correspondiente atendiendo a las características de cada máquina o vehículo: a) la facilidad que presente la verificación del estado de sus sistemas, conjuntos y elementos en particular, b) la existencia de registros de reparaciones y sustituciones realizadas, c) la existencia de manuales e información técnica del fabricante, y, d) la existencia de registros del servicio de la máquina (odómetro o medidor de servicio). De acuerdo a esto, se sigue la siguiente clasificación:

- **Método de apreciación del desgaste de la máquina por el estado técnico de los elementos constructivos (o por el estado técnico de los elementos constructivos de los elementos constructivos más importantes).** Este método se aplica a las máquinas y vehículos que presenten facilidad para la verificación del estado de sistemas, conjuntos y elementos, o en su defecto que tengan registros de mantenimiento, y que además tengan manuales e información técnica del fabricante.

<b>CUADRO 3-19</b>			
<b>MÁQUINAS CUYO ENVEJECIMIENTO SE DETERMINA POR EL ESTADO TÉCNICO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS</b>			
<b>N</b>	<b>MAQUINAS</b>		<b>CUADROS ANEXOS</b>
1	Retroexcavadora	CAT 561	IDG-M01 a IDG-M02
2	Retroexcavadora	HYU 55-7	IDG-M03 a IDG-M04
3	Sideboom	CAT 561C	IDG-M05 a IDG-M06
4	Paywelder	CAT D6G	IDG-M07
5	Paywelder	CAT D7G	IDG-M08
6	Grúa de castillo	Link Belt	IDG-M09 a IDG-M10
7	Soldadoras	Lincoln	IDG-E01 a IDG-E10
8	Soldadoras	Miller	IDG-E11 a IDG-E40
9	Camión	Isuzu NHR	IDG-V01 a IDG-V40
10	Camión	Kamaz	SMT-V01 a SMT-V03
11	Camión	MAN	SMT-V04

- **Método de apreciación del desgaste de la máquina por el plazo de servicio o el volumen de trabajo ejecutado.** Este método se aplicará a máquinas y vehículos en los

cuales no es posible la constatación física del estado de sus componentes, pero que cuenta con manuales e información técnica del fabricante, o en su defecto que cuenta con registros de servicio de la máquina (odómetro o medidor de servicio).

<b>CUADRO 3-20</b>			
<b>MÁQUINAS CUYO ENVEJECIMIENTO SE DETERMINA POR EL PLAZO DE SERVICIO O VOLUMEN DE TRABAJO EJECUTADO</b>			
<b>N</b>	<b>MAQUINAS</b>		<b>CUADROS ANEXOS</b>
1	Dobladora	CRC Evans	IDG-E41
2	Cabezal	Foton	IDG-V41
3	Bomba de presión	GR	IDG-V42 a IDG-V44
4	Bomba de presión y caudal	GM	IDG-V45

### **3.3.1.1.1 DETERMINACIÓN DEL ENVEJECIMIENTO POR EL ESTADO TÉCNICO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS**

Para poder determinar el estado técnico de cada máquina y vehículo, se recurre a dividir a cada una estas en elementos constructivos y no constructivos.

En cada máquina hay sistemas que la conforman, pero solo unos pocos necesitan que sus envejecimientos sean examinados a nivel de elementos (por ejemplo el sistema motor), la mayoría de sistemas solo necesitan ser examinados a nivel de subsistemas o conjuntos, al no presentarse dinámicas de pares conjugados. Se ha considerado que algunas de las máquinas se encuentran en operación o que no se cuenta con el permiso de los administradores de la empresa para hacer las verificaciones de cada uno de los elementos (además de ser innecesario), se ha recurrido a “engrandecer” a algunos de los componentes de la máquina, es decir que solo se toma en cuenta los elementos más importantes dentro del funcionamiento de la misma y se aumenta su ponderación dentro del valor de la máquina.



### 3.3.1.1.1.1 EJEMPLO DE DETERMINACIÓN DEL ENVEJECIMIENTO (RETROESCAVADORA HYUNDAI 55-7)

Como ejemplo de la determinación del envejecimiento de todo el parque de la empresa a continuación se van a detallar los pasos que se dieron en la determinación del envejecimiento de la retroexcavadora Hyundai Rolex 55-7.

1. Se establecieron los sistemas que componen la máquina en base a su manual de partes. En el caso de esta máquina son:
  - a. Sistema motor (se refiere a los subsistemas anexos y no al motor en si),
  - b. Sistema eléctrico,
  - c. Sistema hidráulico,
  - d. Componente hidráulico,
  - e. Tren de rodaje,
  - f. Estructura,
  - g. Enlace (son las partes que hacen el trabajo propio y específico de la máquina, enlazando la potencia de ella con el medio externo).
  - h. Base del motor.
  
2. Se establecieron cuales de los subsistemas en los que se debe adentrar en el análisis. Para el caso de la retroexcavadora Hyundai 55-7, se determinó el envejecimiento a nivel de elementos para los sistemas: Tren de rodaje y Base del motor. El envejecimiento del tren de rodaje fue determinado a nivel de elementos ya que en este sistema existen pares conjugados con fricciones dinámicas que producen: esfuerzos y desgastes de materiales. En el caso del motor, no se puede determinar el estado de las piezas por inspección visual, sino más bien por un diagnóstico basado en las prestaciones y por los síntomas internos. Dicho diagnóstico fue estadísticamente elaborado por los métodos de diseño de experimentos existentes para el efecto; para esta y la mayoría de las máquinas es el único sistema en el que se emplea mantenimiento predictivo. El envejecimiento de toda la máquina se determina por la sumatoria de todos los productos del porcentaje del valor del elemento por su porcentaje de envejecimiento, como se ve en el cuadro inferior.

Se ha construido un cuadro modelo que emplea en la determinación del envejecimiento. El siguiente se usa para encontrar el envejecimiento del sistema “Tren de rodaje” de la retroexcavadora Hyundai 55-7:

CUADRO 3-21

DETERMINACIÓN DEL DESGASTE Y LA FIABILIDAD DEL TREN DE RODAJE (UNDERCARRIAGE)																					
NIVEL DEL COMPONENTE:		Sistema	MÉTODO DE DETERMINACIÓN										Constatación física								
NUM	COMPONENTE	CARACTERÍSTICA	NIVEL	Precio por unidad en - USD	Precio del juego	Peso específico de los elementos constructivos en el coste de la máquina	Desgaste de los elementos constructivos	Producto del desgaste por el específico	TABLA DE ELEMENTOS	Reparación E. C.		Cambio E. C.		Tipo de elemento constructivo	Periodicidad de restauración de E.N.C.	Intensidad de fallos crítica $\lambda$ (c/h)	Forma de degra.				
										Reparable	Periodicidad (horas)	Tiempo restante hasta el fallo (horas)	Recambiable				Periodicidad (horas)	Tiempo restante hasta el fallo (horas)	1. Desgaste	2. Deformación	3. Destrucción
1	Tren de rodaje		Subsistem	605	605	0.017	9.13	0.16	8	x	4000	4000	x	12000	10000	4	500	3.E-04			
2	Rueda de ruta		Elemento	1159	1159	0.033	8.46	0.28	9	x	4000	2800	x	28000	1820	4	500	5.E-04			
3	Rueda holgazana y cilindro T		Conjunto	1441	1441	0.041	7.48	0.31	10	x	4000	3800	x	8000	7040	4	500	3.E-04			
4	Cadena de tracción		Conjunto	775	31775	0.908	6.98	6.34	11	x	4000	4000	x	12000	11280	4	500	3.E-04			
	TOTAL				34980			7.09													

Los subsistemas: tren de rodaje, la rueda de ruta, la rueda holgazana & el cilindro T, y la cadena de tracción tienen respectivamente desgastes de 9.13%, 8.46%, 7.48%, y 6.98%, obtenidos desde sendos cuadros en los que se calculan los envejecimientos ponderados al precio de cada uno de los elementos constructivos que los componen; este proceso se realizó para los subsistemas de la misma manera en que se ve en este cuadro de sistema, en donde se obtuvo un envejecimiento del sistema de 7.09%.

- Luego de contar con los cuadros resúmenes de cada sistema, se procede a calcular el envejecimiento de toda la máquina de la misma manera que se hizo para cada sistema. En el cuadro resumen de envejecimiento y fiabilidad (ver hoja: “FIABILIDAD Y ENVEJECIMIENTO TOT” en el documento HYUNDAI ROLEX 55-7.xls), se puede observar los envejecimientos de los sistemas, parte del cuadro se muestra a continuación:

<b>CUADRO 3-22</b>						
<b>ENVEJECIMIENTO Y FIABILIDAD DE LA MÁQUINA POR SISTEMAS</b>						
<b>NUM</b>	<b>CODIGO MANUAL PARTES</b>	<b>SISTEMA</b>	<b>PRECIO</b>	<b>ENVEJECIMIENTO</b>		<b>FIABILIDAD</b>
1	1	Sistema motor	5112	4.94	%	63.11%
2	2	Sistema eléctrico	1060	4.27	%	89.65%
3	3	Sistema hidráulico	3396	3.40	%	57.94%
4	4	Componentes hidráulicos	9696	4.88	%	42.28%
5	5	Tren de rodaje	34980	7.09	%	51.88%
6	6	Estructura	33815	6.03	%	31.55%
7	7	Enlace	12730	5.73	%	89.31%
8	8	Base del motor	36896	4.44	%	55.63%
9						
10						
11						
12						
<b>TOTALES</b>			<b>137685</b>	<b>5.64</b>	<b>%</b>	<b>1.13%</b>
<b>ENVEJECIMIENTO TOTAL</b>						
<b>El envejecimiento de la máquina</b>			<b>Hyundai 55-7</b>	<b>es</b>	<b>5.16</b>	
			<b>Rolex</b>			
<b>FIABILIDAD TOTAL PARA UN TIEMPO DE 500 HORAS</b>						
<b>La fiabilidad de la máquina</b>			<b>Hyundai 55-7</b>	<b>es</b>	<b>1.13%</b>	
			<b>Rolex</b>			

En el caso de esta máquina se obtuvo un envejecimiento total del 5.64%.

Todos estos pasos pueden ser observados en la hoja de Microsoft Excel "HYUNDAI ROLEX 55-7" ubicada en los anexos.

### 3.3.1.1.2 APRECIACIÓN DEL ENVEJECIMIENTO POR EL PLAZO DE SERVICIO O EL VOLUMEN DE TRABAJO

Para determinar el envejecimiento de una máquina por el plazo de servicio o volumen de trabajo se utiliza prácticamente el mismo proceso y los mismos cuadros elaborados para el método basado en el estado de los elementos constructivos, con la diferencia de que el desgaste individual de cada elemento es igual para todos los elementos, y es el porcentaje de tiempo de vida de la máquina que ha estado en servicio dicha máquina posterior al último overhaul o reparación completa de la misma.

### 3.3.1.2 DETERMINACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LA MAQUINARIA Y VEHÍCULOS

La determinación de la confiabilidad o fiabilidad de los equipos y vehículos pesados se ejecutó en base al envejecimiento de los mismos. Como ya se recordó en el marco teórico, la confiabilidad hace referencia a la probabilidad de que la máquina funcione sin fallo en un tiempo determinado; por eso depende directamente del tiempo para el cual se quiere establecer sus confiabilidad.

Todas las máquinas están compuestas de: sistemas, subsistemas, conjuntos y elementos. Un conjunto esta compuesto de elementos que pueden estar ensamblados entre si en serie o en paralelo o de forma mixta. En todas las máquinas estudiadas, sin excepción, se encuentran sistemas mixtos (es decir con algunos elementos en serie y otros en paralelo).

Como se recordará la fiabilidad en sistemas cuyos elementos están en serie es el producto de las fiabilidades de los componentes del mismo, es decir que esta dada por las dos expresiones siguientes:

$$R = R_1 * R_2 * R_3 * \dots * R_n$$

$$R_{(t)} = e^{-\lambda_1 t} * e^{-\lambda_2 t} \dots e^{-\lambda_i t} \dots e^{-\lambda_n t} = e^{-\lambda_s t}$$

La fiabilidad de los sistemas en paralelo esta dada por la expresión:

$$R_{(t)} = 1 - (1 - e^{-\lambda_1 t}) \cdot (1 - e^{-\lambda_2 t}) \cdot (1 - e^{-\lambda_3 t}) \dots$$

Donde: t es el tiempo dado, y  $\lambda_i$  es la intensidad de fallos.

Ahora bien, volviendo al cálculo de la fiabilidad del sistema “tren de rodaje” de la retroexcavadora Hyundai 55-7, se observa que en el cuadro 3-21 la intensidad de cada uno de sus componentes se calcula dividiendo el valor de la columna “tiempo restante hasta el fallo” menor entre reparación del elemento constructivo y cambio del elemento constructivo. Por ejemplo, para el conjunto “Cadena de tracción” se observa un tiempo restante hasta el fallo de 4000 horas, cuyo inverso es  $2.5 \times 10^{-4}$  c/h, que dicho de otra manera es el número de fallos que se espera que ese elemento tenga cada hora y se llama intensidad de fallos.

La fiabilidad del sistema se obtiene de las intensidades de fallos de sus subsistemas o conjuntos, aplicando las fórmulas correspondientes según se encuentren en serie o en paralelo. En los dos cuadros siguientes se puede observar detalladamente el cálculo del

envejecimiento del conjunto “cadena de tracción” y la determinación de la fiabilidad a partir de ella.

CUADRO 3-23

DETERMINACIÓN DEL DESGASTE DE LA CADENA DE TRACCIÓN																			
NIVEL DEL COMPONENTE:			Subsistem:	MÉTODO DE DETERMINACI				Criterio técnico				TABLA ANX11 1 DE 2							
NUM	COMPONENTE	CARACTERÍSTICA/ CONJUNTO	NIVEL	Precio por unidad en - USD	Precio del juego	Peso específico de los elementos constructivos en el coste de la máquina	Desgaste de los elementos constructivos	Producto del desgaste por el peso específico	TABLA DE ELEMENTOS				Cambio E. C. (horas)	Intensidad de fallos λ (c/h)	Forma de degra.				
									Reparable	Periodicidad (horas)	tiempo restante hasta el fallo (horas)	Recambiable				1. Desgaste	2. Deformación	3. Destrucción	
1	Zapata	de tracción	Elemento	230	230	0.29677	12	3.56	-	x		x	24000	21120	2	10000	5E-05	x	
2	Enlace de tra. LH	Enlace	Elemento	120	120	0.15484	3	0.46	-	x	4000	4000	x	72000	69840	4	10000	3E-04	x
3	Enlace de tra. RH	Enlace	Elemento	120	120	0.15484	9	1.39	-	x	4000	4000	x	72000	65520	4	10000	3E-04	x
4	Enlace maest. L	Enlace	Elemento	92	92	0.11871	3	0.36	-				x	72000	69840	2	10000	1E-05	x
5	Enlace maest. R	Enlace	Elemento	92	92	0.11871	3	0.36	-				x	72000	69840	2	10000	1E-05	x
6	Pasador de ruta	Enlace	Elemento	45	45	0.05806	9	0.52	-				x	24000	21840	2	10000	5E-05	x
7	Matorral (busng)	Enlace	Elemento	12	12	0.01548	3	0.05	-				x	24000	23280	2	10000	4E-05	x
8	Aguja maestra	Enlace	Elemento	18	18	0.02323	3	0.07	-				x	12000	11640	2	10000	9E-05	x
9	Aguja maestra	Aguja maestra	Elemento	18	18	0.02323	3	0.07	-				x	12000	11640	2	10000	9E-05	x
10	Aguja de parada	Enlace	Elemento	8	8	0.01032	3	0.03	-				x	12000	11640	2	10000	9E-05	x
11	Perno de ruta	Enlace	Elemento	12	12	0.01548	3	0.05	-				x	12000	11640	2	10000	9E-05	x
12	Tuerca de ruta	Enlace	Elemento	8	8	0.01032	6	0.06	-				x	12000	11280	2	10000	9E-05	x
		TOTAL			775			6.98											

CUADRO 3-24

DETERMINACIÓN DE LA FIABILIDAD DE LA BASE DE LA CADENA DE TRACCIÓN																	
TRABAJO ÚTIL:			500 h								TABLA ANX11 2 DE 2						
NUM	COMPONENTE	CARACTERÍSTICA	EN SERIE CON			PARALELO CON			FIABILIDAD			Fiabilidad paralelos /redundancias	Intensidad sub crítico	Fiabilidad sub crítico	Fiabilidad del sistema		
			Anterior	Intensidad de fallos	Siguiente	Intensidad de fallos 2	Paralelo 1	Intensidad de fallos 3	Paralelo 2	Intensidad de fallos 4	Paralelo 3					Intensidad de fallos 5	Paralelo 1
1	Zapata	de tracción	2	2.5E-04	0.0E+00	0.0E+00	0	0	0	0	1.0E+00	0.0E+00	0.0E+00				
2	Enlace de tra. LH	Enlace	7	4.3E-05	0.0E+00	3	4.6E-05	0	0	0	2.3E-02	0.0E+00	0.0E+00				
3	Enlace de tra. RH	Enlace	2	0.0E+00	0.0E+00	2	2.6E-04	0	0	0	1.2E-01	0.0E+00	0.0E+00				
4	Enlace maest. L	Enlace	2	2.5E-04	0.0E+00	0.0E+00	0	0	0	0	1.0E+00	0.0E+00	0.0E+00				
5	Enlace maest. R	Enlace	3	2.5E-04	0.0E+00	0.0E+00	0	0	0	0	1.0E+00	0.0E+00	0.0E+00				
6	Pasador de ruta	Enlace	4	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	0	0	0	0	1.0E+00	0.0E+00	0.0E+00				
7	Matorral (busng)	Enlace	5	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	0	0	0	0	1.0E+00	0.0E+00	0.0E+00				
8	Aguja maestra	Enlace	6	4.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0	0	0	0	1.0E+00	0.0E+00	0.0E+00				
9	Aguja maestra	Enlace	6	4.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0	0	0	0	1.0E+00	0.0E+00	0.0E+00				
10	Aguja de parada	Enlace	9	8.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0	0	0	0	1.0E+00	0.0E+00	0.0E+00				
11	Perno de ruta	Enlace	12	8.9E-05	0.0E+00	0.0E+00	0	0	0	0	1.0E+00	0.0E+00	0.0E+00				
12	Tuerca de ruta	Enlace	4	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	0	0	0	0	1.0E+00	0.0E+00	0.0E+00				
				1.1E-03	0.0E+00						PROD:	2.8E-03	0.0E+00	0.0E+00			

Del cuadro de envejecimiento se toma la intensidad de fallos de cada elemento según esté en serie o paralelo. Las intensidades de fallo de los elementos en serie se suman llegando a obtener la intensidad de fallos subcrítico y a la derecha de este está la celda de la fiabilidad subcrítico, obtenida de la expresión  $e^{-\lambda*t}$ .

Las intensidades de fallo de los elementos en paralelo sirven para calcular expresiones  $(1 - e^{-\lambda * t})$  parciales y en la parte inferior se encuentran los productos de dichas expresiones, a la derecha se encuentra la celda de fiabilidad de los elementos en paralelo o redundancia.

La fiabilidad del sistema (en este caso conjunto “cadena de tracción”) es obtenida por la multiplicación de la fiabilidad de elementos en paralelo por la fiabilidad del sistema.

Todas las expresiones son calculadas para el tiempo que se encuentra en la parte superior del cuadro de ejemplo 3-24, en la celda “trabajo útil”; en este caso es de 500 horas y la fiabilidad encontrada para la “cadena de tracción” es de 57%.

Siguiendo este procedimiento en todos los cuadros correspondientes a conjuntos, subsistemas y sistemas, la fiabilidad encontrada para 500 horas de la máquina Hyundai 55-7 es de 1.13% (ver cuadro 3-22).

El tiempo que se considera apropiado para el cálculo de la fiabilidad es de 50 horas, que es el trabajo promedio a la semana, con este tiempo se calculan las fiabilidades para el resto de los equipos y vehículos pesados.

**TABLA 3-25 RESUMEN DE ENVEJECIMIENTO Y FIABILIDAD DE EQUIPOS Y VEHÍCULOS**

*Fiabilidad calculada para un tiempo de 50 horas de servicio*

COD	EQUIPO	MARCA & MOD	ENVEJE.	FIABILID	COD	EQUIPO	MARCA & MOD	ENVEJ	FIABILID
IDG-M01	Retro	Caterpillar 561 C P	7,83%	63,81%	IDG-E41	Dobladora	CRC Evans 4020	9,12%	84,23%
IDG-M02	Retro	Caterpillar 561 C Pip	8,09%	62,81%	IDG-V01	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	9,50%	77,46%
IDG-M03	Retro	Hyundai Rolex 66-7	5,48%	64,92%	IDG-V02	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,72%	77,44%
IDG-M04	Retro	Hyundai Rolex 55-7	5,39%	64,95%	IDG-V03	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,94%	77,36%
IDG-M05	Side boom	Caterpillar 561C	14,61%	66,18%	IDG-V04	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,70%	77,46%
IDG-M06	Side boom	Caterpillar 561C	15,08%	66,30%	IDG-V05	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,86%	77,40%
IDG-M07	Paywelder	Caterpillar D6G	13,78%	69,44%	IDG-V06	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,71%	77,48%
IDG-M08	Paywelder	Caterpillar D7G	16,37%	65,85%	IDG-V07	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,55%	77,41%
IDG-M09	Grúa	Link Belt LS 78	17,21%	65,81%	IDG-V08	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,72%	77,48%
IDG-M10	Grúa	Link Belt LS 78	14,27%	65,69%	IDG-V09	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,74%	77,48%
IDG-E01	Soldadora	Lincoln SAE 300	7,50%	82,59%	IDG-V10	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,59%	77,49%
IDG-E02	Soldadora	Lincoln SAE 300	7,69%	82,54%	IDG-V11	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,54%	77,49%
IDG-E03	Soldadora	Lincoln SAE 300	7,71%	82,14%	IDG-V12	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,81%	77,41%
IDG-E04	Soldadora	Lincoln SAE 300	7,48%	82,62%	IDG-V13	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,67%	77,48%
IDG-E05	Soldadora	Lincoln SAE 300	7,44%	82,67%	IDG-V14	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,54%	77,47%
IDG-E06	Soldadora	Lincoln SAE 300	7,58%	82,51%	IDG-V15	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,68%	77,46%
IDG-E07	Soldadora	Lincoln SAE 300	7,99%	82,67%	IDG-V16	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,66%	77,48%
IDG-E08	Soldadora	Lincoln SAE 300	7,41%	82,60%	IDG-V17	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,73%	77,43%
IDG-E09	Soldadora	Lincoln SAE 300	7,57%	82,47%	IDG-V18	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,71%	77,43%
IDG-E10	Soldadora	Lincoln SAE 300	7,54%	82,54%	IDG-V19	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,73%	77,39%
IDG-E11	Soldadora	Miller SAE 300	9,49%	82,59%	IDG-V20	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,87%	77,44%
IDG-E12	Soldadora	Miller SAE 300	7,52%	82,59%	IDG-V21	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,68%	77,45%
IDG-E13	Soldadora	Miller SAE 300	7,47%	82,59%	IDG-V22	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,74%	77,45%
IDG-E14	Soldadora	Miller SAE 300	8,20%	82,00%	IDG-V23	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,59%	77,41%
IDG-E15	Soldadora	Miller SAE 300	7,45%	82,60%	IDG-V24	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	8,32%	77,31%
IDG-E16	Soldadora	Miller SAE 300	7,45%	82,63%	IDG-V25	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	8,05%	77,32%
IDG-E17	Soldadora	Miller SAE 300	7,50%	82,58%	IDG-V26	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,81%	77,43%
IDG-E18	Soldadora	Miller SAE 300	7,47%	82,59%	IDG-V27	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	8,32%	77,30%
IDG-E19	Soldadora	Miller SAE 300	7,65%	82,52%	IDG-V28	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	8,15%	77,41%
IDG-E20	Soldadora	Miller SAE 300	7,68%	82,57%	IDG-V29	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,67%	77,34%
IDG-E21	Soldadora	Miller SAE 300	7,45%	82,63%	IDG-V30	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,82%	77,40%
IDG-E22	Soldadora	Miller SAE 300	7,47%	82,59%	IDG-V31	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,70%	77,44%
IDG-E23	Soldadora	Miller SAE 300	7,46%	82,62%	IDG-V32	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,60%	77,48%
IDG-E24	Soldadora	Miller SAE 300	7,73%	82,52%	IDG-V33	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,73%	77,43%
IDG-E25	Soldadora	Miller SAE 300	7,57%	82,53%	IDG-V34	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,81%	77,39%
IDG-E26	Soldadora	Miller SAE 300	7,48%	82,59%	IDG-V35	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	8,14%	77,26%
IDG-E27	Soldadora	Miller SAE 300	7,51%	82,52%	IDG-V36	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,87%	77,31%
IDG-E28	Soldadora	Miller SAE 300	7,55%	82,53%	IDG-V37	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,79%	77,38%
IDG-E29	Soldadora	Miller SAE 300	7,71%	82,36%	IDG-V38	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	8,25%	77,24%
IDG-E30	Soldadora	Miller SAE 300	7,45%	82,63%	IDG-V39	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	7,77%	77,40%
IDG-E31	Soldadora	Miller SAE 300	7,52%	82,58%	IDG-V40	Camión	Chevrolet Isuzu NHR	8,06%	77,30%
IDG-E32	Soldadora	Miller SAE 300	7,47%	82,59%	IDG-V41	Camión	Foton	12,28%	72,06%
IDG-E33	Soldadora	Miller SAE 300	7,73%	82,48%	SMT-V01	Camión	Kamaz	12,60%	71,08%
IDG-E34	Soldadora	Miller SAE 300	7,49%	82,59%	SMT-V02	Camión	Kamaz	12,60%	71,08%
IDG-E35	Soldadora	Miller SAE 300	7,68%	82,46%	SMT-V03	Camión	Kamaz	15,55%	69,74%
IDG-E36	Soldadora	Miller SAE 300	7,48%	82,58%	SMT-V04	Camión	MAN	12,60%	71,08%
IDG-E37	Soldadora	Miller SAE 300	7,48%	82,58%	IDG-V42	Bomba	Donky	16,92%	69,50%
IDG-E38	Soldadora	Miller SAE 300	7,47%	82,59%	IDG-V43	Bomba	Donky	15,68%	71,16%
IDG-E39	Soldadora	Miller SAE 300	7,58%	82,57%	IDG-V44	Bomba	Donky	16,16%	70,83%
IDG-E40	Soldadora	Miller SAE 300	7,49%	82,57%	IDG-V45	Bomba	General Motors	16,01%	70,35%

### **3.3.2 ANÁLISIS DE FALLAS**

Se analizaron las fallas de los sistemas de los equipos y vehículos empleando dos métodos:

- a) **Constatación física o criterio técnico (base del mantenimiento preventivo).** El análisis de fallas por *constatación física o criterio técnico* es el que se ha efectuado con el procedimiento resumido en los dos cuadros anteriores, y se repite en los conjuntos, subsistemas y sistemas en los que es posible efectuarlo, que son la mayoría. La constatación física se fundamenta en inspecciones visuales y táctiles siempre que sea posible el acceso al elemento, desarmando parcialmente el sistema al que pertenece u otros que impidan su visualización o tacto. El criterio técnico se basa en la documentación de las actividades de mantenimiento realizadas por los mecánicos en los sistemas concernientes y que ayuda a determinar el envejecimiento de los elementos, conjuntos y subsistemas, cuya situación se desea establecer. Cuando aparece un fallo relacionado a un sistema de la máquina y posteriormente se constata que uno o varios elementos funcionan incorrectamente, asertivamente se procedió a señalar que ésa es la causa del fallo.
- b) **Por experimentos estadísticos basados en prestaciones o en síntomas internos (base del mantenimiento predictivo).** Este método se empleó en el caso específico del motor, para el que es virtualmente imposible desarmarlo pieza por pieza por múltiples razones. En vez de eso se procedió a enlistar tres grupos de datos necesarios para los experimentos, que son: i) posibles fallas, ii) síntomas, y iii) métodos de diagnóstico; siendo los métodos de diagnóstico los que determinan cuales son las posibles fallas y los síntomas que se miden. Los métodos de diagnóstico utilizados se clasifican en: métodos de diagnóstico basados en las prestaciones, y métodos de diagnóstico basados en síntomas internos.



## I) Posibles fallas:

CUADRO 3-26					
NUM	POSIBLE FALLO	ELEMENTO	DE	SUBSISTEMA/ CONJUNTO	SISTEMA
1	Fugas	en tubería	de	Combustible	Sistema motor
2	Calado	en bomba	de	inyección	Sistema motor
3	Reglaje	en bomba	de	inyección	Sistema motor
4	Avance	en bomba	de	inyección	Sistema motor
5	Defecto	en inyectores	de	inyección	Sistema motor
6	Ajuste	en relati	de	Combustible	Sistema motor
7	Restricciones	en	de	admisión	Sistema motor
8	Problemas	en turbocompresor	de	escape	Sistema motor
9	Obstrucción	en escape	de	escape	Sistema motor
10	Daño	en Termostato	de	refrigeración	Sistema motor
11	Grieta	en Camisa	de	Culata	Base motor
12	Deterioro	en Junta	de	Culata	Base motor
13	Deterioro	en	de	Segmento, camisa, pistón	Base motor
14	Desgaste	en guías de válvulas	de	Cabezote y cubierta	Base motor
15	Desgaste	en cojinetes	de	sobrealimentación	Sistema motor
16	Desgaste	en ejes	de	sobrealimentación	Sistema motor
17	Mal tarado	en inyectores	de	inyección	Sistema motor
18	Deterioro	en asiento de válvula	de	Cabezote y cubierta	Base motor
19	Obstrucción	en conducto	de	admisión	Sistema motor
20	Fuga	en línea de alta presión	de	inyección	Sistema motor
21	Defecto	en Cilindro de bomba	de	inyección	Sistema motor
22	Obstrucción	en inyector	de	inyección	Sistema motor
23	Aire	en	de	inyección	Sistema motor
24	Encendido	en cilindro	de	bloque	Base motor
25	Desgaste	en leva	de	árbol de levas	Base motor
26	Depositos	en asiento de válvula	de	Cabezote y cubierta	Base motor
27	Desajuste	en soportes del motor	de	Bloque de cilindros	Base motor
28	Reglaje	en Balancines	de	Cabezote y cubierta	Base motor
29	Fallo	en bomba de aceite	de	Lubricación	Sistema motor
30	Desajuste	en accesorios	de	carter	Base motor
31	Pegado	en aguja de inyector	de	inyección	Sistema motor
32	Obstrucción	en tobera	de	inyección	Sistema motor
33	Apertura	en válvula de retorno	de	inyección	Sistema motor
34	Rotura	en muelle de vál. des.	de	inyección	Sistema motor
35	Obstrucción	en filtro de combus.	de	inyección	Sistema motor
36	Desgaste	en piston	de	Piston y árbol	Base motor
37	Rotura	en álabes de turbina	de	sobrealimentación	Sistema motor
38	Suciedad	en	de	refrigeración	Sistema motor
39	Defecto	en bomba de refriger.	de	refrigeración	Sistema motor
40	Fuga	en ducto de aceite	de	Lubricación	Sistema motor
41	Fuga	en intercambiador acei.	de	Lubricación	Sistema motor
42	Deterioro	en junta de camisa	de	Bloque	Base motor
43	Deterioro	en Bomba de agua	de	refrigeración	Sistema motor
44	Desajuste	en abrazaderas	de	refrigeración	Sistema motor
45	Grieta	en bloque	de	Bloque	Base motor
46	Rotura	en radiador	de	refrigeración	Sistema motor
47	Grieta	en carter	de	carter y alojamiento	Base motor
48	Sellado	en turbocompresor	de	sobrealimentación	Sistema motor
49	Degradación	en aceite	de	Lubricación	Sistema motor

## II) Síntomas

CUADRO 3-27	
N	SÍNTOMAS
1	Alto consumo de combustible
2	Humo blanco
3	Humo azul
4	Humo negro
5	Presión vs ángulo del cigüeñal
6	Vibraciones
7	Ruidos
8	Presión baja/alta en el tubo de inyección
9	Compresión en el cilindro menor a 85%
10	Contrapresión de escape baja
11	Temperatura alta
12	Consumo de refrigerante
13	Falla de lubricación
14	Contaminación de aceite por dilución de combustible
15	Contaminación de aceite por agua

## III) Método de diagnóstico

CUADRO 3-28		
DIAGNÓSTICO POR PRESTACIONES		
N	MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO	UNIDAD
1	Cantidad de combustible añadida para recorrido/tiempo	Gal/h
2	Determinación visual *	% Opac
DIAGNÓSTICO POR SÍNTOMAS INTERNOS		
N	MÉTODO DE DIAGNÓSTICO	UNIDAD
3	Medición de presión instantánea en el cilindro	psi
4	Colocación del acelerómetro junto a la válvula	rpm
5	Audición de ruidos	s/n
6	Captadores de presión en abrazadera en el tubo de inyección	psi
7	Medición de compresión del cilindro con manómetro	psi
8	Medición de temperatura por termómetro	C
9	Medición de refrigerante por marcas del reservorio	%
10	Medición de aceite por la espada graduada	%
11	Contaminación de aceite por método de la mancha	%
12	Contaminación de aceite por método decrepitación	%

\*La empresa evalúa la conveniencia de instalar un banco de pruebas para medir potencia y torque que podrían aumentarse a los métodos por prestaciones.

Los tres tipos de datos son necesarios para planificar y organizar el mantenimiento predictivo de los motores, utilizando además técnicas estadísticas de diseño de experimentos como el análisis de varianza ANDEVA (en inglés ANOVA), y se explicarán oportunamente en el capítulo concerniente a mantenimiento predictivo.

### **3.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO DE VEHÍCULOS A RUEDA**

Como ya se anotó en el marco teórico, la acción de mantenimiento no se concreta a nivel de máquina, sino en sus sistemas, conjuntos y elementos; así que para saber cuáles sistemas de la máquina serán atendidos por mantenimiento predictivo o preventivo y cuales se quedan sin atención dejándose simplemente al mantenimiento correctivo se recurre a la categorización a nivel de sistema que consta en el segundo tema del capítulo.

Los sistemas de un vehículo a rueda generalmente considerados por los fabricantes y los tipos de mantenimiento para cada uno se muestran en el siguiente cuadro:

<b>3-29 COMPONENTES DE VEHÍCULOS Y MANTENIMIENTO RESPECTIVO</b>					
<b>N</b>	<b>SISTEMA</b>	<b>PREVENTIVO</b>		<b>PREDICTIVO</b>	<b>CORRECTIVO</b>
		<b>S/N</b>	<b>Nivel de acciones</b>	<b>S/N</b>	<b>S/N</b>
1	Sistemas del motor	S	Subsistema	S	S
2	Transmisión y embrague	S	Elemento	N	S
3	Flecha propulsora y eje	S	Elementos principales	N	S
4	Bastidor y cabina	S	Elementos principales	N	S
5	Frenos	S	Elemento	N	S
6	Dirección, suspensión y ruedas	S	Elemento	N	S
7	Base del motor	S	Elemento	S	S
8*	Bomba (Solo para las motobombas móviles)	S	Elemento	N	S

#### **3.4.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VEHICULOS A RUEDA**

El mantenimiento preventivo de vehículos a rueda ha sido planificado para todos los sistemas de la máquina incluyendo sus partes más importantes, y de manera detallada para los sistemas del vehículo que incluyen las partes móviles y friccionantes o de alto impacto, que por ejemplo están presentes en los sistemas “Dirección, suspensión y ruedas” y “Base del motor”. Dado que para elaborar el plan de mantenimiento de vehículos en los primeros dos escalones no hay datos confiables previos sobre el comportamiento de cada sistema, ha sido elaborado en base a las recomendaciones de cada fabricante.

La empresa cuenta con 49 vehículos a rueda; de los cuales 45 son motorizados. De todos los vehículos motorizados, 40 son camiones Chevrolet Isuzu NHR, por lo que se ha prestado especial atención a dichos vehículos.

### **3.4.1.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PRIMER Y SEGUNDO ESCALÓN (PROFILÁCTICO) DE VEHÍCULOS A RUEDA.**

Como se expuso anteriormente, el primero y segundo escalón del plan de mantenimiento cumplirá con las misiones:

- Limpieza, tanto interna como externa de la maquina que habrá de realizarse diariamente a la terminación de los servicios prestados.
- Puesta en servicio, que comprende repostar combustible, aceite y refrigerante así como la verificación de la presión de inflado de neumáticos o tensión de cadenas en su caso, etc.
- Engrase de todos aquellos puntos que se establecen en las guías reglamentarias y colaboración para esta tarea con los equipos especiales del escalón segundo.
- Conservación de las herramientas, equipo y documentación asignadas.
- Revisión periódica diaria y colaboración en las revisiones semanales o quincenales con participación en estas últimas del escalón segundo.
- Reparación de urgencia, principalmente en el caso de servicios aislados, cuando la competencia de los conductores permita que el jefe de equipo de obra la autorice
- Revisión y mantenimiento periódicos.
- Localización de averías tan pronto como se observe algún fallo.
- Reparación de tipo ligero basadas esencialmente en la sustitución de piezas o conjunto de ellas.
- Suministro de carburantes en buenas condiciones de limpieza y pureza.
- El detalle de las revisiones y entretenimiento figura en las guías de engrase que tendrá que rellenas personalmente el jefe de equipo de obra, recogiendo y comprobando previamente las guías entregadas a los conductores de acuerdo con las instrucciones de operación.

#### **3.4.1.1.1 FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO DE PRIMER Y SEGUNDO ESCALÓN**

En resumen, el plan mantenimiento profiláctico típico de un camión de 6 ruedas es:

CUADRO 3-30

ACTIVIDADES Y FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO DE PRIMER Y SEGUNDO ESCALÓN DE CAMIÓN ISUZU NHR

		1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
TIEMPO: HORAS											
x 1000 kilómetros (solo vehículos motoriza)		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Motor	Aceite de motor	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Filtro de aceite de motor	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Filtro de combustible		R		R		R		R		R
	Elemento de limpiador de aire	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I
	Velocidad de relantí y aceleración		I		I		I		I		I
	Claros de válvulas				A				A		
	Tapa de tanque de combustible y conexiones perdidas				I				I		
	Tensión y daño de banda de conducción	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Refrigerante de radiador				R				R		
	Pérdidas o daño de tubos y montajes de escape		I		I		I		I		I
	Goteo de agua de sistema de enfriamiento		I		I		I		I		I
	Condición de operación de motor	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Embr	Fluido de embrague	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I
	Pedal de viaje de embrague y juego libre	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Transm isión	Aceite de transmisión manual	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I
	Pérdida de mecanismo de control de engranaje				I				I		
	Cables de control de engranaje		A		A		A		A		A
Flecha propulsora	Grasa de de manga de deslizamiento y juntas univ.		L		L		L		L		L
	Conexiones perdidas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Excesivo desgaste de Espirales				I				I		
	Pérdidas de cojinetes y partes relacionadas				I				I		
	Rodamientos del centro		L		L		L		L		L
E.T.	Aceite del engranaje del diferencial	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I
E.D.	Pasador principal	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Dirección	Goteo de aceite de sistema de dirección asistida	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Pérdidas o daño de sistema de dirección asistida	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Fluido de dirección asistida				R				R		
	Mangueras de dirección asistida								R		
	Pérdida de montaje de nudillos y eje frontal	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Pérdida o daño de macanismo de conducción				I				I		
	Daño en bola de juntas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Excesivo juego de bola de juntas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Excesivo juego de relé de palanca de eje	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Juego de volante	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Función deconducción	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	Alineación de rueda				I				I		
Freno de servicio	Fluido de freno	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I
	Goteo de fluido de sistema de freno	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Desgaste de forros de frenos y tambores	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Desgaste de almohadillas de disco de freno y discos	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Viaje del pedal de freno y juego libre	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Pérdida de conexiones o daño de tubos y casas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Freno de parqueo	Cables de freno de parqueo	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Funcionamiento de freno de parqueo	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Viaje de palanca de freno de parqueo	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Desgaste de forros				I				I		
	Desgaste o daño de tambores				I				I		
	Desgaste o daño de trinquete				I				I		
uspensión	Daño de resortes de palancas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Resorte de barra de torsión	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Daño de bola de junta de botas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Excesivo juego de bola de juntas				I				I		
	Pérdida o daño de montas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Goteo de aceite de Absorvedores de choque	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Pérdidas de absorbedores de choque de monta	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Enlaces superiores	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
Ruedas	Pasadores y tuercas de ruedas		T		T		T		T		T
	Daño de discos de ruedas		I		I		I		I		I
	Grasa de cojinetes de centro				R				R		
	Daño de presiones de llanta	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Elec	Electrolito de batería de gravedad específica	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Limpiabrisas, lavadores, luces, horno, parabrisas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Otr os	Pernos y tuercas en chasis y cuerpo				I				I		

(I) Inspeccionar y corregir o limpiar, (A) Ajustar, ® Reemplazar o cambiar, (T) Ajustar a torque especificado, (L) Lubricar.

Dado que las actividades de mantenimiento se realizan en función del tiempo y que los manuales de operación y mantenimiento de vehículos vienen dados en distancia recorrida se ha procedido a calcular una correspondencia promedio entre distancia y tiempo de operación. En la actividad de servicios misceláneos, un vehículo no está móvil todo el día, normalmente recorrerá 100 kilómetros en dos horas en vías de segundo orden (velocidad promedio de 50 km/h)

Generalmente el equipo pesado e industrial funciona 10 horas por día, para un vehículo esto equivale a recorrer 100 kilómetros. Es así que se considera que 1 hora de servicio equivale a 10 kilómetros recorridos, como se puede observar en el cuadro.

Las fichas de estado inicial de todos los vehículos se encuentra en la carpeta “ENVEJECIMIENTO Y FIABILIDAD.xls” dentro de la carpeta de anexos. Una vez dentro del documento, se ubica en la hoja “MANTENIMIENTO”.

#### **3.4.1.1.2 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

En todas las obras en que la cuantía o importancia de las maquinas asignadas a las mismas lo exija, se organizara ese escalón segundo, empleándose las dos clases de equipos siguientes:

**Equipo A:** Para atender obras con plantillas de maquinaria ligera y vehículos de numero de ruedas inferior a cinco. Este es el equipo que atenderá las acciones de los vehículos como los camiones Isuzu NHR.

**Equipo B:** Sirve de complemento al anterior para las obras con mayor número de vehículos o maquinaria pesada.

#### **3.4.1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE TERCER ESCALÓN DE VEHÍCULOS A RUEDA**

A pesar de que el tercer escalón se considera mantenimiento correctivo al estar debidamente programado puede incluirse para fines prácticos en el mantenimiento preventivo programado. Para cada máquina y vehículo se elaboró una ficha técnica compuesta de cuadros para cada sistema, similares a los cuadros previamente mostrados: 3-83 y 3-84 correspondientes a una cadena de tracción de un equipo pesado de oruga, en donde se encuentran entre otros, los siguientes datos:

- El listado de sus componentes al nivel requerido para su correcto mantenimiento (sistema, subsistema, conjunto, o elemento).
- Características de cada componente en su estado inicial (nivel de la parte, desgaste, precio actual, número de piezas iguales en el sistema o subsistema, etc).
- Tipo de elemento constructivo que puede ser:
  1. No recambiables y no reparables,
  2. Recambiables pero no reparables,
  3. No recambiables pero reparables
  4. Recambiables y reparables.
- Frecuencia de reparación ( para E. C. tipos 3 y 4)
- Frecuencia de reemplazo o cambio (para E. C. tipos 2 y 4)
- La forma de falla ya sea por:
  - Desgaste,
  - Deformación,
  - Destrucción
- Secuencia parcial de ensamble y desensamble. La secuencia de ensamble o desensamble es en su mayoría igual a la secuencia de serie y paralelo utilizada para la determinación de fiabilidad del sistema y puede ser impresa como guía de procedimiento para las reparaciones y cambios para mecánicos.

Las fichas de mantenimiento de vehículos a rueda corresponden a los documentos desde el IDG-V01.xls hasta el IDG-V45.xls en la carpeta de ANEXOS→ENVEJECIMIENTO Y FIABILIDAD; como está demás indicar, la presencia de la V en el cuarto espacio del código de significa que se refiere a un vehículo.

#### **3.4.2.1.1 ORGANIZACIÓN DEL TERCER ESCALÓN DE MANTENIMIENTO**

Normalmente existirá un número fijo de talleres en situación de reserva o en trabajo se cambiará de localidad o de situación según las necesidades de la empresa y siempre por orden del jefe de maquinaria.

En algún caso, y previa autorización del citado jefe, se podrá reforzar en personal y maquinaria a un equipo B del escalón segundo que desempeñe la misión de un taller semifijo.

La instalación de estos talleres se hará en forma progresiva desde el primer momento de su llegada a obra, deben estar dispuestos para trabajar, utilizando el mismo vehículo como taller.

Sucesivamente, se podrán ir instalando las máquinas en locales o cobertizos que se destinen a ese fin.

En el capítulo cuarto se especifican todos los aspectos referentes a la composición de talleres, su personal y material.

### **3.4.1.3 COSTO DE ACCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN VEHÍCULOS**

Aunque los costos de acciones de mantenimiento serán explicados detalladamente en el capítulo séptimo correspondiente a operación y explotación, aquí se dan breves pautas y ejemplos puntuales de de dicho aspecto.

El costo total del mantenimiento de un artículo incluye: costo propio de mantenimiento, costo de transportación, costo de fondo circulante, pérdida por estadía, pérdida por almacenaje, amortización de la inversión en instalaciones. Es así que el costo presuntivo del plan de mantenimiento anual es de 499 000 dólares, conformado por los rubros que se indican en el cuadro siguiente:

<b>CUADRO 3-31 COSTO ANUAL DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN VEHÍCULOS*</b>		
<b>No</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
1	Inspecciones o reparaciones	56 141
2	Transporte y embalaje	19 802
3	Almacenamiento	20 580
4	Repuestos**	405 521
<b>TOTAL</b>		<b>499 017</b>

\*Con vehículos en servicio pesado de 10 horas diarias todos los días del año

\*\* Los repuestos y sus costos incluyen el cuarto escalón, en caso de que se necesite efectuarlo.

Generalmente los vehículos solo se emplean un par de horas diarias lo que haría que el costo esperado sea de alrededor de 100 000 dólares anuales, y es importante recalcar que esto incluye todos los costos de las acciones de mantenimiento preventivo, algunas veces las partes de los vehículos duran más de lo planificado y es la labor de los grupos de mantenimiento hacer las inspecciones y prescindir de los reemplazos de piezas, si éstas todavía están útiles.

Se debe tomar en cuenta que la vida útil de un vehículo motorizado y no motorizado es de 48000 horas, lo que significa que funcionando todos los días podría funcionar 16 años con reparaciones y reemplazos de primero a tercer escalón. Más allá de los 16 años de funcionamiento constante se requeriría recurrir a over-hauls completo. Los sistemas,



subsistemas, conjuntos y elementos necesarios para hacer un over-haul han sido incluido en el documento de ruta ANEXOS→PROGRAMACIÓN.xls.

### 3.4.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE VEHÍCULOS A RUEDA

En los cuadros 3-26, 3-27 y 3-28 se muestran los métodos de diagnóstico, síntomas, y posibles fallas consideradas en el análisis de fallas basado en la predicción.

Cabe recordar que los métodos predictivos solo se emplearán en los motores de los vehículos por la importancia de su funcionamiento constante y la dificultad de desarmarlos para constatar físicamente el estado de sus partes.

Los diagnósticos por excelencia del mantenimiento predictivo son los que examinan las características del aceite del motor y los que determinan vibraciones o excentricidades; los instrumentos más asequibles para el primer caso son planchas para crepitación o papeles para examen de mancha, o también los opacímetros; en el segundo caso de utilizan vibrómetros o acelerómetros. La empresa ha decidido adquirir los siguientes instrumentos de mantenimiento predictivo: papeles para mancha de aceite, opacímetros y acelerómetros. Existen dos situaciones para este mantenimiento:

1. Si no se produce ningún síntoma, por defecto, se efectúan las actividades de diagnóstico de mantenimiento predictivo en la frecuencia indicada a continuación:

**CUADRO 3-32 FRECUENCIAS PREDETERMINADAS MÍNIMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

No	ACTIVIDAD DE DIAGNÓSTICO	h	10	50	100	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	10000	12000
1	Cantidad de combustible añadida para recorrido/tiempo por indicador incorporado/ serafín														
2	Determinación visual/opacímetro de opacidad														
3	Medición de presión instantánea en el cilindro														
4	Colocación del acelerómetro junto a la válvula														
5	Audición de ruidos														
6	Captadores de presión en abrazadera en el tubo de inyección														
7	Medición de compresión del cilindro con manómetro														
8	Medición de temperatura por termómetro														
9	Medición de refrigerante por marcas del reservorio														
10	Medición de aceite por la espada graduada														
11	Contaminación de aceite por método de la mancha														
12	Contaminación de aceite por método decrepitación														

Las frecuencias indicadas son las mínimas requeridas, por lo que no hay razón para que no se puedan realizar cada vez que se detecte uno de los síntomas indicados en el cuadro 3-86; por

ejemplo al detectar salida de aceite o agua por el tubo de escape, lo que obligará a realizar una medición de contaminación por el método de la mancha.

2. Cuando se produce algún síntoma, establecer las posibles causas relacionadas con éste, establecer a que elemento se refiere la causa, elegir uno o varios métodos de determinación. En los archivos correspondientes de cada vehículo ubicado en la carpeta ANEXOS→ENVEJECIMIENTO Y FIABILIDAD se ubican hojas de cálculo que contienen el diseño de experimentos como se ve en las siguientes dos imágenes:

FIGURA 3-01

DIAGNÓSTICO DEL MOTOR PARA UN SINTOMA DE ALTO CONSUMO DE COMBUSTIBLE

N	SINTOMA	COD	POSIBLES CAUSAS	COD	ELEMENTO	MÉTODO DE DETERMINACIÓN
1	Alto consumo de combustible	1	Fuga	#	línea de alta presión	Cantidad de combustible añadida para recorrido/tiempo Determinación visual
			Ajuste	6	relati	
			Obstrucción	19	conducto	

FIGURA 3-02

DISEÑO, CORRIDA Y ANALISIS DE LOS EXPERIMENTOS EN EL MOTOR											
CALIFICACIÓN				ANALISIS ANDEVA			ANÁLISIS ESTADÍSTICO				
TRATA	1	2	3	UNIDAD	$\Sigma Y$	$(\Sigma Y)^2$	$\Sigma(Y)^2$	t=	3	SCE=	0,11
C1	2,3	2,4	2,4	Gal/h	7,1	50,41	16,81	N=	9	MCI=	0,34
C2	1,8	1,6	2	Gal/h	5,4	29,16	9,8	A=	43,80	MCE=	0,02
C3	2,4	2,5	2,3	Gal/h	7,2	51,84	17,3	B=	43,12	Fc=	19,19
				T=	19,7	S=	43,91	SCE=	0,79	Fc >	F
				T^2=	388,1			<b>CONCLUSION:</b>			
La causa C2 produce el daño con un 95% d											

### 3.4.2.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS DE EXPERIMENTOS

Como ya se indico en el capítulo de “Análisis de fallas”, el método para evaluar y analizar los experimentos es el ANÁLISIS DE VARIACIÓN “ANDEVA”, como se ve en la imagen 3-02.

Analizando la fila de la primera causa C1 se encuentran: las tres medidas obtenidas; luego, la primera columna de análisis “ $\Sigma Y$ ” es la sumatoria de las tres medidas, la segunda columna es del cuadrado de la primera sumatoria “ $(\Sigma Y)^2$ ”, la tercera columna es la sumatoria de los cuadrados de las medidas  $\Sigma(Y)^2$ . Luego de hacer las calificar las tres causas posibles, en el inferior la T es la suma de las sumatorias de todas las observaciones hechas a lo largo del experimento; S es la suma de las todas las observaciones cada una elevada al cuadrado;  $T^2$  es el cuadrado de T.

Luego se obtienen:  $A = \sum((\Sigma Y)^2 / n)$  y  $B = T^2 / N$ , donde n es el número de observaciones a ese nivel de tratamiento, y N el número total de observaciones hechas. Con estos datos se calcula: la suma de los cuadrados relativa a los efectos de los tratamientos  $SCI = A - B$ ; la suma de los cuadrados total  $SCT = S - B$ ; la suma de los cuadrados relativa al efecto de los errores  $SCE = SCT - SCI$ .

Para calcular las medias cuadráticas se empieza con t: la t es el número de tratamientos del experimento, dado que son tres causas estudiadas es igual a 3; N es el número total de observaciones hechas; luego se calcula la media cuadrática de las diferencias entre observaciones debidas a los tratamientos  $MCI = SCI / (t - 1)$ ; y la media cuadrática de las diferencias entre observaciones debidas a errores  $MCE = SCE / (N - t)$ .

Al final es posible calcular el valor de contraste  $F_c$  que es la relación entre la variación media (cuadrática) y la variación media (cuadrática) debida a errores (o ruido).

La interpretación del valor obtenido de  $F_c$  es la siguiente:

a)  $F_c < 1$ . Si  $F_c$  es menor que uno, significa que los factores extraños influyen sobre el valor de la variable dependiente de manera más determinante que los tratamientos.

Esto quiere decir que la relevancia de nuestra variable no es muy elevada y posiblemente no hemos identificado la causa principal. (Cuanto menor  $F_c$ , menor será también la relevancia de la variable independiente).

b)  $F_c > 1$ . Si  $F_c$  es mayor que uno, los tratamientos proporcionados son efectivamente el factor que mayor influencia tiene sobre la variable dependiente. Esto significa que se ha identificado la causa más determinante para la variación de la característica medida (Cuanto mayor  $F_c$ , mayor será también la relevancia de la variable independiente).

### **3.4.2.2 SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA DE LA CONCUSIÓN OBTENIDA**

El Experimento realizado, es decir las observaciones hechas, son una muestra de todas las posibles observaciones que se pueden realizar bajo las mismas condiciones experimentales. (Se utilizan muestras ya que hacer experimentos con números infinitamente grandes de observaciones, resultaría demasiado costoso en todos los sentidos).

Puesto que ninguna muestra es perfecta en todas sus características ni representa exactamente a la población entera, nunca será completamente seguro de que las conclusiones, basadas en la muestra, son efectivamente válidas.

La conclusión indicada por la muestra se aceptará entonces como válida sólo si la estadística nos asegura que tiene por lo menos un 95% de probabilidad de serlo efectivamente, lo que se establecerá de la siguiente manera:

a) Calcular  $(t-1)$  y  $(N-t)$ , siendo  $t$  el número de tratamientos y  $N$  el número total de observaciones del Experimento.

b) Leer en la “Tabla de valores F para un nivel de seguridad” el valor correspondiente de  $F$ .

En el ejemplo dado en las Figuras 3-01 y 3-02 y basándose en la tabla 3-33 se tiene que  $N-t=6$  y que  $t-1=2$  entonces:  $F_c=19,19$  y  $F=5,14$ ; y  $F_c > F$  por lo que se puede afirmar que la causa C2 (ajuste de relantí) es la que produce el daño (alto consumo de combustible) con un 95% de confianza.

### **3.4.2.3 COSTO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE VEHÍCULOS**

El costo total de las acciones de mantenimiento predictivo es: 2430 dólares al año, se lo obtiene del subtotal correspondiente calculado del archivo PROGRAMACIÓN.xls en la carpeta: ANEXOS→ENVEJECIMIENTO Y FIABILIDAD. De todas maneras se lo tratará detalladamente en el capítulo 7 “Estudio económico financiero”.

**TABLA 3-33**

**TABLA DE VALORES F PARA UN NIVEL DE SEGURIDAD DE 95%**

$\frac{t-1}{N-t}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	241,9	243,9	245,9	248,0	249,1	250,1	251,1	252,2	253,3	254,3
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,41	19,43	19,45	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,68	4,62	4,58	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36
6	5,99	5,14	4,75	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,96	1,93	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,20	2,13	2,05	2,01	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,15	2,07	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,20	2,13	2,06	1,97	1,93	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,10	2,03	1,94	1,90	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
$\infty$	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

### 3.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO DE EQUIPO PESADO

Este capítulo trata sobre la ingeniería del mantenimiento de equipo o maquinaria pesada, e incluye el equipo industrial grande, principalmente motosoldadoras ya que intervienen en las mismas operaciones que el equipo pesado, sobre todo tratándose de tendido de tuberías a presión.

#### 3.5.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPO PESADO

El mantenimiento preventivo de equipo pesado e industrial cumple con las mismas misiones que el referido a vehículos previamente tratado.

TABLA 3-34

ACTIVIDADES Y FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO DE PRIMER Y SEGUNDO ESCALÓN DE RETRO HYUNDAI 55-7

	HORAS	10	50	100	250	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	requiera	ESPECIF
		x 1000 kilómetros (solo vehículos)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100						
<i>(I) Inspeccionar y corregir o limpiar, (A) Ajustar, (R) Reemplazar o cambiar, (T) Ajustar a torque especificado, (L) Lubricar.</i>																		
1	Nivel de aceite hidráulico	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		HO
2	Nivel de aceite de motor	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		EO
3	Refrigerante de radiador	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		C
4	Separador de agua	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		-
5	Daño y tensión de la correa del ventilador	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		-
6	Pasadores de enlaces		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		PGL
7	Colador de tanque de diesel y drenaje		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		-
8	Rodamientos del vaiven (swing)		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		PGL
9	Carcasa de mando de engranaje de vaivén (aceite)		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		GO
10	Carcasa de mando de engranaje de vaivén (grasa)		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		PGL
11	Tensión de la pista		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		PGL
12	Piñón y engrane de vaivén		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		PGL
13	Cilindro de botavara de vaivén		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		PGL
14	Nivel de aceite de motor				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		EO
15	Batería (electrolito)				I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		-
16	Filtro de regreso del aceite hidráulico				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		-
17	Elemento del filtro de línea				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		-
18	Elemento del respirador de aire				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		-
19	Filtro del aceite de motor				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		-
20	Elemento del limpiador de aire (afuera)					I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		-
21	Aleta del enfriador y radiador					I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		-
22	Elemento del filtro de combustib.					R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		-
23	Carcasa de mando de engranaje de vaivén					R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		GO
24	Carcasa de engranajes del mando final					R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		GO
25	Nivel de aceite hidráulico						R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		HO
26	Refrigerante de radiador						R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		C
27	Colador de succión del aceite hidráulico						I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		-
28	Elemento del limpiador de aire (adentro /afuera)															I	I	-
29	Filtros del aire acondicionado															I	I	-

El cuadro anterior es un ejemplo de las actividades y frecuencias de mantenimiento de primer y segundo escalón de la retro-escavadora Hyundai Rolex 55-7.

Para las actividades de tercer escalón se debe remitir a cada uno de los correspondientes archivos de fichas técnicas ubicados en la carpeta ANEXOS→ ENVEJECIMIENTO Y FIABILIDAD, que van desde IDG-M01 a IDG-M10 para maquinaria pesada, y de IDG-E01 A IDG-E41 para equipo industrial.

### **3.5.1.1 ORGANIZACIÓN DEL SEGUNDO ESCALÓN DE MANTENIMIENTO**

En todas las obras en que la cuantía o importancia de las maquinas asignadas a las mismas lo exija, se organizara ese escalón segundo, empleándose las dos clases de equipos siguientes:

**Equipo A:** Para atender obras con plantillas de maquinaria ligera y vehículos de numero de ruedas inferior a cinco.

**Equipo B:** Sirve de complemento al anterior para las obras con mayor número de vehículos o maquinaria pesada. Este grupo, por ejemplo, es el que intervendrá a la retroescavadora Hyundai 55-7 y al cabezal fotón.

### **3.5.1.2 ORGANIZACIÓN DEL TERCER ESCALÓN DE MANTENIMIENTO**

Normalmente existirá un número fijo de talleres en situación de reserva o en trabajo se cambiará de localidad o de situación según las necesidades de la empresa y siempre por orden del jefe de maquinaria.

En algún caso, y previa autorización del citado jefe, se podrá reforzar en personal y maquinaria a un equipo B del escalón segundo que desempeñe la misión de un taller semifijo.

La instalación de estos talleres se hará en forma progresiva desde el primer momento de su llegada a obra, deben estar dispuestos para trabajar, utilizando el mismo vehículo como taller. Sucesivamente, se podrán ir instalando las máquinas en locales o cobertizos que se destinen a ese fin.

En el capítulo cuarto se especifican todos los aspectos referentes a la composición de talleres, su personal y material.

### **3.5.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPO PESADO**

Dado que el mantenimiento predictivo implica el diseño de experimentos y estos a su vez implican monitoreo con instrumentos y métodos algo onerosos, solo se aplica a los motores de los equipos pesados e industriales con un procedimiento similar al relatado para los vehículos. La eficacia de los métodos estadísticos empleados para el la corrida y análisis de experimentos es exactamente la misma para equipo pesado, industrial y vehículos.

Las técnicas de monitoreo de motores de maquinaria pesada pueden ser ayudadas por las recomendaciones de los discos de “Manual de mantenimiento de motores de equipo pesado Caterpillar”.

Una de las diferencias entre el plan de mantenimiento para vehículos y equipo pesado radica en la seguridad industrial. Los equipos pesados, por sus características son mucho más peligrosos al operar y mantener que los vehículos, a esto se referirá el capítulo 3.7 de “Seguridad Industrial Aplicada”.

#### **3.5.2.1 COSTO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN EQUIPO PESADO**

El costo de mantenimiento predictivo para equipo pesado al año es de 2 970 dólares.



### **3.6 MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA VEHÍCULOS A RUEDA Y EQUIPO PESADO**

Para el mantenimiento correctivo de vehículos y maquinaria pesada se recurrirá a un equipo humano y material similares al del mantenimiento preventivo de tercer escalón, porque de hecho es el mismo equipo el que se encargaría de corregir fallas no planificadas de cualquier tipo, recortando parte del tiempo diario preasignado al mantenimiento preventivo. Visto de otra manera, la frecuencia de intervenciones de mantenimiento correctivo, que es aparentemente incierta, se espera que sea la misma de mantenimiento preventivo de tercer escalón. Esto sirve para pintar un escenario pesimista, pero más conservador, ya que sin duda la frecuencia planificada de mantenimiento preventivo de tercer escalón excede a los daños fortuitos que requieren intervenciones correctivas.

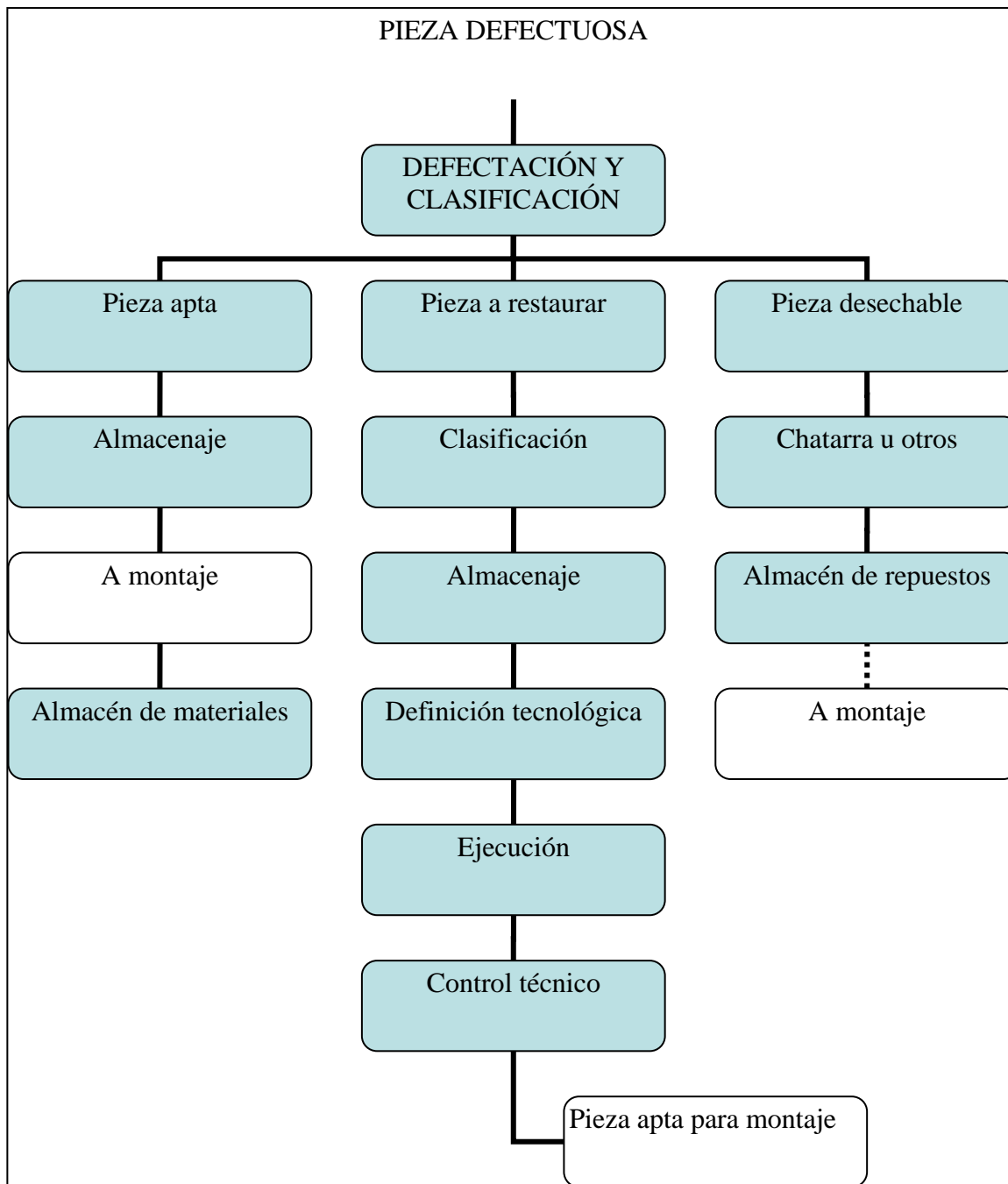
#### **3.6.1 FORMAS DE DETERIORO**

Pese a existir muchas formas específicas de deterioro, por simplicidad, se pueden agrupar en tres grupos, que ya se indicaron anteriormente, y son:

- Desgaste,
  - Corrosión y oxidación
  - Erosión
- Destrucción,
  - Violación de integridad física
  - Rotura
  - Rajadura
- Deformación
  - Alteración de forma geométrica
  - Posición relativa de las superficies de la pieza
  - Propiedades físico mecánicas del material

#### **3.6.2 ORGANIZACIÓN DE LA RESTAURACIÓN DE PIEZAS**

En el siguiente esquema se puede observar la organización general de la restauración de una pieza, o el procedimiento que utilizará la empresa cuando se necesite una restauración:



**FIG 3-03 Organización de la restauración de piezas**

### **3.6.2.1 COMPOSICIÓN DE LOS TALLERES**

Aquí se establece como debe estar compuesto el mantenimiento de correctivo tercer escalón, aunque este tema se tratará al detalle en el capítulo cuarto.

#### **PERSONAL**

- Un jefe de taller.
- Un oficial de primera (tornero)
- Un oficial de primera (soldador)

- Un ayudante conductor.

#### MATERIAL

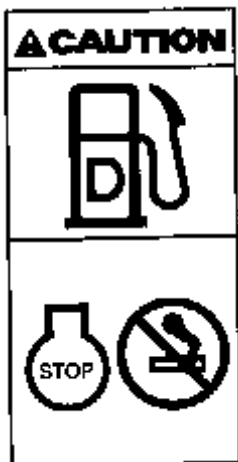
- a) Un camión con grupo electrógeno.
- b) Un torno de 1 m con rectificadora
- c) Un taladro vertical
- d) Una máquina para muelas de esmeril.
- e) Un equipo de soldadura autógena.
- f) Un equipo de soldadura eléctrica
- g) Un taladro de pecho
- h) Un equipo general de herramientas básico. Una fragua portátil.

En el documento PROGRAMACION.xls se pueden observar las actividades planificadas de tercer escalón correctivo.

### 3.7 SEGURIDAD INDUSTRIAL APLICADA AL MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS Y EQUIPO PESADO

Existen algunas etiquetas de seguridad que son comúnmente encontradas en la mayoría de maquinas pesadas, y advierten sobre la manera de operar y hacer mantenimiento de manera segura. Entre las más importantes están:

#### A) REABASTECIMIENTO

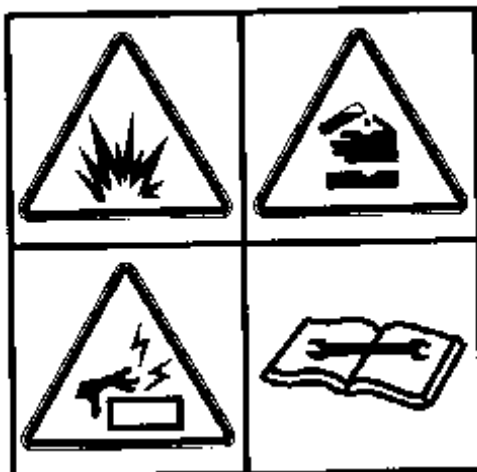


Esta advertencia esta ubicada cercana al cuello del filtro de combustible en la maquinaria.

Parar el motor cuando se reabastezca de combustible. Todas las luces o llamas deben mantenerse a una distancia segura cuando se reabastezca.

#### B) ACCIDENTE DE BATERÍA

Esta advertencia se ubica generalmente en la tapa de batería.



El electrolito contiene ácido sulfúrico y causa quemaduras severas. Evitar que este en contacto con la piel, ojos o ropa. En el evento de un accidente enjuague con abundante agua, llamar a un paramédico inmediatamente. Mantener el electrolítico al nivel recomendado. Aumentar agua destilada a la batería solo cuando se encienda, nunca cuando se apaga. Con el electrolítico en nivel apropiado, menos espacio puede causar que los gases sean acumulados en la batería.

- Extinguir todos los materiales inflamables y llamas abiertas antes de chequear la batería.

- No usar fósforos, encendedores o antorchas como fuente de luz cerca de la batería por la probable presencia de gas explosivo.

### C) MANTENER DESPEJADO EL BRAZO- BOOM

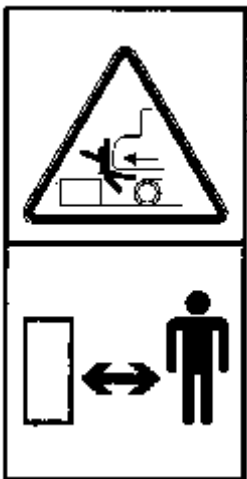


Esta advertencia esta ubicada en ambos lados del boom.

Daños serios o muerte pueden resultar de la caída de este enlace.

Para prevenir heridas severas o muerte, mantener despejada la parte de debajo de este enlace.

### D) MANTENER DESPEJADA LA PARTE POSTERIOR



Esta advertencia esta ubicada en la parte posterior del capote del motor de la máquina

Para prevenir heridas personales serias o muerte, se debe mantener despejado todo el radio de movimiento de la maquinaria.

No se debe remover esta etiqueta de la máquina.

### E) MANTENER DESPEJADO LOS LADOS



Esta advertencia esta ubicada en el lado del capote del motor.

Para prevenir heridas serias o muerte, de debe mantener despejado el radio de movimiento de la máquina.

No se debe remover esta etiqueta de la máquina.

## F) PRECAUCIÓN DEL COMPARTIMIENTO DEL MOTOR

Ésta advertencia esta ubicada al lado del radiador.



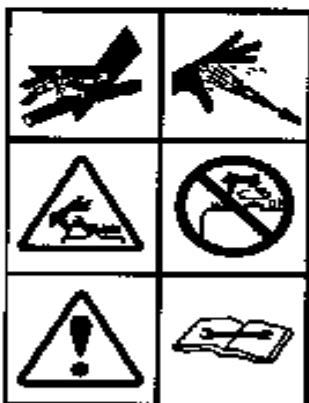
No abrir el capote del motor durante el funcionamiento del motor. El fluido que escapa bajo presión puede penetrar la piel causando heridas serias.



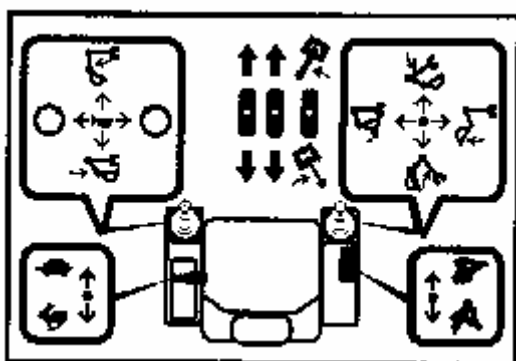
Nunca se debe abrir la tapa del filtro mientras el motor esta funcionando o a una alta temperatura de aceite.

Estudiar el manual de operación antes de prender y operar la máquina.

No se debe tocar la tubería de escape o puede causar severas quemaduras.



## G) IDEOGRAMA DE CONTROL



Esta etiqueta de advertencia esta ubicada en la ventana derecha de la cabina de algunas máquinas.

Chequear que el modelo de control de máquina concuerde con el modelo de esta etiqueta. Si no,

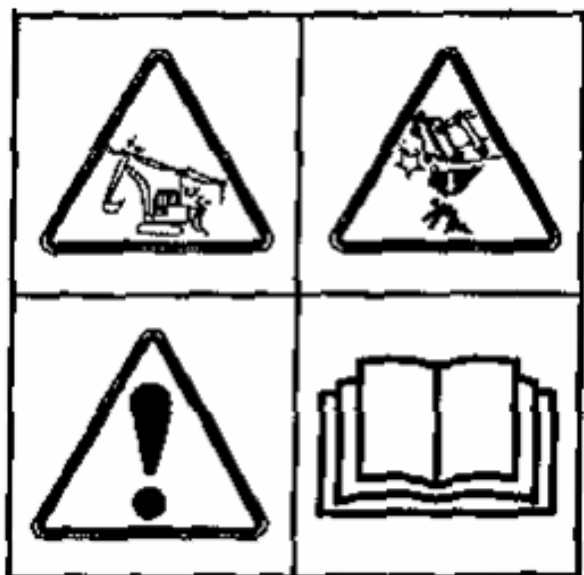
cambiar la etiqueta para que se ajuste al modelo antes de la operación de la máquina.  
La falla puede resultar en heridas o muerte.

## H) PRECAUCIONES GENERALES DE LA CABINA

Esta etiqueta de advertencia esta ubicada en el costado derecho de la cabina.

Heridas serias o muerte pueden resultar del contacto con líneas eléctricas.

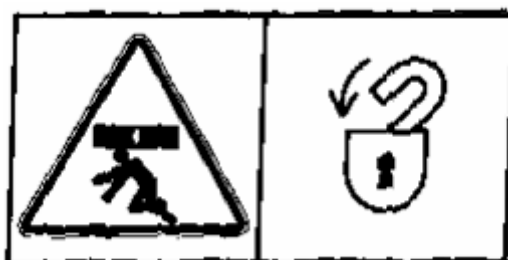
Un choque eléctrico sería recibido por el mayor acercamiento a la vecindad de una línea eléctrica, la mínima distancia debe ser mantenida considerando la fuente.



## I) SEGURIDAD DE LA VENTANA FRONTAL

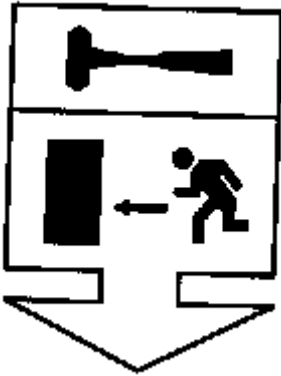
La siguiente advertencia esta ubicada a ambos lados de la cabina.

Tener cuidado de que la ventana frontal puede estar inapropiadamente cerrada.



## J) SALIDA DE EMERGENCIA

Esta advertencia esta ubicada a la ventana del lado derecho de la cabina.

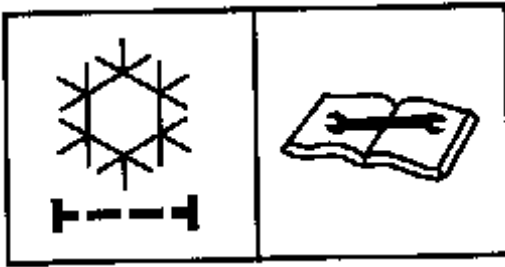


El lado derecho de la maquinaria sirve como una salida alternativa.  
En caso de emergencia, usar el martillo para romper la ventana del lado derecho de la cabina.

## K) ENTRADA DE AIRE AL FILTRO

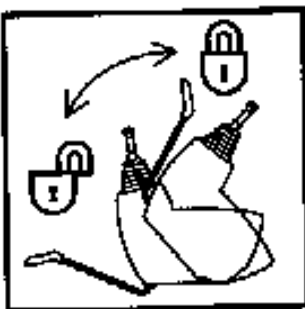
Esta advertencia esta ubicada en la parte baja de la base del asiento.

LA inspección periódica y apropiada, la limpieza y cambio del filtro prolonga el tiempo de vida del aire condicionado y mantiene el buen rendimiento.



## L) LEVANTAMIENTO DE LA CONSOLA

En la mayoría de máquinas pesadas modernas la caja de la consola de palancas se levanta para permitir bajar al operador. Esta advertencia se encuentra ubicada en la caja de consola izquierda.

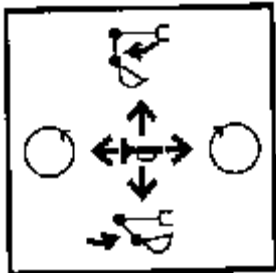


Antes de bajar de la máquina asegurarse de levantar la caja de la consola.



### M) IDEOGRAMA DE CONTROL DE LA CABECERA IZQUIERDA

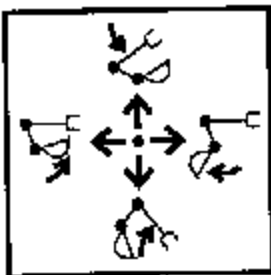
Esta advertencia se ubica generalmente en la caja de consola izquierda



Verificar que el modelo de control este conforme al modelo de control de la etiqueta. Si no, cambiar la etiqueta para que se ajuste al modelo antes de la operación de la maquinaria.

No hacerlo puede resultar en heridas o muerte.

### N) IDEOGRAMA DE CONTROL DE LA CABECERA DERECHA



Esta advertencia se ubica generalmente en la caja de consola derecha.

Verificar que el modelo de control este conforme al modelo de control de la etiqueta. Si no, cambiar la etiqueta para que se ajuste al modelo antes de la operación de la maquinaria.

No hacerlo puede resultar en heridas o muerte.

### O) LUBRICACIÓN CON ACEITE HIDRÁULICO

No se debe mezclar fluidos de diferentes marcas.

Nunca se debe abrir el compartimiento del filtro mientras el motor este en funcionamiento o en altas temperaturas del aceite hidráulico.



Se debe retirar la tapa lentamente y descargar la presión interna completamente.

### P) CAIDA

La caída es una de las mayores causas de heridas.



Asegurarse de las condiciones de deslizamiento en las plataformas, paradas y manubrios cuando se pare sobre la máquina.

No pararse en el capote del motor.

### Q) RECOMENDACIONES GENERALES (Máquinas con brazo)



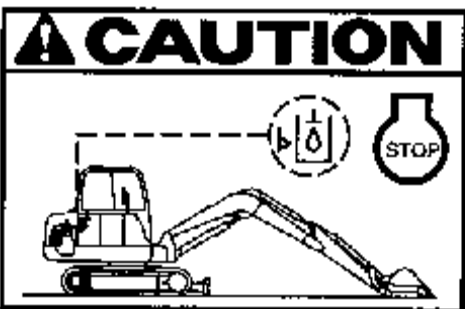
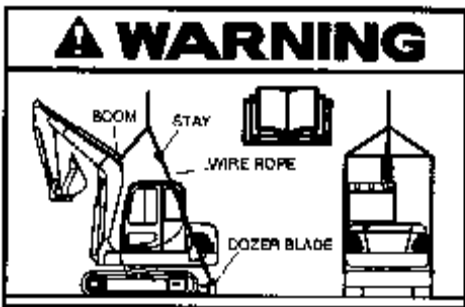
Estudiar el manual del operador de la máquina antes de transportar la máquina, si es posible el brazo abajo y el camión se ajustarán con un cable.

Asegurarse de que el cable sea del tamaño adecuado y utilizar el método correcto de colocación.

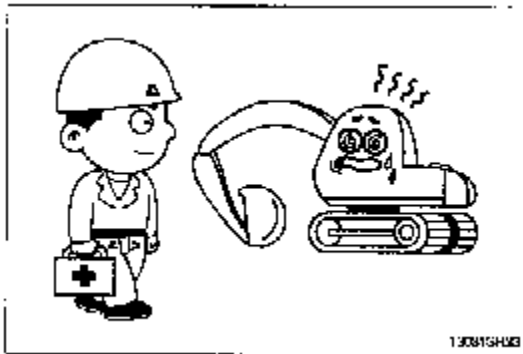
La pala debe colocar en la tierra cuando se esté haciendo servicio de mantenimiento al sistema hidráulico.

Se debe chequear el nivel del aceite en el medidor de nivel.

Rellenar el aceite hidráulico recomendado al nivel específico si es necesario.



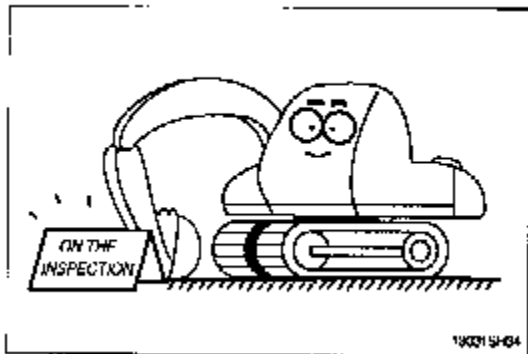
## **R) DURANTE EL MANTENIMIENTO**



Parar el motor inmediatamente cuando un problema de la máquina es detectado.

Inspeccionar inmediatamente la causa del problema como: vibración, sobrecalentamiento y problema en el uso, luego reparar.

Estacionar en un lugar plano y parar el motor para inspección y reparación.



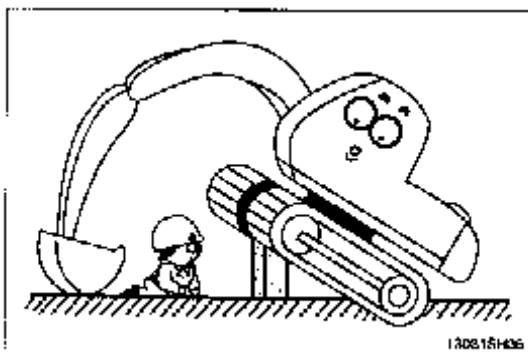
Se debe tomar extremado cuidado durante el trabajo de mantenimiento. Las partes pueden requerir medidas de seguridad adicionales.

No remover la tapa del radiador del motor. Se debe abrir la tapa luego de que el motor se enfríe bajo los 50 C (112F) para prevenir heridas personales del rociado de vapor caliente.



No de debe trabajar debajo de la máquina.

Se debe asegurar que el trabajo se hace con los apoyos de seguridad apropiados. No se debe depender de cilindros hidráulicos para alzar la maquinaria.



#### **4. DISEÑO Y ORGANIZACIÓN DEL TALLER DE MANTENIMIENTO**

Tanto en los subcapítulos correspondientes a mantenimiento de equipo pesado y de vehículos pesados a rueda se estableció la necesidad de contar con talleres semifijos que se desplazarán de ciudad conforma las operaciones de la empresa lo exijan. En este capítulo se diseñan los espacios, instalaciones, y materiales básicos esenciales para este fin, y se organiza un taller tipo cuyas condiciones deben ser copiadas al taller semifijo ubicado en cualquier ciudad que designe la empresa.

##### **4.1 ESTIMACIÓN DE CARGA DE TRABAJO**

Para establecer la carga de trabajo clasificada, previamente se ha procedido a elaborar un cuadro consolidado de todas las actividades de mantenimiento llamado PROGRAMACION.xls que se ubica en la carpeta ANEXOS→ENVEJECIMIENTO Y FIABILIDAD.

Remitiéndose a dicho cuadro se puede observar al final de la tabla en las celdas: AA44660 , AB44660, y AC44660 las sumatorias de cada uno de los tres tipos de degradación o deterioro de los elementos, conjuntos, o subsistemas (para conjuntos y subsistemas se les asigna el tipo de deterioro mayoritario de sus elementos); además se pueden usar los datos de intervenciones anuales promedio y de tiempo anual promedio en intervenciones para obtener cuanto tiempo del trabajo en taller se emplea a cada actividad y así poder determinar los requerimientos de personal y material para las intervenciones planificadas y proyectar los mismos requerimientos para las actividades correctivas que no son planificadas pero cuya ocurrencia es predecible.

En el cuadro 4-01 se observan los tiempos anuales de intervenciones de mantenimiento por tipo de máquina:

<b>CUADRO 4-01</b>		
<b>INTERVENCIONES POR TIPO DE MÁQUINA</b>		
<b>TIPO DE MÁQUINA</b>	<b>TIEMPO ANUAL DE INTERVENCIONES</b>	<b>PORCENTAJE DEL TIEMPO ANUAL TOTAL</b>
MAQUINARIA PESADA	1344	9,80%
EQUIPO INDUSTRIAL	4735	34,55%
VEHÍCULOS	7626	55,65%
TOTAL	13705	100,00%

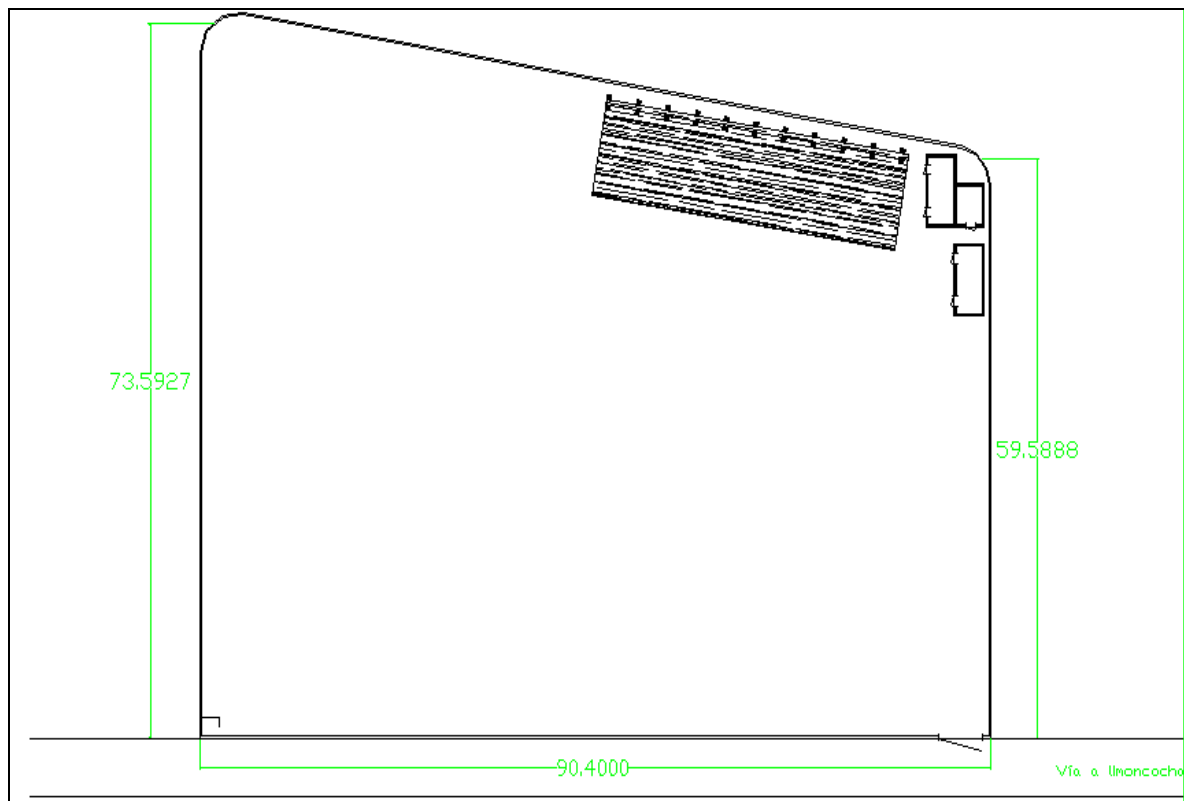
En el cuadro 4-02 se muestran todas las estimaciones de carga de trabajo clasificadas en tipo de mantenimiento:

<b>CUADRO 4-02</b>							
<b>ESTIMACIÓN DE LA CARGA DE TRABAJO</b>							
<b>N</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>NÚMERO DE INTERVENCIONES POR TIPO</b>	<b>PORCENTAJE DEL TOTAL DE ACTIVIDADES</b>	<b>ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PROBABLEMENTE REQUERIDAS</b>	<b>ACTIVIDADES AL AÑO (c/3000 Horas)</b>	<b>TIEMPO EN MANTENIMIENTO AL AÑO (Horas)</b>
1	Preventivo primer y segundo escalón	-	3383	7,58%	- Profilácticas	<b>1363</b>	<b>1039</b>
2	Correctivo o preventivo tercer escalón	Desgaste	12251	27,46%	- Relleno con suelda - Relleno con epóxica líquida, - Torneado, fresado de desbaste - Reemplazo.	<b>4935</b>	<b>3763</b>
3	Correctivo o preventivo tercer escalón	Deformación	14667	32,88%	- Enderezamiento con gata hidráulica adaptada. - Torneado para enderezado - Reemplazo	<b>5909</b>	<b>4506</b>
4	Correctivo o preventivo tercer escalón	Destrucción	13112	29,39%	- Electrosoldadura de unión (electrodo 11018) - Soldadura oxiacetilénica - Soldadura TIG - Unión con brazing - Unión con fórmula epóxica. - Reemplazo	<b>5283</b>	<b>4028</b>
5	Predictivo	-	1200	2,69%	- Cantidad de combustible añadida para recorrido/tiempo - Determinación visual - Medición de presión instantánea en el cilindro - Colocación del acelerómetro en válvula - Audición de ruidos - Captadores de presión en abrazadera en el tubo de inyección - etc.	<b>483</b>	<b>368</b>
<b>TOTAL</b>			<b>44613</b>	<b>100%</b>		<b>17973</b>	<b>13704</b>

## 4.2 ESTIMACIÓN DE LOS ESPACIOS REQUERIDOS

Una empresa constructora instala campamentos en los que se estacionan las grandes máquinas y vehículos, así como también herramientas, repuestos y otras pequeñas cosas, además debe contar con al menos un puesto de vigilancia. Cuando el campamento cumple la función de taller semifijo debe tener equipos de inspección, reparación y recambio, en este caso que permitan hacer reparaciones de hasta tercer escalón.

FIGURA 4-01 PLANO DEL TERRENO UTILIZADO COMO CAMPAMENTO Y TALLER



La utilización de equipos y herramientas para solventar la carga de trabajo estimada ha sido obtenida en base a los datos de los dos cuadros anteriores y están en el cuadro 4-03. De esta utilización se derivará el diseño de los espacios requeridos.

\*Tomado para un promedio de 251 días al año. La utilización máxima de cada equipo de mantenimiento es de 10 horas diarias, si lo excede se necesita otro equipo similar.

CUADRO 4-03	TIPO DE MÁQUINA	TIEMPO MANTENIMIENTO ANUAL POR TIPO DE MÁQ Y	TIEMPO MANTENIMIENTO ANUAL POR TIPO MTTO (h)	TIEMPO MANTENIMIENTO DIARIO POR TIPO MTTO (h)	TIEMPO MANTENIMIENTO DIARIO POR TIPO DE MÁQ Y	UTILIZACION DIARIA DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA MANTENIMIENTO (horas/día)													
						Equipo básico de herramientas 1	Equipo básico de herramientas 2	Equipo básico de herramientas 3	Equipo básico de herramientas 4	Equipo de soldadura SMAW 1	Equipo de soldadura SMAW 2	Equipo de soldadura y corte oxiacetilénica	Torno mecánico	Taladro vertical	Prensa pequeña adaptada	Equipos de monitoreo básico	Equipos de monitoreo avanzado	Accesorios utilizados simultánea	
TIPO DE INTERVENCIÓN																	Bancadas o par de ramaos	Grúa o aparato de elevación	
Profiláctico	maquinaria	102	1039	4,13	0,41	0,41												0,20	
Profiláctico	Equipos	359			1,42	1,42													0,70
Profiláctico	vehículos	578			2,30	2,30												1,15	
Corr. Desgaste	maquinaria	368	3763	15,00	1,47	0,49			0,49			0,25	0,24					0,73	
Corr. Desgaste	Equipos	1300			5,18	1,72			1,73			0,86	0,87						2,59
Corr. Desgaste	vehículos	2095			8,35	2,78			2,78			1,40	1,39					4,17	
Corr. Deformación	maquinaria	442	4506	17,95	1,76	0,44					0,44	0,44		0,44				0,88	
Corr. Deformación	Equipos	1557			6,20	0,44	1,11				1,55	1,55		1,55					3,10
Corr. Deformación	vehículos	2507			9,99		2,49				2,50	2,50		2,50				5,00	
Corr. Destrucción	maquinaria	395	4028	16,05	1,57		0,39		0,39		0,39		0,40					0,78	
Corr. Destrucción	Equipos	1392			5,55		1,38		1,39		1,39		1,39						2,27
Corr. Destrucción	vehículos	2241			8,93		2,23		2,23		2,23		2,24					1,12	
Predictivo	maquinaria	36	368	1,47	0,14		0,07								0,03	0,04		0,07	
Predictivo	Equipos	127			0,51		0,25								0,13	0,13			0,25
Predictivo	vehículos	205			0,82		0,41								0,20	0,21	0,41		
<b>TOTAL</b>		<b>13704</b>	<b>13704</b>	<b>54,60</b>	<b>54,60</b>	<b>10,00</b>	<b>7,60</b>	<b>0,73</b>		<b>9,01</b>		<b>8,50</b>	<b>7,00</b>	<b>6,53</b>	<b>4,49</b>	<b>0,36</b>	<b>0,38</b>	<b>11,85</b>	<b>11,57</b>

Como se vio en el cuadro anterior, con los equipos incluidos es suficiente para solventar la carga de trabajo, y pese a ser considerado con utilización máxima; aunque cabe anotar los casos de las rampas y las grúas, en los que para evitar cualquier congestión se debería contar con dos de cada uno (esto será comprobado con teoría de colas). Pese a que la suficiencia de los equipos está comprobada, los diferentes equipos interventores e intervenidos necesitan diferentes alojamientos, ubicaciones, y cantidad de espacio.

A continuación, se calcula que deben existir 6 grupos de trabajo promedio, y por ende en promedio también se intervendrá a 6 máquinas, así:

$$\text{Numero\_de\_grupos\_de\_trabajo} = \frac{54,60\_horas/ jornada}{10\_horas/ jornada * grupo} = 5,4 \approx 6\_grupos$$

Finalmente para encontrar el espacio requerido para mantenimiento se considerarán 6 grupos de máquinas según el espacio de ocupan lo que está en el cuadro siguiente:

<b>CUADRO 4-04 ESPACIOS REQUERIDOS</b>						
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESTINO DEL ESPACIO</b>	<b>DIMENSIONES INDIVIDUALES</b>		<b>ESPACIO UNITARIO REQUERIDO (m<sup>2</sup>)</b>	<b>ESPACIO TOTAL REQUERIDO (m<sup>2</sup>)</b>	<b>TIPO DE SUELO y/o CONSTRUCCIÓN</b>
		<b>LARGO ESTIMADO (m)</b>	<b>ANCHO ESTIMADO (m)</b>			
4	Equipos pesados con pluma	15	7	105	420	Gravilla/ descubierto
6	Equipos pesados sin pluma	8	8	64	384	Gravilla/ descubierto
41	Equipo industrial (soldadoras, dobladoras)	3	2	6	246	Gravilla/ descubierto
44	Vehículos automotores simples (camiones)	12	3	36	1584	Gravilla/ descubierto
1	Vehículos automotores articulados (trailer)	28	4	112	112	Gravilla/ descubierto
4	Vehículos remolcados	4	3	12	48	Gravilla/ descubierto
100	<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>			<b>335</b>	<b>2794</b>	
2	Rampas	6	3	18	36	Hormigón /cubierto con galpón
2	Grúas	15	10	150	300	Gravilla /cubierto con galpón
2	Bodegas de repuestos y accesorios	4	4	16	32	Hormigón /cubierto con lámina
1	Cuarto de torneado	5	4	20	20	Hormigón /cubierto con lámina
1	Estancia de equipos	20	12	240	240	Gravilla/ descubierto
1	Puesto de vigilancia	2	2	4	4	Hormigón/ cubierto con lámina
1	Corredor longitudinal (salida/entrada)	100	5	500	500	Gravilla/ descubierto
2	Corredores transversales (salida/entrada)	100	5	500	1000	Gravilla/ descubierto
10	<b>SUBTOTAL LOGÍSTICA</b>				<b>2132</b>	
110	<b>TOTAL</b>				<b>4926</b>	



Las dimensiones del terreno en el que se instalará cualquier campamento debe ser de al menos 5000 metros o media hectárea, como está demostrado en el cuadro 4-04; ahora bien se debe comprobar que los 6 equipos que simultáneamente están en proceso de mantenimiento puedan ocupar eficientemente las máquinas o espacios limitados, como son: las 2 rampas, las 2 grúas, y el cuarto de torno; el método más idóneo es por medio de la teoría de colas.

Dado que existen dos pares de rampas y dos grúas, para ambos casos se aplica el modelo de cola de canales múltiples, en cambio para el caso del torno se aplica un modelo de sistema simple. En ambos casos se trata de modelos que tienen las siguientes características:

- Las llegadas siguen la distribución de Poisson.
- Disciplina FIFO
- Una fase de servicio única.
- Patrón de tiempo de servicio Exponencial
- Tamaño de población ilimitada (tratándose de más de 44600 unidades)
- Las llegadas son independientes de llegadas anteriores, pero el número medio de llegadas no cambia.
- Los tiempos de servicio varían de un cliente a otro y son independientes uno de otro, pero se conoce su ritmo medio.
- El tiempo de servicio es más rápido que el tiempo de llegada.

Las fórmulas correspondientes a cada caso se expresan en las siguientes tablas:

**TABLA 4-05**

**■ Fórmulas de colas para el modelo B: sistema multicanal, también llamado M/M/S**

- $M$  = número medio de canales abiertos
- $\lambda$  = ritmo medio de las llegadas
- $\mu$  = ritmo medio de servicios en cada canal

La probabilidad de que haya cero personas o unidades en el sistema es

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{M-1} \frac{1}{n!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{M!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^M \frac{M\mu}{M\mu - \lambda}} \quad \text{para } M\mu > \lambda$$

El número medio de personas o unidades en el sistema es

$$L_s = \frac{\lambda \mu (\lambda/\mu)^M}{(M-1)!(M\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

El tiempo medio que una unidad pasa en las colas de espera o siendo atendida (o sea, en el sistema) es

$$W_s = \frac{\mu (\lambda/\mu)^M}{(M-1)!(M\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{1}{\mu} = \frac{L_s}{\lambda}$$

El número medio de personas o unidades en la cola esperando ser atendidas es

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu}$$

El tiempo medio que una persona o unidad pasa en la cola esperando a ser atendida es

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\lambda}$$

**TABLA 4-06**

**■ Fórmulas de colas para el modelo A: sistema simple, también llamado**

**M/M/1**

- $\lambda$  = Número de llegadas por período de tiempo
- $\mu$  = Número de personas o cosas atendidas por período de tiempo
- $L_s$  = Número medio de unidades (clientes) en el sistema (esperando a ser atendidos)

$$= \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

$W_s$  = tiempo medio que una unidad pasa en el sistema (tiempo de espera más tiempo de servicio)

$$= \frac{1}{\mu - \lambda}$$

$L_q$  = Número medio de unidades esperando en la cola

$$= \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

$W_q$  = tiempo medio que una unidad espera en la cola

$$= \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

$\rho$  = factor de utilización para el sistema

$$= \frac{\lambda}{\mu}$$

$P_0$  = probabilidad de 0 unidades en el sistema (es decir, la unidad de servicio está parada)

$$= 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

$P_{n > k}$  = probabilidad de más de  $k$  unidades en el sistema, donde  $n$  es el número de unidades en el sistema

$$= \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^{k+1}$$

De los cuadros 4-02 y 4-03 se obtienen los datos necesarios para obtener las características de cada sistema, expresados en el cuadro 4-05:

**CUADRO 4-07 Características de los sistemas de colas**

NUM	DATOS	TORNO (piezas)	RAMPAS (equipos)	GRUAS (equipos)
1	Número de llegadas por periodo de tiempo ( $\lambda$ )	4,30	2,67	3,17
2	Número de cosas atendidas por periodo de tiempo ( $\mu$ )	6,14	4,50	5,48
3	Número medio de canales abiertos (M)	1	2	2
<b>CARACTERÍSTICAS ENCONTRADAS DEL SISTEMA</b>				
1	Número medio de unidades en el sistema esperando atención ( $L_s$ )	2,34	0,65	0,63
2	Tiempo medio que una unidad pasa en el sistema (tiempo de espera más tiempo de servicio) ( $W_s$ )	0,26	0,243	0,199
3	Número medio de unidades esperando en cola ( $L_q$ )	1,63	0,057	0,052
4	Tiempo medio que una unidad espera en cola ( $W_q$ )	0,38	0,021	0,016
5	Factor de utilización para el sistema ( $\rho$ )	0,70		
6-A	Probabilidad de 0 unidades en el sistema (es decir, la unidad de servicio está parada) ( $P_0$ )	0,30	0,54	0,55
6-B	Probabilidad de más de 2 unidades en el sistema, donde n es el número de unidades en el sistema.	0,027		
6-C	Probabilidad de más de 4 unidades en el sistema, donde n es el número de unidades en el sistema.	0,0024		
6-D	Probabilidad de más de 6 unidades en el sistema, donde n es el número de unidades en el sistema.	0,00022		

**Fórmula de cálculo.-** Del cuadro 4,02 se obtiene que el número de actividades que requieren el torno (por corrección de desgaste y deformación) es 10844 al año, así que al día son 43, y por hora son 4,3 que es el número de llegadas por tiempo. Luego, del cuadro 4,03 se obtiene que 7 horas diarias el torno realiza trabajo, al dividir 4,3 para 7 y multiplicar por 10 horas diarias de jornada nos da 6,14 que es el número de automóviles atendidos por hora. De la misma manera se procedió a determinar estos dos factores para los sistemas multicanales, para mayor claridad se explica como se obtienen estas dos variables para el caso de las rampas: primero se multiplica el tipo de mantenimiento (del cuadro 4-02) por el tipo de equipo en intervención (cuadro 4-01), y se van sumando según la ocupación de la rampa que indique el cuadro 4-03, por ejemplo el profiláctico de vehículos ocupa la rampa así que para obtener el número de actividades anuales así:  $1363 \times 55,65\% = 758,5$ ; para obtener el diario se divide para 251 y da 3,02 actividades. Todas estas actividades que involucran rampas se suman para obtener el número total de actividades realizadas por el torno que son 26,74 actividades diarias, y son 2,67 por hora. El tiempo que se ocupa las dos estructuras de rampas es 11,85 horas y si sumadas las jornadas de 10 horas de cada una es 20 horas, por lo que pasará ocupada 59,25% de su capacidad en conjunto y es igual a 4,50 actividades por día. En cambio para las grúas se tienen 31,75 actividades diarias y son 3,17 por hora.

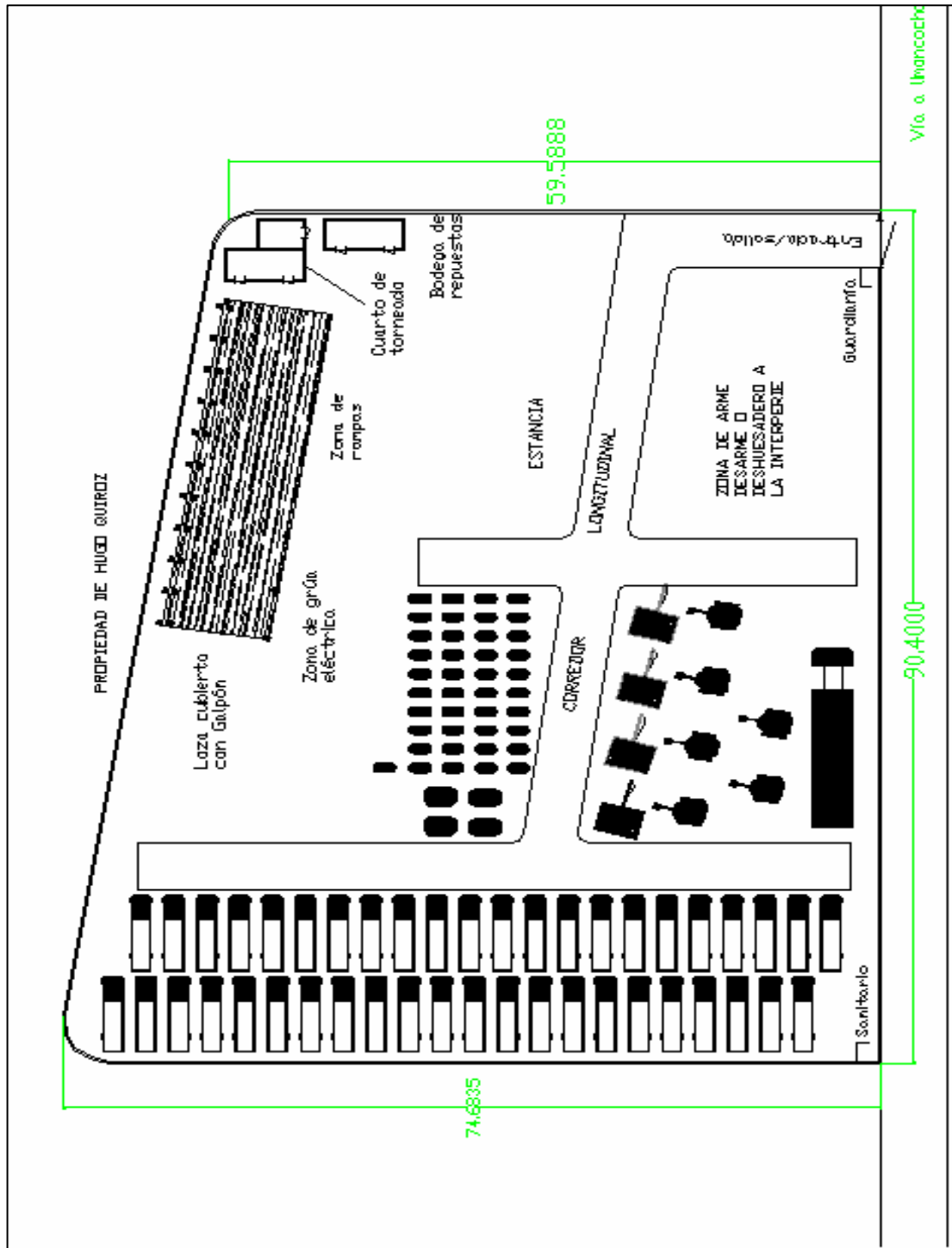
**Análisis de resultados.-** Aunque las herramientas analizadas pueden satisfacer la demanda de mantenimiento, es recomendable que se busque un torno externo, por ejemplo en un taller cercano, pues el hecho de que en promedio se tenga 1,63 unidades (piezas) esperando atención podría constituirse un problema para el mantenimiento en ciertas circunstancias que incluyan premura.

En general, se puede concluir que con los espacios asignados con un total de media hectárea se puede responder a cualquier necesidad de mantenimiento e inclusive de estacionamiento de equipos y vehículos.

### **4.3 TIPOS DE CONSTRUCCIÓN**

Se indicó previamente en el cuadro 4-04 el tipo de construcciones, pero aquí se observa el esquema general de los tipos de construcciones:

FIGURA 4-02



En general todas los tipos de construcción requerido son los comúnmente encontrados en terrenos cercados del sector, aunque algunos en cambio se deben especificar más detalladamente.

Los cuartos que se emplean para alojar la bodega de repuestos, piezas y accesorios son de ladrillo y con candado en cada puerta, la cubierta se preferencia debe ser de loza para evitar el ingreso de ladrones, aunque si no esta bien una de fibras o láminas.

En lo referentes a los galpones de las grúas y de las rampas, vale hacer notar que algunos campamentos tienen un solo galpón abierto y solo se debe proceder a dividir.

Las rampas que se recomienda para este efecto son de estructura metálica para que puedan ser colocadas en el lugar más conveniente bajo el galpón.

En el caso de las grúas se dirá que si la estructura no es capaz de soportar al menos 2 toneladas fuera de sus cargas vivas se debe construir una subestructura que contenga 2 pórticos de al menos 3 metros de ancho por 4,50 de alto para que pueda bajar las soldadoras hasta de un trailer, ya que cuando se sumo la altura de una cama alta y una soldadora SAE300 dio 4,10 metros. En caso de no haber electrogrúa, con un tecele (o grúa mecánica) es más que suficiente, siempre que su capacidad de elevación sea mayor a la que se va a elevar y que la estructura sea acorde. Lo común en talleres de la zona es hacer las estructuras y galpones con tubos de 4" o 6".

Debajo de los galpones es necesario que se cuente con loza ya que algunas actividades de mantenimiento necesitan estabilidad, lisura y limpieza del suelo.

#### **4.4 PRODUCTIVIDAD DE ESPACIO**

En el actual taller cada espacio se ha planificado para que cumpla una función si se obedece al plano de la figura 4-02. En el actual terreno donde se instala el campamento que es de 6075 m<sup>2</sup> excede con 1149 m<sup>2</sup> al planificado, que fue de 4926 m<sup>2</sup>, en otras palabras el 81% del terreno está productivo; cabe indicar que el campamento ha sido diseñado de tal manera que las reparaciones que no requieran rampa, grúa o soldadora pueden ser realizadas en el mismo lugar de estacionamiento de equipos.

Como se mencionó en el capítulo 4.1, la cantidad de horas de trabajo al año es de 13705. Con este dato y el de la superficie del terreno se obtiene el número de horas de mantenimiento (y estacionamiento) por metro cuadrado que es 2,25 horas / m<sup>2</sup>\*año.

$$Pr od = \frac{13705}{6075} = 2,25horas$$

La intensidad del flujo de materiales es por unidad de área al año es de:

Actividades al año: 17973

Área disponible=6075 m<sup>2</sup>

$$Intens\_flujo = \frac{17973}{6075} = 2,95 \text{ actividades / m}^2$$

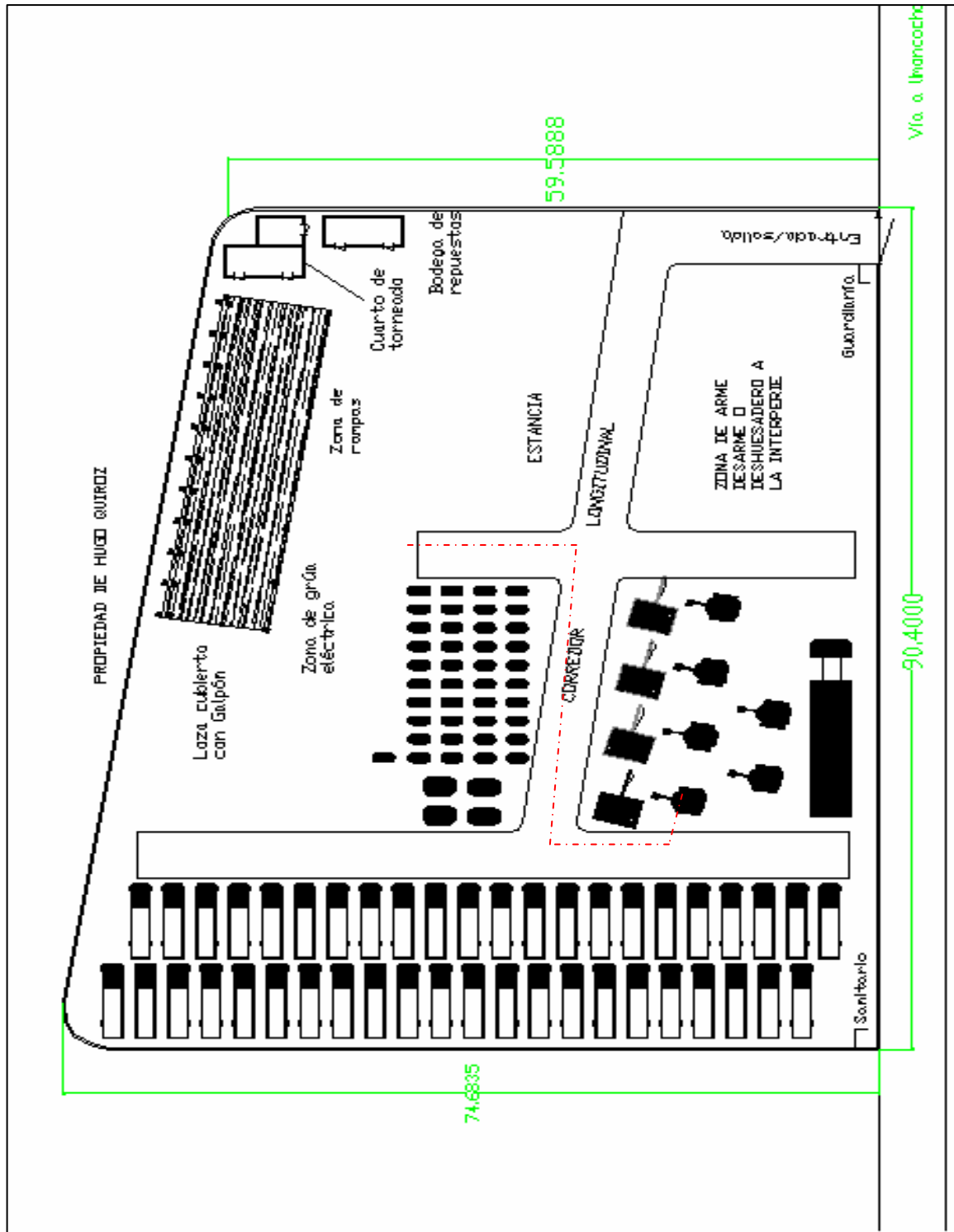
**Ejemplo de determinación de productividad del espacio.-** Se escogió una retroexcavadora ubicada en la parte posterior del terreno.

El procedimiento para efectuar una reparación de una deformación de un eslabón de la oruga es:

1. Se conduce la máquina hacia el galpón donde se ubica la grúa grande y se estaciona cerca.
2. Se desarma parcialmente la máquina. En el presente caso se retira la aguja o pasador maestro, se tiende linealmente la oruga y se afloja.
3. Se transporta la pieza con la grúa móvil, que es un pórtico con ruedas.
4. Se ubica convenientemente en la prensa hidráulica, y se la utiliza para enderezar.
5. Se utiliza la amoladora con dratas y cualquier herramienta necesaria para el proceso de enderezado.
6. Se traslada la oruga al lugar donde se estaciona la máquina.

En caso de que el daño impidiera mover la máquina como por ejemplo una rotura en el pasador maestro que virtualmente abriría la cadena de tracción, se desarma en el sitio de estacionamiento y se lleva al galpón, se repara y se transporta de vuelta hacia donde se estaciona la máquina.

FIGURA 4-03 Productividad del espacio (en rojo)





## **4.5 DISTRIBUCIÓN LAY OUT**

La planeación sistemática de la distribución en planta o System Layout Planning es la forma en la que se distribuirá la planta o en este caso el taller.

### **4.5.1 LOS CUATRO PASOS DE LA PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

Como cualquier proyecto de organización, arranca desde un objetivo inicial establecido hasta la realidad física instalada, pasa a través de cuatro pasos de plan de organización.

- El paso 1 es el de LOCALIZACIÓN.- Aquí debe decidirse donde va a estar el área que va a ser organizada, este no es necesariamente un problema de nuevo físico. Muy comúnmente, como en el presente proyecto, es uno de los determinados.
- El paso II es donde se PLANEA LA ORGANIZACIÓN GENERAL COMPLETA.- Esta establece el patrón o patrones básicos de flujo para el área de que va a ser organizada. Esto también indica el tamaño, relación y configuración de cada actividad mayor, departamento o área.
- El paso III es la PREPARACIÓN EN DETALLE del plan de organización e incluye planear donde va a ser localizada cada pieza de maquinaria.
- El paso IV es LA INSTALACIÓN.- Esto envuelve ambas partes, planear la instalación y hacer físicamente los movimientos necesarios. Indica los detalles de la distribución y se realizan los ajustes necesarios conforme se van colocando los equipos.

#### **4.5.1.1 LOCALIZACIÓN**

La localización, que ha sido previamente determinada es en la vía a Limoncocha, cerca de la Y en donde tiene el campamento ARB Ecuador y a 500 metros del Complejo Industrial de Shushufindi de Petroindustrial. El terreno como ya se indicó tiene un área de 6.075 m<sup>2</sup>.

En caso de que la empresa decidiera cambiar de ubicación tendría que escoger uno o varios métodos que aseguren que su elección es la correcta. Aquí se presenta un análisis basado en el método del centro de gravedad.

Se puede observar el cálculo del centro de gravedad en el documento "Localización C.G." de la carpeta "Anexos" del disco. El C.G. encontrado es de coordenadas (9,54;-22,55), que coincidentalmente está muy cerca de Shushufindi, por lo que la ubicación actual es cercana a la óptima referida únicamente a la demanda.

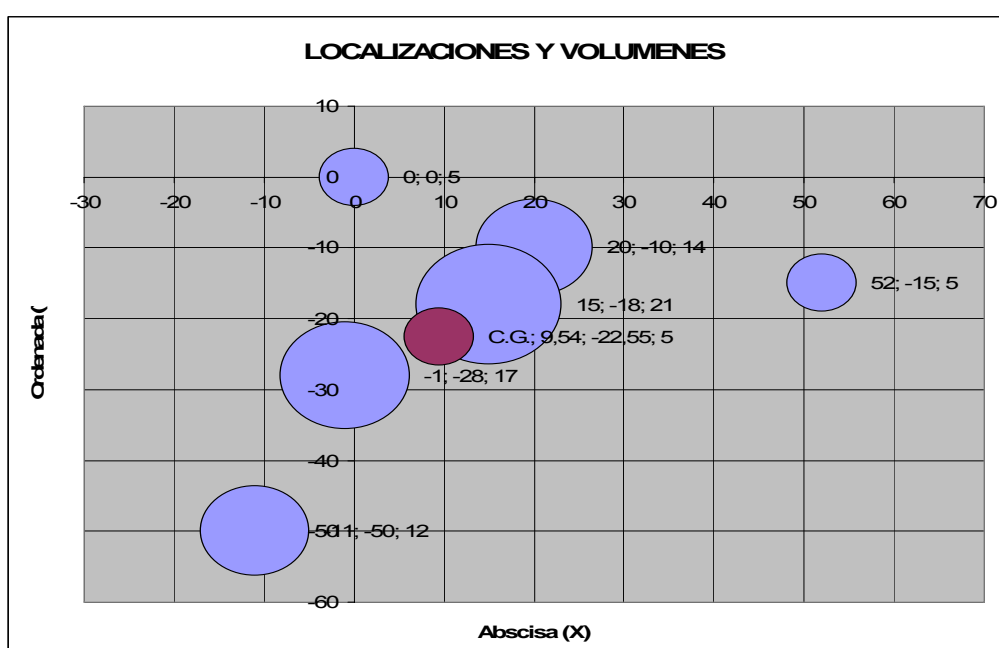
CUADRO 4-08

DEMANDA HISTÓRICA		COORDENADAS RESPECTO A LAGO AGRIO		PRODUCTOS DE ABSISA POR LA DEMANDA	PRODUCTO DE ORDENADA POR LA DEMANDA
Localización de trabajos	Número de trabajos anual	Abscisa	Ordenada		
Aguarico 3	14	20	-10	280	-140
Lago Agrio(origen)	5	0	0	0	0
El Coca	12	-11	-50	-132	-600
Joya de los Sachas	17	-1	-28	-17	-476
Tarapoa	5	52	-15	260	-75
Shushufindi	21	15	-18	315	-378
TOTAL	74			706	-1669

Abscisa del C.G.	9,54
Ordenada de C.G.	-22,55

FIG 4-04




#### 4.5.1.2 PLANEACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN GENERAL

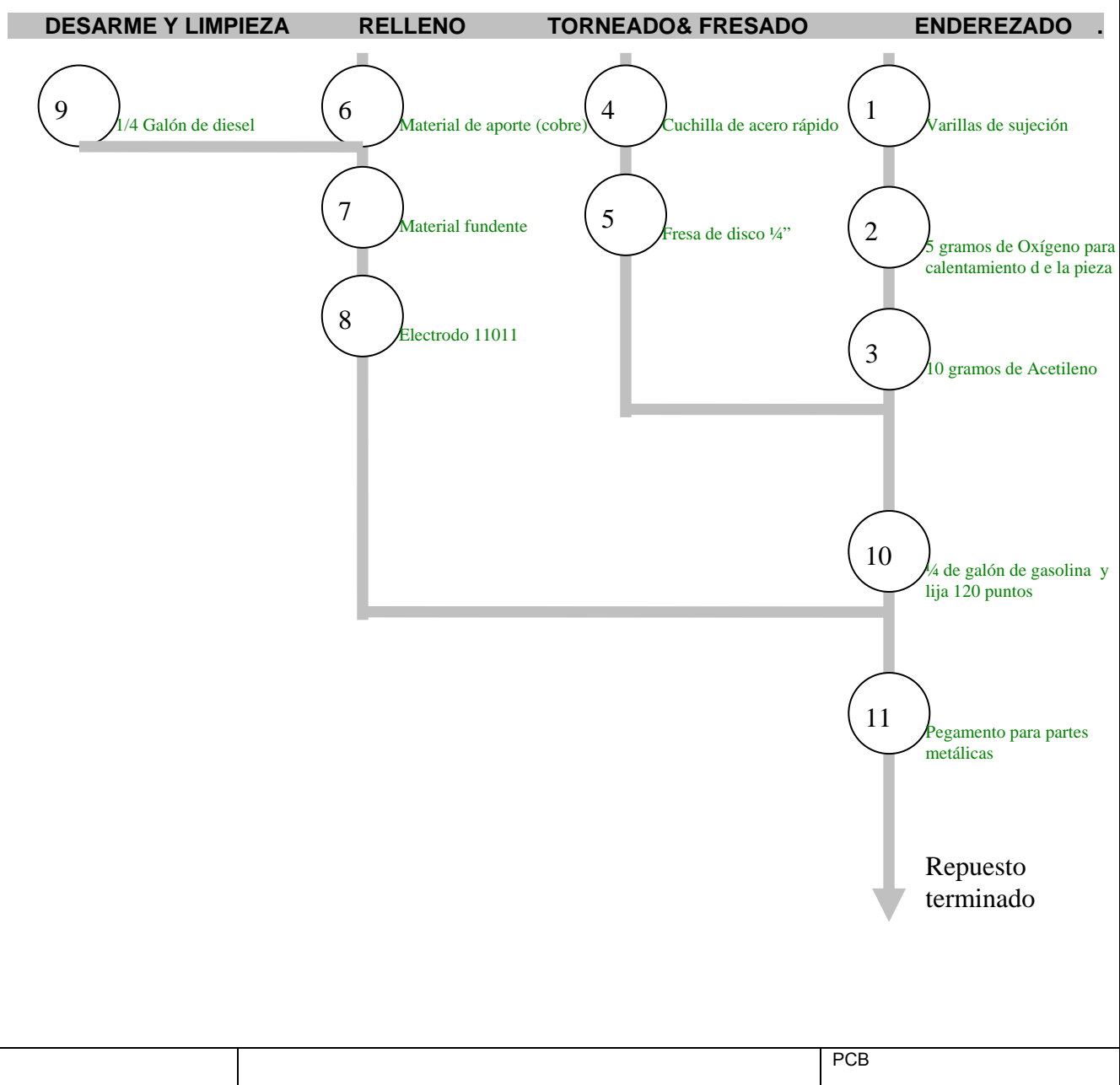
Se hará la planeación incluyendo sendos ejemplos de los dos tipos de casos:

1. Reparación:
  - a. Relleno y torneado (corrección de desgaste),
  - b. Enderezamiento (corrección de deformación),
  - c. Soldadura o unión (Corrección de destrucción),
2. Reemplazo de piezas.

**FIGURA 4-05 FLUJO DE MATERIALES DE UNA REPARACIÓN**

<b>COMPONENTE:</b>	Bomba de lubricación de aceite	
<b>FUNCIÓN:</b>	Bombee aceite por los conductos internos del motor	
<b>SUBSISTEMA</b>	Sistema de lubricación	
<b>SISTEMA</b>	Sistemas del motor	
<b>EQUIPO</b>	Retro Hyundai 55-7	
<b>NUMERO DE PIEZA</b>	XJAU-00022	
<b>DEFECTO (FALLA)</b>	Dientes desgastados, eje ligeramente deformado	

**CUADRO DE OPERACIÓN DE PROCESO (Relleno)**

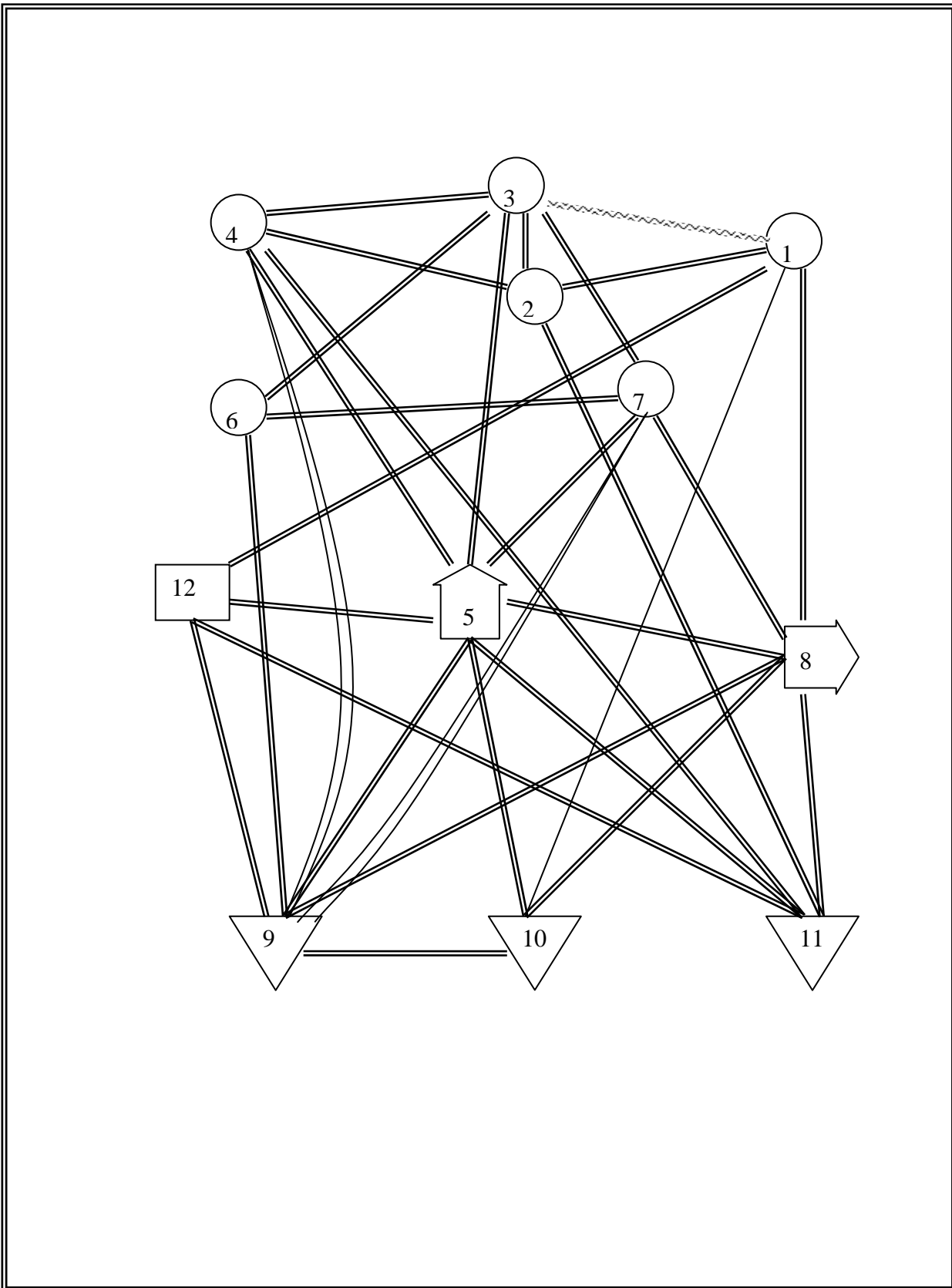


PCB



FIGURA 4-06

DIAGRAMA DE RELACIONES



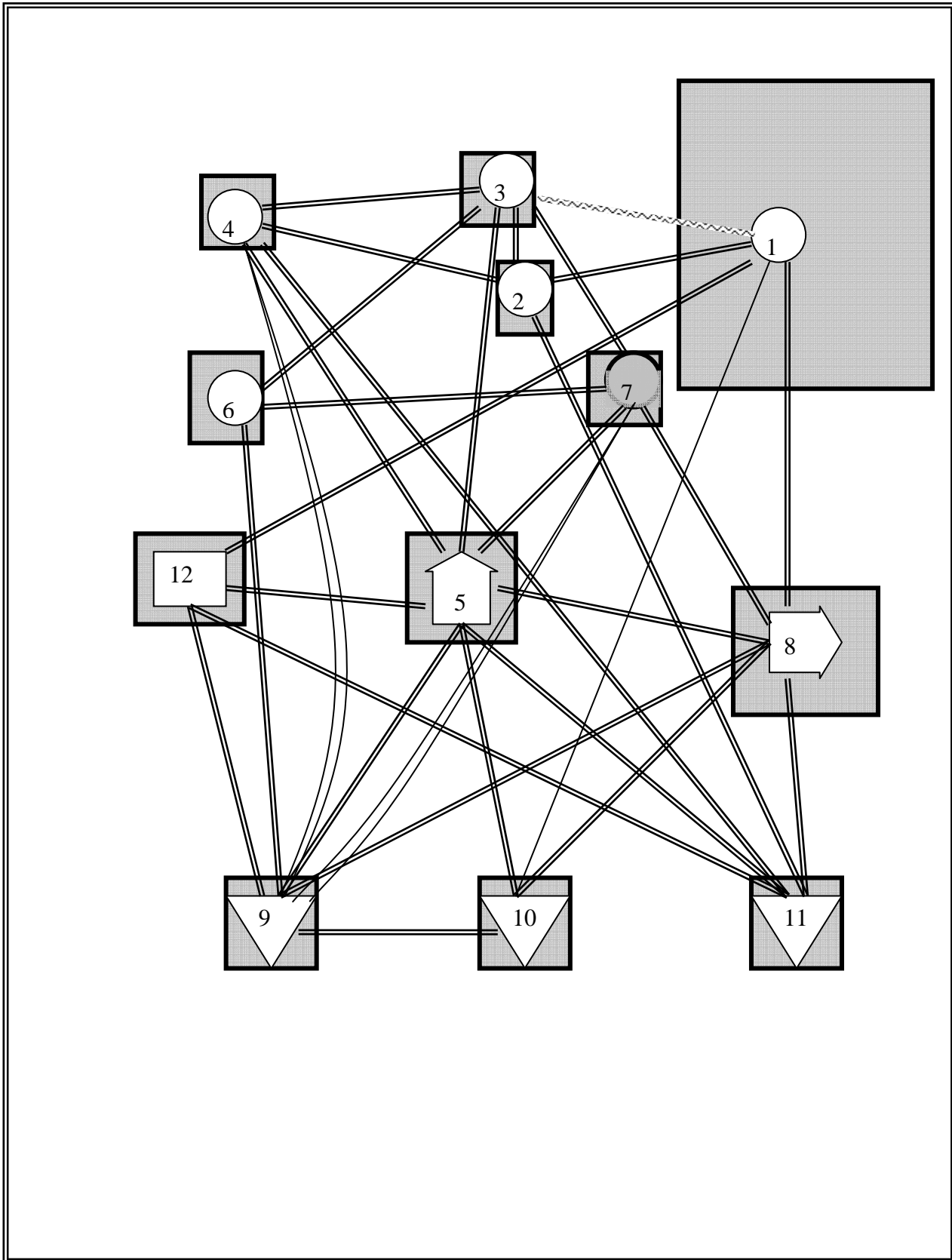
**CUADRO 4-10****REQUERIMIENTO DE ESPACIOS Y DISPONIBILIDAD DE ESPACIOS**

NUM	CANTIDAD	DESTINO DEL ESPACIO	ESPACIO TOTAL REQUERIDO (m <sup>2</sup> )	ESPACIO DISPONIBLE (m <sup>2</sup> )
1	4	Equipos pesados con pluma	420	519
2	6	Equipos pesados sin pluma	384	474
3	41	Equipo industrial (soldadoras, dobladoras)	246	304
4	44	Vehículos automotores simples (camiones)	1584	1956
5	1	Vehículos automotores articulados (trailer)	112	138
6	4	Vehículos remolcados	48	59
	100	<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>	<b>2794</b>	<b>3450</b>
7	2	Rampas	36	44
8	2	Grúas	300	370
9	2	Bodegas de repuestos y accesorios	32	40
10	1	Cuarto de torneado	20	25
11	1	Estancia de equipos	240	296
12	1	Puesto de vigilancia	4	5
13	1	Corredor longitudinal (salida/entrada)	500	616
14	2	Corredores transversales (salida/entrada)	1000	1234
	10	<b>SUBTOTAL LOGÍSTICA</b>	<b>2132</b>	<b>2630</b>
	110	<b>TOTAL</b>	<b>4926</b>	<b>6080</b>

Los requerimientos de espacios y los espacios disponibles ya fueron encontrados en el subcapítulo anterior pero aquí servirá para encontrar la mejor opción en cuanto a distribución del taller.

FIGURA 4-07

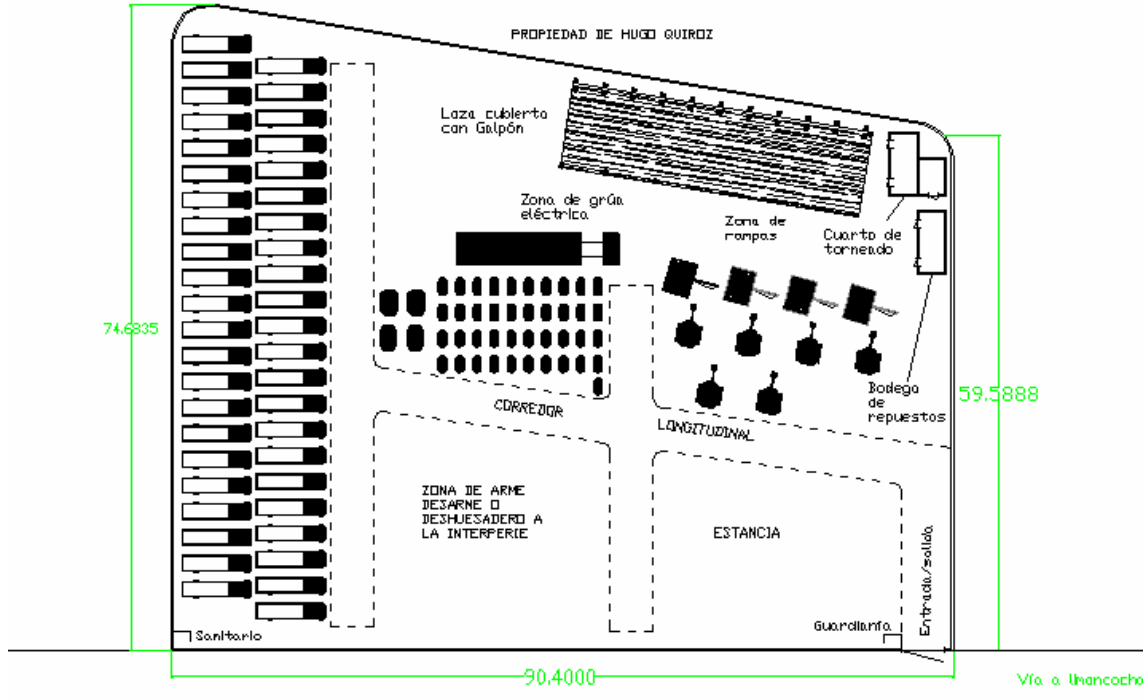
DIAGRAMA DE RELACIÓN DE ESPACIO



**ALTERNATIVAS BASADAS EN CONSIDERACIONES MODIFICANTES Y LIMITACIONES  
PRÁCTICAS**

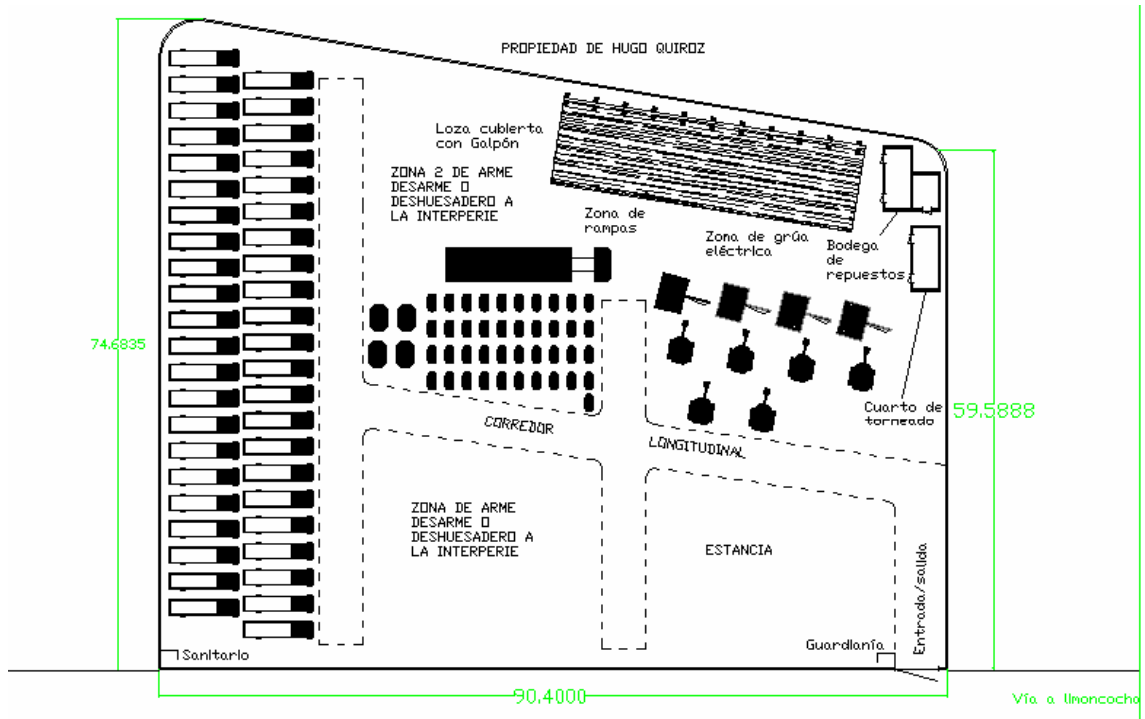
**ALTERNATIVA 2**

**FIGURA 4-08**



**ALTERNATIVA 3**

**FIGURA 4-09**





CUADRO 4-11 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISTRIBUCION							
UTILIZACIÓN: Taller				FECHA: 7 de Septiembre de 2008			
NÚMERO DE ALTERNATIVAS:3				LOCALIZACIÓN: Shushufindi			
CRITERIO	ALTERNATIVAS						
	PESO	1	2	3	4	5	Obse.
Flujo de materiales	10	A 40	E 30	O 10			
Relación de actividades	8	O 8	I 16	E 24			
Requerimientos de espacios	4	A 16	E 12	I 8			
Relación de espacios	6	O 6	A 24	E 18			
Flexibilidad	6	A 24	E 18	I 12			
Abastecimiento y transporte externo	8	O 8	E 24	A 32			
Facilidad de servicios externos	4	A 16	I 8	U 0			
Seguridad industrial	5	A 20	I 10	E 15			
TOTAL		138	142	119			
<b>OBSERVACIONES:</b> La alternativa 2 es la más adecuada							

Como se observa, luego de efectuar todas las fases de el sistema de distribución (Layout), la mejor distribución es la alternativa 2.

Se puede incluir un espacio para duchas y sanitario cercano a la oficina y una vivienda para el guardia y su familia para ahorrar costos de estadía. Además de aumentar el área cubierta otros 100 metros más.

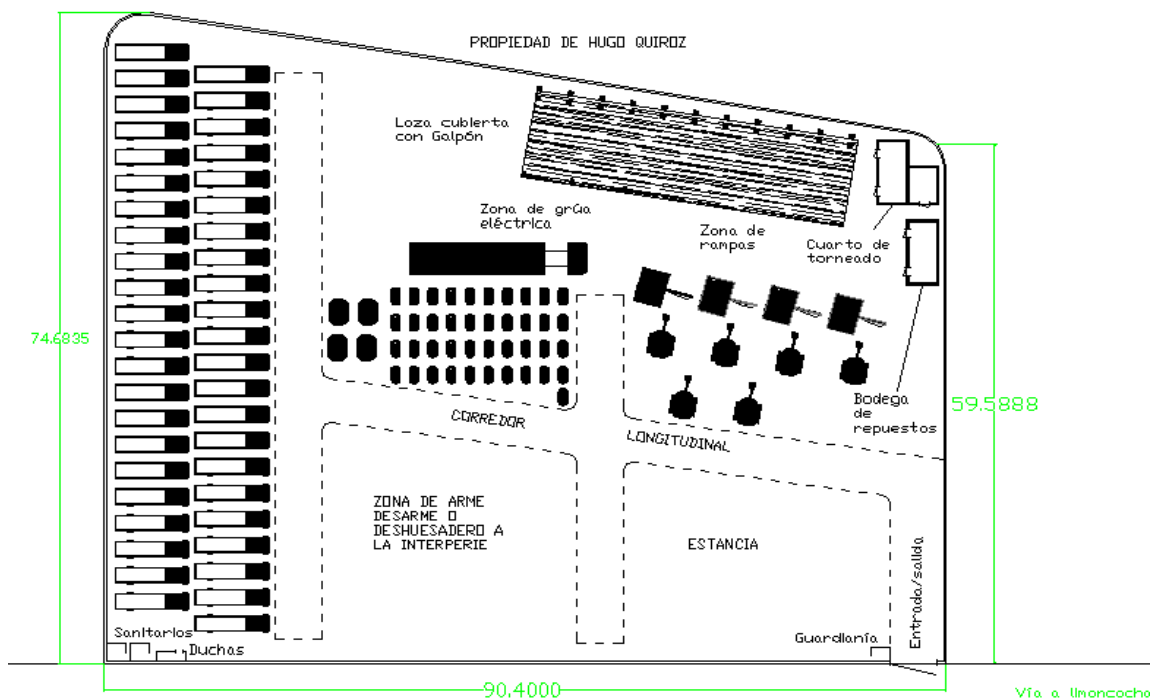
COSTO			BENEFICIO		
CANT	CONCEPTO	VALOR	CANT	CONCEPTO	VALOR
4	Columnas y vigas	6000	625	Horas de trabajo bajo cubierta en condiciones de lluvia	11100
50	Láminas galvanizadas y otros	4000			
1	Pavimentado	2720			
	TOTAL	12720			11100

La relación Costo /beneficio es de 1,14 por lo que no es factible la inclusión de la ampliación de la cubierta del galpón actual.

## 4.6 SEÑALIZACIÓN Y SERVICIOS BÁSICOS

Además de los avisos encontrados en el plano de la distribución escogida se han aumentado algunas señales que se ubicarán como se ve en la figura 4-08 y sus características se indican en el cuadro 4-11.

**FIGURA 4-10 SEÑALIZACIÓN**



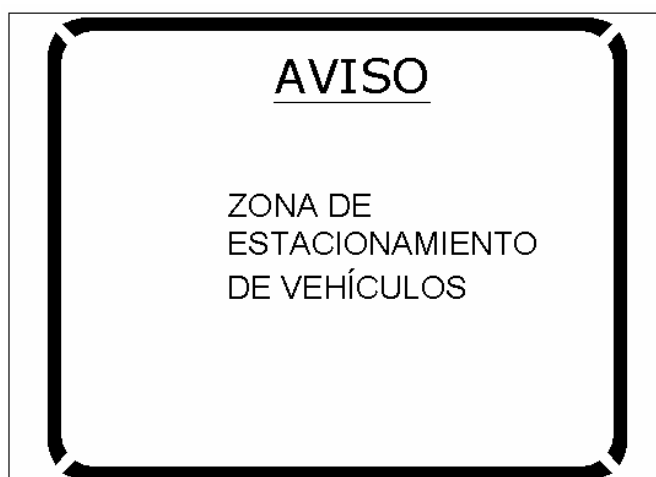
**CUADRO 4-12 SEÑALIZACIÓN**

NUM	TIPO Y TÍTULO	SEÑAL	SUJECIÓN
1	PELIGRO	ENTRADA/ SALIDA	Poste
2	AVISO	GUARDIANÍA	Adhesivo
3	AVISO	ZONA DE DESHUESADERO	Poste
4	AVISO	ESTANCIA	Poste
5	AVISO	ZONA DE ESTACIONAMIENTO DE VEHÍCULOS	Poste
6	AVISO	ZONA DE ESTACIONAMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES	Poste
7	AVISO	ZONA DE ESTACIONAMIENTO DE EQUIPO PESADO	Poste
8	PELIGRO	LOZA CON ZANJAS	Adhesivo
9	PELIGRO	ZONA DE GRÚA ELÉCTRICA	Poste
10	PELIGRO	ZONA DE RAMPAS	Poste
11	AVISO	CUARTO DE TORNEADO	Adhesivo
12	AVISO	BODEGA DE PARTES	Adhesivo
13	AVISO	OFICINA	Adhesivo
14	IMPORTANTE	EXTINTOR	Adhesivo
15	IMPORTANTE	CAMINAR POR ZONA SEGURA	Adhesivo
16	AVISO	SANITARIO	Adhesivo
17	AVISO	AGUA	Adhesivo
18	IMPORTANTE	BOTIQUIN DE PRIMEROS AUXILIOS	Adhesivo
19	IMPORTANTE	INTERRUPTORES ELÉCTRICOS	Adhesivo

En la carpeta de anexos “SEÑALIZACIÓN” se encuentran los archivos que fueron utilizados para la impresión en un plotter de corte. Las características de todos los avisos son:

- Paleta (lámina acero galvanizado cortado y remachado)
  - Largo: 50 cm.
  - Ancho: 30 cm.
  - Espesor lámina: 0,90 mm.
- Poste (Acero de construcción A36)
  - Tubo cuadrado de 1” de lado, 1,5mm de espesor.

A continuación se pueden observar algunos ejemplos del formato de los avisos:



**FIG 4-11 Letreros o señales**



## CAPÍTULO 5

### 5. PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LOS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

#### 5.1 ACTIVIDADES DE PREVISIÓN Y PLANEACIÓN

##### 5.1.1 ACTIVIDADES DE PREVISIÓN

Las actividades de previsión, como ya se indicó en lo concerniente a mantenimiento predictivo, se dividen en:

- a) Actividades de diagnóstico (mediciones),
- b) Determinación de síntomas,
- c) Establecer posibles fallas.

De estas, las actividades de diagnóstico, las únicas actividades que se realizan con frecuencia predefinida mínima son las actividades de diagnóstico, cuya frecuencia se presenta a continuación:

**CUADRO 5-01 Actividades de previsión (predictivas)**

N	ACTIVIDAD DE DIAGNÓSTICO	TIEMPO (HORAS)												
		10	50	100	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	10000	12000
1	Cantidad de combustible añadida para recorrido/tiempo por indicador incorporado/ serafín													
2	Determinación visual/opacímetro de opacidad													
3	Medición de presión instantánea en el cilindro													
4	Colocación del acelerómetro junto a la válvula													
5	Audición de ruidos													
6	Captadores de presión en abrazadera en el tubo de inyección													
7	Medición de compresión del cilindro con manómetro													
8	Medición de temperatura por termómetro													
9	Medición de refrigerante por marcas del reservorio													
10	Medición de aceite por la espada graduada													
11	Contaminación de aceite por método de la mancha													
12	Contaminación de aceite por método decrepitación													

En cambio, cuando incidentalmente algo irregular se produce en el normal funcionamiento del equipo se procede así:

1. Lo primero es determinar los síntomas,
2. Luego, se efectúan las actividades de diagnóstico,
3. Se establecen las posibles fallas,
4. Una vez que se establecen las tres posibles fallas más probables, se las corrige una por una; y,
5. Luego de cada corrección se realiza una actividad de diagnóstico a manera de medición para saber si se ha corregido la falla,
6. Luego con el método estadístico ANDEVA explicado en el capítulo 3 se procede a determinar cual es la que produce la falla con el 95% de confianza. Esto se lo hace con la ayuda de la hoja de cálculo de mantenimiento predictivo ubicada en el archivo correspondiente de cada máquina.
7. Se imprime el resultado del análisis estadístico y se archiva el documento.
8. Antes de cualquier medida se debe leer las instrucciones del equipo de monitoreo y los cuadros pertinentes

En lo referente a los pasos 2 y 3 se deben realizar de acuerdo con los criterios del siguiente cuadro:

### CUADRO 5-02 SINTOMAS Y DIAGNÓSTICO

POR PRESTACIONES					
N	SÍNTOMA	MÉTODO DE DIAGNÓSTICO	POSIBLES CAUSAS	C O D	MODO DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN
1	Consumo de combustible	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Planificado: con el medidor propio de la máquina</li> <li>o No planificado: con serafín</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Fugas en tubería de combustible</li> <li>o Calado en bomba de inyección</li> <li>o Defecto de inyectores</li> <li>o Ajuste en relanti</li> <li>o Restricciones de admisión</li> <li>o Problemas de turbocompresor</li> <li>o Obstrucción en escape</li> </ul>	1 2 5 6 7 8 9	El uso del serafín es sencillo, ante dudas ver el archivo correspondiente
2	Emisiones de humo blanco	Visual	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Avance en bomba de inyección</li> <li>o Daño en termostato</li> <li>o Deterioro en la junta de culata</li> </ul>	4 10 12	NA
3	Emisiones de humo azul	Visual	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Deterioro en segmento, camisa – pistón</li> <li>o Desgaste en guías de válvulas</li> <li>o Desgaste en cojinetes</li> <li>o Desgaste en ejes</li> </ul>	13 14 15 16	NA
4	Emisiones de humo negro	Opacímetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Mal tarado del inyectores</li> <li>o Reglaje de bomba</li> <li>o Deterioro en segmento camisa- pistón</li> <li>o Obstrucción en conducto de admisión</li> <li>o Obstrucción en escape</li> </ul>	17 3 13 19 9	NA
POR SÍNTOMAS INTERNOS					
N	SÍNTOMA	MÉTODO DE DIAGNÓSTICO	POSIBLES CAUSAS	C O D	MODO DE USO DE EQUIPO DE MONITOREO
1	Presión – ángulo de cigueñal	Presión instantánea en cilindro con manómetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Fuga en línea de alta presión</li> <li>o Defecto en cilindro de bomba Iny</li> <li>o Obstrucción en inyector</li> <li>o Aire en sistema de inyección</li> <li>o Encendido en cilindro</li> <li>o Desgaste en leva</li> </ul>	20 21 22 23 24 25	NA
2	Vibraciones en bloque torsionales	Posición en extremos de cigueñal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Huelgo camisa- pistón</li> </ul>	11	Ver captadores de posición en anexos
3	Vibraciones por impacto de válvulas	Acelerómetro cerca de los asientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Depósitos en asiento de válvula</li> <li>o Menor cantidad de combustible inyectado (inyector)</li> <li>o Menor compresión (pistón)</li> <li>o Desajuste en soportes de motor</li> </ul>	26 22 36 27	Ver archivo de acelerómetro
4	Ruidos	Medidor de ruido	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Deterioro en el segmento camisa – pistón</li> <li>o Desgaste en cojinetes</li> <li>o Reglaje en balancines</li> <li>o Fallo en bomba de aceite</li> <li>o Defecto en cilindro de bomba iny</li> </ul>	13 15 28 29 21	NoiseMeter 102, revisar manual en anexos
5	Presión irregular	Captadores de presión en abrazadera de tubo de inyección	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Pegado en aguja del inyector</li> <li>o Mal tarado en inyectores</li> <li>o Obstrucción en tobera</li> <li>o Apertura de válvula de retorno</li> <li>o Rotura en muelle de válvula</li> <li>o Obstrucción en filtro de combustible</li> <li>o Desgaste en levas</li> </ul>	31 17 32 33 34 35 25	Medición con manómetro colocado con arbusto de adaptación
6	contraPresión de escape	Presión media de los gases de escape	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Obstrucción en filtro de combustible</li> <li>o Desgaste en pistón</li> <li>o Rotura de álabes de turbina</li> <li>o Obstrucción de turbina</li> </ul>	35 36 37	Medición con manómetro colocado con arbusto de adaptación
7	Temperatura alta	Mediante el medidor del equipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Suciedad Sis. de refrigeración</li> <li>o Defecto en bomba de refrigerante</li> </ul>	38 39	Medidor propio de equipo o termómetro 0-200C
8	Lubricación	Presión media de aceite	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Fuga en conducto de aceite</li> <li>o Fuga en intercambiador de aceite</li> <li>o Deterioro en junta de camisa</li> <li>o Deterioro en reten de bomba de agua</li> <li>o Desajuste en abrazaderas de refrigeración</li> </ul>	40 41 42 43 44	Manómetro (0-200psi)
9	Contaminación de aceite por combustible	Método de la mancha	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Grieta en el bloque</li> <li>o Rotura en radiador</li> </ul>	45 46	Papel absorbente uso común
10	Contaminación de agua por combustible	Método de crepitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Grieta en cárter</li> <li>o Sellado de turbocompresor</li> <li>o Degradación de aceite</li> </ul>	47 48 49	Plancha eléctrica de uso casero

### **5.1.1.1 RECURSOS**

Ya se ha establecido en cálculos previos que contando con 20 empleados de mantenimiento se logra abastecer todas las necesidades de personal.

En cuanto a los medios materiales, también se determinó los equipos suficientes y necesarios para cumplir con las actividades.

### **5.1.2 ACTIVIDADES DE PLANEACIÓN**

Las actividades de planeación se pueden observar en su totalidad en el cuadro consolidado PROGRAMACION.xls; ya que por su extensión de cerca de 44.000 actividades es imposible e innecesario numerarlas nuevamente. Aunque en el archivo indicado es posible encontrar las frecuencias de las actividades planificadas, las frecuencias son manejadas por el Sistema Computarizado de Administración de Mantenimiento SCAM.

### **5.1.3 GESTIÓN DE INVENTARIOS PIEZAS Y PARTES PARA ACTIVIDADES DE PREVISIÓN Y PLANEACIÓN**

Los inventarios de piezas y partes son manejados desde el archivo de programación llamado así mismo PROGRAMACIÓN.xls, que es utilizado para hacer una clasificación estadística de Pareto, como se verá posteriormente. Además, el manejo de inventario es parte de un sistema integrado y computarizado que se verá en el capítulo 6, junto con el SCAM.

#### **5.1.3.1. ANÁLISIS ABC (PARETO)**

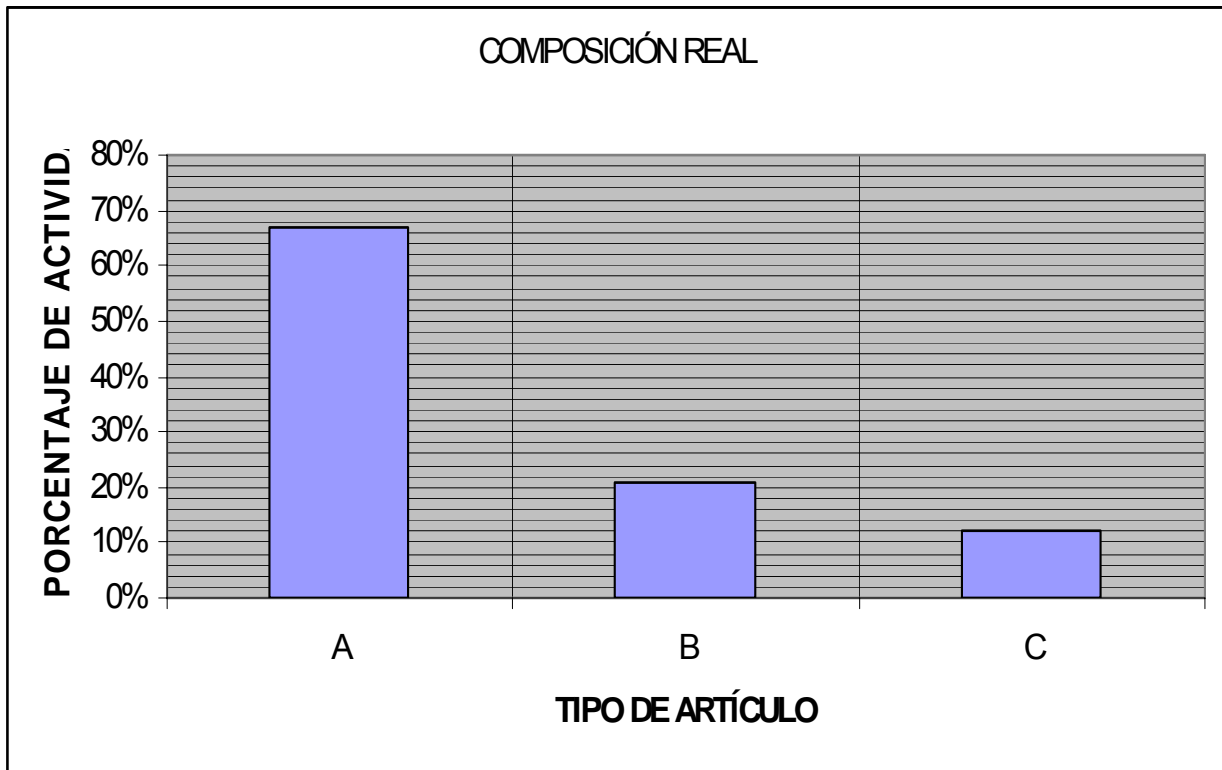
Como ya se indicó en el marco teórico, el análisis ABC sirve para clasificar los suministros de mantenimiento en tres grupos por el volumen anual de reposición.

CUADRO 5-03

ARTÍCULOS	VIDA ÚTIL DEL COMPONENTE	COMPOSICIÓN IDEAL PARETO		COMPOSICIÓN REAL			
		% ARTI.	% ACTIV	ARTÍCULOS	% ARTI.	ACTIVIDADES	% ACTIV
A	Hasta 12000 horas	15 a 20	70 a 80	7509.0	19%	5582.5	67%
B	Hasta 24000 horas	30	15 a 25	13787.0	34%	1723.6	21%
C	Hasta 72000 horas	55	5	18739.0	47%	1013.9	12%
<b>TOTAL</b>				40035.0	100%	8320.0	100%



**FIG 5-01 DISTRIBUCIÓN DE PARETO**



La previsión de los artículos clase A pueden requerir más cuidado que la de los demás artículos, los recursos de compra dedicados a la selección de proveedores deben ser superiores en la clase A, pero no solamente eso, sino que entre los artículos clase A y los de B y C hay diferencias del modelo de inventario que se aplica, así:

<b>CUADRO 5-04 INVENTARIO DE SUMINISTROS DE MANTENIMIENTO</b>			
<b>TIPO DE ARTÍCULO</b>	<b>TIPO DE DEMANDA</b>	<b>VARIACIÓN DE DEMANDA</b>	<b>TIPO DE MODELO</b>
A	Independiente	Constante y conocida	DETERMINISTICO
B	Independiente	No constante y no conocida	PROBABILÍSTICO
C	Independiente	No constante y no conocida	PROBABILISTICO

Se ha hecho esta clasificación siguiendo la lógica de que si la mayoría de suministros del tipo A son para mantenimiento profiláctico y obligatorio, su demanda es constante y conocida, mientras que los otros suministros B y C no son de cambio obligatorio en las fechas previstas sino que el cambio se puede hacer de manera correctiva.

### **5.1.3.2 INVENTARIO PARA ARTÍCULOS “A”**

Para los artículos de tipo A el inventario se controla con el modelo básico de la cantidad económica de pedido (EOQ), que es fácil de usar y que parte de los supuestos:

- La demanda es conocida, constante e independiente,
- El plazo de entrega (es decir, el tiempo desde que se cursa el pedido hasta que se recibe la mercancía) es conocido y constante.
- La recepción del inventario es instantánea y completa. En otras palabras el inventario de un pedido llega en una sola remesa.
- No hay posibilidad de descuentos por el volumen de pedido
- Los únicos costes variables son los costes de preparación o de efectuar el pedido, y el coste de mantenimiento de inventario a lo largo de tiempo (costes de mantenimiento o almacenamiento). Estos costes fueron descritos en el apartado anterior.
- Se puede evitar completamente el agotamiento del stock (stockout) si se cursan los pedidos en el momento oportuno.

Dos de los datos a partir de los cuales se puede obtener la cantidad óptima de pedido de un artículo tipo “A” son entonces el costo de almacenamiento y el costo por pedido o transporte que se observa en los cuadros 5-05 y 5-06 a continuación:

**CUADRO 5-05 COSTO TRANSPORTE PROMEDIO DE PIEZAS DE REPUESTO**

DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
Precio de flete o transporte hasta 4 kg	USD/viaje	3.00
Peso promedio de pieza de repuesto	Kg	1.20
Número de piezas por viaje promedio	Unid/viaje	3.33
FLETE POR UNIDAD	USD/Unid	0.90

**CUADRO 5-06 COSTO UNITARIO DEL ALMACENAMIENTO**

CANT	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR UNIT	VALOR
0.001	Parte de remuneración de bodeguero	hora/unid	400.00	0.40
1	Aceite Quemado anticorrosión	litro/unid	0.20	0.20
1.5	Lámina plástica de embalaje	metro/unid	0.13	0.20
2	Cinta de embalaje	metro/unid	0.07	0.14
0.003	Electricidad de grúa eléctrica fija	kw-h/unid	0.12	0.0004
	VALOR UNITARIO PROM			0.94

El resumen de las constantes y variables que definen el modelo de inventario de los artículos "A" se puede ver en el cuadro 5-07 para cada una de las diferentes vidas útiles que son consideradas dentro de estos artículos:

**CUADRO 5-07 CARACTERÍSTICAS DEL INVENTARIO DE REPUESTOS "A"**

CONCEPTO	TIEMPO DE VIDA UTIL															
	10	50	100	250	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	12000
Demanda anual	300	60	30	12	6	3	1.5	1	0.8	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
Coste por pedido	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Costo de almacenamiento	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Cantidad óptima de pedido	24	11	7.6	4.8	3.4	2.4	1.7	1.4	1.2	1.1	1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7
Número estimado de pedidos	12	5.6	3.9	2.5	1.8	1.2	0.9	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
Tiempo estimado entre pedidos	20	45	63	100	142	200	283	347	400	448	490	530	566	601	633	694
Plazo de entrega de pedidos(d)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Demanda diaria	1.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Punto de emisión de pedido	2.4	0.5	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cabe anotar que los artículos que tienen un punto de emisión de entrega menor a 1 dan un plazo prudencial para que la bodega se pueda surtir de los mismos una vez que se agoten todos los existentes.

El cálculo completo puede ser observado en al archivo PROGRAMACION.xls de la carpeta ANEXOS.

### **5.1.3.3 INVENTARIO PARA ARTÍCULOS "B" Y "C"**

Los artículos de los tipos B y C son parte del mantenimiento correctivo y del mantenimiento preventivo de tercer escalón por lo que las órdenes de pedido se realizan en el momento posterior a la inspección preventiva planificada, o, si ocurre algún desperfecto en el momento de darse el mismo. En caso de querer estudiar el stock de seguridad de dichos artículos se lo hará bajo un enfoque probabilístico de distribución normal, ya que la demanda no es constante o conocida por completo, debido a que algunos de los reemplazos de estos artículos no se hacen rigurosamente en los tiempos planificados, sino que sus vidas útiles son solo una referencia administrativa.

## 5.2 PREVISIÓN Y PLANEACIÓN EFICAZ DE LAS ACTIVIDADES DE PROGRAMACIÓN DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO

En algunas partes de éste y de los anteriores capítulos se ha hecho referencia a un archivo llamado PROGRAMACION.xls ubicado en la carpeta de ANEXOS del presente proyecto, él que incluso se ha ido elaborando antes de tratarse formalmente la programación para encontrar datos útiles en determinados temas tratados.

La programación efectuada resulta ser la base de las actividades de mantenimiento, de control de inventarios, índices de gestión, de control de cumplimiento y otras más, y se complementa con el Sistema Computarizado de Administración del Mantenimiento SCAM que se explicará en el capítulo sexto.

GRÁFICO 5-02

VISTA PARCIAL DEL BANCO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DEL ARCHIVO PROGRAMACIÓN.xls

BANCO DE TAREAS MTO										COSTOS ANUALES EN INTERVENCIONES DE MANTENIMIENTO (USD)										CLASIFICACION DE REPUESTOS ABC							
IDG	MÁQUINA	COD	NOMBRE	CA	FIABI	SERVICIO	TIPO DE MTO	SISTEMA	SUBSISTEM	CONJUNTO	ELEMENTO/ ACCIÓN DIRECTA	COSTOS ANUALES EN INTERVENCIONES DE MANTENIMIENTO (USD)										CLASIFICACION DE REPUESTOS ABC					
												INTERVENCIONES PLANIFICADAS	INTERVENCIONES EFECTUADAS	INTERVENCIONES PENDIENTES	CONSUMIBLES INDIRECTOS	MANO DE OBR.A.D.	TOTAL	INSPECCION	REPARACION	TRANSPORTE	EMBALAJE	ALMACENAMIENTO	PEZAS DE REPOSTO	TOTAL REPOSTO	REPOSTO ABC	A	B
9	Caterpillar 561C Pj	B	63.8%	21500	TERCER ESCAL	MOTOR		Sistema de control del motor					1	1	0	139	8.01	10.01	0.30	0.34	458.63	470.47	0.063	0	0	0.063	
43307	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Tuerca- cubierta de embolo		0	0	0	133	4.01	5.33	0.90	0.94	18.00	25.17	0.125	0	0	0.125	0
43308	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Sopote- émbolo		0	0	0	133	4.01	5.33	0.90	0.94	175.00	182.17	0.125	0	0	0.125	0
43309	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Resorte del émbolo		0	0	0	0.66	1.34	2.00	0.90	0.94	6.00	9.33	0.125	0	0	0.125	0
43310	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Asiento del resorte émbolo		0	0	0	177	4.01	5.78	0.90	0.94	18.00	25.62	0.125	0	0	0.125	0
43311	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Plato de parada		0	0	0	0.59	1.34	1.93	0.90	0.94	3.87	7.43	0.083	0	0	0.083	0
43312	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Aguja		0	0	0	0.06	1.34	1.39	0.90	0.94	6.00	9.23	0.125	0	0	0.125	0
43313	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Releno		0	0	0	0.44	1.34	1.78	0.90	0.94	4.00	7.61	0.083	0	0	0.083	0
43314	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Sello de tubería		0	0	0	0.59	1.34	1.93	0.90	0.94	7.00	10.76	0.083	0	0	0.083	0
43315	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Retenedor		0	0	0	0.59	1.34	1.93	0.90	0.94	7.17	10.93	0.083	0	0	0.083	0
43316	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Retenedor		0	0	0	0.59	1.34	1.93	0.90	0.94	3.58	7.35	0.083	0	0	0.083	0
43317	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Perno (M8x10,Hex,soct)		0	0	0	0.12	1.34	1.45	0.90	0.94	6.00	9.29	0.25	0.25	0	0	0
43318	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Tubería 1		0	0	0	0.23	1.34	1.57	0.90	0.94	3.83	7.24	0.083	0	0	0.083	0
43319	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Tubería 2		0	0	0	0.22	1.34	1.56	0.90	0.94	0.00	3.39	0	0	0	0	0
43320	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Tubería 3		0	0	0	0.22	1.34	1.56	0.90	0.94	0.00	3.39	0	0	0	0	0
43321	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Tubería 4		0	0	0	0.22	1.34	1.56	0.90	0.94	0.00	3.39	0	0	0	0	0
43322	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Tubería 5		0	0	0	0.22	1.34	1.56	0.90	0.94	0.00	3.39	0	0	0	0	0
43323	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Perno (M8x8)		0	0	0	0.12	1.34	1.45	0.90	0.94	6.00	9.29	0.25	0.25	0	0	0
43324	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Perno (M8x8)		0	0	0	0.12	1.34	1.45	0.90	0.94	3.00	6.29	0.25	0.25	0	0	0
43325	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		VALVULA DE INVECCION			Bomba de combustible*		0	0	0	0.44	1.34	1.78	0.90	0.94	0.00	3.61	0.063	0	0	0.063	0
43326	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Sopote de filtro		0	0	0	0.44	1.34	1.78	0.90	0.94	5.75	8.36	0.083	0	0	0.083	0
43327	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Filtro de combustible* prevent		0	0	0	0.59	1.34	1.93	0.90	0.94	1.33	5.10	0.083	0	0	0.083	0
43328	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Perno (M8x30)		0	0	0	0.12	1.34	1.45	0.90	0.94	4.00	7.29	0.25	0.25	0	0	0
43329	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Encaje		0	0	0	1.33	1.34	2.66	0.90	0.94	4.00	8.90	0.25	0.25	0	0	0
43330	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Tubo		0	0	0	0.22	1.34	1.56	0.90	0.94	0.00	3.39	0	0	0	0	0
43331	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Tubería de combustible		1	1	0	2.66	4.01	6.67	0.90	0.94	0.00	8.90	0	0	0	0	0
43332	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Encaje		0	0	0	0.22	1.34	1.56	0.90	0.94	0.00	3.39	0	0	0	0	0
43333	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Tubo		0	0	0	0.22	1.34	1.56	0.90	0.94	0.00	3.39	0	0	0	0	0
43334	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Tubería de combustible		0	0	0	0.22	1.34	1.56	0.90	0.94	0.00	3.39	0	0	0	0	0
43335	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Tubería de retorno de combustible		0	0	0	0.22	1.34	1.56	0.90	0.94	0.00	3.39	0	0	0	0	0
43336	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Perno de junta (M6)		0	0	0	0.12	1.34	1.45	0.90	0.94	15.00	18.29	0.25	0.25	0	0	0
43337	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Empaque de retorno de combustible		0	0	0	0.44	1.34	1.78	0.90	0.94	5.00	8.61	0.063	0	0	0.063	0
43338	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Encaje		0	0	0	0.44	1.34	1.78	0.90	0.94	5.00	8.61	0.063	0	0	0.063	0
43339	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Manija de junta 4		0	0	0	0.44	1.34	1.78	0.90	0.94	0.83	4.45	0.063	0	0	0.063	0
43340	Donkya Pres mas	A	69.50%	1000	TERCER ESCAL	BASE MOTOR		LINEA DE COMBUSTIBLE			Arandelas de sello (8S)		0	0	0	0.44	1.34	1.78	0.90	0.94	0.67	4.28	0.063	0	0	0.063	0

El archivo ocupa aproximadamente 140 Mb, por lo que su manejo en ciertas circunstancias su manejo se vuelve lento; cuenta con hojas que tratan de diversos temas, como son:

- a) Resumen de envejecimiento y fiabilidad,
- b) Un inventario general,
- c) Un banco de tareas de mantenimiento (ocupa 44.660 filas y 70 columnas, más de tres millones de celdas),
- d) Presupuesto de personal de mantenimiento,
- e) Presupuesto de reparaciones (intervenciones de mantenimiento),
- f) Presupuesto de transporte y almacenamiento,
- g) Gestión de inventario,
- h) Índices de gestión,
- i) Órdenes de trabajo

Se debe tener cuidado en su modificación por algunas razones: primero porque al editarlo, la computadora necesita tiempo sin que se le introduzcan nuevas instrucciones, sobre todo si aparece el reloj de arena en el puntero, a riesgo de que se produzca un fallo en el sistema; la segunda razón es porque tiene una cantidad de vínculos con otros archivos de origen; la tercera razón es que algunos datos se obtienen con fórmulas complejas y difíciles de entender para alguien sin entrenamiento y cualquier modificación de celdas puede afectar a todo el archivo; finalmente, la cuarta razón es que éste archivo es utilizado por el SCAM, así que debe ser modificado solo por éste en las celdas que cumplen funciones determinadas como contadores, sumadores y restadores.

Algunos proyectos de planes de mantenimiento que han sido revisados por los autores de esta tesis se han elaborado en base a Microsoft Project ® y en base a Microsoft Access ®, pero dejan serias dudas respecto a su funcionalidad, grado de automaticidad, y no cumplen con las características mínimas de lo que debe ser un SCAM, es por eso que la programación de actividades de mantenimiento en este proyecto parte de Microsoft Excel ® y puede ser importada por Microsoft Visual Basic ® para aplicaciones o si se desea por Microsoft Office InfoPath®, de esta manera se logra: a) conservación segura de datos en archivos .xls y .xml, b) facilidad de realizar cálculos secundarios que incluyan fórmulas complejas, c) aprovechamiento de la cualidad de una hoja de cálculo de funcionar como base de datos y procesador de información, d) funciones gráficas internas; y, e) facilidad de creación, edición, análisis y

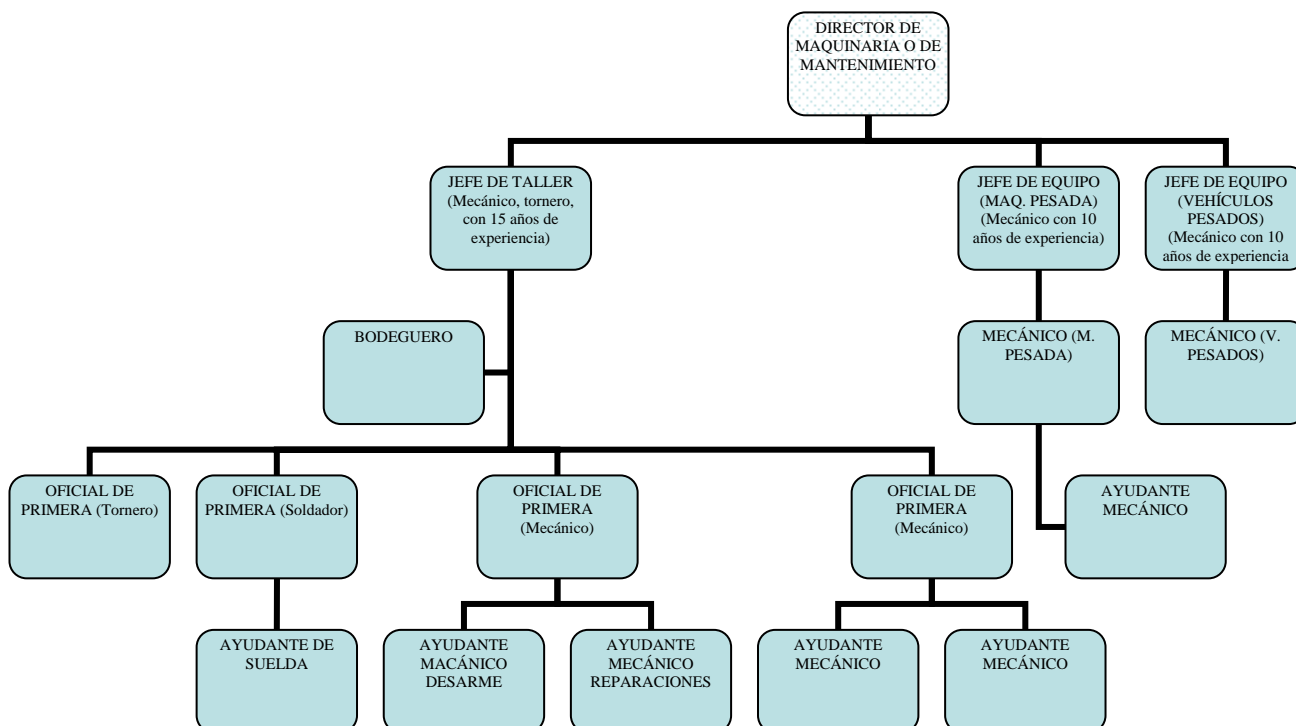
corrección de información vinculada a los datos existentes por cualquier empleado con conocimientos intermedios.

### 5.3 ACTIVIDADES DE CONTROL

Las actividades de control que se aplicarán se pueden dividir en: estadísticas y discrecionales, las primeras son los datos de ingreso de la administración computarizada del mantenimiento y las segundas son tomadas dependiendo de las circunstancias que estén atravesando los equipos, empleados, clientes, la empresa y su entorno en general. Además debe haber controles sobre los controles estadísticos, ya que los programas computacionales no son perfectos, sino que tienden a producirse malfuncionamientos y en el caso de no ser controlados echarían a abajo toda la confiabilidad del mismo.

Las actividades de control de todos los tipos tienen directa relación con los contralores, es decir con las personas que efectúan dichos controles y también con los responsables de las actividades de mantenimiento que presumiblemente han sido realizadas.

**GRÁFICO 5-03**



Los controles a implementarse tienen diversas frecuencias y tipos, se pueden observar en el siguiente cuadro:

<b>CUADRO 5-08 ACTIVIDADES DE CONTROL</b>							
<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD DE CONTROL</b>	<b>OBJETO DEL CONTROL</b>	<b>FRECUENCIA DE CONTROL</b>	<b>TIPO DE CONTROL</b>	<b>CONTRALOR</b>	<b>PERSONAL RESPONSABLE</b>	<b>REGISTRO</b>
ESTD-1	Realización de actividades diarias profilácticas para equipo caminero	Máquina	diario	estadístico	Jefe de equipo maq. pesada	Oficiales de primera	Digital
ESTD-2	Realización de actividades diarias profilácticas para vehículos pesados	Vehículo	diario	estadístico	Jefe de equipo vehículos pes.	Oficiales de primera	Digital
ESTD-3	Niveles de stock de inventario de suministros recomendado	Artículos del inventario	diario	estadístico	Jefe de taller	Bodeguero	Impreso
ESTD-4	Correcto registro e ingreso de datos al sistema de administración de mantenimiento	Computador	semanal	estadístico	Director de maquinaria	Oficiales de primera y bodeguero	Digital
DSNL-1	Correcta realización de las actividades de mantenimiento correctivas y de tercer escalón	Vehículos y equipo pesado	quincenal	discrecional	Jefe de taller	Oficiales de primera y ayudantes	Impreso
DSNL-2	Inventario físico de: maquinaria vehículos, repuestos, piezas en reparación	maquinaria vehículos, repuestos, piezas	semestral	discrecional	Director de maquinaria	Bodeguero	Impreso

## 5.4 SISTEMA DE ÓRDENES DE TRABAJO Y CONSERVACIÓN DE REGISTROS DE MANTENIMIENTO

Los sistemas de órdenes de trabajo son la impresión de la voluntad de la empresa de efectuar el mantenimiento y los registros son la constancia de que el mantenimiento se ha realizado.

Gráfico 5-04

MÓDULO DE ÓRDENES DE TRABAJO			
COMPAÑÍA Solicitud	INDIGI SA 2	Aprobada (S/N)	S
DATOS DEL EQUIPO		DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	
CODIGO:	IDG-M01		
UBICACIÓN:	SSFD		
COSTO ESTIMADO (USD)	50.00		
FECHAS		FECHA DE APROBACIÓN	
FECHA DE SOLICITUD		01/01/2009	
01-01-09		FECHA Y HORA ACTUALES	
		16/10/2008 10:42	
		Poner fecha	
TRABAJO			
ACTIVIDAD		SISTEMA FRENOS	
Cambio del diafragma de		SUBSISTEMA CAÑERÍAS	
		CONJUNTO C. DELANTERAS	
MOTIVO DE LA SOLICITUD:		SOLICITANTE:	
Goteo detectado		José Cotera	
PLANEADOR		PRIORIDAD	
Paúl Córdova		2	
TIPO DE TRABAJO:		DESCRIPCIÓN CORTA	
EMERGENCIA			
		AREA DE FIRMAS:	
SOLICITANTE		APROBADOR	



#### **5.4.1 SISTEMA DE ÓRDENES DE TRABAJO**

La orden de trabajo es generada por el usuario del sistema, en ningún caso puede ser autogenerada. Una orden de trabajo tiene la conformación general que se pueden encontrar en la carpeta “ANEXOS” en el archivo “PROGRAMACIÓN.xls” en la hoja de cálculo “ORDENES”. La orden de trabajo tiene los campos, facilidades y apariencia que se observan en el gráfico 5-04.

Las órdenes de trabajo son efectuadas previo una solicitud computarizada de trabajo que genera la petición aprobada y posteriormente la orden de trabajo.

#### **5.4.2 CONSERVACIÓN DE REGISTROS DE MANTENIMIENTO**


La situación inicial de cada equipo y vehículo ha sido registrada adecuadamente en la ficha individual, que es un libro de cálculo, con la que incluso se obtienen el envejecimiento y la fiabilidad totales del equipo. Sin embargo el formato para registrar el mantenimiento realizado (o libro de vida) debe ser uno mucho más práctico, que pueda ser llenado con pluma y está basado en formularios de Microsoft office.

Los formatos de libro de vida para cada tipo de equipo se pueden encontrar en la carpeta “ANEXOS” en el archivo “LIBROS DE VIDA.doc”.

A continuación, en el cuadro 5-09, se puede observar un ejemplo del formato de libro de vida:

**CUADRO 5-09**

**FICHA TÉCNICA**

<b>Equipo</b>	Motosoldadora / generador		
<b>Procesos</b>	SMAW GMAW FCAW GTAW		
<b>Fabricante</b>	Miller	<b>Código</b>	IDG-E11: IDG-E50
<b>Cantidad</b>	40	<b>Origen</b>	USA
<b>Modelo</b>	Trailblazer	<b>Nro. Serie</b>	
<b>Motor</b>	Combustión Interna a diesel	<b>Potencia Generador</b>	11 KW
<b>Amperaje</b>	25-300A	<b>Nro Fase</b>	
<b>Voltaje (V)</b>	220V / 440V	<b>Fecha de instalación</b>	2004
		<b>Peso</b>	254Kg
<b>Vendedor</b>	INDURA Ecuador S.A. Telf: 3280 708 3280 709 COLIMPO S.A.	<b>Representante</b>	INDURA Ecuador S.A. Telf: 3280 708 3280 709

**Servicios técnicos**

No	Fecha	Acción	Responsable
1			
2			
3			
4			
5			
6			

**Modificaciones**

No	Fecha	Acción	Responsable
1			
2			
3			
4			
5			
6			

### Overhauls

No	Fecha	Acción	Responsable
1			
2			
3			
4			
5			
6			

### Inspecciones

No	Fecha	Acción	Responsable
1			
2			
3			
4			
5			
6			

### Historial

No	Fecha	Acción	Responsable
1			
2			
3			
4			
5			
6			

## **5.5 INDICES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

De los índices tratados en el marco teórico se han escogido seis, y a continuación se recuerdan brevemente la proveniencia de sus coeficientes:

- Disponibilidad

$$Kd = \frac{T_0}{T_0 + T_{10}}$$

- Disponibilidad por mantenimiento planificado

$$Kd = \frac{T_0}{T_0 + T_{100}}$$

- Disponibilidad por mantenimiento no planificado

$$Kd = \frac{T_0}{T_0 + T_{101}}$$

- Utilización

$$K_{ut} = \frac{T_0}{T_0 + T_1}$$

- Rendimiento

$$R = \frac{\text{Prod}_{\text{real del periodo}}}{\text{Plan}_{\text{de producción del periodo}}}$$

- Aprovechamiento

$$A = K_d * K_{ut} * R * 10^{-4}$$

Donde:

$T_0$  = Tiempo medio de trabajo del sistema

$T_{10}$  = Tiempo medio parado por mantenimiento

$T_{100}$  = Tiempo medio empleado por mantenimiento no planificado

$T_{101}$  = Tiempo medio empleado por mantenimiento programado

$T_1$  = Tiempo medio parado por cualquier causa

En el cuadro 5-10 se pueden observar los índices cortados al 15 de junio, los mismos que constante y automáticamente se actualizan en la hoja INDICES del archivo PROGRAMACION.xls gracias al SCAM que se presentará en el capítulo sexto de el presente proyecto.

CUADRO 5-10

INDICES CALULADOS DESDE EL 15 DE ENERO DE 2008 HASTA EL 15 DE JUNIO DE 2008

N	COD	TIPO	MARCA	DISPON	DISPON NO PLA	DISPON PLANIF	UTILIZ	REND	APROV	N	COD	TIPO	MARCA	DISPON	DISPON NO PLA	DISPON PLANIF	UTILIZ	REND	APROV
1	IDG-M01	Retroexcavadora	Caterpillar 561 C	0.980	0.900	0.960	0.960	0.33	0.00031	51	IDG-E41	Dobladora	CRC Evans	0.830	0.800	0.930	0.950	0.40	0.00031
2	IDG-M02	Retroexcavadora	Caterpillar 561 C	0.880	0.880	0.800	0.800	0.33	0.00023	52	IDG-V01	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
3	IDG-M03	Retroexcavadora	Hyundai 55-7	0.750	0.540	0.850	0.850	0.33	0.00021	53	IDG-V02	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
4	IDG-M04	Retroexcavadora	Hyundai 55-7	0.960	0.960	0.920	0.920	0.33	0.00029	54	IDG-V03	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
5	IDG-M05	Sideboom	Caterpillar 561C	0.810	0.960	0.920	0.920	0.33	0.00024	55	IDG-V04	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
6	IDG-M06	Sideboom	Caterpillar 561C	0.980	0.990	0.990	0.990	0.33	0.00032	56	IDG-V05	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
7	IDG-M07	Paywelder	Caterpillar D6G	0.200	0.660	0.500	0.500	0.33	0.00003	57	IDG-V06	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
8	IDG-M08	Paywelder	Caterpillar D7G	0.420	0.850	0.750	0.750	0.33	0.00010	58	IDG-V07	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
9	IDG-M09	Grúa de Castillo	Link Belt LS 78	0.330	0.800	0.660	0.660	0.33	0.00007	59	IDG-V08	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
10	IDG-M10	Grúa de Castillo	Link Belt LS 78	0.960	0.990	0.990	0.990	0.33	0.00031	60	IDG-V09	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
11	IDG-E01	Soldadora	Lincoln SAE 300	0.830	0.970	0.950	0.950	0.40	0.00031	61	IDG-V10	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
12	IDG-E02	Soldadora	Lincoln SAE 300	0.830	0.970	0.950	0.950	0.40	0.00031	62	IDG-V11	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
13	IDG-E03	Soldadora	Lincoln SAE 300	0.830	0.970	0.950	0.950	0.40	0.00031	63	IDG-V12	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
14	IDG-E04	Soldadora	Lincoln SAE 300	0.830	0.970	0.950	0.950	0.40	0.00031	64	IDG-V13	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
15	IDG-E05	Soldadora	Lincoln SAE 300	0.830	0.970	0.950	0.950	0.40	0.00031	65	IDG-V14	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
16	IDG-E06	Soldadora	Lincoln SAE 300	0.830	0.970	0.950	0.950	0.40	0.00031	66	IDG-V15	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
17	IDG-E07	Soldadora	Lincoln SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	67	IDG-V16	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
18	IDG-E08	Soldadora	Lincoln SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	68	IDG-V17	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
19	IDG-E09	Soldadora	Lincoln SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	69	IDG-V18	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
20	IDG-E10	Soldadora	Lincoln SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	70	IDG-V19	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
21	IDG-E11	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	71	IDG-V20	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
22	IDG-E12	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.950	0.950	0.40	0.00031	72	IDG-V21	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
23	IDG-E13	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	73	IDG-V22	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
24	IDG-E14	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	74	IDG-V23	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
25	IDG-E15	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	75	IDG-V24	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
26	IDG-E16	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	76	IDG-V25	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
27	IDG-E17	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	77	IDG-V26	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
28	IDG-E18	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	78	IDG-V27	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
29	IDG-E19	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	79	IDG-V28	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
30	IDG-E20	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	80	IDG-V29	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
31	IDG-E21	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	81	IDG-V30	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
32	IDG-E22	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	82	IDG-V31	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
33	IDG-E23	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	83	IDG-V32	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
34	IDG-E24	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	84	IDG-V33	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
35	IDG-E25	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	85	IDG-V34	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
36	IDG-E26	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	86	IDG-V35	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
37	IDG-E27	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	87	IDG-V36	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
38	IDG-E28	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	88	IDG-V37	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
39	IDG-E29	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	89	IDG-V38	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
40	IDG-E30	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	90	IDG-V39	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
41	IDG-E31	Soldadora	Miller SAE 300	0.840	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	91	IDG-V40	Camión	Isuzu NHR	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
42	IDG-E32	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	92	IDG-V41	Camión	Cabecal Foton	0.990	0.980	0.990	0.990	0.40	0.00039
43	IDG-E33	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	93	SMT-V01	Camión	Kamaz	0.980	0.990	0.990	0.990	0.40	0.00038
44	IDG-E34	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	94	SMT-V02	Camión	Kamaz	0.980	0.990	0.990	0.990	0.40	0.00038
45	IDG-E35	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	95	SMT-V03	Camión	Kamaz	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031
46	IDG-E36	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00031	96	SMT-V04	Camión	MAN	0.750	0.960	0.880	0.920	0.40	0.00027
47	IDG-E37	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.800	0.930	0.950	0.40	0.00031	97	IDG-V42	Bomba	Donky	0.710	0.950	0.860	0.900	0.40	0.00025
48	IDG-E38	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.800	0.930	0.950	0.40	0.00031	98	IDG-V43	Bomba	Donky	0.200	0.660	0.400	0.500	0.40	0.00004
49	IDG-E39	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.800	0.930	0.950	0.40	0.00031	99	IDG-V44	Bomba	Donky	0.660	0.660	0.400	0.500	0.40	0.00013
50	IDG-E40	Soldadora	Miller SAE 300	0.830	0.800	0.930	0.950	0.40	0.00031	100	IDG-V45	Bomba	G M 4000p	0.970	0.970	0.930	0.950	0.40	0.00036



---

## INSTRUCTIVO DE CAPACITACIÓN

INDIGI S. A.

Señor(a) empleado(a)

Bienvenido al programa de capacitación en mantenimiento de INDIGI S. A. Es política de la empresa que el mantenimiento cumpla con los principios de oportunidad, planificación, calidad en programación, calidad en ejecución y economía. Si bien es cierto usted y todos los empleados de mantenimiento de vehículos y equipo pesado han sido seleccionados por sus bastos conocimientos mecánicos previos a la contratación, es menester que los mismos sean actualizados o complementados con la educación continua en base a: los manuales de operador de los equipos, los manuales de instrumentos de medición, información relacionada relevante, y seguridad industrial básica.

En el siguiente cuadro se muestran los manuales que deberán ser solicitados al jefe de mantenimiento (sea por medio impreso o digital) y deberán ser aprendidos por cada persona según su cargo:

<b>ASIGNACIONES DE MANTENIMIENTO</b>			
CARGOS	TIPO DE MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN	DOCUMENTOS QUE DEBE SOLICITAR
Mecánicos, eléctricos	Preventivo	Mantenimiento según tipo y marca	Los contenidos en la carpeta: "MANUALES DE OPERADOR Y DE PARTES"
Mecánicos	Correctivo	Arreglo o restauración de partes	Los contenidos en la carpeta: "PROCESOS TECNOLÓGICOS DE RESTAURACIÓN"
Torneros, fresadores	Correctivos	Torneado y fresado	Los contenidos en la carpeta: "PROCESOS TECNOLÓGICOS DE RESTAURACIÓN"
Mecánicos y eléctricos	Predictivo	Indicaciones de uso de instrumentos de medición	Manuales técnicos de instrumentos

Esperamos que estas lecturas sean para su beneficio y el de la empresa. No olvide averiguar por el cronograma de capacitación presencial en mantenimiento.

Gracias por su colaboración y entrega diaria

INDIGI S. A.

---

## 6. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA COMPUTARIZADO DE ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO

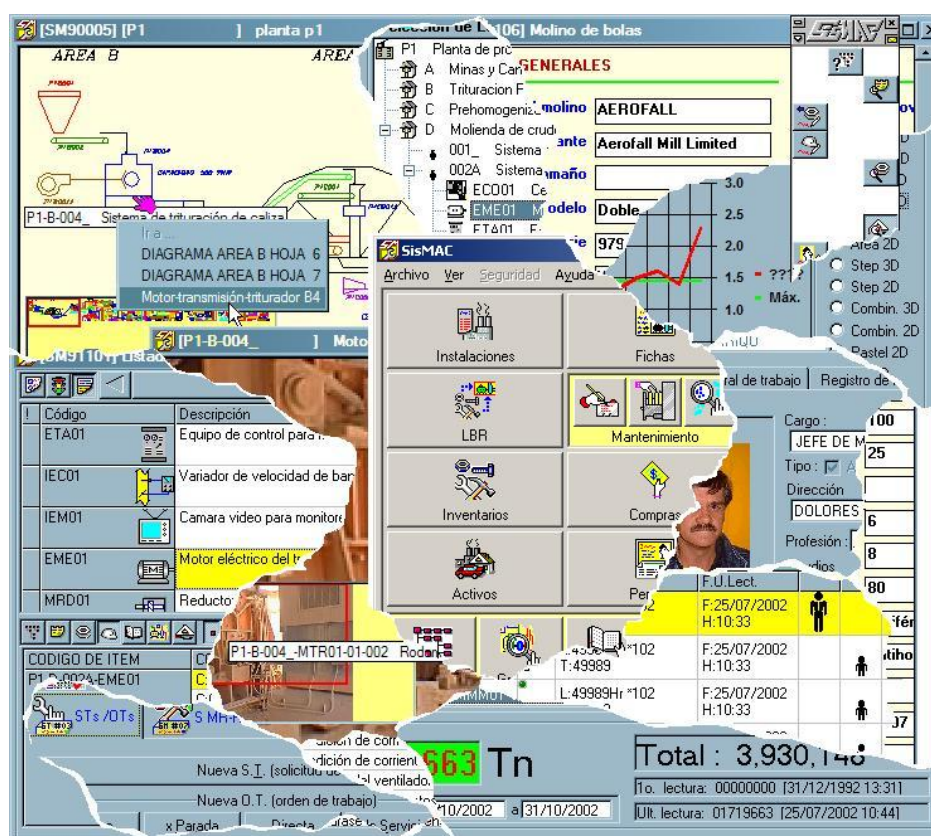
### 6.1 PANORAMA DE LOS SISTEMAS COMPUTARIZADOS DE MANTENIMIENTO

En el capítulo 2 de marco teórico se trató cómo se componen, para qué sirven y cuáles son las ventajas de un SCAM. Los autores del presente proyecto han revisado en el transcurso de la elaboración del mismo algunos sistemas más, de hecho dos nacionales y dos provenientes del exterior; se examinó los SCAMs y se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- **SisMAC de C&V Ingeniería, Cía. Ltda. Ecuador**

Es un CMMS completamente paramétrico y amigable al usuario, lo que le da una gran versatilidad para adaptarse a cualquier tipo de empresa.

GRÁFICO 6-01



Se ha encontrado al sistema muy completo, sin embargo su costo solo por licencia y mantenimiento al año es de aproximadamente 5.200 dólares anuales, cualquier conflicto en el sistema debe ser corregido por expertos de C&V Ingeniería y cuenta como hora técnica, motivos por los cuales la empresa no ha aprobado su compra.



- **Promat 2005, de la compañía del mismo nombre. Costa Rica.**

Es un sistema integral que utiliza conceptos tradicionales e incorpora herramientas tecnológicas de avanzada, ofreciendo a la empresa la posibilidad de ser más competitiva ahorrando costos, mejorando controles, aumentando su capacidad de proyección y por lo tanto un aumento en la producción y el servicio.

Es Multiusuario

Plataformas de administradores de bases de datos

¢ ORACLE R6 – R7 – R8

¢ SQL\_SERVER 7

¢ ACCESS 97- 98- 2000

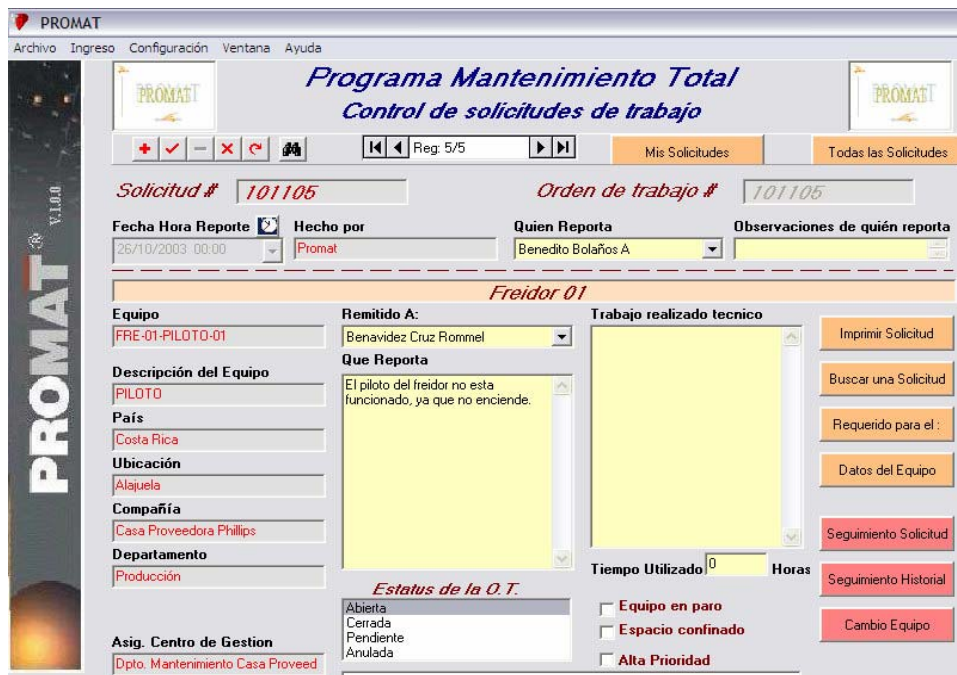
Lenguaje de programación es: Visual Basic V.6 V.7 Totalmente Gráfico

Por medio de un diccionario de palabras utilizadas dentro del diseño de software en sus screen, el manager del sistema obtendrá una tabla por medio de la cual digitará la traducción correspondiente al idioma que se este instalando y en forma automática las pantallas del sistema cambiarán de idioma.

Esta herramienta hace que el sistema maneje los idiomas que el usuario desee y a su vez pueda ajustar las palabras según la zona donde se está utilizando el software ya que según las regiones en un mismo idioma los términos de una misma palabra tienen significados diferentes. Por lo tanto el software se pueda manejar en cualquier idioma que el usuario desee en su momento, sin cambiar de ejecutable ni tener mayor esfuerzo que seleccionar el idioma deseado al iniciar la sección de trabajo, obteniendo además de poder utilizar cualquier Idioma – Dialecto - o termino de comunicación, poder estar en varias estaciones de trabajo y cada una con un idioma diferente sobre un mismo ejecutable.

Lastimosamente el apoyo técnico no es tan bueno porque la empresa de Costa Rica no tiene sede permanente en el país.

GRÁFICO 6-02



- **Infomante ® Colombia**

Infom@nte es un sistema administrativo de mantenimiento por computador, (CMMS, Computerized Maintenance Management System), que garantiza una excelente gestión, control y utilización de recursos.

Infomante es un sistema mucho más completo que los anteriores pero se enfoca en instalaciones industriales. Cuenta con muy buen soporte técnico en el país pero la capacitación es limitada.

GRÁFICO 6-3

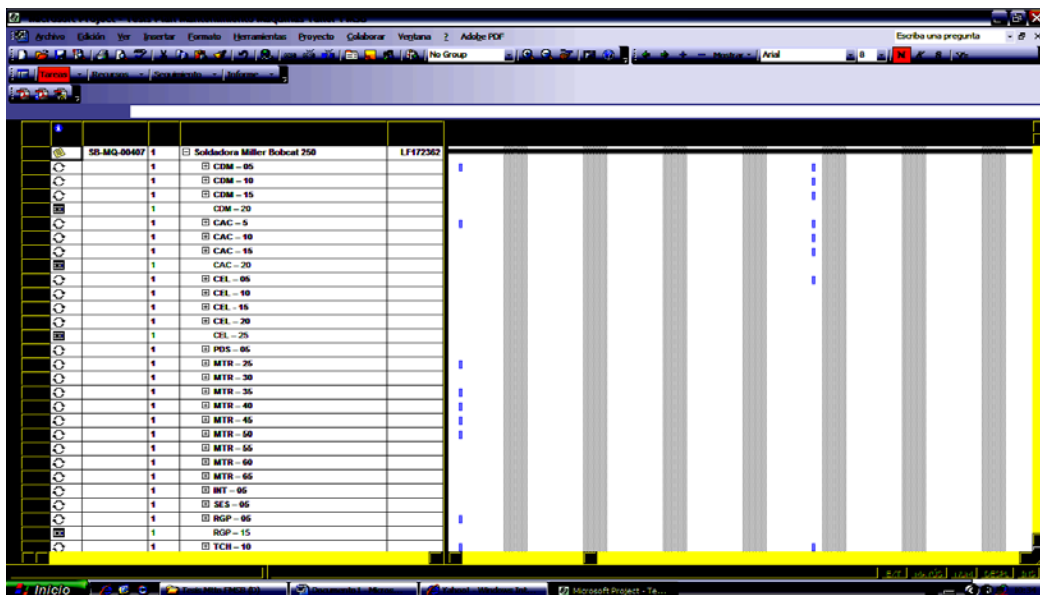


- **Otros sistemas de proyectos de tesis**

Lamentablemente luego de examinar sistemas de mantenimiento creados en otras tesis de mantenimiento se llega a la conclusión de que no son realmente sistemas pues, no ofrecen automatización de procesos, facilidad de uso y manejo de una base de datos medianamente completa. Por ejemplo algunos de ellos fueron elaborados con tablas estáticas .doc y gestionadas a través de PowerPoint ® con vínculos, careciendo de los atributos antes mencionados.

En otras tesis la planeación y organización es por tiempo limitado ya que se elabora en Microsoft Project ® con máximo 2 años hacia el futuro.

**GRÁFICO 6-04**



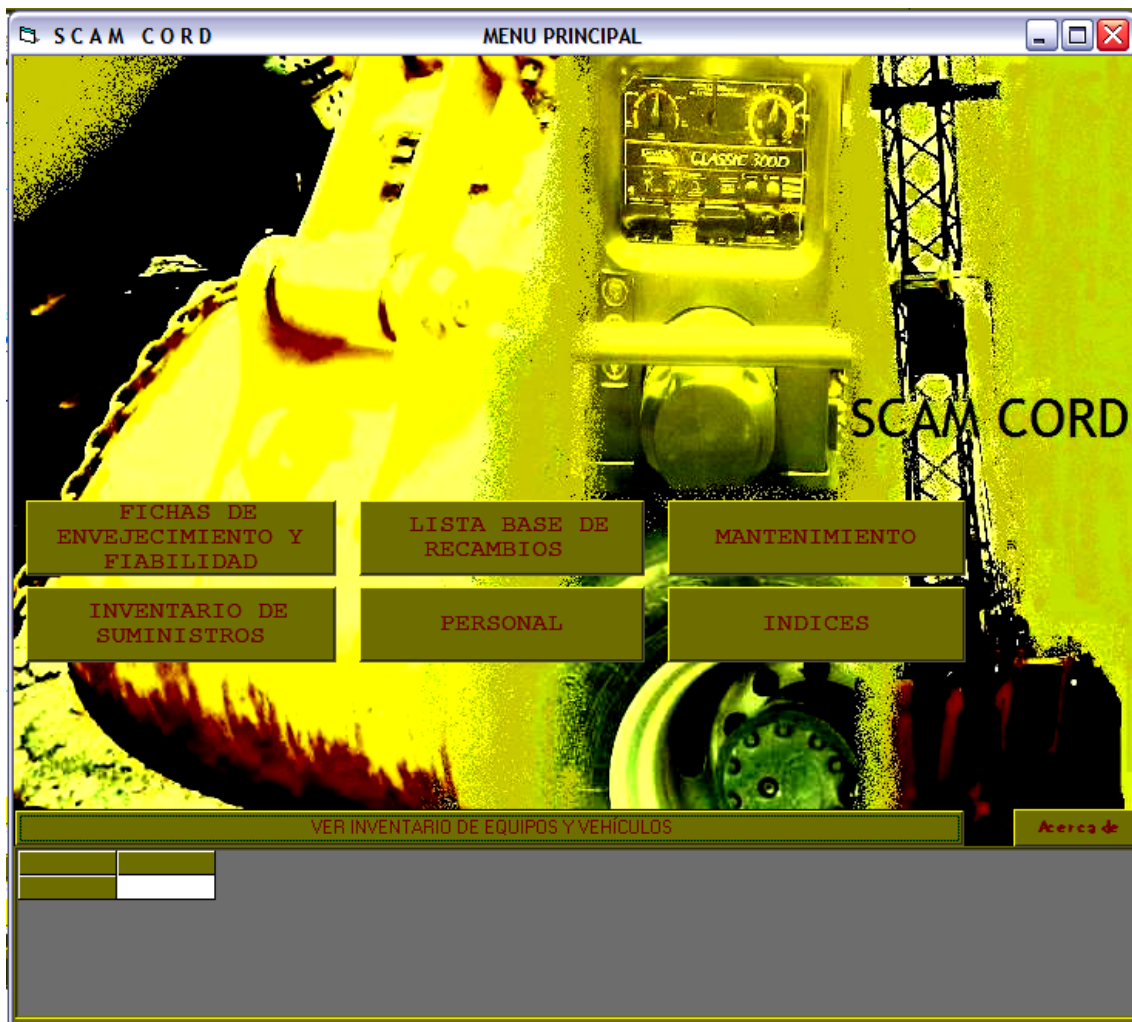
El sistema elaborado para el presente proyecto es el SCAM CORD ® desarrollado por Paúl Córdova, uno de los autores de la tesis; las características del mismo se muestran en los siguientes subcapítulos.

## **6.2 MÓDULOS DEL SCAM**

SCAM CORD es un sistema elaborado con Lenguaje Visual Basic ® para aplicaciones. Con pequeñas modificaciones puede soportar plataformas de administradores de bases de datos como: a) ORACLE R6 – R7 – R8, b) SQL\_SERVER 7, c) ACCESS 97- 98- 2000

En el caso de INDIGI S.A. se ha requerido que sea basada en una plataforma fácil de utilizar y conocida por la mayoría de oficinistas, bodegueros y personas desvinculadas con sistemas, como es Microsoft Excel®.

**GRÁFICO 6-5 INICIO SCAM CORD**



Como se observa en el gráfico 6-5 en la parte superior, el sistema cuenta con los siguientes módulos:

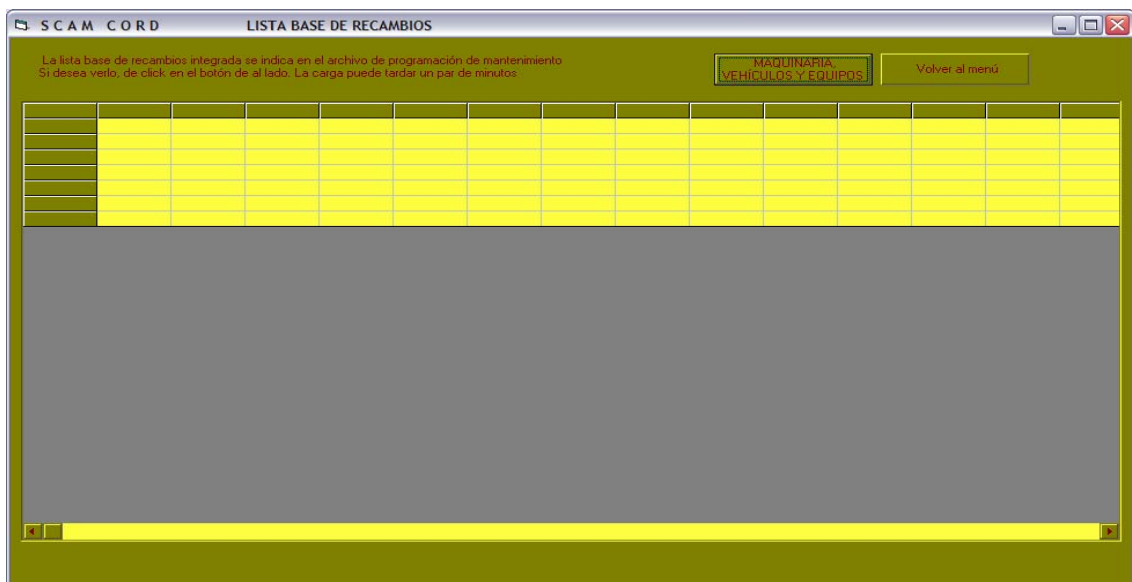
- Fichas de envejecimiento y fiabilidad.- Se puede observar y actualizar las fichas de envejecimiento y fiabilidad de los equipos, hasta el nivel de elementos. Ver gráfico 6-6.

- Lista base de recambios.- La LBR es un banco de todos los componentes de los equipos. Ver gráfico 6-7.
- Mantenimiento.- En este módulo se pueden hacer: solicitudes de trabajo, órdenes de trabajo, registro de actividades realizadas o cierre de órdenes de trabajo, registro de servicios de equipos. Ver gráfico 6-8.
- Inventario de suministros.- Es el inventario de bodega de repuestos y otros suministros. Ver gráfico 6-9.
- Personal.- Se ve la nómina y roles de pagos anuales. Ver gráfico 6-10.
- Índices.- Se registran paros, horas de servicio, producción real, plan de producción y se ven los cálculos actualizados de seis tipos diferentes de índices. Ver gráfico 6-11.
- Acerca de.- Muestra la información de autor, año de terminación y descripción breve. Ver gráfico 6-12.

**GRÁFICO 6-6 FICHAS ENVEJECIMIENTO Y FIABILIDAD**



**GRÁFICO 6-7 LBR**



### GRÁFICO 6-8 MANTENIMIENTO

**MANTENIMIENTO EMERGENTE**  
Llenar los campos del trabajo de mantenimiento y presionar el botón de solicitud

codigo del equipo: IDG-M01  
Descripción de actividad: Cambio del diafragma del sistema de l

solicitante: José Colera  
fecha: 01-01-09

Solicitar trabajo de mantenimiento: 1

PRIORIDAD	CODIGO EQ	DESCRIPCIÓN	SOLICITANTE
-----------	-----------	-------------	-------------

Aprobar solicitudes de trabajos urgentes y generar las O.T. en hoja de excel

Volver al menú | Sumar horas de servicio | Registro de paros por mantenimiento

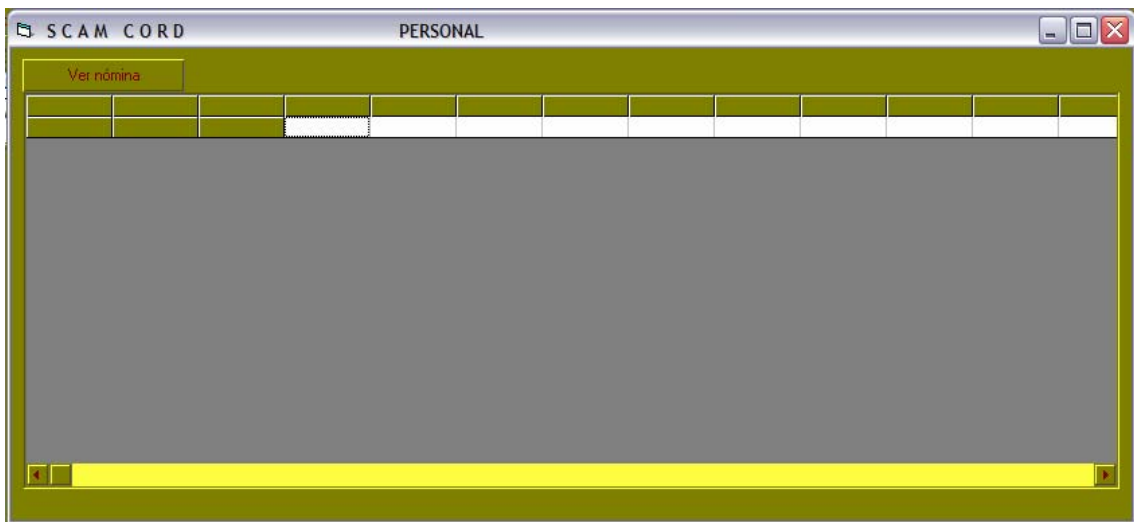
### GRÁFICO 6-9 INVENTARIO

SCAM CORD INVENTARIO DE SUMINISTROS

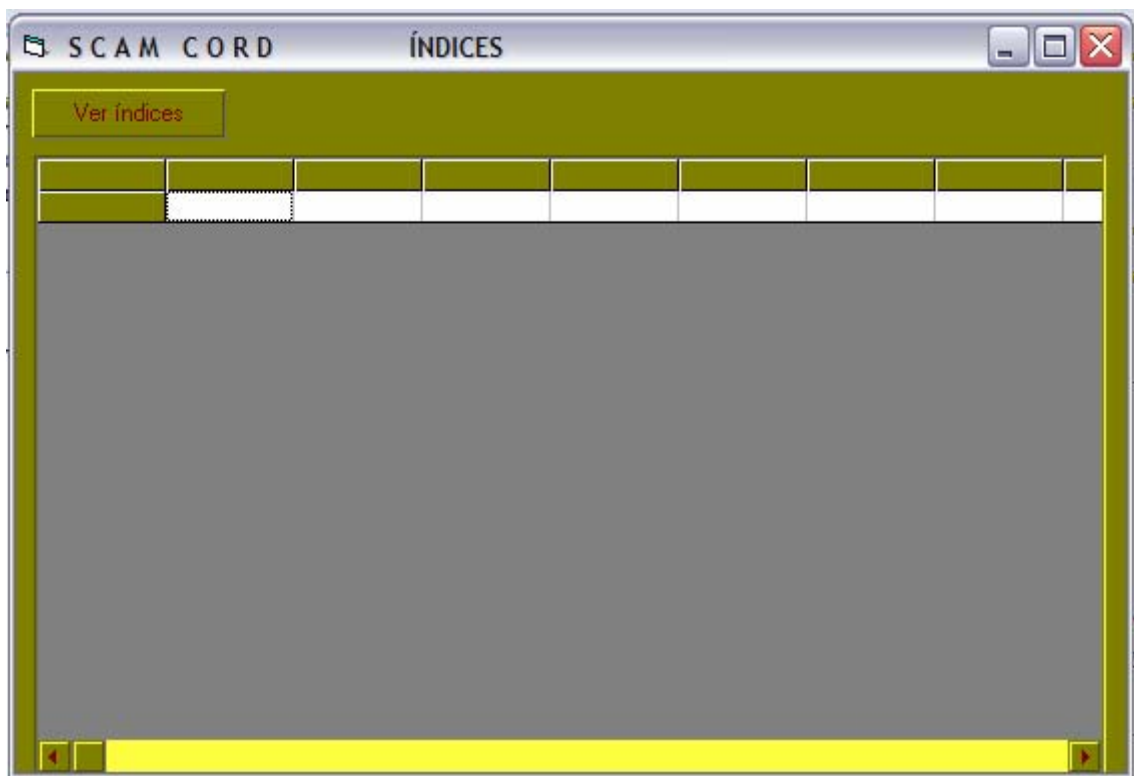


Command1

**GRÁFICO 6-10 PERSONAL**



**GRÁFICO 6-11 ÍNDICES**



**GRÁFICO 6-12. ACERCA DE**



### **6.3 EVALUACIÓN DEL SCAM**

Se ha evaluado el Sistema Computarizado de Administración de Mantenimiento y se ha encontrado que no existen errores sistemáticos en ninguno de los módulos.

Es importante recalcar que mientras el SCAM carga y descarga del documento PROGRAMACIÓN.xls la información requerida, puede transcurrir un tiempo de hasta 2 minutos, por lo que es importante no hacer ninguna petición ni al SCAM ni al Sistema Operativo del computador.

### **6.4 IMPLEMENTACIÓN**

Se ha procedido a implementar el SCAM para una computadora en Quito que se trasladará al campamento en donde se realicen las actividades de mantenimiento o talleres semifijos.

Es importante seguir los siguientes pasos al instalar el sistema SCAM CORD®:

1. Asegurarse de que el computador tenga un disco llamado C
2. Copiar la carpeta TESIS en el disco C directamente.
3. Ante cualquier problema se puede abrir PROGRAMACION.xls pero se recomienda que no sea modificado si no se conoce el funcionamiento del SCAM y del libro electrónico.
4. Actualizar el archivo PROGRAMACION.xls al inicio del uso del software.



## 7. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

### 7.1 COSTOS DE LA INFRAESTRUCTURA

#### 1 COMPLEMENTO DE CERRAMIENTO DE BLOQUE

##### 1.1 MATERIALES DIRECTOS TABLA 7-1

ORD.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	P. TOTAL
1	Bloque 305x200x150	Bloque	250	\$0.25	\$62.50
2	Cemento	Sacos	5	\$21	\$105,00
3	Arena	Sacos	6	\$9	\$54,00
4	Pintura Esmalte	Galón	1	\$14.50	\$14.50
<b>TOTAL</b>					<b>\$426,00</b>

##### 1.2 MANO DE OBRA DIRECTA TABLA 7-2

ORD.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	P. TOTAL
1	Albañil	Persona	1	\$120	\$120
<b>TOTAL</b>					<b>\$120</b>

##### 1.3 COSTOS TOTALES CONSTRUCCIÓN DE PARED TABLA 7-3

ORD.	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Materiales Directos	\$426
2	Mano de Obra Directa	\$120
<b>TOTAL</b>		<b>\$546</b>

#### 2 COLUMNAS Y VIGAS ENTRAMADAS PREFABRICADAS

##### 2.1 MATERIALES DIRECTOS TABLA 7-4

ORD.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	P. TOTAL
1	Varilla	m	320	\$0.70	\$224,00
2	Perfil en C 200x80	m	64	\$0.75	\$48,00
3	Tornillo Ø ¼"	Tornillo	18	\$0.10	\$1.80
4	Taco Fisher para tornillo Ø ¼"	Taco	18	\$0.05	\$0.90
<b>TOTAL</b>					<b>\$274,70</b>

##### 2.2 COSTOS INDIRECTOS TABLA 7-5

ORD.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	P.TOTAL
1	Electrodo 7018	kilogramo	21	43,00	\$903,00
2	Gases de soldadura y corte	cilindro	5	25,00	\$125,00
3	<b>TOTAL</b>				<b>1028,00</b>

**2.3 MANO DE OBRA DIRECTA TABLA 7-6**

ORD.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	P. TOTAL
1	Soldador	Hora/hombre	200	\$6	\$1200
<b>TOTAL</b>					\$1200

**3 COSTOS TOTALES CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS Y VIGAS ENTRAMADAS PREFABRICADAS**

**TABLA 7-7**

ORD.	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Materiales Directos	\$274,70
2	Costos indirectos	1028,00
3	Mano de obra directa	1200,00
<b>TOTAL</b>		\$2502,70

**4 LETREROS DE SEÑALIZACIÓN**

**4.1 MATERIALES DIRECTOS**

**TABLA 7-8**

ORD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	P/U	P. TOTAL
1	ENTRADA/ SALIDA	letrero	1	\$8	\$8
2	GUARDIANÍA	Letrero	1	\$8	\$8
3	ZONA DE DESHUESADERO	Letrero	1	\$8	\$8
4	ESTANCIA	Letrero	1	\$8	\$8
5	ZONA DE ESTACIONAMIENTO DE VEHÍCULOS	letrero	1	\$8	\$8
6	ZONA DE ESTACIONAMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES	Letrero	1	\$8	\$8
7	ZONA DE ESTACIONAMIENTO DE EQUIPO PESADO	Letrero	1	\$8	\$8
8	LOZA CON ZANJAS	Letrero	1	\$8	\$8
9	ZONA DE GRÚA ELÉCTRICA	letrero	1	\$8	\$8
10	ZONA DE RAMPAS	Letrero	1	\$8	\$8
11	CUARTO DE TORNEADO	Letrero	1	\$8	\$8
12	BODEGA DE PARTES	Letrero	1	\$8	\$8
13	OFICINA	Letrero	1	\$8	\$8
14	EXTINTOR	Letrero	1	\$8	\$8
15	CAMINAR POR ZONA SEGURA	Letrero	1	\$8	\$8
16	SANITARIO	letrero	1	\$8	\$8
17	AGUA	Letrero	1	\$8	\$8
18	BOTIQUIN DE PRIMEROS AUXILIOS	Letrero	1	\$8	\$8
19	INTERRUPTORES ELÉCTRICOS	Letrero	1	\$8	\$8
					\$152

4.2 MANO DE OBRA DIRECTA TABLA 7-9

ORD.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	P. TOTAL
1	Servicio de plotter	Orden	19	\$1	\$19
<b>TOTAL</b>					\$19

4.3 COSTOS TOTALES ADQUISICIÓN LETREROS DE PARED TABLA 7-10

ORD.	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Materiales Directos	\$152,00
2	Mano de Obra Directa	\$19,00
<b>TOTAL</b>		\$171,00

5 GRÚAS Y RAMPAS

5.1 GASTOS GENERALES TABLA 7-11

ORD.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	P. TOTAL
1	Grúas eléctricas	Grúa	2	\$524,00	\$524,00
2	Rampas de estructura metálica	Rampa	2	\$136,00	136,00
<b>TOTAL</b>					\$660,00

5.2 COSTOS TOTALES ADQUISICIÓN DE GRÚAS Y RAMPAS TABLA 7-12

ORD.	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Gastos generales	\$660,00
<b>TOTAL</b>		\$660,00

6 COSTOS TOTALES TABLA 7-13

ORD.	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Costos totales complemento de pared	\$546,00
2	Costos totales construcción de estructura metálica	\$2502,70
3	Costos totales de fabricación de letreros	\$171,00
4	Costos totales adquisición grúas y fabricación de rampas	\$660,00
<b>TOTAL</b>		\$3879,70

**7.2 COSTOS DE OPERACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO (ANUAL)**

TABLA 7-14

ORD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	P. TOTAL
1	Operador de sistema (puede ser el bodeguero con capacitación)	Hora/hombre	500	3,00	1500,00
2	Formas u hojas impresas	Paquete	20	5,15	123,00
<b>TOTAL</b>					1623,00

### 7.3 COSTO DE INVENTARIO DE MANTENIMIENTO

TABLA 7-15		CONCEPTOS DE LOS COSTOS					
TOTAL MAQUINARIA PESADA ANUAL	CONSUMIBLES E INDIRECTOS	MANO DE OBRA D.	TOTAL INSPECCION O REPARACION	TRANSPORTE/ EMBALAJE	ALMACENAMIENTO	PIEZA(S) DE REPUESTO AÑO	TOTAL REEMPLAZO
TOTAL EQUIPOS ANUAL	3082	4653	7735	3260	3368	106684	120467
TOTAL VEHICULOS ANUAL	9761	15375	25136	12112	12516	250258	297652
TOTALES MAQUINARIA PESADA ANUAL	13410	24503	37913	19802	20462	312507	387681
<b>TOTALES</b>	<b>26253.20</b>	<b>44531.13</b>	<b>70784.33</b>	<b>35173.80</b>	<b>36346.26</b>	<b>669447.90</b>	<b>805799.19</b>

### 7.4 ANÁLISIS FINANCIERO

Partiendo del concepto de que los indicadores de una inversión como el VAN o TIR solo sirven en modelos productivos con ingresos por ventas, el único indicador útil es el flujo de efectivo, que determinará la viabilidad y liquidez financiera del proyecto. Los datos son promedios anuales planificados que se pueden observar en el archivo PROGRAMACION.xls en la hoja de banco de actividades de mantenimiento y su cálculo en detalle se puede ver en el archivo Análisis financiero.xls en la carpeta de Anexos. Es menester recordar que todos los datos son calculados para una utilización a tiempo completo, esto casi nunca ocurre y el estándar es que una máquina se utilice la mitad del año, e inclusive algunas como las curvadoras solo una décima parte del año; pero como el plan de mantenimiento pretende que los equipos estén operativos siempre, se hacen las consideraciones para todo el año.

Los valores consignados por mantenimiento son los presupuestos aprobados para el departamento de mantenimiento.

TABLA 7-16

FLUJO DE EFECTIVO DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

DATOS (AÑO)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Volúmen de actividades realizadas		16051	16052	16053	16055	16056	16057	16058	16059	16061	16062	
Valor consignado por actividad prom.		58	58	58	58	58	61	61	61	61	61	
Costo de inspección sin reemplazo		70784	70784	70784	70784	70784	70784	70784	70784	70784	70784	
Costo reemplazo de piezas		805800	805800	805800	805800	805800	805800	805800	805800	805800	805800	
<b>FLUJO DE CAJA PARA MANTENIMIENTO</b>												
PERIODO (AÑO)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ingresos		930958	931028	931097	931167	931236	979477	979550	979623	979697	979770	
Venta de Activos											3879	
Costos variables		-876584	-876584	-876584	-876584	-876584	-876584	-876584	-876584	-876584	-876584	
Costos de fabricación fijos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Incentivos por terminación anticipada		-46548	-46551	-46555	-46558	-46562	-48974	-48978	-48981	-48985	-48988	
Gastos administrativos y explotación SCAM		1623	1623	1623	1623	1623	1623	1623	1623	1623	1623	
Interés préstamo **		-300	-300	-300	-300	0	0	0	0	0	0	
Depreciación***		-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	
Amortización intangibles****		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Valor libro			66.66	33.3		66.66	33.3		66.66	33.3		
Utilidad antes impuestos		7249.1	7381.88	7414.64	7447.46	7880.24	53675.5	53711.7	53847.9	53884.1	57799.3	
Impuesto IR Y PT		-2899.6	-2952.8	-2965.9	-2979	-3152.1	-21470	-21485	-21539	-21554	-23120	
Utilidad neta		4349.46	4429.13	4448.78	4468.48	4728.14	32205.3	32227	32308.7	32330.4	34679.6	
Depreciación		2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	
Amortización intangibles		-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	
Valor libro												
Inversión inicial		-1879										
Inversión de reemplazo		0										
Inversión de ampliación		0										
Inversión de capital de trabajo		-2000									0	
Préstamo											2000	
Amortización de deuda			-666	-666	0	0	0	0	0	0	0	
Flujo de Caja		-3879	5583.46	5663.13	5682.78	6368.48	6628.14	34105.3	34127	34208.7	34230.4	38579.6
**Se hace un préstamo de 2000 USD a 3 años *** La herramienta se deprecia cada año **** El software se renueva cada año												
<b>INDICADORES DEL PROYECTO</b>												
PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VAN's	-3879	4985.23	4514.61	4044.89	4047.28	3760.99	17278.8	15437.3	13816.3	12343.8	12421.6	
TOTAL VAN	<b>88771.9</b>	USD										
TIR	<b>126%</b>											
VALORES ACTUAL INGRESOS	0	831213	742210	662737	591773	528409	496234	443099	395653	353288	315460	
VALORES ACTUAL EGRESOS	0	-823044	-734863	-656130	-585833	-522897	-468094	-417943	-373165	-333184	-297487	
TOTAL VAN INGRESOS	5360074											
TOTAL VAN EGRESOS	-5E+06											
RELACIÓN COSTO BENEFICIO	<b>1.02828</b>											

## 7.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad demostró que en el aspecto en que más se ve afectado el presupuesto del departamento de mantenimiento es en el valor de los repuestos, ya que un incremento de 10% en el costo implica que la empresa tenga que aumentar en un 38% el presupuesto en mantenimiento, convirtiéndose en un duro golpe a los costos de la empresa.

**TABLA 7-17 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

<b>Descripción del cambio</b>	<b>TIR</b>	<b>VAN</b>	<b>Resultado</b>
Ninguno	126%	88771	Viable
Asignación unitaria de mantenimiento (-10%)	-3%	-16%	Sensible
Volumen de actividades de mantenimiento (-10%)	-43%	-21%	Sensible
Sueldos (+10%)	-7%	-11%	Sensible
Costo de repuestos (+10%)	-23%	-38%	Muy sensible
Volumen (-10%) y sueldos (+10%)	-21%	-19%	Sensible

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1 CONCLUSIONES**

- Como parte del plan de mantenimiento, se ha conseguido: una planificación integral de acciones, inventarios y talleres; organización de personal, financiera, procesos de intervención; y automatización de los métodos de generación y registro de actividades de mantenimiento de los equipos y otros módulos.
- Se ha inventariado, clasificado y diferenciado los equipos, llegando a un total de: diez máquinas pesadas, cincuenta equipos industriales y cuarenta y cinco vehículos, de todos estos el 12% son equipos de categoría A y el 88% son de categoría B.
- Se ha mejorado la eficiencia de las acciones preventivas de mantenimiento a equipos pesados al integrarlas al sistema computarizado de mantenimiento; motivo por el cual son realizadas en tiempo real.
- Se ha clasificado a los repuestos en tres categorías según pareto y se ha determinado su stock mínimo en base a una distribución normal.
- Se puede determinar gracias al SCAM cuales son los equipos que más servicio han tenido en un periodo de tiempo y ajustar al servicio planificado para todos los equipos.
- Se ha desarrollado un sistema singular, diferenciado y enfocado para la empresa y de acuerdo a sus características particulares, convirtiéndose en una herramienta oportuna, asequible y efectiva.
- La base de datos de equipos y sus componentes se ha realizado en Excel con la finalidad de que sea una base fácilmente entendida y modificada, pero a su vez integrada por completo a un programa informático que asiste al usuario en cualquier gestión.
- Se ha capacitado a todos quienes forman parte del departamento de mantenimiento y máquinas de la empresa para que comprendan y se rijan al plan y al SCAM con justeza.

## **8.2 RECOMENDACIONES**

- La capacitación de personal debe ser permanente y los controles de la correcta intervención también para asegurar que se apegue al plan.
- Si el taller no cumple con las dimensiones mínimas recomendadas es fundamental que se consulte con el jefe de mantenimiento y con el gerente general sobre cuáles pueden ser las mejores soluciones de distribución, sin afectar la funcionalidad del mismo.
- Pese a que el ingreso de nuevas máquinas al sistema es sencillo, es fundamental que el técnico que lo realizó esté presente o intervenga para no cometer errores.
- Es conveniente cotejar la información de inventarios con la que aparece en el SCAM para determinar su correcto funcionamiento y detectar sustracciones de partes.



## **10. BIBLIOGRAFÍA**

1. CRUZ RABELO EDUARDO. Ingeniería de Mantenimiento. Nueva librería. 1997.  
Argentina
2. CATERPILLAR®, CD-ROM Fundamentos para el mantenimiento de motores a diesel.  
México.
3. DÍAZ MANUEL, Manual de maquinaria de construcción, Mc' Graw Hill 2001. España.
4. JAY HEIZER, Dirección de la producción. Decisiones tácticas, Prentice Hall 6ta Edición,  
España.
5. Manuales técnicos
  - a. Caterpillar,
  - b. Hyundai
  - c. Isuzu
  - d. Kamaz
  - e. Peterbilt
  - f. Lincoln Electric
  - g. Miller Electric
  - h. CRC Evans
6. KOTLER, ARMSTRONG, Fundamentos de Mercadotecnia, Prentice Hall 4ta Edición,  
México
7. MACIÁN Vicente, Mantenimiento de motores diesel. Editorial AlfaOmega. Primera  
Edición.