



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**GUÍA DE REPARACIONES PARA PAVIMENTADORA CON  
TRACCIÓN DE RUEDAS**

**BYRON ESTUARDO DUARTE DUARTE**

**Asesorado por Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández**

**Guatemala, octubre de 2004**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**GUÍA DE REPARACIONES PARA PAVIMENTADORA CON TRACCIÓN DE RUEDAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**BYRON ESTUARDO DUARTE DUARTE**

**Asesorado por: Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández**

Al conferírsele el título de

**INGENIERO MECÁNICO**

Guatemala, octubre de 2004

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **GUÍA DE REPARACIONES PARA PAVIMENTADORA CON TRACCIÓN DE RUEDAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 18 de febrero de 2004

**Byron Estuardo Duarte Duarte**

## DEDICATORIA

- DIOS** Por su Fidelidad, Misericordia y Amor, porque me ha acompañado cada día, y me ha bendecido mas allá de lo que esperaba, porque a pesar de mí mismo, ha logrado colmar mis días de felicidad; por este logro, “Gracias una vez más”.
- Mi madre** Elsa Lilia Duarte Beza, por su incansable apoyo, por sus palabras, por ser el más claro destello del amor de Dios en cada uno de mis días. Gracias por su paciencia.
- Mi padre** Benjamín Duarte y Duarte, por haberme dado estabilidad y ese “poco a poco”, que me enseñó que así es como se llega a la meta.
- Mi novia** Claudia María Villeda Sandoval, gracias por animarme, por ayudarme a comenzar, y por retarme a celebrar este momento.
- Mis primos** Erick, Alejandro, Sofía, Carolina, Aura Dina, Sara y José, porque han sido como hermanos, por alegrarse con sinceridad.
- Mi familia** Por sus consejos y principalmente por su ejemplo, en forma especial al Lic. Saúl Duarte Beza por haber sembrado la semilla que hoy dio su fruto.



**Padegua**

Por darme la oportunidad de realizarme como profesional, y por apoyarme en la realización de este trabajo.

**Mis amigos**

Por tenderme la mano cuando lo he necesitado.

Guatemala, 20 de agosto de 2004

Ingeniero

José Arturo Estrada Martínez

Director Escuela Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Estrada:

Atentamente me dirijo a usted con el propósito de presentarle el trabajo de graduación titulado **“GUÍA DE REPARACIONES PARA PAVIMENTADORA CON TRACCIÓN DE RUEDAS”**, desarrollado por el estudiante universitario Byron Estuardo Duarte Duarte, previo a optar por el título de Ingeniero Mecánico.

En mi calidad de asesor, considero que el trabajo presentado por el estudiante Byron Estuardo Duarte Duarte, es un aporte a la industria de construcción de carreteras.

Y, después de realizar las revisiones correspondientes, he encontrado que es satisfactorio, procediendo por este medio a su aprobación.

Atentamente,

Víctor Manuel Ruiz Hernández

Ingeniero Mecánico

Colegiado No. 4620

ASESOR

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilár Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Alvaro Antonio Ávila Pinzón
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Persy Rolando Díaz Ovalle
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilár Polanco

# ÍNDICE GENERAL

<a href="#">ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</a> .....	V
<a href="#">GLOSARIO</a> .....	XI
<a href="#">RESUMEN</a> .....	XV
<a href="#">OBJETIVOS</a> .....	XVII
<a href="#">INTRODUCCIÓN</a> .....	XIX
<b>1. <a href="#">DEFINICIÓN DE PAVIMENTADORA</a></b>	
1.1. <a href="#">Descripciones generales</a> .....	1
1.1.1. Tipos de pavimentadoras.....	1
1.1.1.1. Pavimentadora con tracción de oruga o banda.....	2
1.1.1.2. Pavimentadora con tracción de ruedas y eje simple al frente.....	3
1.1.1.3. Pavimentadora con tracción de ruedas y eje pivotante ( <i>bogie</i> ) al frente.....	4
1.1.2. Proceso de pavimentación.....	6
1.1.3. Especificaciones.....	12
1.2. <a href="#">Funcionamiento de la pavimentadora</a> .....	13
1.2.1. Preparación e inspección general.....	13
1.2.2. Técnicas de operación.....	14
1.2.2.1. Revoluciones por minuto para la correcta operación de un equipo con transmisión hidrostática.....	14
1.2.2.2. La temperatura de sistema de aceite hidráulico no muestra claramente algún problema puntual en el sistema hidráulico.....	15
1.2.2.3. Operar a velocidad constante .....	16

1.2.2.4.	Aplicación correcta de las cargas de trabajo.....	16
1.2.2.5.	Evitar la segregación y el mal acabado de la parte final de cada cambio de camión en la descarga del material.....	17
1.2.3.	Limpieza y factores de seguridad.....	18
1.2.3.1.	Limpieza.....	18
1.2.3.2.	Factores de seguridad.....	19

## 2. COMPONENTES DE LA PAVIMENTADORA

2.1.	<u>Transmisión de potencia</u> .....	23
2.1.1.	Motor de combustión interna.....	26
2.1.2.	Engranajes y reductores.....	27
2.1.3.	<i>Sprockets</i> y cadenas.....	31
2.1.4.	Sistema hidráulico.....	32
2.1.5.	Sistema de tracción.....	38
2.2.	<u>Plancha flotante</u> .....	40
2.2.1.	Eje de vibración.....	40
2.2.2.	Calentadores.....	44
2.2.3.	Placa de acabado.....	49
2.2.4.	Placas de ataque o pre nivelación.....	52
2.2.5.	Extensiones.....	54
2.2.6.	Ángulo de ataque.....	56
2.3.	<u>Frenos</u> .....	60
2.3.1.	Freno de estacionamiento.....	60
2.3.2.	Freno de pedal.....	61
2.4.	<u>Transportadores de material</u> .....	63
2.4.1.	Transportador de paletas.....	64
2.4.2.	Transportador de tornillo sinfín.....	69

### 3. INSPECCIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE AJUSTE Y CALIBRACIÓN

3.1. <u>Inspecciones</u> .....	73
3.1.1. Definición de condiciones de operación normal.....	73
3.1.2. Equipo e instrumentación de medición y diagnóstico.....	75
3.1.3. Formularios de inspección.....	78
3.1.4. Mediciones especiales.....	80
3.1.4.1. Preparación de neumáticos traseros.....	80
3.1.4.2. Revoluciones máximas de transportador de tornillo sinfín.....	84
3.2. <u>Procedimientos de ajuste y calibración</u> .....	85
3.2.1. Calibración de punto nulo de bombas de transportadores de material.....	85
3.2.2. Verificación y ajuste de presiones de sistema hidráulico.....	91
3.2.2.1. Procedimiento de ajuste del compensador de las bombas de transportadores, propósito general y tracción delantera.....	92
3.2.2.2. Procedimiento de conexión para verificar la presión del sistema de transportadores de material.....	95
3.2.3. Calibración del sensor ultrasónico de alimentación.....	96
3.2.4. Ajuste y limpieza de electrodos y boquilla de calentador.....	105
3.2.5. Ajuste de r.p.m. de motor de combustión interna.....	110
3.2.6. Ajuste de flujo de aceite hidráulico.....	112
3.2.7. Tensión de cadenas de transportadores y cadenas de tracción.....	113
3.2.7.1. Tensión de cadenas de transportadores.....	113
3.2.7.2. Tensión de cadenas de tracción.....	115
3.2.8. Separación de plancha flotante y transportador de tornillo sinfín.....	118
3.2.9. Ajuste de intensidad de vibración de plancha flotante.....	122

<b>4. <u>REPARACIONES</u></b>	
4.1. <u>Reparaciones con soldadura</u>	125
4.1.1. Hornillas de plancha flotante	125
4.1.2. Placas de transportador de paletas	128
4.1.3. Protectores de cadena de transportador de paletas	132
4.1.4. Compuertas laterales de plancha flotante	135
4.1.5. Caracoles de transportador de tornillo sinfín	137
4.1.6. Compuertas de tolva de material	139
4.2. <u>Reconstrucción con máquinas herramientas</u>	141
4.2.1. Ejes dentados, <i>sprockets</i> y cadenas	141
4.2.2. Cajuelas para rodamientos	143
4.2.3. Ejes lisos, cuñas y cuñeros	143
4.2.4. Barras de cilindros	144
<u>CONCLUSIONES</u>	147
<u>RECOMENDACIONES</u>	149
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	153
<u>ANEXO 1</u> : Datos técnicos de materiales de aporte para soldadura y de aceros	155
<u>ANEXO 2</u> : Rugosidades para acabados superficiales	158

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Pavimentadora con tracción de oruga o banda.....	2
2	Pavimentadora con tracción de ruedas y eje simple al frente.....	3
3	Pavimentadora con tracción de ruedas y eje pivotante ( <i>bogie</i> ) al frente...	4
4	Comparación de capacidades de nivelación.....	5
5	Barredora mecánica.....	6
6	Compresor.....	7
7	Lavado con agua.....	7
8	Riego con material bituminoso.....	8
9	Granceado desde palangana de camión.....	9
10	Granceado desde tolva de máquina.....	9
11	nicio de pavimentación.....	10
12	Compactadora vibratoria.....	11
13	Compactadora de llantas.....	11
14	Motor de combustión interna.....	23
15	Eje de propulsión.....	24
16	Caja de engranajes y bombas.....	24
17	Caja de engranajes.....	25
18	Engranaje central de caja de bombas.....	27
19	Caja de bombas.....	28
20	Reductor de transportador de paletas.....	29
21	Engranaje de dientes con perfil recto.....	30
22	Engranaje de dientes con perfil modular.....	31
23	Cadena y <i>sprocket</i> de transportador de paletas.....	32
24	Sistema hidráulico con espacios reducidos.....	33



25	Mando central de electroválvulas.....	33
26	Tipos de mangueras.....	34
27	Retenedor de aceite.....	35
28	Sellos tipo <i>o-ring</i> .....	35
29	Electro válvulas.....	36
30	Tablero principal.....	37
31	Tablero izquierdo de plancha.....	37
32	Tablero derecho de plancha.....	38
33	Aro con <i>sprocket</i> .....	39
34	Fijación de ejes de vibración.....	40
35	Junta universal de eje de vibración.....	41
36	Pesas excéntrica de eje de vibración.....	41
37	Motor y eje de vibración.....	42
38	Posiciones de las pesas excéntricas del eje de vibración.....	42
39	Acople de motor y eje de vibración.....	43
40	Calentadores de la plancha.....	44
41	Hornilla del calentador.....	45
42	Lumbreras de calentamiento de extensión.....	46
43	Boquillas de inyección de combustible de calentadores.....	47
44	Bobina de calentadores.....	48
45	Motor eléctrico y ventilador de calentadores.....	49
46	Ajustes de la placa principal de acabado.....	50
47	Placa principal de acabado.....	51
48	Ángulo de salida en placa de acabado.....	51
49	Placa de acabado de extensión.....	52
50	Placas de prenivelación.....	53
51	Manecillas de ajuste de placas de pre-nivelación.....	53
52	Cilindro hidráulico y barras de guía de extensión.....	55
53	Compuertas laterales.....	56

54	Ángulo de ataque.....	57
55	Cambio de ángulo de ataque.....	58
56	Manecilla de profundidad.....	59
57	Freno de estacionamiento.....	61
58	Disco de freno de pedal.....	62
59	Pedales de freno y tapones de llenado de bombas.....	62
60	Transportadorres de material.....	63
61	Tolva y transportador de paletas.....	65
62	Cilindro de levante de tolva.....	66
63	Compuertas limitadoras de flujo.....	67
64	<i>Sprockets</i> y cadena.....	67
65	Ruedas tensoras o ruedas guía.....	68
66	Cilindro de accionamiento de altura de tornillo sin fin.....	69
67	Altura de transporte para tornillo sinfín.....	70
68	Altura de operación para tornillo sinfín.....	70
69	Componentes de tornillo sinfín.....	72
70	<i>Sprockets</i> para rotación de tornillo sinfín.....	72
71	Manómetro.....	75
72	Multímetro digital.....	76
73	Tacómetro.....	77
74	Medición de temperatura con termómetro ultrasónico.....	78
75	Válvula de llenado ubicada en la parte superior del aro.....	81
76	Accesorio de llenado de agua.....	82
77	Manguera tipo residencial para llenar neumático de agua.....	82
78	Plancha levantada para calibrar presión de aire de neumáticos.....	83
79	Medición de r.p.m. de tornillo sinfín.....	84
80	Motor de fuerza bomba de transportador de materiales.....	86
81	Conexión de multímetro en terminales de bobina.....	87
82	Interruptor de transportador de material en automático.....	88

83	Control de velocidad de transportadores de material.....	89
84	Seguros de graduación de motor de fuerza.....	90
85	Toma de presión en sistema de propósito general.....	92
86	Tuerca de seguridad del compensador de presión.....	93
87	Ajuste de presión en compensador de bomba.....	94
88	Compensador de presión.....	94
89	Medición de presiones de sistema de transportadores de material.....	96
90	Sensor ultrasónico de alimentación automática.....	97
91	Montaje de sensores ultrasónicos de alimentación.....	97
92	Ajuste correcto de sensor ultrasónico de alimentación.....	98
93	Conexión para prueba de sensor ultrasónico de alimentación.....	99
94	Disposición de area de prueba de sensor ultrasónico de alimentación.....	100
95	Medición de voltaje continuo en sensor ultrasónico de alimentación ...	101
96	Lectura de voltaje a 10 pulgadas de distancia del sensor.....	102
97	Lectura de voltaje a 17 ½ pulgadas de distancia.....	102
98	Corección de voltaje del sensor ultrasónico de alimentación.....	103
99	Limpieza de filtro de sensor ultrasónico de alimentación.....	104
100	Alineación del sensor ultrasónico respecto a la mezcla.....	104
101	Calentador de plancha.....	106
102	Herramienta de calibración de electrodos de calentador.....	107
103	Herramienta de calibración de boquilla de calentador.....	108
104	Distancias para calibración de electrodos y boquilla de calentador.....	109
105	Tablero central de controles e indicadores.....	111
106	Cilindro de aceleración en 1800 r.p.m.....	111
107	Altura correcta de cadenas de transportador de paletas respecto al suelo .....	113
108	Eje tensor de cadenas de transportador de paletas.....	114
109	Tornillo de ajuste de transportador de paletas.....	115
110	Tensión de cadenas de tracción.....	116

111	Tensor de cadena de tracción y tornillo de base de la rueda.....	117
112	Pivote de brazo de plancha en tractor.....	119
113	Distancia entre tornillo sin fin y plancha.....	119
114	Marca de corrección de distancia entre plancha y tornillo sin fin.....	120
115	Corección de distancia de plancha y tornillo sin fin.....	121
116	Relación de movimiento en el brazo de la plancha.....	121
117	Válvula de control de flujo de vibrador.....	122
118	Posiciones de las pesas excéntricas de vibración.....	123
119	Deformaciones de hornilla.....	127
120	Fisuras en la parte superior de la hornilla.....	127
121	Desgaste de placas de transportador de paletas.....	129
122	Orden de soldadura en placa de transportador.....	130
123	Protector de cadena de transportador de paletas.....	132
124	Corte de soldadura con amoladora.....	133
125	Dimensiones de nueva pieza de desgaste en protector de cadenas.....	134
126	Soldadura de pieza de desgaste en protector de cadenas.....	134
127	Compuerta lateral de extensión de plancha flotante.....	136
128	Refuerzo de compuertas de tolvas.....	140
129	Distintas rugosidades en componentes de la pavimentadora.....	159
130	Aspecto de rugosidades de barra de cilindro y asiento para sellos anulares.....	159

## TABLAS

I. Especificaciones de pavimentadora con tracción de ruedas.....	12
II. Formulario de inspección.....	79

## GLOSARIO

<b>Abrasión</b>	Proceso de desgaste de una superficie debido al contacto con agentes externos.
<b>Actuador</b>	Dispositivo impulsado magnética o mecánicamente, que permite automatizar una parte del proceso
<b>AISI</b>	American Iron and Steel Institute
<b>Amoladora</b>	Aparato eléctrico de altas revoluciones que se utiliza para desgastar superficies con discos de material abrasivo.
<b>Asbesto</b>	Material con base de mineral llamado amianto, utilizado para sellar juntas en áreas de alta temperatura.
<b>AWS</b>	American Welding Society
<b>Base</b>	Superficie sobre la cual se coloca el concreto asfáltico.
<b>Bituminoso</b>	Viscoso.
<b>Bombeo</b>	Forma cóncava o convexa que se le da a la carpeta asfáltica en su línea transversal, con el objetivo de encauzar las aguas hacia los drenajes.

<b>Carpeta</b>	Capa de concreto asfáltico con ancho y espesor definidos.
<b>Cavitación</b>	Deterioro superficial interno de componentes de tubería, bombas y válvulas, causado por burbujas de aire que explotan mientras el fluido está en movimiento.
<b>Compensador</b>	Dispositivo que regula la presión generada por una bomba.
<b>Concreto asfáltico</b>	Mezcla de partículas de piedra de distintos tamaños y de un material viscoso conocido como cemento asfáltico, utilizado en la construcción de calles, carreteras y estacionamientos.
<b>Corrosión</b>	Alteración de la superficie de un cuerpo debido a una reacción química.
<b>Extrusión</b>	Proceso por medio del cual se produce compresión sobre un volumen para formar un espesor definido.
<b>Gobernador</b>	Dispositivo que regula el funcionamiento de una bomba de inyección de combustible diesel.

<b>Fraguado</b>	Condición estable de las propiedades de un producto.
<b>Hidrostático</b>	Relativo a las propiedades de los fluidos.
<b>Manómetro</b>	Instrumento para medir la presión interna en las tuberías.
<b>Maquinabilidad</b>	Propiedad de un material de poderse moldear por medio del uso de torno, cepillo o fresadora.
<b>Mecanizar</b>	Proceso de formado de una pieza por medio de la utilización de torno, cepillo y fresadora.
<b>Multímetro</b>	Instrumento para medir voltajes y amperajes.
<b>Óleo</b>	Relativo a los aceites lubricantes.
<b>Segregación</b>	Separación de partículas finas y gruesas.
<b>Soldadura de arco</b>	Proceso en el cual se funden dos metales por medio de un arco eléctrico.
<b><i>Sprocket</i></b>	Rueda dentada que mueve una cadena.
<b>Sensor</b>	Dispositivo que sirve para detectar cambios en las condiciones de un proceso.
<b>Tacómetro</b>	Instrumento para medir revoluciones.



**Tenacidad**

Resistencia al alargamiento.

**Ultrasónico**

Relativo a las ondas de sonido no perceptibles al oído humano

## RESUMEN

El presente trabajo contiene la información básica, acerca del proceso de operación que realiza una pavimentadora con tracción de ruedas, proporcionando una base para la comprensión del tipo de mantenimiento preventivo y de reparación que necesita la misma. Es un complemento al manual de operación y mantenimiento proporcionado por el fabricante, presentando procedimientos de calibración, ajuste, soldadura y mecánica.

Contiene una propuesta de inspección, cuyo objetivo principal es obtener la información adecuada, para crear y desarrollar un programa de actividades, que reduzca los costos de mantenimiento y minimice los tiempos de parada por reparación. Además, presenta una propuesta de utilización de repuestos de mercado local, con base en los resultados obtenidos de la aplicación de los mismos, formando de esta manera, el criterio de costo y beneficio respecto al uso de los mismos, tomando en cuenta que la mayor parte de repuestos para máquinas de construcción de carreteras, deben solicitarse al extranjero.

Se proporcionan intervalos de horas máquina, en los cuales es aconsejable realizar reparaciones de reconstrucción y reemplazo de partes, que dan a conocer, el inventario de repuestos que se necesita, para llevar a cabo las tareas de reparación de los distintos componentes de la máquina. De la misma manera, presenta las recomendaciones de seguridad a tomar en cuenta, tanto para la operación como para la reparación de la pavimentadora.



# OBJETIVOS

## General

Elaborar una guía de reparación para pavimentadora de ruedas, que provea la información adecuada para conservar la pavimentadora en óptimas condiciones de funcionamiento

## Específicos

1. Establecer una rutina de inspección que provea la información correcta para minimizar los tiempos de parada
2. Conocer la interrelación de los sistemas que componen la pavimentadora y cómo se afectan entre sí
3. Definir los factores críticos de operación, ajuste y reparación.
4. Crear un criterio de utilización de repuestos de mercado nacional, tomando en cuenta el costo-beneficio y las diferencias en construcción y diseño de los mismos
5. Establecer una programación adicional a la que provee el fabricante, en horas máquina o tiempo calendario para realizar reparaciones, calibraciones y ajustes que contribuyen al buen funcionamiento y prologuen la vida útil de los componentes



## INTRODUCCIÓN

Una pavimentadora de ruedas es una máquina utilizada en la construcción de carreteras, cuya función principal es recibir, descargar y distribuir uniformemente el concreto asfáltico que sirve de pista de rodadura para los vehículos. También puede utilizarse para tender uniformemente la base para una carretera o área de maniobras de estacionamientos y urbanizaciones. Está compuesta de:

Sistema hidráulico, motor de combustión interna, transmisiones de potencia, transportadores de materiales y una plancha flotante que cumple el propósito de proporcionar las cualidades deseadas a la carpeta de concreto asfáltico.

El presente trabajo describe como estos componentes están sometidos a carga, temperatura, fatiga y desgastes extremos, y si bien es cierto que los materiales de que están contruidos proporcionan una vida útil prolongada, existen prácticas de mantenimiento y reparación mostradas en el contenido del mismo, que pueden aumentar significativamente las horas de operación. Además, se refiere al empleo de materiales de soldadura, ajustes continuos y calibraciones que junto con una operación correcta, contribuyen a obtener los menores tiempos de parada y gastos de reparación. Así mismo, se toma en cuenta la existencia de repuestos en bodega acorde a las necesidades de la máquina, evitando una inversión muy alta e innecesaria en el mantenimiento y las reparaciones.

# 1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTADORA

## 1.1. Descripciones generales

La pavimentadora es una máquina que se compone de dos sistemas conjuntos que son el tractor y la plancha. El trabajo que desarrolla el tractor es halar la plancha, empujar el camión que lleva el concreto asfáltico, recibir el concreto asfáltico en sus tolvas delanteras, transportarlo hacia su parte trasera, y esparcirlo uniformemente en todo su ancho para que la plancha pueda darle el espesor y las cualidades finales a la carpeta en colocación. En forma general, se describen a continuación los componentes de la pavimentadora:

- a. motor de combustión interna<sup>1</sup>
- b. cajas reductoras de engranajes<sup>1</sup>
- c. transmisión hidrostática<sup>1</sup>
- d. transportadores de materiales<sup>1</sup>
- e. transmisión mecánica<sup>1</sup>
- f. plancha<sup>2</sup>

### 1.1.1. Tipos de pavimentadoras

- a. con tracción de oruga o banda
- b. con tracción de ruedas y eje simple al frente, y
- c. con tracción de ruedas y eje pivotante al frente

---

<sup>1</sup> Detalles de este componente en capítulo 2 sección 2.1.

<sup>2</sup> Detalles de este componente en capítulo 2 sección 2.2.

### 1.1.1.1. Pavimentadora con tracción de oruga o banda

Este tipo de pavimentadora utiliza una bomba para cada motor hidráulico de tracción, controles de mando individual para cada oruga, dos velocidades de traslación, y su aplicación principal está en carreteras, debido a que sus giros son como los de un tractor para movimiento de tierras. La suspensión de cada rodillo de la oruga es independiente, lo que da como resultado una adaptación de la oruga a las deformaciones del terreno sin tener mayor influencia en el acabado final de la carpeta; no es conveniente utilizarla en parques o urbanizaciones, pues la base para el concreto asfáltico se daña al maniobrar la máquina en busca de nuevas direcciones de trabajo. Este tipo de máquina se caracteriza por proveer mayor rendimiento y potencia en trabajos de carretera debido al tipo de tracción que posee, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Pavimentadora con tracción de oruga o banda





### 1.1.1.2. Pavimentadora con tracción de ruedas y eje simple al frente

Este tipo de pavimentadora provee la potencia para el sistema de tracción con una sola bomba que se conecta a un motor hidráulico acoplado a una transmisión mecánica de engranajes, diferencial, flechas y finalmente, *sprockets* y cadenas para mover las llantas. Se pueden seleccionar tres velocidades de traslación; sus desventajas ante las otras están principalmente en que no puede disminuir eficientemente el efecto de deformaciones en la base, lo cual se refleja en la carpeta final, y además, brinda la menor potencia debido a que solamente puede aportar tracción en las dos ruedas traseras; como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Pavimentadora con tracción de ruedas y eje simple al frente



Fuente: **Página Web de Rock and Dirt Construction Equipment,**  
[www.rockanddirt.com](http://www.rockanddirt.com)

### 1.1.1.3. Pavimentadora con tracción de ruedas y eje pivotante (*bogie*) al frente

Este tipo de pavimentadora es la más versátil. Provee la tracción de forma similar a la pavimentadora de eje simple al frente, pero también ofrece dos ruedas adicionales al frente, como se muestra en la figura 3, las cuales están acopladas a un motor hidráulico cada una, para proveer tracción adicional cuando se necesita. Además, el diseño de eje pivotante en el frente provee la capacidad de absorber las deformaciones de la base sin que afecten significativamente el acabado de la carpeta final, y su utilización en el campo de trabajo está restringida solamente por sus dimensiones.

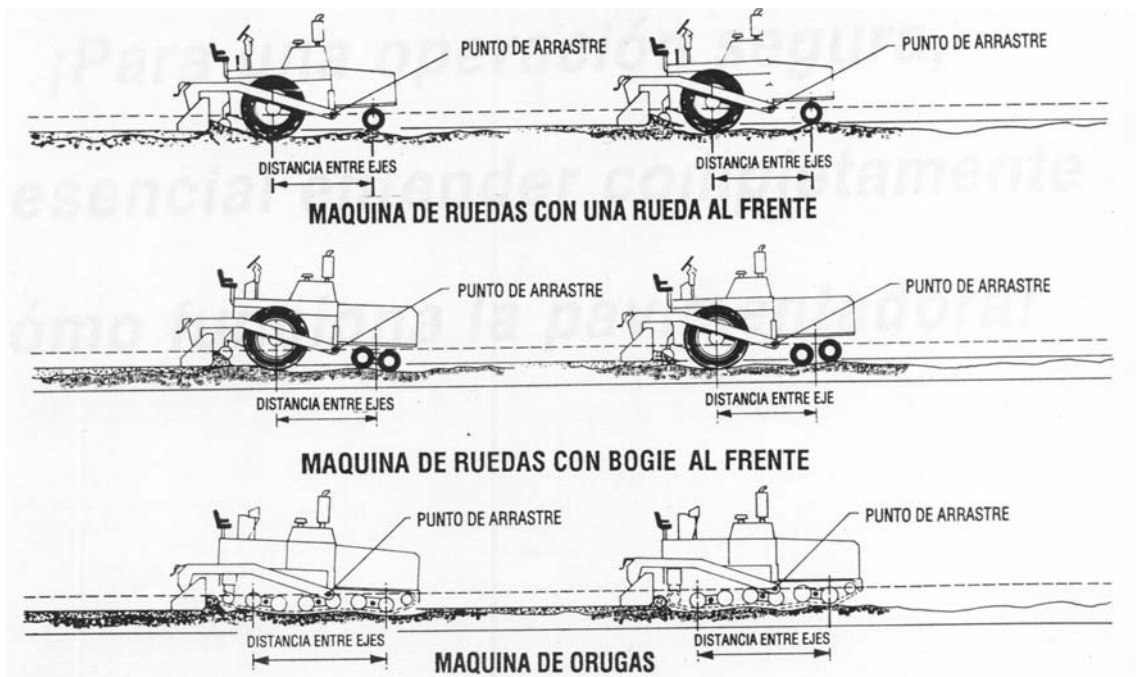
Con esta máquina se pueden realizar giros cerrados sin dañar la superficie de la base, tiene buena capacidad para pavimentar en pendientes pronunciadas y sus velocidades de trabajo y traslación, al igual que la de eje simple al frente son tres.

Figura 3. Pavimentadora con tracción de ruedas y eje pivotante (*bogie*) al frente



En la figura 4 se muestran las diferencias entre los distintos tipos de pavimentadoras y su capacidad de nivelación.

Figura 4. **Comparación de capacidades de nivelación**



Fuente: **Manual de pavimentación blaw knox PF172-P-5-92-1000**, página A3.

La capacidad de nivelación se refiere a la habilidad de la máquina para mejorar la acción de emparejamiento o nivelación de la plancha, compensando de forma óptima las irregularidades o asperezas de la superficie de la base que está siendo pavimentada. Esta capacidad depende de la longitud de los brazos laterales de la plancha y la ubicación de los puntos de arrastre de la misma, en relación con la distancia entre ejes del tractor.

### 1.1.2. Proceso de pavimentación

Previamente a utilizar la pavimentadora, la superficie de trabajo o base debe prepararse adecuadamente para que el resultado de la colocación del concreto asfáltico sea satisfactorio. Existe un procedimiento definido acerca de la preparación de la superficie. Inicialmente se limpia la base con una barredora (figura 5) o compresor (figura 6), para eliminar todas las partículas sueltas, principalmente polvo y arena. Si es necesario debe lavarse para retirar la suciedad, como se muestra en la figura 7.

Figura 5. **Barredora mecánica**



Figura 6. **Compresor**



Figura 7. **Lavado con agua**



Posteriormente habiéndose secado, se realiza un riego con material bituminoso, el cual tiene la función de pegar la base con el concreto asfáltico (figura 8).

Figura 8. **Riego con material bituminoso**



Luego de que el material bituminoso haya alcanzado su punto de fraguado, se aplica una capa ligera de concreto asfáltico, aproximadamente de 1 milímetro de espesor, para que los vehículos (camiones, pavimentadora y compactadoras) y el personal puedan moverse sin limitación sobre la superficie en construcción. A este proceso se le conoce con el nombre de “granceado”, y consiste en esparcir de manera uniforme el concreto asfáltico, paleándolo desde el camión o la tolva de la máquina hacia la superficie a pavimentarse, como se muestra en las figuras 9 y 10.

Figura 9. **Granceado desde palangana de camión**



Figura 10. **Granceado desde tolva de máquina**



La siguiente parte del proceso corresponde a la pavimentadora. La máquina se sitúa en la posición de arranque y recibe al camión en su parte frontal, para que le descargue el concreto asfáltico en las tolvas, e inicie la pavimentación, como se muestra en la figura 11.

**Figura 11. Inicio de pavimentación**



Luego de que la pavimentadora realiza su trabajo, se inicia la compactación vibratoria, y, finalmente, se realiza la compactación por llanta, que brinda el acabado final y, de esa manera, finaliza el proceso de pavimentación, como se muestra en las figuras 12 y 13.



Figura 12. **Compactadora vibratoria**



Figura 13. **Compactadora de llantas**



### 1.1.3. Especificaciones

La mayoría de pavimentadoras están construidas con dimensiones similares. Esto permite contar con distintas opciones de máquina para desarrollar un trabajo en particular, considerando un uso secundario según el tipo de proyectos al que se dedique la empresa propietaria de la máquina; por ejemplo, pueden considerarse de esta manera limitaciones como la mencionada para las máquinas de oruga en cuanto a su capacidad de maniobra. En la tabla 1 se dan las especificaciones comunes para pavimentadoras con tracción de ruedas y eje pivotante al frente.

Tabla I. Especificaciones de pavimentadora con tracción de ruedas

DIMENSIONES		
Ancho del tractor (tolvas hacia arriba)		3050 mm
Ancho del tractor (tolvas hacia abajo)		3120 mm
Base de las ruedas		2192 mm
Radio de giro (interno)		3660 mm
Radio de giro (externo)		6710 mm
Longitud con plancha (varia según el tipo de plancha)	5720 a	5990 mm
Peso total (varia según el tipo de plancha)	27135 a	29635 lbs.
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN		
Rata de producción	hasta	750 ton/hora
Ancho estándar de pavimentación	de 2440 a	6400 mm
(puede extenderse a mayores anchos con accesorios adicionales)		
Profundidad de pavimentación	de 6 a	305 mm
CAPACIDAD DE ACEITES Y COMBUSTIBLE		
Tanque de combustible diesel		42 gal. Min
Carter del motor (SAE 15W40)	de 9 a	17 litros
Sistema de el enfriamiento	de 22 a	24 litros
Tanque de aceite hidráulico (ISO 68)		42 gal. Min
OTROS		
Sistema eléctrico		12 voltios
Potencia de motor de combustión interna	de 103 a	175 hp

Fuente: **Manual de operación *blaw knox* PF-172-OP-2-91-1500**, página D9.

## **1.2. Funcionamiento de la pavimentadora**

### **1.2.1. Preparación e inspección general**

Es muy importante que el operador practique una rutina de inspección y preparación previa a la operación de la pavimentadora, cada vez que la misma se deba utilizar, debido a que todas las partes que la componen son susceptibles a sufrir desgastes extremos si no se le prestan los cuidados mínimos. El desgaste en el arranque de cualquier componente es la fase crítica de la operación, por lo que antes de iniciar a operar la pavimentadora se deben inspeccionar las siguientes partes de la misma:

- a. Comprobar el nivel de aceite y refrigerante del motor
- b. Comprobar el nivel de aceite hidráulico en frío
- c. Revisar que todos los interruptores de circuitos hidráulicos estén en la posición de apagado, para que no arranque algún componente al momento de arrancar el motor para su calentamiento
- d. Comprobar el nivel de aceite de la transmisión mecánica
- e. Revisar el filtro de aire y limpiarlo si es necesario
- f. Desconectar el embrague de la transmisión de bombas
- g. Arrancar motor en aceleración de ralentí durante 5 minutos
- h. Conectar el embrague de la transmisión de bombas
- i. Ajustar la presión de tracción delantera opcional de acuerdo a la superficie sobre la que se va a trabajar
- j. Revisar el funcionamiento de freno de parqueo
- k. Comprobar el ajuste de las cadenas de los transportadores
- l. Realizar un movimiento con cada componente de la máquina para comprobar su funcionamiento
- m. Comprobar el nivel de aceite hidráulico en caliente

Luego de realizar esta inspección inicial, la pavimentadora puede trasladarse hacia el área donde se hará la pavimentación. El trayecto de ida hacia el tramo y de vuelta del tramo hacia el área de parqueo son recorridos ideales para observar fugas y escuchar ruidos extraños, pues en el inicio la máquina está en condiciones de temperatura baja y se puede decir que las presiones en este momento son mayores debido a la baja temperatura. Al finalizar el trabajo puede inspeccionarse nuevamente, pues las condiciones de temperatura han cambiado, lo que permite obtener los dos puntos extremos durante la operación del día.

### **1.2.2. Técnicas de operación**

Las técnicas de operación son indispensables para producir rendimiento y calidad de colocación del concreto asfáltico durante la pavimentación. Así mismo, garantizan la prolongación de la vida útil de los componentes, de tal manera que es necesario comprender los resultados de operar adecuadamente una pavimentadora y detallar minuciosamente los aspectos que esto comprende. Se puede decir que las técnicas de operación se verán plenamente reflejadas en el acabado de la carpeta asfáltica y darán como consecuencia reparaciones continuas y onerosas, o largas horas de trabajo con reparaciones mínimas y programadas.

#### **1.2.2.1. Revoluciones por minuto para la correcta operación de un equipo con transmisión hidrostática**

Por ninguna razón debe operarse un equipo con transmisión hidrostática en bajas revoluciones. El principio de funcionamiento de una bomba de alta presión con fluido óleo hidráulico demanda siempre un caudal de succión grande.

La razón de esto es que los componentes de las bombas de pistones utilizadas en este tipo de maquinaria necesitan ser lubricados y enfriados continuamente, para evitar desgastes prematuros y, como consecuencia, el deterioro del componente y la contaminación del sistema.

La evacuación del fluido hidráulico, de la bomba a bajas revoluciones hacia el sistema, ocasiona una baja en la presión interna de la misma y por lo tanto, al ejercerse presión entre los componentes, el fluido queda desplazado, permitiendo el contacto de las piezas entre sí. Siempre que esto sucede se puede escuchar una especie de chillido que denota una operación inadecuada.

**1.2.2.2. La temperatura del sistema de aceite hidráulico no muestra claramente algún problema puntual en el sistema de aceite hidráulico**

Se necesita tener varios problemas en un sistema hidráulico para que el valor de la temperatura en el indicador pueda alertar sobre las deficiencias del sistema. Es necesario escuchar atentamente el sonido que produce una bomba al momento de efectuar un movimiento con los implementos de la máquina. Los circuitos hidráulicos tienen la ventaja de proporcionar alertas por medio de los sonidos; puede detectarse cavitación, falta de fluido, restricciones anormales en los conductos, daño de rodamientos internos, sobre presiones, etcétera. Es muy importante que quien opera un equipo con circuito hidráulico afine su percepción de los sonidos normales del sistema.

### **1.2.2.3. Operar a velocidad constante**

Es necesario buscar un punto de equilibrio entre dos factores principales que son: la velocidad de traslación y la capacidad de aplicación del material de trabajo. Cuando no existe una relación adecuada entre los factores anteriormente mencionados, el operador se ve en la necesidad de compensar las diferencias de capacidad de aplicación con cambios bruscos en la velocidad de traslación. El mayor problema es la fatiga producida en los componentes del mecanismo de tracción (engranajes, cruces, cadenas, *sprockets*). Luego de una cantidad de ciclos y de las cargas aplicadas al tractor, se pueden llegar a fracturar uno o varios de los componentes del sistema de tracción y provocar la pérdida de recursos y atrasos en el desarrollo del proyecto. El operador y la persona a cargo del mismo deben estar conscientes de las limitaciones de la máquina y no pretender obtener rendimientos superiores a los especificados para la misma.

### **1.2.2.4. Aplicación correcta de las cargas de trabajo**

Los equipos hidráulicos tienen un margen de entrega de potencia adicional a la que requieren ser sometidos. Esto permite trabajar en condiciones estables. Es muy común encontrar operadores que no respetan los límites de potencia y sobreesfuerzan los equipos para superar dificultades propiciadas por la topografía del tramo a pavimentar, o para sobrellevar un error o condición adversa debido a problemas comunes del proceso de pavimentación. Uno de los errores más comunes en tramos con pendientes pronunciadas es intentar llevar el camión pegado a la máquina todo el tiempo. Lo correcto es disminuir la carga sobre la máquina, botando material en la tolva y separando el camión hasta que la carga en el mismo sea lo suficientemente baja para poder realizar de continuo el empuje, sin esforzar la máquina mas allá de su capacidad.

Otra técnica inadecuada se da cuando el camión bota material frente a la máquina. Lo más común es crear una línea de material al frente de la máquina para que, al pasar sobre él, lo arrastre junto con el material que lleva normalmente al frente de la plancha, pero lo que sucede es que, al dejar este material en exceso al frente de la plancha, la potencia que el tractor debe emplear para mover el material adicional que encuentra a su paso, crea una serie de sobreesfuerzos en el motor de combustión interna, en las transmisiones de potencia, en las bombas hidráulicas y, finalmente en los engranajes, *sprockets* y cadenas, además de las mangueras. Lo correcto es trasegar el material desde el suelo a la tolva para que no sea necesario aplicar un sobreesfuerzo mecánico a la pavimentadora y, además, lograr que el acabado final de la carpeta de concreto asfáltico sea uniforme, lo cual no sucede si la máquina varía su velocidad de aplicación y la temperatura del material.

#### **1.2.2.5. Evitar la segregación y el mal acabado en la parte final de cada cambio de camión en la descarga del material**

El avance longitudinal de la carpeta de concreto asfáltico está determinado por dos variables, que son: el espesor de la capa y el ancho de pavimentación.

Cuando los avances longitudinales son largos, el material que va en los laterales de la tolva tiende a segregarse y a enfriarse. Esto provoca que el material pierda sus propiedades de diseño y la capacidad de adhesión con las otras partículas, debido a que al descender la temperatura del material pierde su manejabilidad. Al suceder esto, y permitir a este material estar hasta el final del carril en estas condiciones, siempre el final del carril tendrá un acabado y una granulometría distinta a la del resto del tramo.

Por lo tanto, se debe mover el material acumulado en las tolvas luego de descargar dos camiones, como máximo.

### **1.2.3. Limpieza y factores de seguridad**

#### **1.2.3.1. Limpieza**

La limpieza de la máquina y los factores de seguridad van de la mano, debido a que se utiliza combustible diesel para realizar la limpieza del sistema de manejo de materiales. Esta limpieza debe hacerse al final de cada jornada de trabajo, pues el concreto asfáltico no necesita compactarse para crear grumos con la resistencia suficiente para dañar componentes metálicos, además de que se adhiere firmemente a las superficies, sin importar si están lisas o no. En el mejor de los casos se crearán desgastes excesivos en las cadenas, paletas e inclusive en los *sprockets* del sistema de manejo de materiales, así como en las placas de deslizamiento del material, pero podría llegar incluso a romper una cadena o a destrozarse los componentes internos y externos de un motor hidráulico, y para evitar daños de esta naturaleza en la máquina, es necesario ser minucioso en cuanto a remover de la misma todos los restos de concreto asfáltico que se acumulan en el sistema de manejo de materiales durante el proceso de pavimentación.

La mejor forma de remover estos restos se consigue rociando combustible diesel sobre las áreas saturadas de material, mientras en aceleración de ralentí, el transportador de paletas hace la función de evacuar el material hacia la parte trasera de la máquina; el material bituminoso que lleva el concreto asfáltico se diluye con la aplicación del combustible diesel, y permite disolver los grumos con mucha facilidad.



Como es imposible aislar las áreas de tránsito peatonal, al momento de rociar combustible diesel, el mismo se esparce por esas áreas haciendo resbaladizo el metal; por lo tanto, se deben adoptar las medidas apropiadas para evitar un accidente al momento de que el operador vuelva a situarse en su consola de operación, con la finalidad de llevar la pavimentadora al área de parqueo.

### **1.2.3.2. Factores de seguridad**

Los factores de seguridad son parte vital de la operación adecuada de la máquina, pues representan para el operador, y para las personas involucradas en la pavimentación, una garantía en el esfuerzo de evitar accidentes durante la jornada de trabajo.

A continuación se presenta un listado de las recomendaciones a tomar en cuenta, cuya aplicación reduce el riesgo de accidentes:

- a. Cada vez que aparece este símbolo se debe tomar en cuenta que se está dando una advertencia de peligro de daños personales y/o a la pavimentadora.



- b. El 100% de áreas de la pavimentadora se encuentran a temperaturas elevadas, lo que puede causar quemaduras severas.
- c. No se debe caminar o moverse sobre la pavimentadora cuando está en movimiento, porque existe el riesgo de caídas y/o quedar atrapado en partes en movimiento.

- d. No se debe operar la pavimentadora sin estar sentado frente a la consola de operación, pues bajo ciertas condiciones es probable que la transmisión mecánica se desconecte y libere el sistema de tracción, dando como resultado un desplazamiento repentino a una velocidad fuera de los límites acostumbrados; debe tomarse en cuenta que el radio de giro de la pavimentadora es muy limitado, no puede maniobrarse como un vehículo de carga. Además, se debe cambiar a velocidad baja de pavimentación cuando las pendientes sean mayores al 6%.
  
- e. Por ninguna razón debe abastecerse de combustible a la máquina, o utilizar el sistema de lavado con combustible Diesel, mientras se está calentando la plancha, pues se corre el riesgo de provocar un incendio.
  
- f. Todas las personas que están en contacto con la máquina deben vestir ropas ceñidas. De esta forma se logra evitar que en algún momento uno de los componentes en movimiento pueda atrapar alguna parte de la vestimenta, y llevar a la persona hacia dichos componentes.
  
- g. Nunca dé servicio, ajuste o lubricación a la pavimentadora cuando esté en movimiento, o cuando aún está demasiado caliente; debe esperar a que la temperatura haya bajado muy cerca de la temperatura ambiente.

- h. Cuando la pavimentadora esté en movimiento hacia el área de parqueo, la aplicación de los frenos de pie debe evitarse, pues se corre el riesgo de que ocurra un giro brusco y se provoque un accidente.
- i. Cuando se dé una fuga en el sistema hidráulico, debe utilizarse un cartón para determinar el punto exacto de la fuga. En ocasiones las fugas de aceite a alta presión son imperceptibles a la vista y pueden penetrar la piel y causar heridas graves e incluso la muerte; si esto sucede, debe acudir a un médico inmediatamente.
- j. Deben utilizarse siempre las escaleras y pasarelas diseñadas para el paso peatonal. No se debe saltar de la máquina o bajar por la parte de adelante, pues se corre el riesgo de caer.
- k. No se deben dejar calentando las planchas más de 15 minutos, porque pueden dañarse los cables eléctricos y provocar un incendio.
- l. Debe avisarse inmediatamente al operador cuando se escuche un sonido extraño, o cuando alguna pieza de la máquina se desprenda. Nunca se debe intentar solucionar el problema sin que el operador se entere, porque puede darse un movimiento brusco de la máquina o de algún componente cercano al área con problemas, y atrapar un brazo o una pierna. Incluso el atrapar una herramienta puede provocar golpes graves cuando sea partida o aventada por el sistema que la atrapó.



## 2. COMPONENTES DE LA PAVIMENTADORA

### 2.1. Transmisión de potencia

La transmisión de potencia permite, por medio de diversos mecanismos, brindar parte de una potencia total generada a diversos puntos de una máquina, según lo requiera el proceso que ejecuta la misma, o según lo desee el operario. Si se desea esquematizar la transmisión de potencia en la pavimentadora se debe hacer de la siguiente forma:

- a. Tiene su punto de partida en el motor de combustión interna (figura 14).
- b. Es transmitida por un eje de propulsión como se muestra en la figura 15.

Figura 14. **Motor de combustión interna**

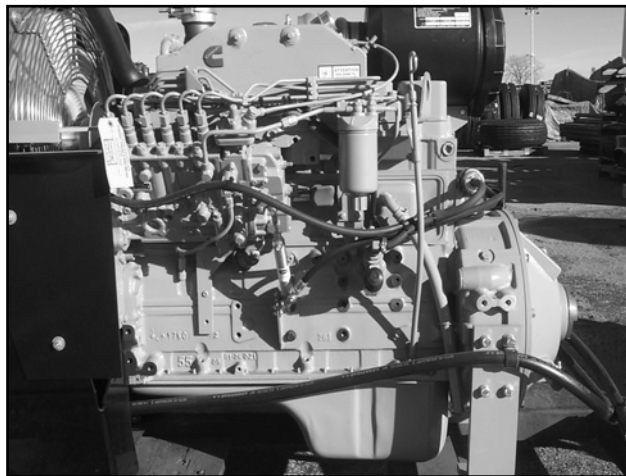
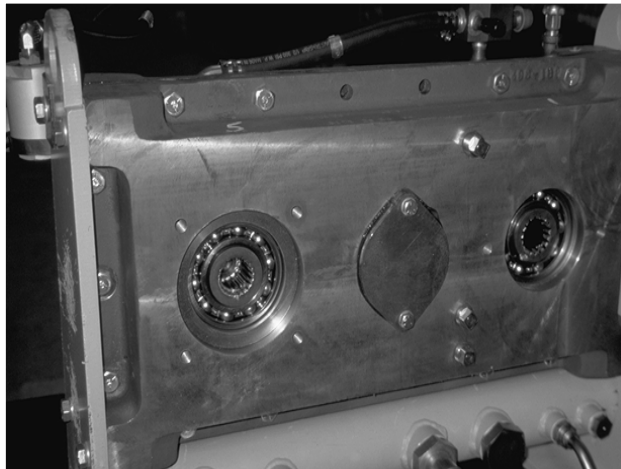


Figura 15. **Eje de propulsión**



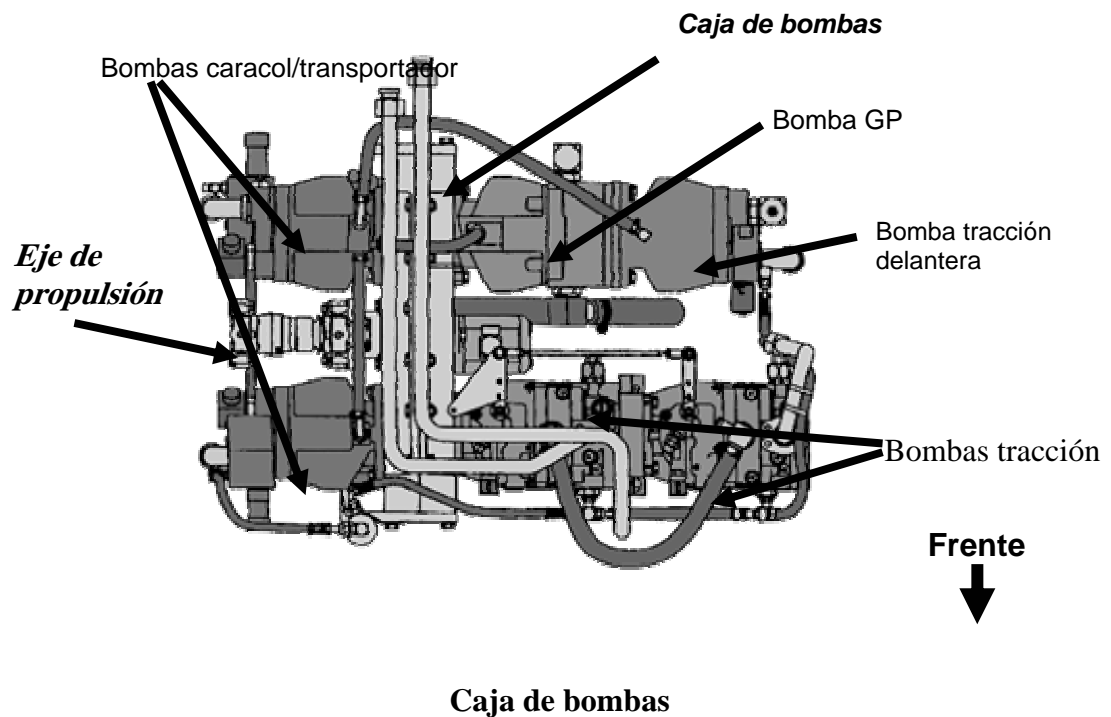
Figura 16. **Caja de engranajes y bombas**



- c. Pasa a una caja de engranajes (figura 17), la cual provee el movimiento rotacional para las bombas hidrostáticas.

En esta caja se transmite el movimiento rotacional dado por el motor de combustión interna a 1800 r.p.m.; al acoplar las bombas hidrostáticas a dos engranajes. Estos se acoplan a las bombas por medio de ejes estriados y reciben el movimiento del engranaje central que va acoplado directo al eje de propulsión, como se muestra en la figura 17, el cual es movido por el embrague del motor.

Figura 17. **Caja de engranajes**



Fuente: **Manual de equipos de pavimentación**, presentación *power point* "sistema de propósito general", diapositiva 9.

- d. Luego continúa por medio de las distintas líneas de distribución hasta llegar a los motores hidráulicos (que están acoplados a ejes con *sprockets* que mueven cadenas, o a transmisiones de engranajes) y a los cilindros, que producen movimientos alternativos en los distintos componentes de la pavimentadora.

### **2.1.1. Motor de combustión interna**

En la gran mayoría de maquinaria, la producción de potencia se da en un motor de combustión interna, y se ha encontrado la forma más económica de producir potencia en un motor, al utilizar el combustible diesel (figura 14).

Este tipo de combustible necesita de una compresión muy alta sobre la mezcla de aire-combustible para efectuar su combustión y proporcionar el movimiento alternativo de los pistones que se convierte en movimiento rotacional en el cigüeñal. La construcción de este tipo de motor es robusta, debido a las altas cargas que se desarrollan en sus componentes; lo que lo hace ideal para su aplicación en una pavimentadora. Como ventaja mecánica de la aplicación de este motor se tiene el bajo consumo de electricidad, lo que permite concentrar casi la totalidad de energía producida por el alternador en la demanda de las electroválvulas del sistema hidráulico, las luces de parqueo y de trabajo nocturno, los sensores de auto nivelación y autoalimentación, la alarma de retroceso, la bocina y los motores de fuerza de las bombas del transportador de paletas, las compuertas de flujo y, finalmente, la carga al acumulador.



Otra ventaja es que el Diesel es el solvente ideal para eliminar el cemento asfáltico, ya que, siendo un aceite, no se evapora de forma inmediata, no se inflama al contacto con altas temperaturas y, por lo tanto, brinda el mejor de los resultados para unificar en un solo depósito el fluido que llena las características de ser combustible para el motor de combustión interna, combustible para los calentadores de las estufas de la plancha y fluido para la limpieza de la pavimentadora al finalizar la jornada. De esta manera se maximiza espacio en la distribución de los componentes de la pavimentadora.

### **2.1.2. Engranajes y reductores**

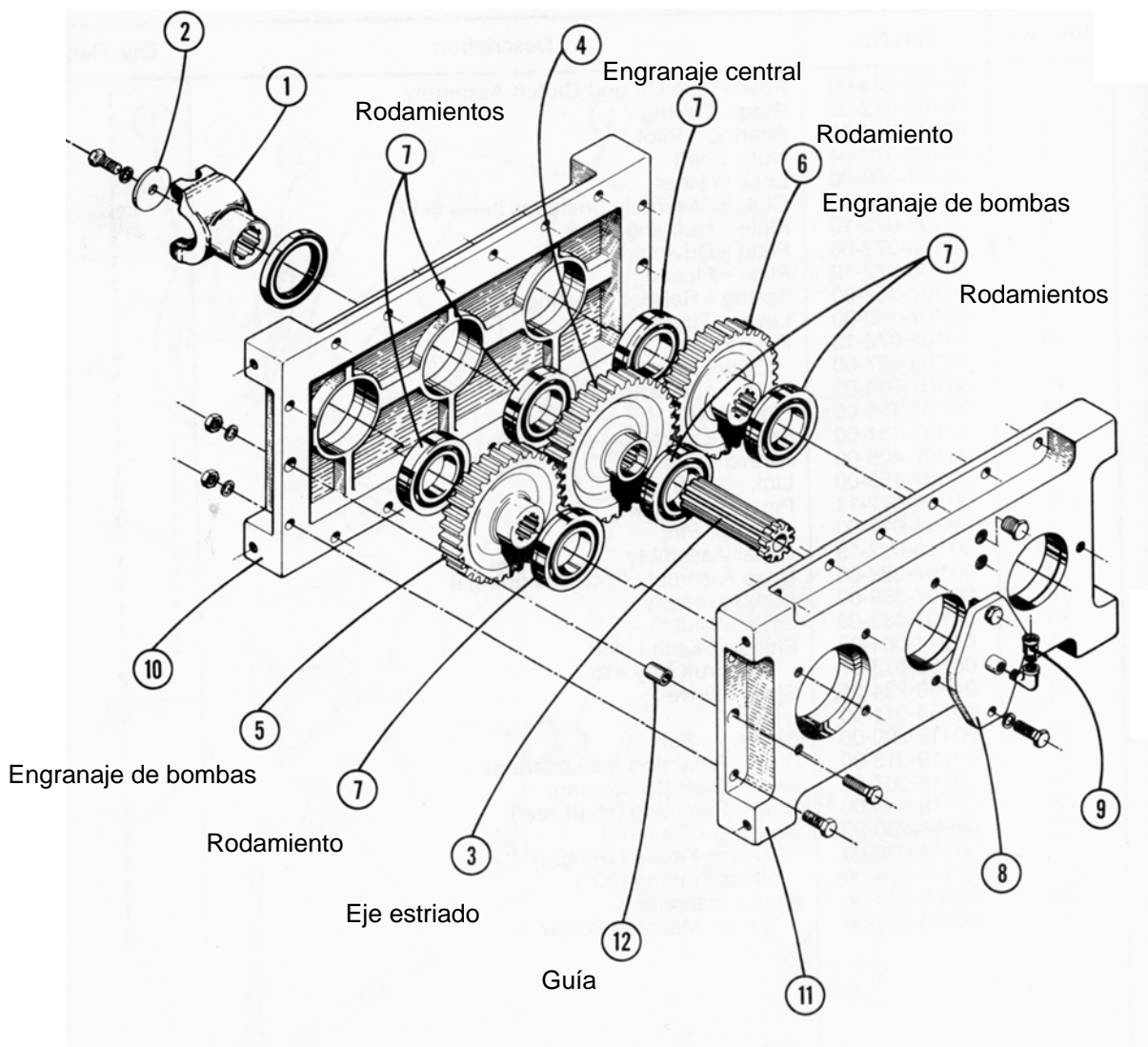
Los engranajes son parte indispensable de la transmisión de potencia. Por medio de ellos se puede convertir un movimiento rotacional rápido en un movimiento rotacional lento que brinde mayor torque, y esa es en esencia su función en la pavimentadora. En la figura 18 se muestra el engranaje central de la caja de bombas.

Figura 18. **Engranaje central de caja de bombas**



La caja de bombas es el primero de los reductores que se encuentran en la cadena de transmisión de potencia. Los tres engranajes contenidos en la misma tienen una construcción robusta, con dientes rectos, como se muestra en la figura 19.

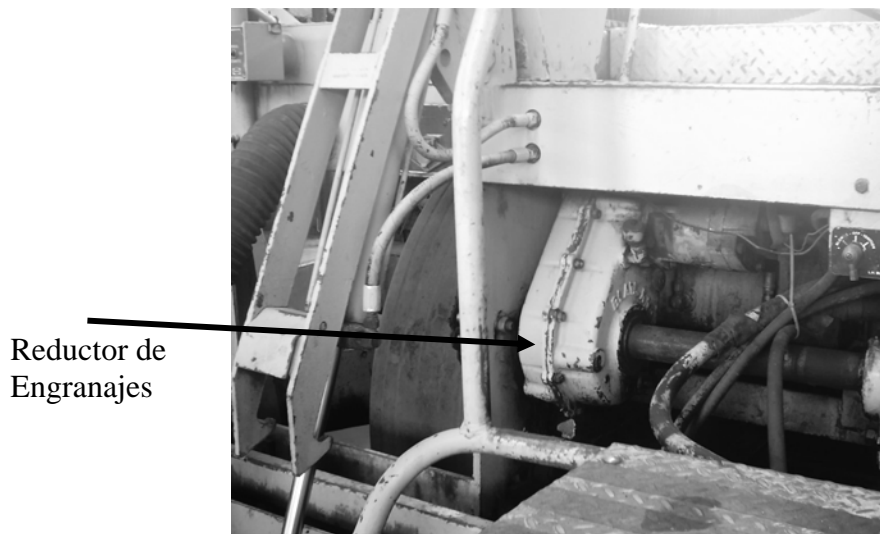
Figura 19. **Caja de bombas**



Fuente: **Manual de partes *blaw knox* PF172-P-5-92-1000**, página A10.

Un reductor (figura 20) está compuesto de varios engranajes, rodamientos y ejes, así como un depósito de aceite para la lubricación de los engranajes y rodamientos; y tiene como función disminuir la velocidad de rotación para realizar movimientos lentos de alto torque.

Figura 20. **Reductor de transportador de paletas**



De ordinario se dan combinaciones de engranajes de dientes rectos y de dientes helicoidales en los reductores, dependiendo del diseño y de la potencia a transmitir, así como de las revoluciones por minuto de entrada y salida en el reductor, por ejemplo en la pavimentadora. Un motor hidráulico transmite el movimiento rotacional y la potencia al sistema de tracción. Este motor hidráulico está conectado a una transmisión similar a una caja de velocidades de automóvil, y de un movimiento con altas revoluciones se pasa a un movimiento de bajas revoluciones para producir tres tipos de velocidad de traslación en la pavimentadora.

Dos de estas velocidades pueden catalogarse en el rango de velocidades de operación; y la tercera exclusivamente como velocidad de traslación. Internamente, en el reductor se encontrarán engranajes de dientes helicoidales integrados a un eje que también tiene engranajes con dientes rectos, y de esta manera se pueden acoplar ambos tipos de engranajes en un mismo eje para transformar la potencia en el resultado deseado. Otra característica de los engranajes está dada por la forma de sus dientes, que, sin importar que sean rectos o helicoidales, pueden variar en los siguientes tipos:

- a. Con dientes de perfil recto (figura 21)
- b. Con dientes de perfil modular (figura 22)

Figura 21. **Engranaje de dientes con perfil recto**



Figura 22. **Engranaje de dientes con perfil modular**



Los engranajes que transmiten potencias altas necesitan ser tratados térmicamente para funcionar en forma adecuada; de lo contrario, se dañarán con mucha facilidad. La dureza del acero con que están contruidos los engranajes de ordinario no es suficiente para soportar las condiciones de operación, y debido a que un acero duro no es fácilmente maquinable, se debe fabricar el engranaje con un acero maquinable y, luego, realizar un tratamiento térmico, que le provea las propiedades necesarias a la superficie de los dientes (dureza Rockwell c = 52) para soportar la acción de las cargas sobre las áreas de contacto de los mismos.

### **2.1.3. Sprockets y cadenas**

Cuando se necesita transmitir movimiento en componentes no alineados axialmente, las cadenas y los *sprockets*, son una opción para lograr ese propósito. Comúnmente estas cadenas son lubricadas con aceite o grasa, pero existen algunas aplicaciones, como en la pavimentadora, en que los materiales tienen las propiedades necesarias para trabajar sin lubricación (figura 23).

Figura 23. **Cadena y *sprocket* de transportador de paleta**



También puede transmitirse la potencia por medio de fajas, pero debido a las altas cargas y los espacios reducidos de que se dispone, las cadenas son el mejor elemento para este propósito.

#### **2.1.4. Sistema hidráulico**

El sistema hidráulico u óleo hidráulico es ampliamente utilizado por los fabricantes de maquinaria, ya que permite en espacios reducidos o con formas irregulares, como se muestra en las figuras 24 y 25, ubicar bombas y válvulas, y, por medio de tuberías y mangueras, llevar la potencia requerida a los distintos puntos de la máquina.

Figura 24. Sistema hidráulico con espacios reducidos

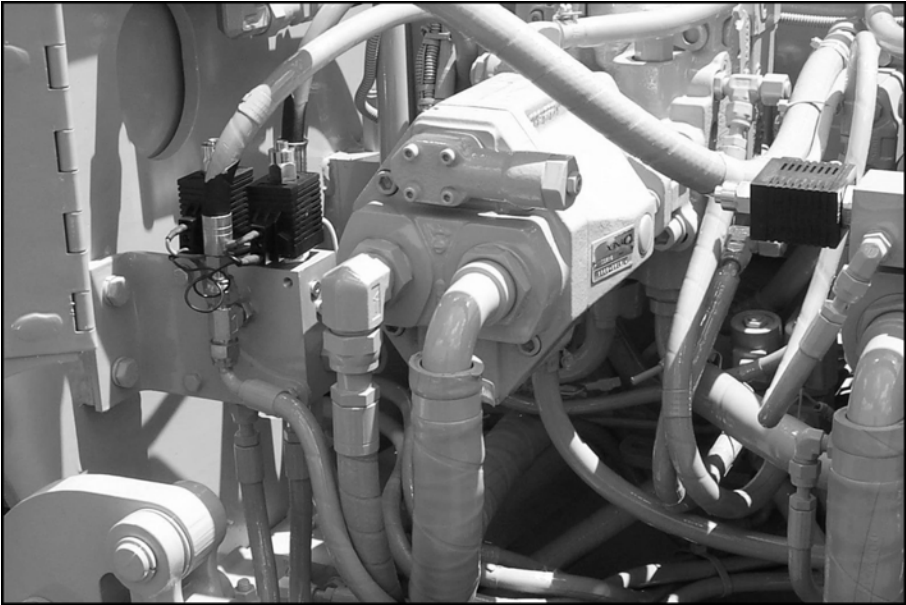
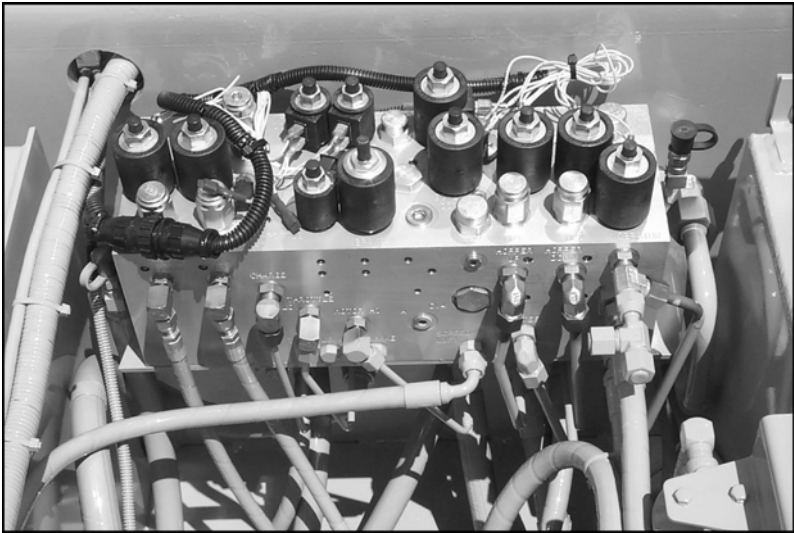
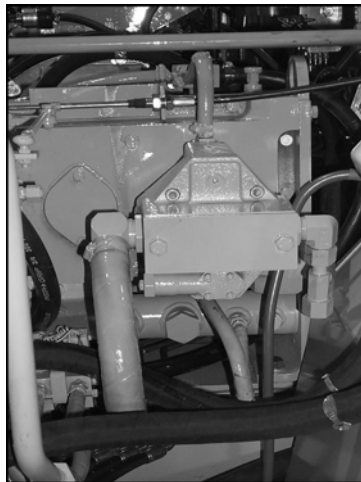


Figura 25. Mando central de electro válvulas



Existen lubricantes específicos para cada sistema, y debe considerarse muy cuidadosamente la compatibilidad de los metales de los componentes de bombas y válvulas con las propiedades de los lubricantes. Deben utilizarse las mangueras (figura 26) con diámetros y construcción adecuada para las presiones, caudales y temperaturas que se alcanzan en las fases críticas de operación.

Figura 26. **Tipos de mangueras**



También se deben utilizar los sellos (retenedores y *O rings*) fabricados con el material adecuado para las temperaturas de trabajo, así como para el tipo de lubricante que han de contener (figuras 27 y 28).



Figura 27. **Retenedor de aceite**



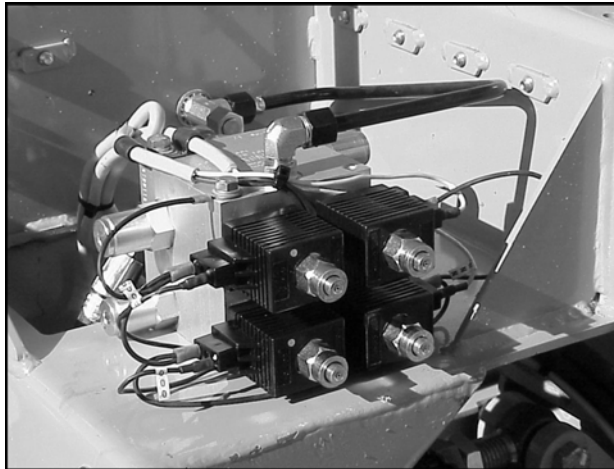
Figura 28. **Sellos tipo O ring**



En la pavimentadora se utilizan 5 bombas como mínimo; dos que dan potencia al sistema de alimentación: son las que proveen la potencia para los transportadores de materiales; al menos una bomba que provee la potencia para la traslación; una bomba que da potencia a las ruedas delanteras para pendientes pronunciadas y bases blandas, y una última bomba que provee la potencia para los implementos más pequeños (cilindros, controles de dirección y motores hidráulicos de vibración).

El sistema de control de pasos de aceite en la pavimentadora se compone en un 100% de electro válvulas como se muestra en la figura 29.

Figura 29. **Electro válvulas**



En un solo tablero de mando (figura 30), se pueden controlar la mayoría de los movimientos de la máquina. Algunos movimientos son controlados en los tableros colocados en la plancha (figuras 31 y 32). Debido a que la persona que opera esta parte de la máquina es quien tiene el control visual de la trayectoria de las extensiones respecto a bordillos, muros, postes y tragantes, también puede corregir problemas con el volumen de alimentación.

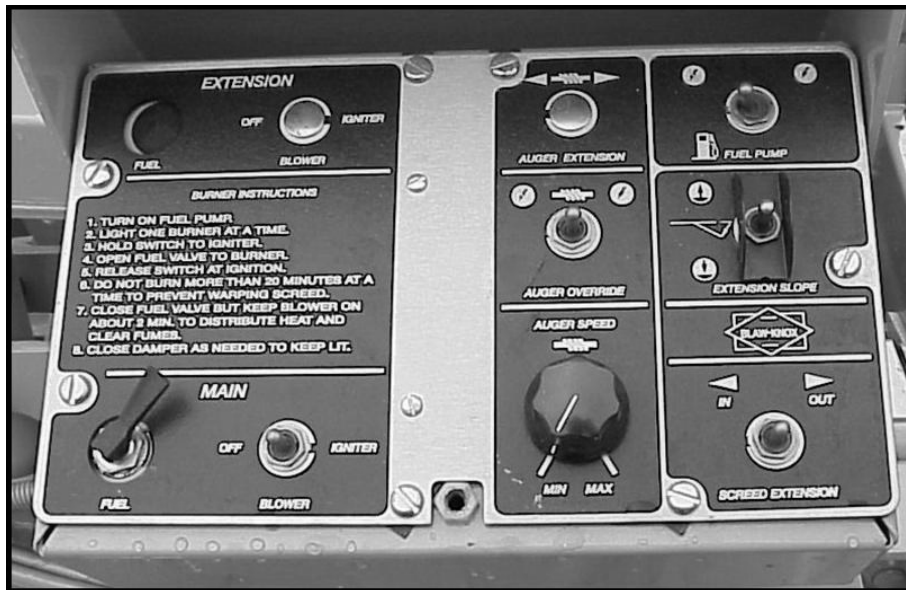
Figura 30. Tablero principal



Figura 31. Tablero izquierdo de plancha



Figura 32. Tablero derecho de plancha



### 2.1.5. Sistema de tracción

En la parte mecánica, el sistema de tracción está compuesto de la siguiente forma:

- a. transmisión de 3 velocidades
- b. eje de propulsión
- c. diferencial
- d. flechas
- e. *sprockets*
- f. cadenas
- g. bufas
- h. ruedas

El sistema completo de tracción es similar al de un vehículo de carga pesada, con la única diferencia de que en el extremo de las flechas no va acoplada la bufa, sino un *sprocket* que lleva el movimiento rotacional hacia la rueda por medio de una cadena. Las ruedas traseras tienen un diseño de flotación en el neumático, y un aro con *sprocket* incorporado para proveer la tracción aplicada al suelo como se muestra en la figura 33.

Figura 33. **Aro con *sprocket***



Los neumáticos contienen una solución compuesta de 100 libras de cloruro de calcio por cada 20 galones de agua, lo que da un total de 25 galones de solución química. El propósito de este tipo de solución es evitar que el agua se congele en climas con temperaturas extremadamente bajas. El 75% del neumático lleva este tipo de solución, y el resto es aire. En el inciso 3.1.4. se describe detalladamente el proceso de medición de presión y llenado de los neumáticos principales de tracción.

## 2.2. Plancha flotante

### 2.2.1. Eje de vibración

El eje de vibración está montado sobre chumaceras que van sujetadas al chasis de la plancha por medio de dos tornillos cada una, como se puede ver en la figura 34. En la parte principal, la plancha lleva una junta universal en el centro, para facilitar el montaje y desmontaje de las dos mitades que lo componen, como se muestra en la figura 35. También posee un juego de pesas excéntricas; estas pueden colocarse en distintas posiciones para disminuir o intensificar la vibración en la plancha (figuras 36 y 37).

Figura 34. Fijación de ejes de vibración

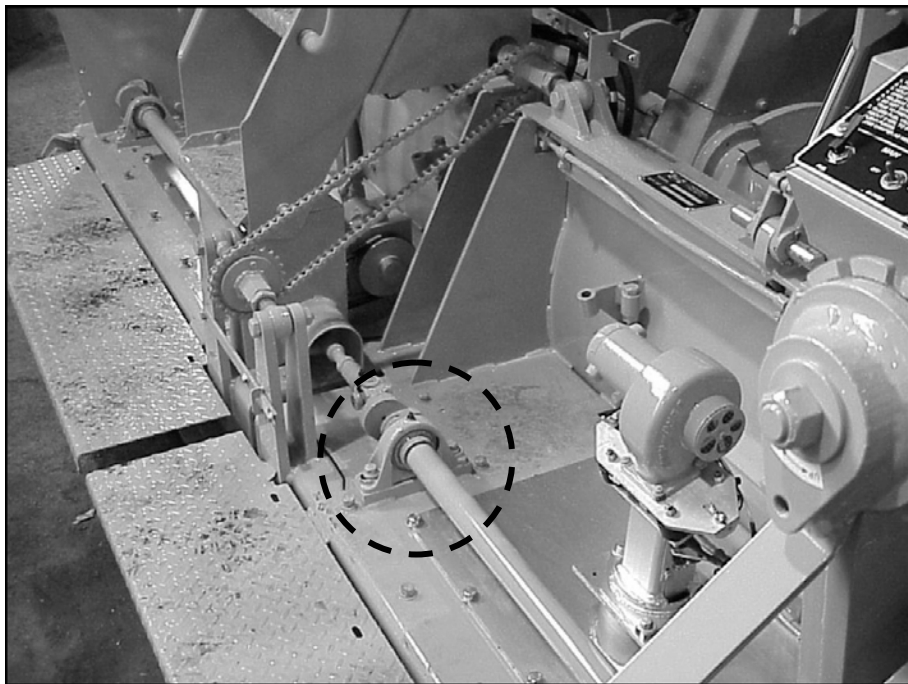


Figura 35. Junta universal de eje de vibración

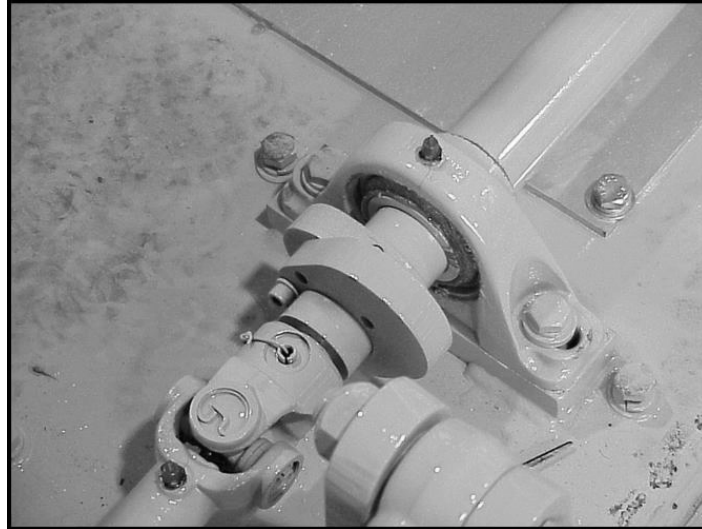
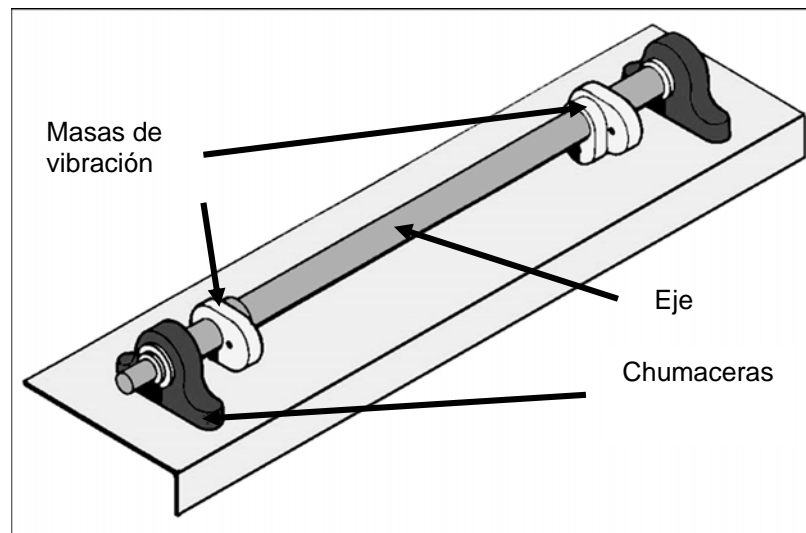
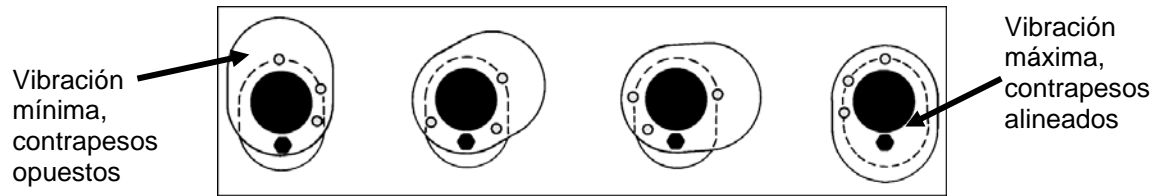


Figura 36. Pesas excéntricas de eje de vibración



Fuente: Manual de pavimentación *blaw knox* PA-MA-R-10-92-10000, página B27.

Figura 37. Posiciones de las pesas excéntricas del eje de vibración



Fuente: **Publicación PA-MA-R-10-92-10000** de *ingersoll rand*, página B27.

Uno de los extremos del eje va acoplado a una motor hidráulico que le provee el movimiento rotacional como se muestra en la figura 38. El acople está conformado por dos partes metálicas cada una en los extremos, y una parte central fabricada con polímero para reducir el efecto de la vibración sobre el motor hidráulico (figura 39).

Figura 38. Motor y eje de vibración

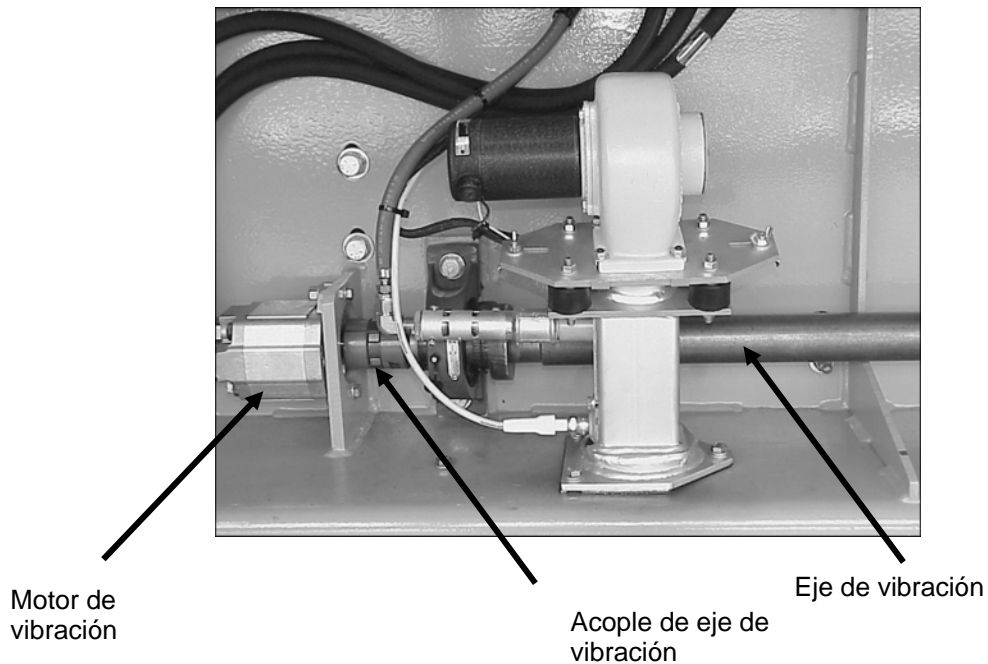
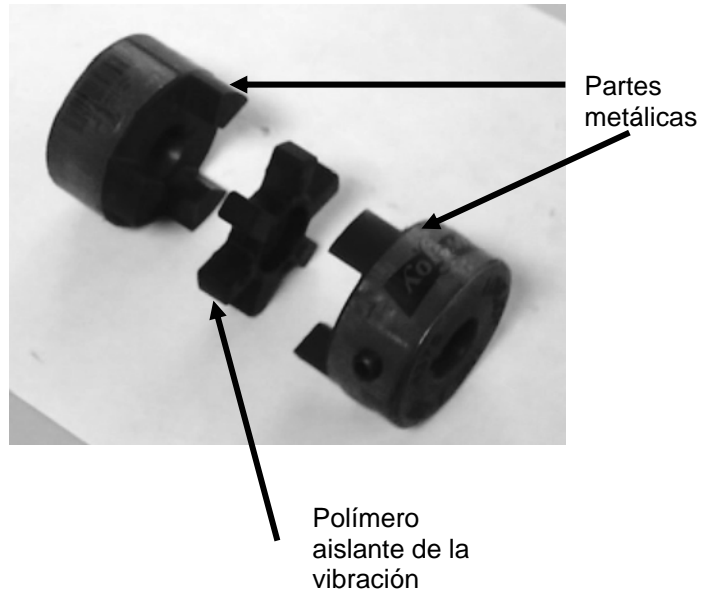




Figura 39. **Acople de motor y eje de vibración**

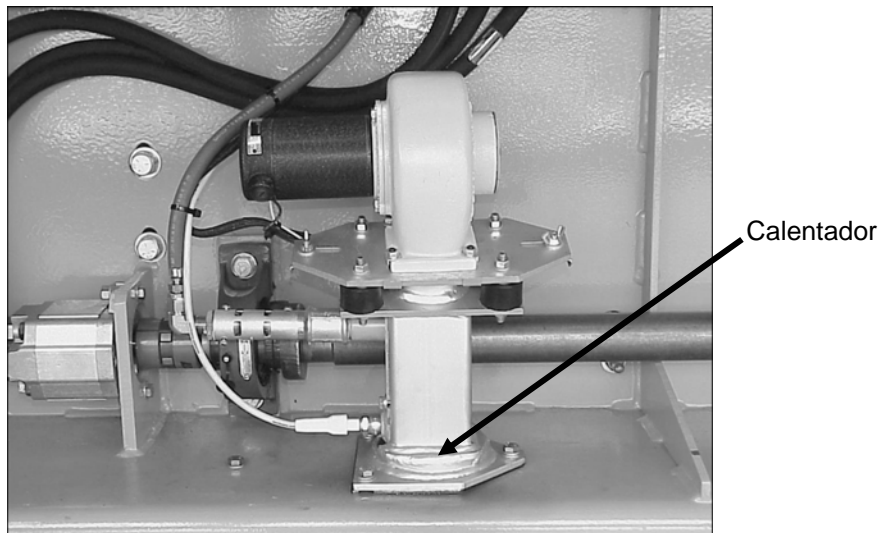


En las extensiones va montado un eje de vibración corto, acoplado en un extremo a un motor hidráulico, con pesas excéntricas para intensificar la vibración, y sujetado por dos chumaceras.

### 2.2.2. Calentadores

Bajo los ejes de vibración están las placas que conforman el concreto asfáltico, y entre ambos se encuentran los calentadores (figura 40).

Figura 40. **Calentadores de la plancha**



Estos son necesarios para proveer al inicio de la pavimentación una temperatura de trabajo a las placas. Sin esta temperatura inicial de trabajo, el asfalto se pegaría a la placa y el acabado de la superficie sería de mala calidad.

Los calentadores están formados por los siguientes componentes:

- a. hornilla
- b. Boquilla de inyección de combustible
- c. electrodos
- d. bobina
- e. motor eléctrico y ventilador

La hornilla está fabricada de metal, y como se muestra en la figura 41, orienta la llama producida por el quemador hacia la placa de acabado para generar el calor necesario en esa área; por medio de lumbreras, el calor de esta llama se transmite hacia las extensiones de la plancha, como se muestra en la figura 42.

Figura 41. **Hornilla del calentador**

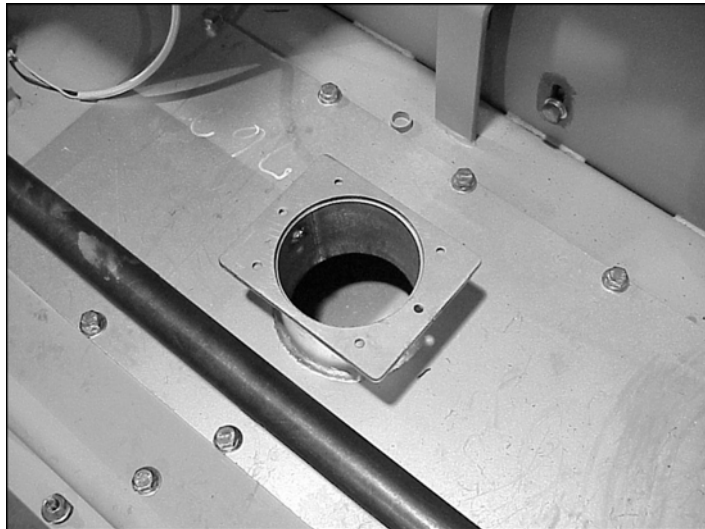
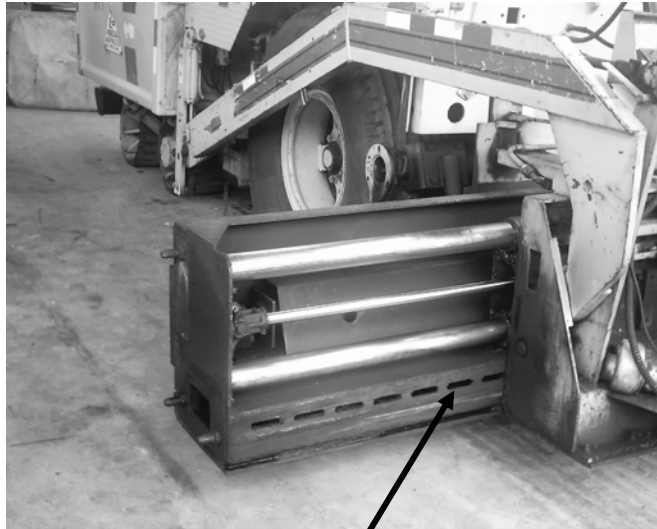


Figura 42. **Lumbreras de calentamiento de extensión**

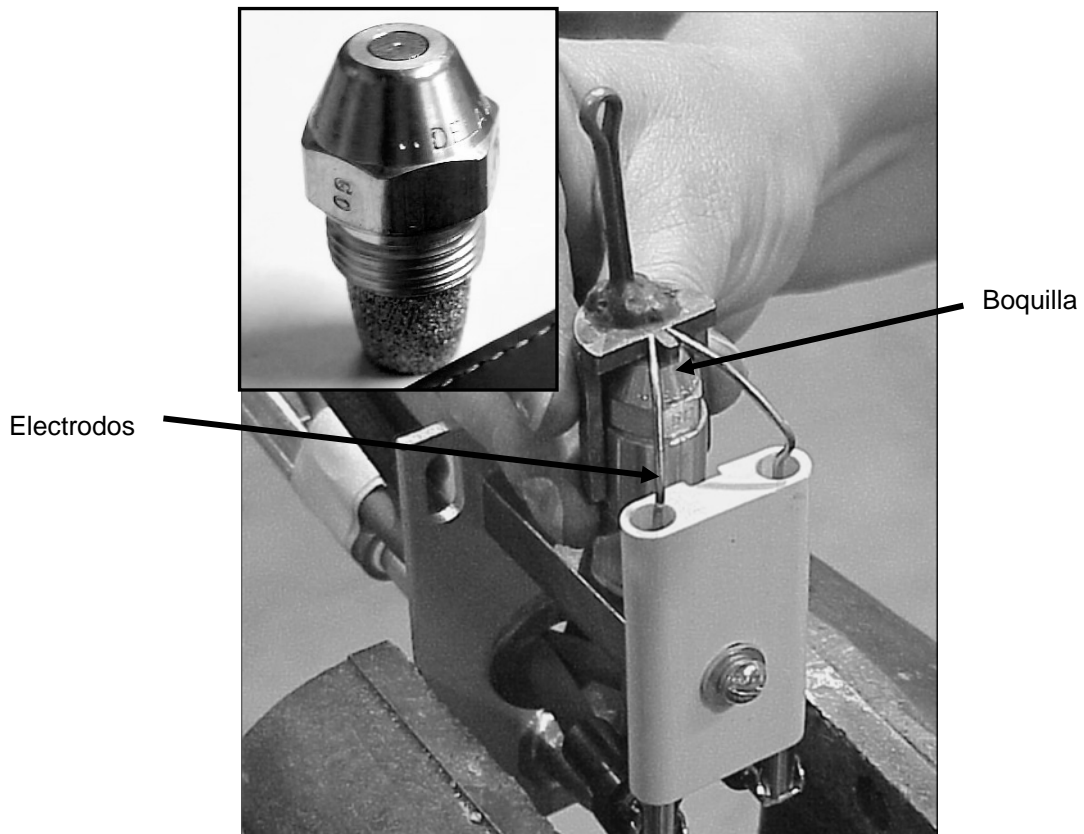


Lumbreras para calentamiento

Las boquillas de inyección de combustible están alimentadas por una bomba, que provee el combustible a 125 p.s.i. Aquellas permiten el paso a la cantidad adecuada de galones por minuto para maximizar el consumo de combustible al momento del calentamiento de la plancha.

Los electrodos producen un arco eléctrico para realizar la combustión en la estufa, pues el diesel necesita una ignición inicial debido a que no existe compresión dentro de la estufa para su combustión (figura 43).

Figura 43. **Boquillas de inyección de combustible de calentadores**



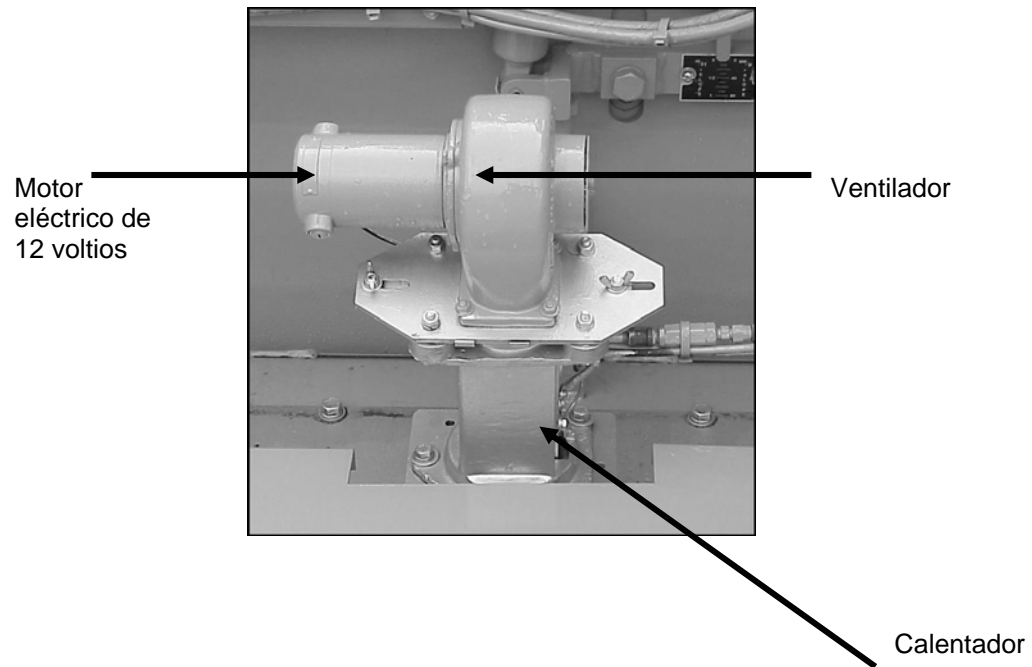
La bobina actúa de la misma forma que las bobinas de los vehículos, recibiendo 12 voltios en su entrada y transformando este voltaje a unos 18,000 voltios, logrando de esta forma proveer la energía a los electrodos para realizar la combustión dentro de la estufa (figura 44).

Figura 44. **Bobina de calentadores**



El motor eléctrico y el ventilador proveen el oxígeno necesario para la combustión, y permiten a la vez la purga de los gases de combustión al momento de terminar de calentar las planchas, lo cual contribuye a la reducción de cenizas y hollín dentro de la estufa, para que no se formen brasas y pueda existir el riesgo de un incendio, y para que los depósitos internos causados por la oxidación del metal debido al calor no se acumulen tan rápidamente que obliguen a realizar limpiezas continuas, debido a que una capa de hollín no permite la transferencia del calor uniformemente a las placas de la plancha (figura 45).

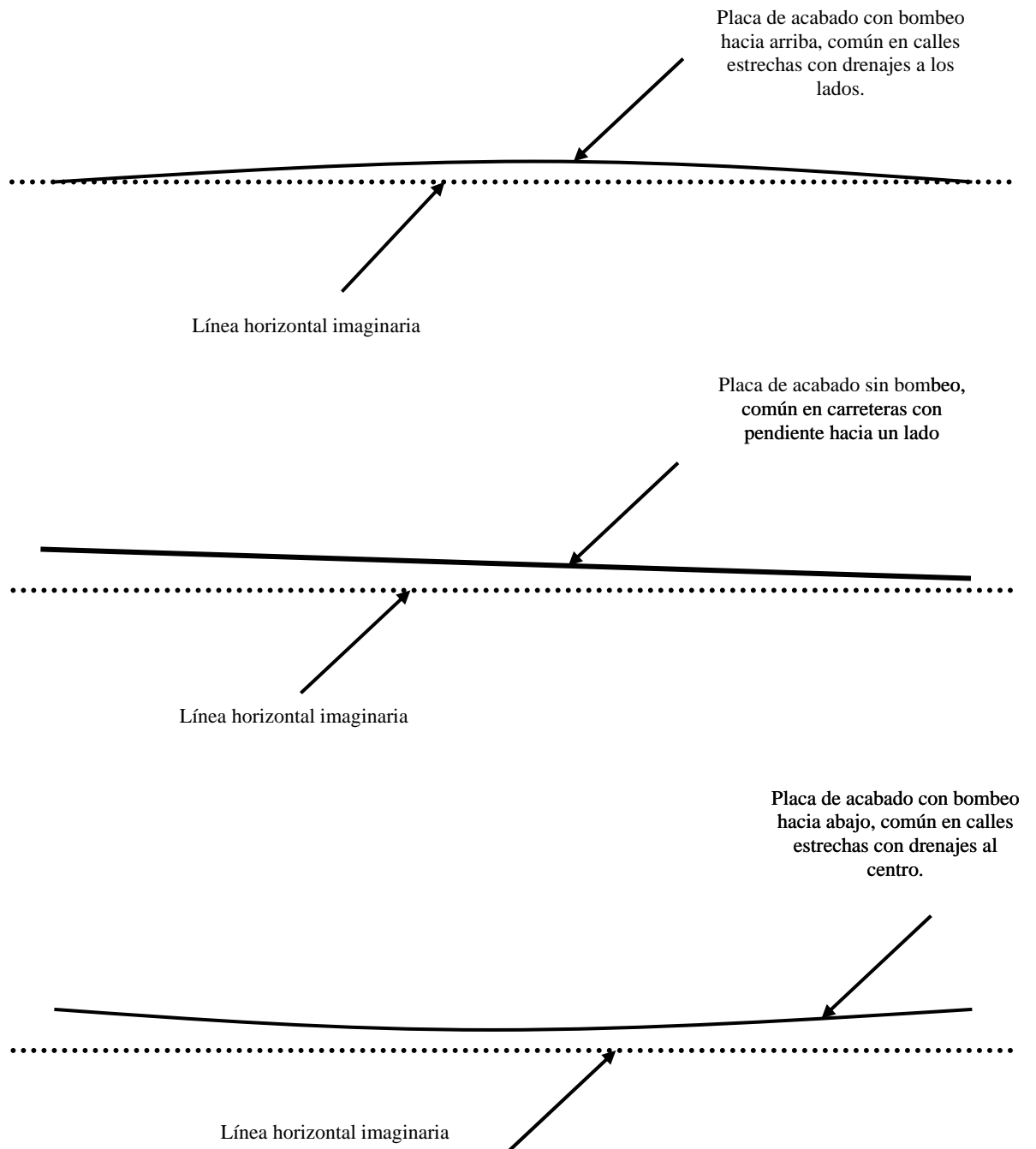
Figura 45. **Motor eléctrico y ventilador de calentadores**



### 2.2.3. Placa de acabado

La placa de acabado es la que tiene contacto con el material en colocación. Está fabricada de un acero con una dureza superficial de 500 brinell, para que pueda resistir la abrasión que causa el deslizamiento del material en el momento en que se da el proceso de extrusión de la mezcla asfáltica con la que se está pavimentando. La placa principal (figura 47) tiene 3 cortes transversales en la parte central, los cuales le permiten ser flexible (formar un arco conocido como bombeo) para adaptarse a las distintas formas que puedan necesitarse en la colocación del concreto asfáltico. En la figura 46 se muestran las tres formas en que puede ajustarse la placa principal.

Figura 46. Ajustes de la placa principal de acabado





Además posee una pestaña con ángulo de salida del material (figura 48), para proveer en este punto una aplicación de carga instantánea que ayude a realizar una compactación alta en la carpeta.

Figura 47. **Placa principal de acabado**

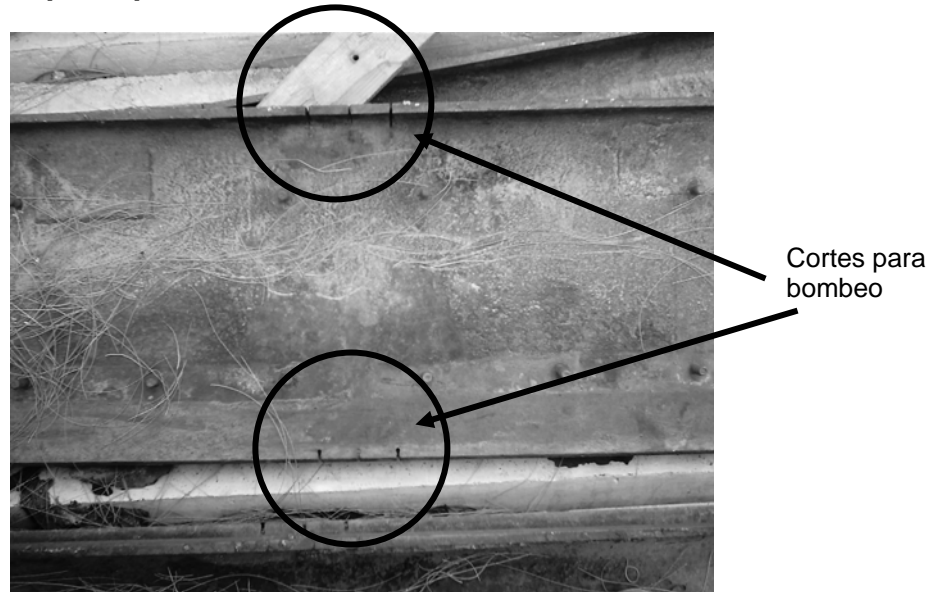
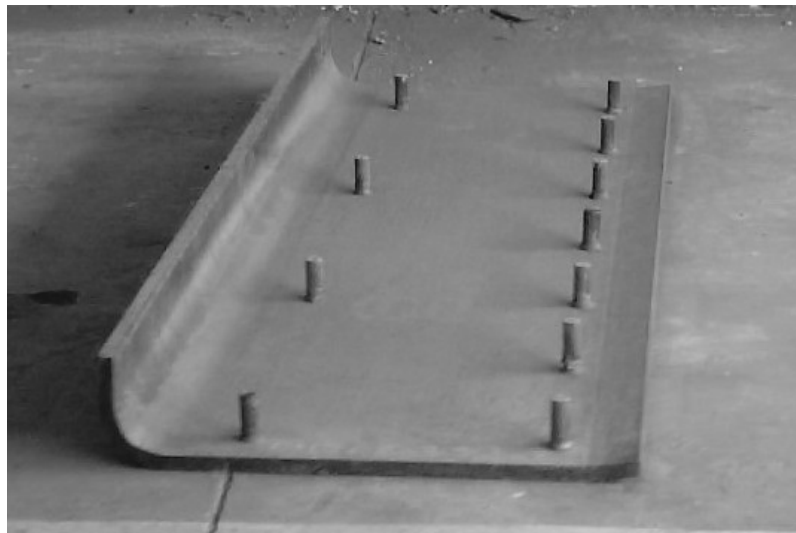


Figura 48. **Angulo de salida en placa de acabado**



Las extensiones de la plancha tienen placas similares a la principal, pero no tienen cortes centrales debido a que no es necesario adaptar las extensiones a las formas que se adapta la placa central, como se muestra en la figura 49.

Figura 49. **Placa de acabado de extensión**



#### **2.2.4. Placas de ataque o prenivelación**

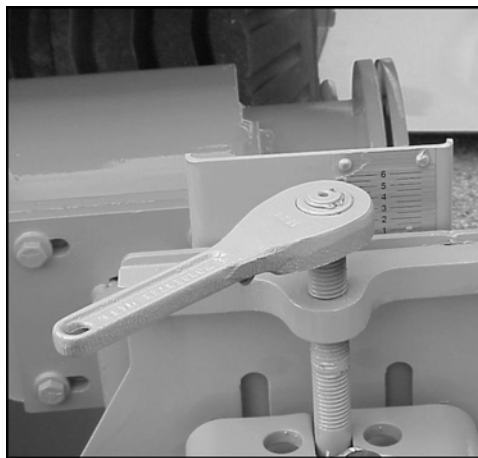
Las placas de ataque o prenivelación tienen como propósito iniciar el proceso de extrusión de la mezcla asfáltica hacia la placa de acabado principal, de modo que no se produzca un desgaste excesivo en las mismas y que el proceso de extrusión y precompactación brindado por la plancha sea más eficiente. Estas placas tienen mecanismos de ajuste para configurar la altura necesaria de trabajo, la cual depende del espesor de la carpeta asfáltica que se ha de colocar.

En la figura 50 se muestra la placa de pre-nivelación, y en la figura 51 se muestran las manecillas para graduar la altura de trabajo de las mismas.

**Figura 50. Placas de pre-nivelación**



**Figura 51. Manecillas de ajuste de placas de pre-nivelación**



### **2.2.5. Extensiones**

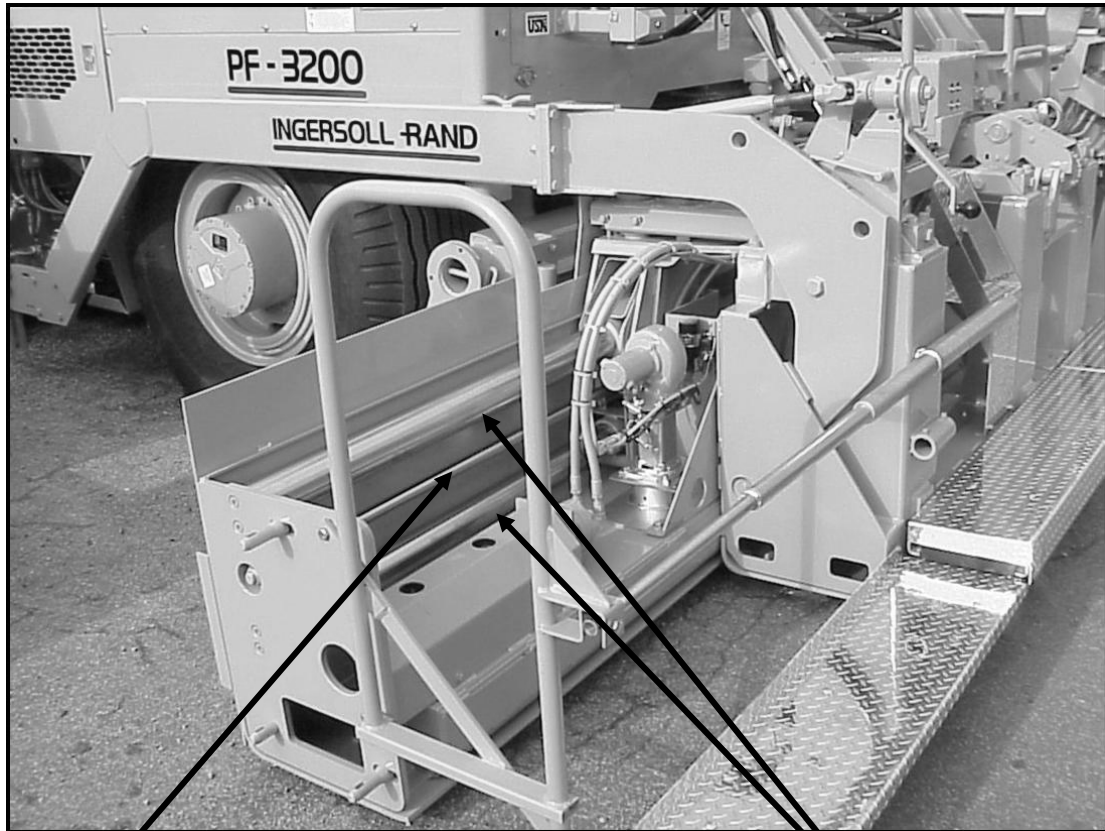
Las extensiones de la plancha son componentes que permiten extender el ancho de la misma, para lograr un mayor rendimiento. Pueden agregarse a las mismas, segmentos de extensión para maximizar el ancho, pero normalmente no es necesario, y además utilizar estos segmentos tiene su limitante en la potencia del tractor, para que pueda realizar su trabajo de empuje.

Cada extensión está compuesta de las siguientes partes:

- a. eje de vibración
- b. cámara de calentamiento
- c. placa de acabado
- d. cilindro hidráulico de desplazamiento
- e. manecillas para ajustes
- f. barras de desplazamiento
- g. compuertas laterales

Los componentes de la extensión son básicamente los mismos de la placa principal. Las variantes se encuentran en que las extensiones no tienen calentadores, reciben calentamiento de las estufas por medio de lumbreras o conductos que las interconectan. Los cilindros hidráulicos cumplen la función de desplazar la extensión hacia afuera o hacia adentro de la pavimentadora para ajustar el ancho a pavimentar, van fijados al chasis de la plancha, y paralelas a ellos van las barras de desplazamiento que cargan y guían el movimiento de entrada y salida de las extensiones, como se muestra en la figura 52.

Figura 52. **Cilindro hidráulico y barras de guía de extensión**

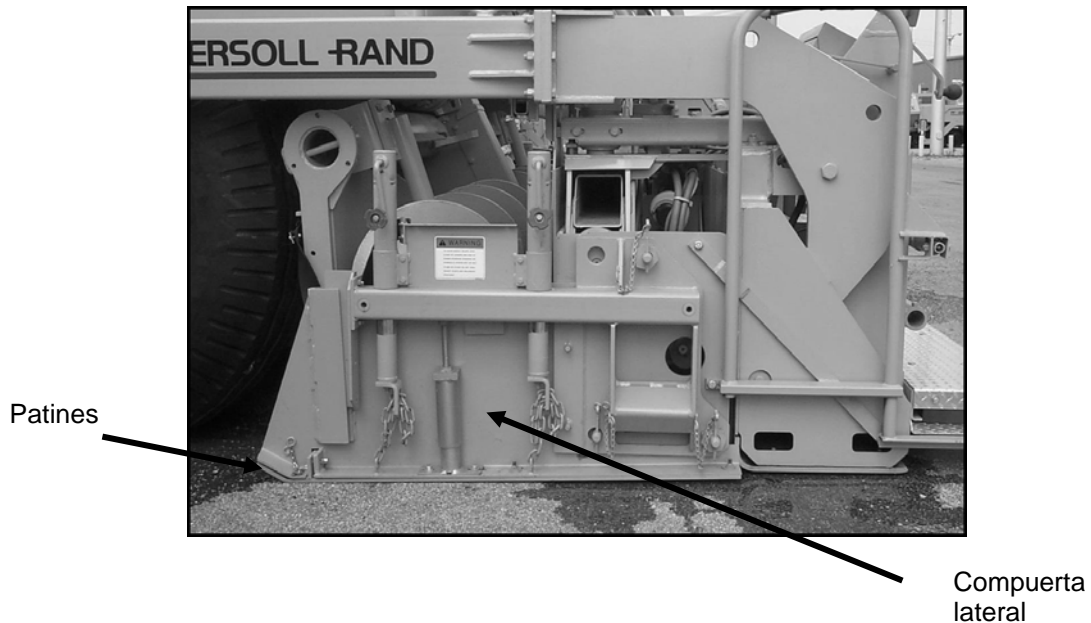


Barra de  
cilindro

Barras de  
guía de  
extensión

Las compuertas laterales tienen como función principal contener la mezcla en colocación, para delimitar el ancho deseado. Cuentan con dos niveladores de tipo tornillo sinfín, los cuales permiten ajustar la altura de la compuerta de acuerdo al área en que se ha de desplazar la misma. En la parte inferior utilizan placas en forma de patines de desgaste para proteger la estructura principal, ya que van arrastrándose continuamente contra la superficie del asfalto existente o sobre la base, como se muestra en la figura 53.

Figura 53. **Compuertas laterales**



### 2.2.6. **Ángulo de ataque**

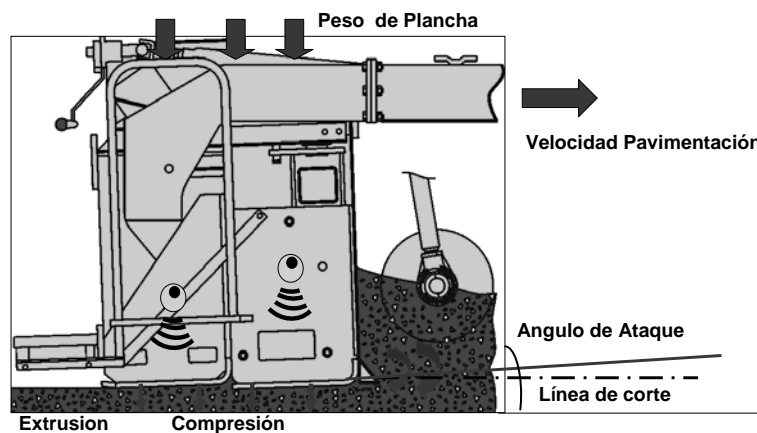
El ángulo de ataque no es en sí un componente de la pavimentadora, sino una medida necesaria de aplicar en la plancha para obtener un resultado óptimo en la textura y calidad de la colocación de la mezcla asfáltica.

El ángulo de ataque se puede variar o controlar por medio de las manecillas de control de espesor. Estas manecillas que no son más que un tornillo que hace un ajuste fino al momento de roscarse. Varían la inclinación de la plancha respecto de una línea imaginaria horizontal, y esta inclinación respecto de la horizontal es lo que conocemos como ángulo de ataque. El efecto que se produce al cambiar esta medida es la variación del espesor de la carpeta en colocación, y esto sucede de la siguiente forma:

- a. Mientras más amplio es el ángulo de ataque, mayor es la cantidad de material que entra bajo la plancha. La plancha mantiene una presión constante sobre la superficie de la carpeta en colocación (no existe acción de los cilindros hidráulicos para presionar la plancha contra la carpeta, los cilindros hidráulicos se accionan únicamente para levantar la plancha); esta presión es igual al peso de la plancha dividido en el área que cubre la placa de acabado. Al permitir la entrada de mayor volumen de mezcla asfáltica bajo la plancha, el peso de la misma no es suficiente para mantener un espesor constante, sino que depende del volumen de material que ingrese bajo la placa de prenivelación.

En otras palabras, mientras más volumen de material ingrese bajo la plancha, mayor será el espesor de carpeta que se coloque, y menor será la pre-compactación que se aplique a la carpeta, ya que la compactación y el espesor tienen una relación inversamente proporcional (figura 54).

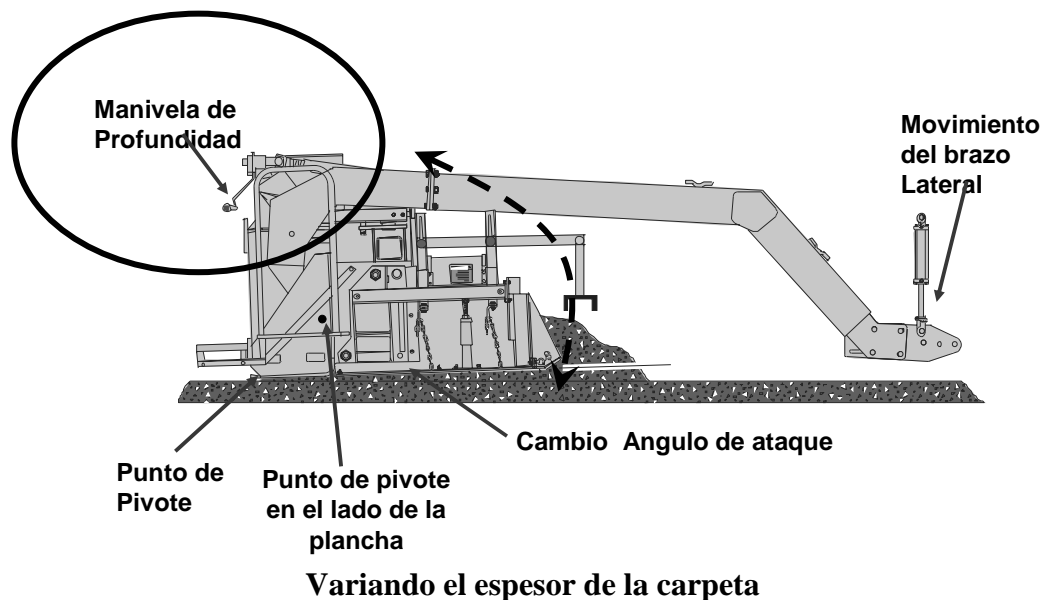
Figura 54. **Ángulo de ataque**



Fuente: **Manual de equipos de pavimentación**, presentación *power point* "planchas" *blaw knox*, diapositiva 8.

- b. En el inciso anterior se explicó cómo el ingreso de mayor volumen de material bajo la plancha aumenta el espesor de la carpeta. En este inciso se explicará cómo actúa el mecanismo de variación del ángulo de ataque.
- i) La plancha descansa sobre dos brazos, anclada a un punto de pivote en cada brazo. Entre estos brazos y la plancha existe un mecanismo de tornillo con rosca derecha, que conecta a ambos, conocido como manecilla de profundidad (figura 55).

Figura 55. **Cambio de ángulo de ataque**



Fuente: **Manual de equipos de pavimentación**, presentación *power point* “planchas” *blaw knox*, diapositiva 12.



- ii) Cuando la manecilla de profundidad amplía la distancia entre sus dos extremos, es decir, cuando se desenrosca, el ángulo de ataque crece, y por lo tanto, el espesor aumenta; sucede completamente a la inversa si el tornillo se enrosca. Dicho de otra manera, cuando el tornillo gira en contra de las agujas del reloj, el espesor de la carpeta aumenta, y cuando gira a favor de las manecillas del reloj, el espesor de la carpeta disminuye.

En la figura 56, se muestra la manecilla de profundidad.

Figura 56. **Manecilla de profundidad**



## **2.3. Frenos**

La pavimentadora combina dos sistemas de freno:

- a. Freno de sistema hidráulico: utilizado para estacionamiento
- b. Freno de pedal: utilizado para la operación

El freno de pie permite realizar paradas momentáneas en pendientes y giros cerrados al bloquear una de las ruedas, lo que convierte a la rueda bloqueada en un pivote para el giro, mientras se presiona el pedal. Es muy útil en espacios reducidos. A continuación se describe cada sistema.

### **2.3.1. Freno de estacionamiento**

El freno de estacionamiento se utiliza al apagar la pavimentadora o al detener la marcha por periodos de tiempo prolongados. Este freno por sí mismo no puede detener la marcha o contramarcha de la pavimentadora cuando se opera con altas revoluciones. Está diseñado para soportar la máquina cuando la misma se encuentra con el motor de combustión interna a bajas revoluciones o apagado.

Está compuesto por 2 fricciones en forma de ficha, una mordaza y una electroválvula que da paso a la presión hidráulica para accionar el émbolo de la mordaza. Las fricciones ejercen presión sobre un disco de freno que está colocado entre la transmisión de tres velocidades y el diferencial. Este freno funciona atrapando la presión dentro del émbolo, de modo que al apagar la pavimentadora sigue accionado, y puede liberarse por medio de la electroválvula (figura 57).

Figura 57. Freno de estacionamiento



### 2.3.2. Freno de pedal

El freno de pedal está compuesto de:

- a. un disco para cada rueda
- b. dos fricciones en forma de ficha
- c. dos bombas de freno con pedal para cada tablero de operación
- d. tubería para el líquido de frenos

Los discos del freno de pedal están ubicados en los extremos del diferencial, acoplados a los *sprockets* que mueven la cadena de tracción de las ruedas traseras, como se muestra en la figura 58. Las bombas de freno tienen el orificio de llenado del depósito para el líquido en la parte superior junto al pedal (figura 59).

Figura 58. Disco de freno de pedal



Figura 59. Pedales de freno y tapones de llenado de bombas



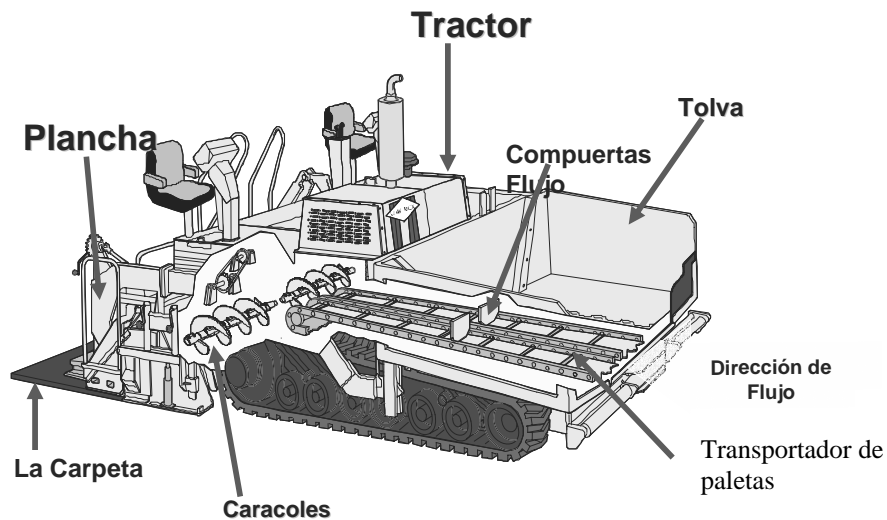
## 2.4. Transportadores de material

Los transportadores de material desplazan la mezcla asfáltica por un túnel dentro de la pavimentadora, desde el frente de la máquina hasta la parte trasera del tractor. Luego, al caer a la superficie de la pista, la mezcla es distribuida uniformemente hacia los lados para que la plancha realice el proceso de extrusión y le dé el espesor y acabado a la carpeta, como se muestra en la figura 60.

La pavimentadora tiene dos tipos de transportadores de material:

- a. de paletas
- b. de tornillo sin fin o caracol

Figura 60. Transportadores de material



Flujo de Material a Través de la Pavimentadora

Fuente: **Manual de equipos de pavimentación**, presentación *power point* “descripción de pavimentadoras”, diapositiva 6.

El transportador de paletas es el que lleva la mezcla desde la tolva hacia la parte trasera del tractor por medio de un túnel. En ese punto el transportador de tornillo sinfín o caracol esparce el material uniformemente hacia los lados. Ambos transportadores son accionados en forma simultánea por el mismo motor hidráulico; sin embargo, son accionados por distintas cadenas.

#### **2.4.1. Transportador de paletas**

Este transportador trabaja en un plano horizontal y tiene los siguientes componentes:

- a. cadena con paletas
- b. placas de deslizamiento
- c. protectores de cadenas
- d. tolva
- e. compuerta limitadora de flujo de mezcla
- f. *sprockets*
- g. ruedas tensoras

Cadena con paletas: No necesita lubricación; las paletas están remachadas a los eslabones que componen la cadena; tienen una altura de  $\frac{3}{4}$  de pulgada. Esta altura permite formar bloques de mezcla que son transportados hasta la parte posterior del tractor (figura 61).

Placas de deslizamiento: Van montadas sobre el chasis del tractor. Sobre ellas va deslizándose la mezcla que es descargada por el camión en la tolva, y atraviesa el túnel interno de la pavimentadora hasta caer por la parte posterior del tractor (figura 61).

Protectores de cadenas: Van fijados al chasis de la pavimentadora, tienen como función proteger las cadenas de contaminación para evitar desgastes prematuros en los bujes. La holgura entre el protector y la cadena es aproximadamente de 1/8"; tienen formas inclinadas para conducir la mezcla hacia los espacios vacíos entre las paletas (figura 61).

Figura 61. Tolva y transportador de paletas



Tolva: Tiene dos compuertas abatibles, que permiten acumular entre ambas un volumen de 2.7 metros cúbicos, aproximadamente 7 toneladas de mezcla. Cuando la cantidad de material disminuye, el operador puede abatir radialmente ambas compuertas para deslizar el material hacia la cadena del transportador de paletas; esta acción se logra con un cilindro hidráulico conectado a cada compuerta, como se muestra en la figura 62.

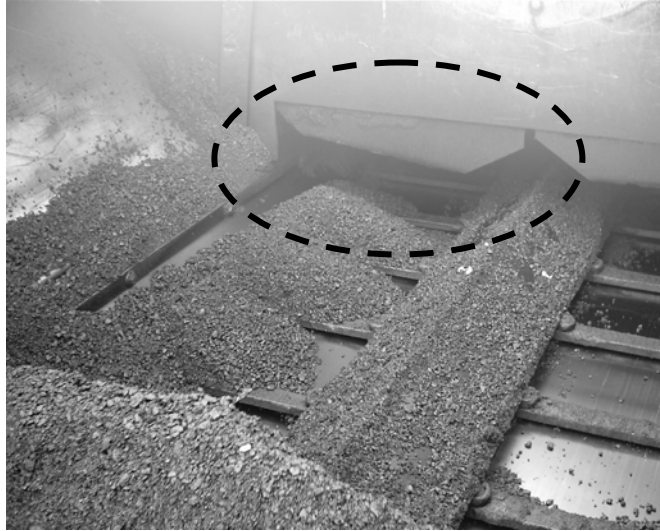
Figura 62. **Cilindro de levante de tolva**



Compuertas limitadoras de flujo de mezcla: Estas compuertas están ubicadas a la entrada del túnel del transportador de paletas. Tienen como función limitar la altura de los bloques de mezcla que entran al túnel para crear un volumen constante de abastecimiento. El volumen que permiten pasar depende del espesor a colocarse, pues el volumen de mezcla aplicada bajo la plancha es el mismo que debe alimentarse para no crear un sobreflujo al frente de la plancha, lo cual provocaría que el tractor pudiera atascarse. Cada cadena cuenta con una compuerta de este tipo, la cual es accionada por un motor eléctrico. El control del movimiento se hace desde el tablero principal, y el movimiento de la compuerta es vertical. La altura máxima de mezcla que permite es de 34 cm. y la mínima es de 5 cm. (figura 63).



Figura 63. **Compuertas limitadoras de flujo**



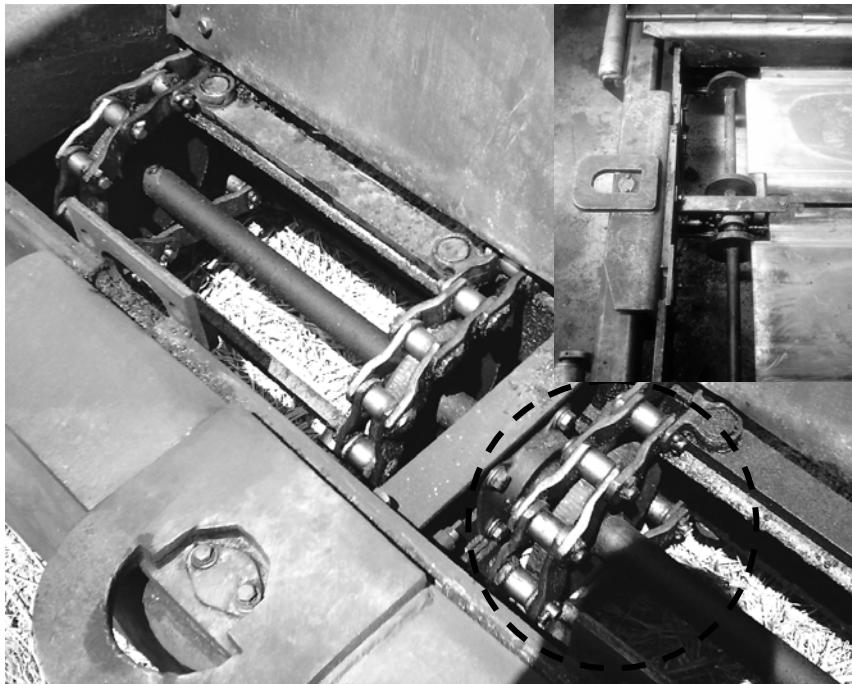
*Sprockets*: Transmiten el movimiento a la cadena de paletas, como se muestra en la figura 64.

Figura 64. **Sprockets y cadena**



Ruedas tensoras: Van ubicadas bajo las compuertas de la tolva, accionan directamente contra los bujes de la cadena y la tensan por medio del apriete de tornillos. Estas ruedas tensoras son a la vez guías para que la cadena no se desplace horizontalmente, ya que el ancho de las mismas es un poco menor al de los segmentos de la cadena, lo que las atrapa entre las caras laterales de cada segmento (figura 65).

Figura 65. **Ruedas tensoras o ruedas guía**



#### 2.4.2. Transportador de tornillo sinfín

El transportador de tornillo sinfín está ubicado en la parte posterior del tractor, bajo el nivel del transportador de paletas. El eje al que van fijadas las secciones del transportador de tornillo sinfín es accionado por una cadena, que gira con los motores hidráulicos que mueven el transportador de paletas, pero trabajan en forma independiente el uno del otro. Además, la caja en donde se encuentra esta cadena realiza un movimiento de pivote accionado por un cilindro hidráulico, como se muestra en la figura 66. El propósito de este movimiento es ubicar el tornillo sinfín en una posición alejada del suelo, para cuando se transporte la máquina desde su lugar de trabajo hasta el área de estacionamiento, como se muestra en la figura 67. Esto evita que el transportador pueda dañarse por un golpe, ya que la altura de operación del transportador de tornillo es aproximadamente de 5 cm. sobre el nivel de la pista, como se muestra en la figura 68.

Figura 66. Cilindro de accionamiento de altura de tornillo sinfín



Figura 67. **Altura de transporte para tornillo sinfín**

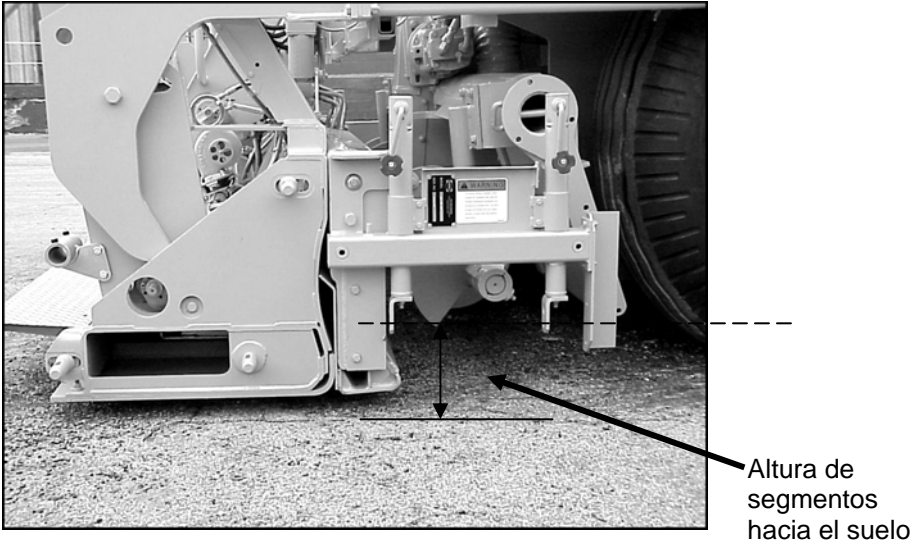


Figura 68. **Altura de operación para tornillo sinfín**



El tornillo sin fin está compuesto de las siguientes partes:

- a. eje principal
- b. secciones de caracol
- c. cargadores laterales
- d. *sprockets*

Eje principal: Está fabricado de acero rolado en frío. Tiene un diámetro de 5 cm., con perforaciones para los tornillos que sujetan los segmentos de la espiral.

Secciones de caracol: Cada sección cubre una parte del eje principal con una base del tipo media caña, se fijan con dos tornillos, y, están fabricadas de hierro fundido (figura 69).

Cargadores laterales: Son postes que van fijados a un eje que permite el giro de los mismos. El movimiento oscilante de la caja de cadenas de los transportadores necesita que estos postes giren juntamente con la caja, y el eje va montado en una chumacera autoajustable con base roscada, como se muestra en la figura 69.

*Sprockets*: Van ubicados dentro de la caja que contiene la cadena que proporciona el movimiento rotacional. Están acoplados al eje por medio de cuñas (figura 70).

Figura 69. **Componentes de tornillo sinfín**

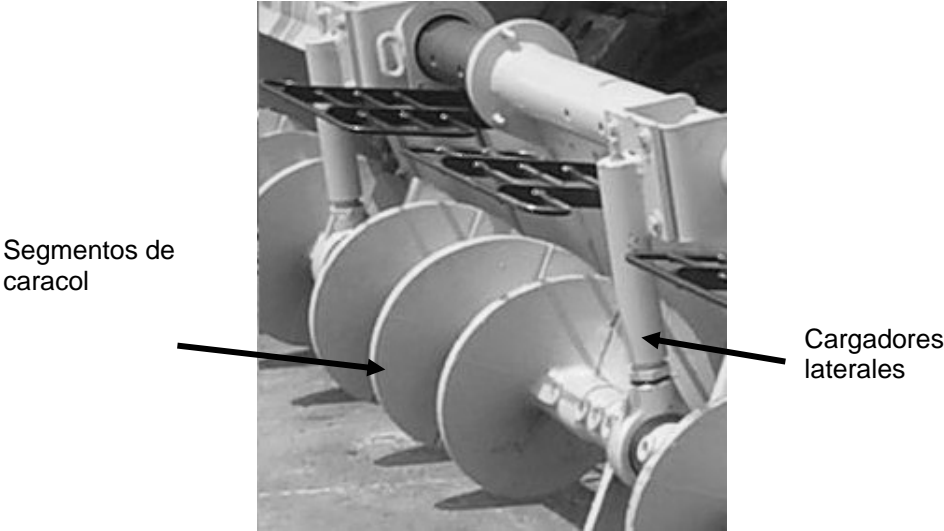


Figura 70. **Sprockets para rotación de tornillo sinfín**



### **3. INSPECCIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE AJUSTE Y CALIBRACIÓN**

#### **3.1. Inspecciones**

Las inspecciones de la pavimentadora deben realizarse continuamente, al inicio, durante y al final de la operación. El costo de la mezcla asfáltica es muy elevado; por lo tanto la pavimentadora debe encontrarse en condiciones óptimas de operación para no crear pérdidas de tiempo, pues la mezcla solamente tiene 8 horas de vida útil.

Los procedimientos de ajuste y calibración evitan no solamente reparaciones innecesarias, sino también inconvenientes en el funcionamiento de la pavimentadora, e influyen grandemente en el rendimiento de la máquina.

##### **3.1.1. Definición de condiciones de operación normal**

La pavimentadora exige condiciones especiales y consideraciones específicas, para crear un procedimiento adecuado de operación. Definir las condiciones normales de operación es muy importante para evitar daños en los componentes de la máquina; y se deben tomar en consideración los siguientes aspectos:

- a. La temperatura del motor diesel no se ve afectada por la temperatura de la mezcla asfáltica; por lo tanto, no es normal que exista calentamiento en el motor.
- b. Los sonidos de las bombas y componentes del sistema hidráulico no son distintos entre sí. Por lo tanto, cualquier sonido, como chillido o zumbido, es señal de problemas.

- c. No deben escucharse cascabeleos o golpes en la operación de la máquina, pues ninguna pieza en la pavimentadora debe emitir este tipo de sonidos.
- d. Se deben utilizar las distintas velocidades de traslación en forma adecuada, pues forzar la máquina incide directamente en la vida útil del sistema hidráulico.
- e. Por ninguna razón debe operarse la máquina con nivel de aceite hidráulico debajo de lo mínimo. La pavimentadora funcionará con poco aceite, pero internamente los componentes de las bombas se dañarán. Un chillido constante es señal de nivel de lubricante bajo, o exceso de esfuerzos debido a sobrecargas en el sistema hidráulico.
- f. La temperatura de operación del sistema hidráulico no debe ir más allá de los 190 grados Fahrenheit (88°C). Luego de 20 minutos de operación continua, la temperatura de las bombas debe ser la misma en todas ellas. Antes de este tiempo el aceite no ha llegado a circular uniformemente por todas las mangueras, bombas y válvulas; por lo tanto, no puede definirse un criterio a este respecto.

Las condiciones de operación normal de la pavimentadora son una apreciación subjetiva, la audición y sensibilidad a las temperaturas de cada persona son distintas, pero los márgenes de diferencia no son muy grandes; por lo tanto, los criterios de operación normal de la pavimentadora pueden resumirse en los incisos anteriores.



### 3.1.2. Equipo e instrumentos de medición y diagnóstico

Para llevar a cabo las mediciones y poder diagnosticar problemas de operación en la pavimentadora, se necesitan los siguientes instrumentos de medición:

- a. Manómetro: con este instrumento se pueden tomar lecturas de las distintas presiones del sistema hidráulico y del motor, lo cual permite ajustar los compensadores de presión de las bombas para que los implementos de la pavimentadora funcionen correctamente (figura 71)

Figura 71. **Manómetro**



- b. Multímetro digital: este instrumento es utilizado para tomar lecturas de voltajes, continuidad de líneas eléctricas y amperajes de consumo real. Es necesario que sea digital, pues algunas calibraciones deben hacerse con voltajes precisos, que no pueden leerse fácilmente en un multímetro análogo (figura 72).

Figura 72. **Multímetro digital**



- c. Tacómetro: este instrumento permite establecer el número de revoluciones por minuto a que gira un eje (figura 73).

Figura 73. **Tacómetro**



- d. Termómetro sónico: es recomendable el uso de este tipo de termómetro, pues las temperaturas de operación de la pavimentadora son altas respecto a la temperatura ambiente, y además existe variedad de puntos de revisión, como por ejemplo las placas de acabado, los radiadores, las bombas del sistema hidráulico, las mangueras y las válvulas.
- e. Este tipo de termómetro permite tomar la temperatura de cada componente a distancia, siendo esta una forma muy segura y práctica de registrar lecturas y diagnosticar fallas, como se muestra en la figura 74.

Figura 74. **Medición de temperatura con termómetro ultrasónico**



Contar con estos cuatro instrumentos de medición es indispensable para realizar diagnósticos acertados y detectar problemas puntuales en la pavimentadora. De esta manera se conservará la máquina en óptimas condiciones de operación.

### **3.1.3. Formularios de inspección**

Para realizar una inspección adecuada de la pavimentadora, sin obviar partes importantes, y sin emplear un tiempo excesivo en la misma, es adecuado contar con un formulario que guíe al operador y a la persona interesada en la pavimentadora en cuanto a revisar los componentes y sistemas en forma adecuada.

Este formulario debe ser llenado cada seis semanas como máximo y debe captar la información requerida por el departamento de Mantenimiento, para analizar y programar adecuadamente las reparaciones y ajustes pertinentes. A continuación se presenta una propuesta de formulario de inspección.

**Tabla II. Formulario de inspección**

Máquina No.	_____	
Modelo	_____	
Serie	_____	
Motor Modelo	_____	
Motor Serie	_____	
Fecha	_____	
No.	Parte	Comentarios
1	Interruptores de tableros	funcionamiento
2	Funcionamiento horometro	
3	Funcionamiento motor arranque	
4	Estado de radiador	fugas, suciedad
5	Estado del escape	
6	Estado de fajas	
7	Aspecto de <i>sprockets</i>	desgastes, fijaciones
8	Tension de cadenas	
9	Estado de neumáticos	rodada, presión
10	Aspecto de discos de freno	rayaduras, fugas liquido frenos
11	Fugas de motor	
12	Fugas de hidráulico	
13	Funcionamiento de vibrador	acoples, velocidad
14	Funcionamiento electro válvulas	temperatura
15	Niveles de aceites	
16	Estado de mangueras	
17	Estado de transmisiones	
18	Estado de transportadores	desgastes, fisuras
19	Estado de protectores cadenas	desgastes, tornillos
20	Estado de barras de extension	lubricacion, rayaduras
21	Estado de tolvas	pasadores, visagras, tornillos
22	Ruedas delanteras	alineacion
23	Placas de acabado	desgastes
24	Placas de prenivelacion	desgastes
25	Compuertas extensiones	desgastes, alineacion
26	Calentadores	funcionamiento

### **3.1.4. Mediciones especiales**

Existen, entre los componentes de la pavimentadora, algunos que requieren mediciones con procedimientos especiales. A continuación se describen e ilustran los mismos.

#### **3.1.4.1. Preparación de neumáticos traseros**

Los neumáticos traseros de la pavimentadora son de tipo de flotación. Con este diseño se consigue soportar de forma eficiente el peso de la máquina sobre la superficie y lograr la mayor cantidad de área de contacto con la misma, para tener la mejor tracción. Los neumáticos tienen una composición de líquido-aire, se debe llenar con agua el 75% del volumen interno del neumático y el resto debe ser aire. En climas fríos se utiliza un compuesto químico para evitar que el agua se congele (ver inciso 2.1.5.).

El procedimiento de llenado e inflado de los neumáticos es el siguiente:

- a. Al colocar la llanta en el aro, se debe llenar inicialmente con aire a 25 libras para que pueda rodarse y maniobrarse para el llenado con agua.
- b. La válvula de llenado e inflado debe ubicarse en la parte más alta para realizar el llenado con agua como se muestra en la Figura 75.

Figura 75. **Válvula de llenado ubicada en la parte superior del aro**



- c. Se adapta un accesorio especial para el llenado con agua. Este permite el ingreso de agua y la salida de aire, cada vez que se considere adecuado, lo cual se logra presionando una válvula de escape que alivia la presión interna del neumático, la cual va incrementándose conforme ingresa el agua. En la figura 76 se muestra el accesorio de llenado.
- d. Al accesorio de llenado se enrosca una manguera para riego de agua del tipo residencial, como se muestra en la figura 77, y se abre la llave de chorro para que el agua comience a ingresar al interior del neumático. Debe llenarse de agua hasta la altura de la válvula de llenado del aro.

Figura 76. **Accesorio de llenado de agua**



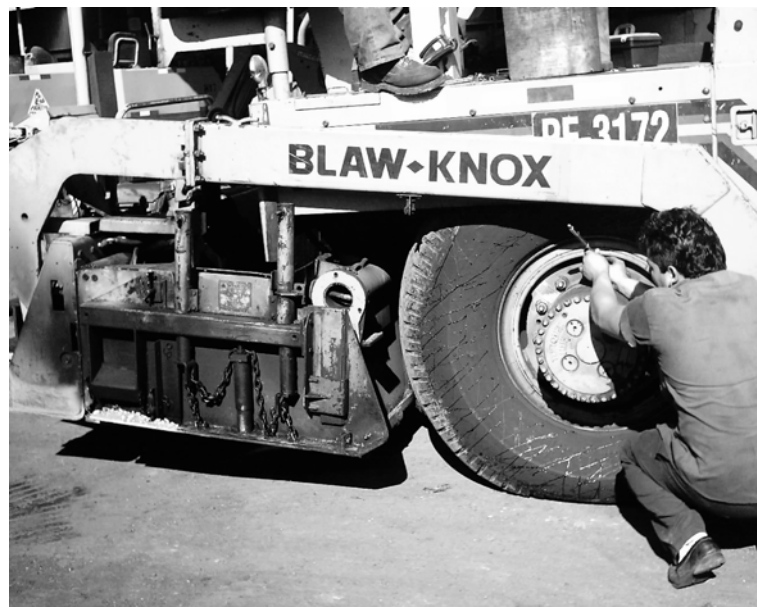
Figura 77. **Manguera tipo residencial para llenar neumático de agua**





- e. Luego de haber llenado los neumáticos con agua, deben calibrarse aproximadamente a 30 psi, y posteriormente a esta calibración, al estar montados en la pavimentadora, se debe levantar la plancha como se muestra en la figura 78, y con la plancha levantada, se debe recalibrar la presión del neumático entre 25 y 35 psi, según se considere adecuado para el área en que ha de trabajar la pavimentadora. La calibración debe realizarse con la válvula de llenado en la parte de arriba del aro; esto evitará que el agua se salga del neumático y arruine el calibrador de presión de aire.

**Figura 78. Plancha levantada para calibrar presión de aire de neumáticos**



### 3.1.4.2. Revoluciones máximas de transportador de tornillo sinfín

Los ejes del tornillo sinfín no deben exceder una velocidad de rotación de 120 r.p.m. Esta medición debe hacerse directamente en el eje del tornillo sinfín, y se realiza con un tacómetro, como se muestra en la figura 79. La pavimentadora debe estar con aceleración máxima (a 1,800 r.p.m. aproximadamente), y los potenciómetros ubicados en los tableros de control de la plancha deben girarse hasta el máximo para que pueda obtenerse la rotación máxima en el eje del transportador.

Figura 79. **Medición de r.p.m. de tornillo sinfín**



Si las r.p.m. del transportador fueran distintas de 120, es necesario corregir la presión de la bomba correspondiente a ese transportador. El procedimiento de ajuste de la presión se describe en el inciso 3.2.2.

## **3.2. Procedimientos de ajuste y calibración**

Los procedimientos de ajuste y calibración en voltajes, flujos, presiones del sistema hidráulico y holguras entre piezas, vienen a restituir los parámetros iniciales de funcionamiento de la pavimentadora. Se dan como resultado de vibraciones, temperatura y desgastes normales de los componentes, los cuales deben reacondicionarse para brindar el mejor funcionamiento posible. No existe un programa específico para realizarlos; dependerá de las condiciones de trabajo de la máquina la frecuencia con que se necesite efectuar estas correcciones.

### **3.2.1. Calibración de punto nulo de bombas de transportadores de material**

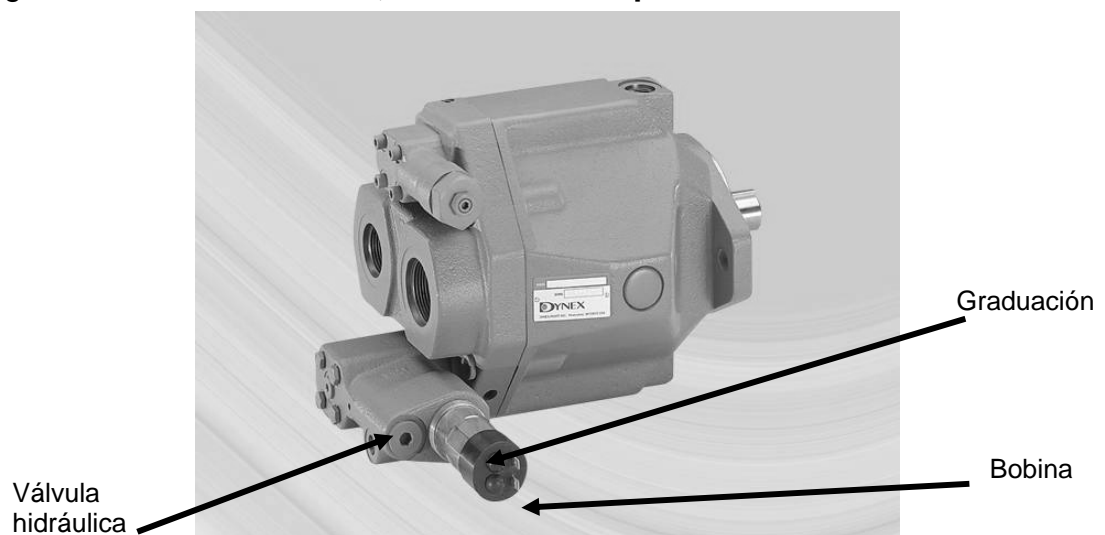
Es común que el voltaje en el motor eléctrico de fuerza de las bombas de los transportadores de material tome valores mayores que el valor establecido para el funcionamiento correcto de las mismas. Por lo tanto, es necesario reajustar este voltaje, ya que al variar (normalmente hacia un valor más alto que el correcto), los transportadores de material se mueven sin que el operador lo pueda evitar. Este movimiento se produce a una velocidad muy baja, pero causa que el material depositado en la tolva no deje de fluir hacia la plancha y se acumule más mezcla de la necesaria, provocando que la máquina se atasque continuamente o que en los extremos de las extensiones el material se salga del ancho deseado de pavimentación.

El motor eléctrico de fuerza esta compuesto de las siguientes partes:

- a. bobina
- b. válvula hidráulica
- c. graduación

El funcionamiento se puede describir de la siguiente manera: La bobina recibe un voltaje que la energiza y produce un efecto magnético sobre el elemento interno de la válvula hidráulica. Este efecto magnético mueve el carrete de la válvula para permitir el paso de aceite hidráulico al actuador que inclina el plato de la bomba, y al eliminar el paso de energía, el carrete vuelve a tomar su posición inicial cerrando los pasos de aceite hacia el actuador. Por lo tanto, anula la presión en el mismo, y este deja de empujar el plato de la bomba, lo cual elimina el movimiento de los pistones de la misma. El motor de fuerza va ubicado en la parte lateral de la bomba, como se muestra en la figura 80.

Figura 80. **Motor de fuerza, bomba de transportador de materiales**



A continuación se describe el procedimiento de ajuste del voltaje del motor de fuerza.

- a. Se debe arrancar la máquina durante 20 minutos para llevar el aceite hidráulico a 190 grados fahrenheit (88°C), es decir, su temperatura de operación.
- b. Se debe conectar el multímetro digital a las terminales de la bobina del motor de fuerza, sin desconectar los cables que proveen la corriente eléctrica a la misma, como se muestra en la figura 81.

Figura 81. **Conexión de multímetro en terminales de bobina**



- c. Se acelera la máquina completamente, y se coloca el interruptor del transportador de materiales en automático (figura 82).

Figura 82. Interruptor de transportador de material en automático



- d. Se mueve la palanca de tracción levemente hacia delante, para dar paso a la corriente; la pavimentadora no debe caminar.
- e. El control de velocidad del transportador de material está ubicado en los tableros de la plancha. Se debe girar el control que corresponde al transportador que se está ajustando, hasta la posición mínimo, como se muestra en la figura 83.

Figura 83. **Control de velocidad de transportadores de material**



- f. Teniendo el control de velocidad en mínimo, el multímetro debe marcar 0 voltios, y al girarlo en busca de la posición máxima, debe llegar a leerse 3 voltios y el transportador no debe moverse. A partir de 3.1 voltios el transportador deberá moverse, incrementando su velocidad hasta llegar a 9 voltios, que es el voltaje al que se alcanza el máximo de velocidad. De este voltaje en adelante, la velocidad del mismo no debe cambiar.
- g. Si el transportador se mueve sin accionarlo, se deben aflojar los tornillos que aseguran la graduación (figura 84).

Figura 84. **Seguros de graduación de motor de fuerza**



- h. Luego de que la graduación queda libre, se debe girar el control de velocidad del tablero hasta que el multímetro lea 3 voltios.
- i. Se debe acelerar completamente la pavimentadora, y la graduación se debe girar hasta que el transportador se mueva aproximadamente a la mitad de la velocidad máxima. Luego, debe regresarse la graduación muy lentamente, hasta que el sistema se detenga por completo.
- j. Se debe asegurar nuevamente la graduación con los tornillos y realizar la comprobación iniciando en el inciso “e” y finalizando en el inciso “f”. Si se necesita realizar un ajuste adicional, se debe iniciar nuevamente en el inciso “g” y finalizar en el inciso “j”, hasta que el sistema quede correctamente calibrado.



### **3.2.2. Verificación y ajuste de presiones de sistema hidráulico**

En todo sistema con piezas en movimiento, luego de ciertos ciclos se producen desgastes que producen holguras mayores a las especificadas entre las piezas que tienen contacto continuo. En la pavimentadora se produce el desajuste de presiones del sistema hidráulico con muy poca frecuencia; sin embargo, es aconsejable realizar cada 6 meses una verificación y, de ser necesario, un ajuste a la presión de los sistemas. Este tipo de ajustes se harán necesarios más continuamente si se opera en forma inadecuada la pavimentadora, y de ser así, llegará el momento en que habrá necesidad de sustituir la bomba debido a un desgaste excesivo.

Las presiones de calibración de los distintos sistemas de la pavimentadora son las siguientes:

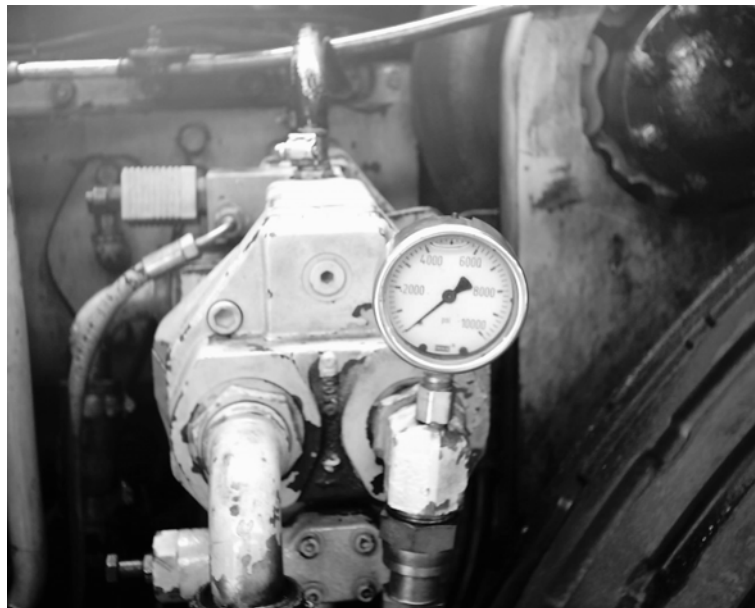
Transportadores de material	3000 - 3500 psi
Propósito general	1800 psi
Tracción delantera opcional	1200 - 1800 psi

El procedimiento para ajustar con el compensador la presión en el sistema de transportadores de material, propósito general y tracción delantera opcional es el mismo.

**3.2.2.1. Procedimiento de ajuste del compensador de las bombas de transportadores, propósito general y tracción delantera**

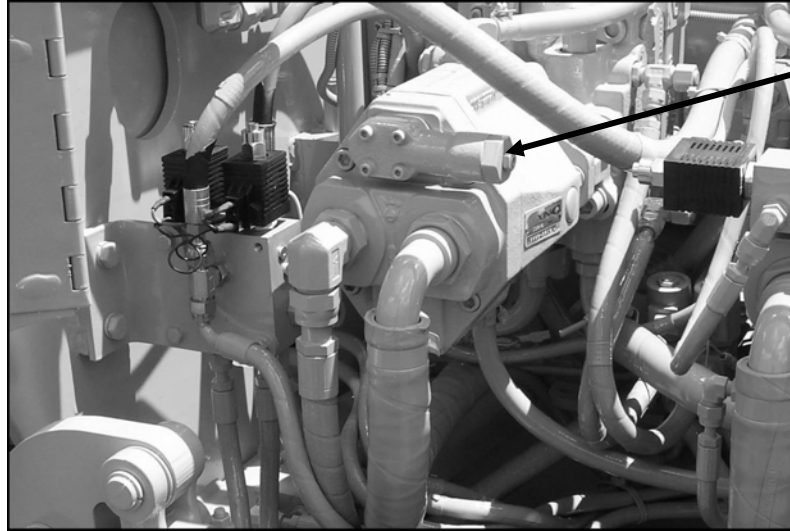
- a. Conectar el manómetro en la toma de presión del circuito hidráulico que se necesita calibrar, y acelerar la máquina a 1800 r.p.m. (figura 85). En los sistemas de propósito general y tracción delantera, el acople está junto a la bomba; en el sistema de transportadores puede estar junto a la bomba o junto a los motores hidráulicos.

**Figura 85. Toma de presión en sistema de propósito general**



- b. Aflojar la tuerca de seguridad del compensador de presión de la bomba como se muestra en la figura 86.

Figura 86. **Tuerca de seguridad del compensador de presión**



- c. Girar el tornillo de graduación del compensador en el sentido que se requiera (disminuir o incrementar presión). Debe hacerse en giros leves de  $\frac{1}{4}$  de vuelta por cada ajuste y esperar unos segundos para comprobar la nueva presión del sistema (figura 87). En la figura 88 se muestra un compensador desmontando de la bomba.

Figura 87. **Ajuste de presión en compensador de bomba**

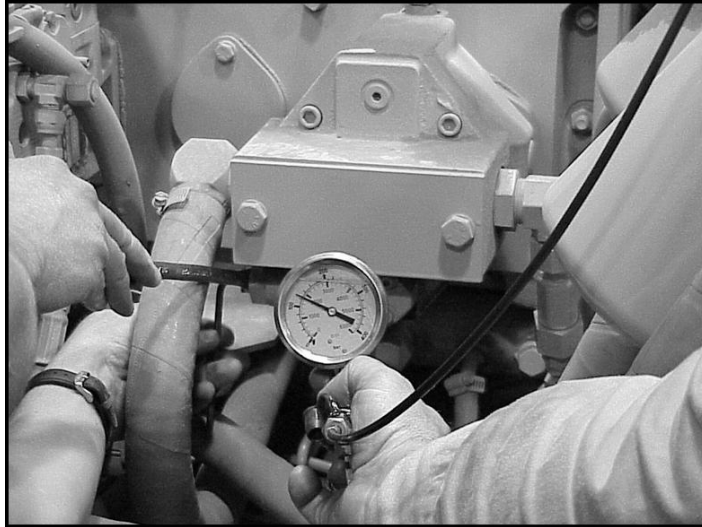
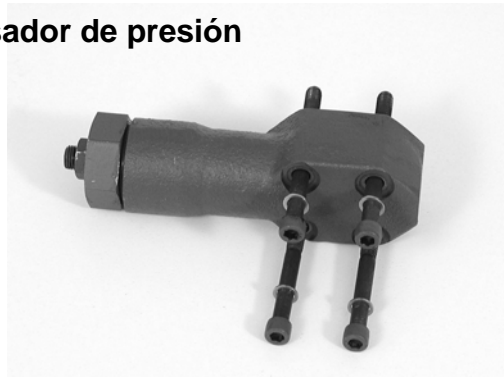


Figura 88. **Compensador de presión**



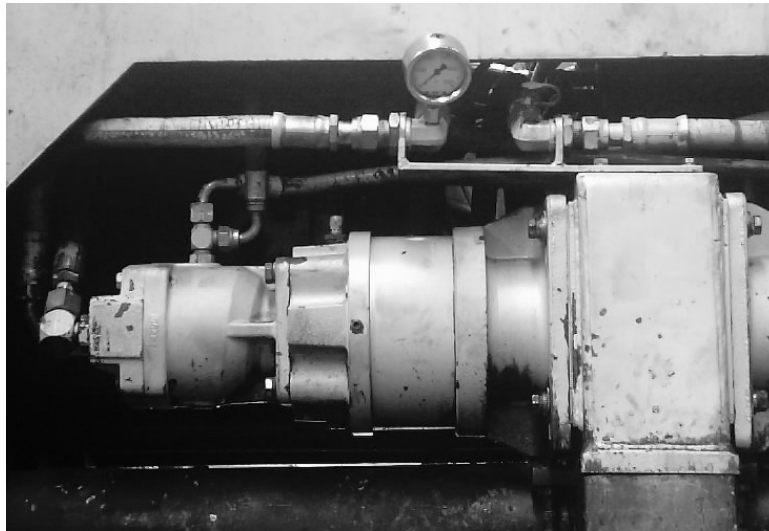
- d. Al obtenerse la presión correcta, se debe apretar la tuerca de seguridad del compensador y verificar que en el apriete de la misma no haya variado la presión. Luego de haber obtenido la presión correcta, se acostumbra girar el tornillo del compensador 1/8 de vuelta contra el sentido del apriete de la tuerca de seguridad para compensar el desajuste que se da en el apriete.

### **3.2.2.2. Procedimiento de conexión para verificar la presión del sistema de transportadores de material**

Para calibrar la presión en el sistema de transportadores se debe utilizar un manómetro con capacidad de lectura de 5000 psi. Normalmente las pavimentadoras traen acoples para realizar esta medición en la entrada a los motores del transportador (figura 89); algunas tienen estos acoples en la salida de la bomba. Los pasos a seguir para calibrar la presión son los siguientes.

- a. Colocar el manómetro en el acople para medición de presiones
- b. Desconectar en el motor hidráulico, la manguera que va de la salida de la bomba hacia el mismo y ponerle un tapón
- c. Colocar un tapón en el lugar de la manguera en el motor del transportador
- d. Arrancar la pavimentadora durante 20 minutos en aceleración de ralentí (800 r.p.m.); luego, acelerar a 1800 r.p.m.
- e. Accionar por un momento en forma manual la bomba en proceso de medición y tomar la lectura; la presión debe estar entre 3000 y 3500 psi. Cualquier valor por encima o debajo de este rango debe ser corregido

Figura 89. **Medición de presiones de sistema de transportadores de material**



Si el sistema de transportadores tiene presiones diferentes a las mencionadas en el párrafo anterior, entonces se deben realizar ajustes en las bombas que dan la presión a los motores hidráulicos, y este procedimiento se describe en el inciso 3.2.2.1.

### **3.2.3. Calibración del sensor ultrasónico de alimentación**

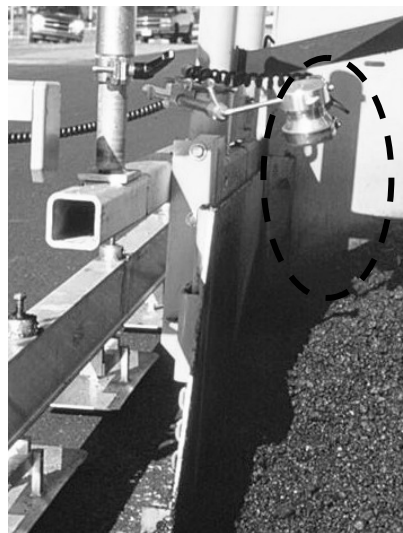
El sistema de transportadores de material puede funcionar en forma manual o automática. El uso del sensor de alimentación automática es muy común (figura 90), únicamente deja de utilizarse en lugares pequeños, como parqueos y accesos cortos. En la pavimentación de urbanizaciones y carreteras es un accesorio muy útil, que no debe dejar de utilizarse, pues ayuda a optimizar el rendimiento de la pavimentadora.

Figura 90. **Sensor ultrasónico de alimentación automática**



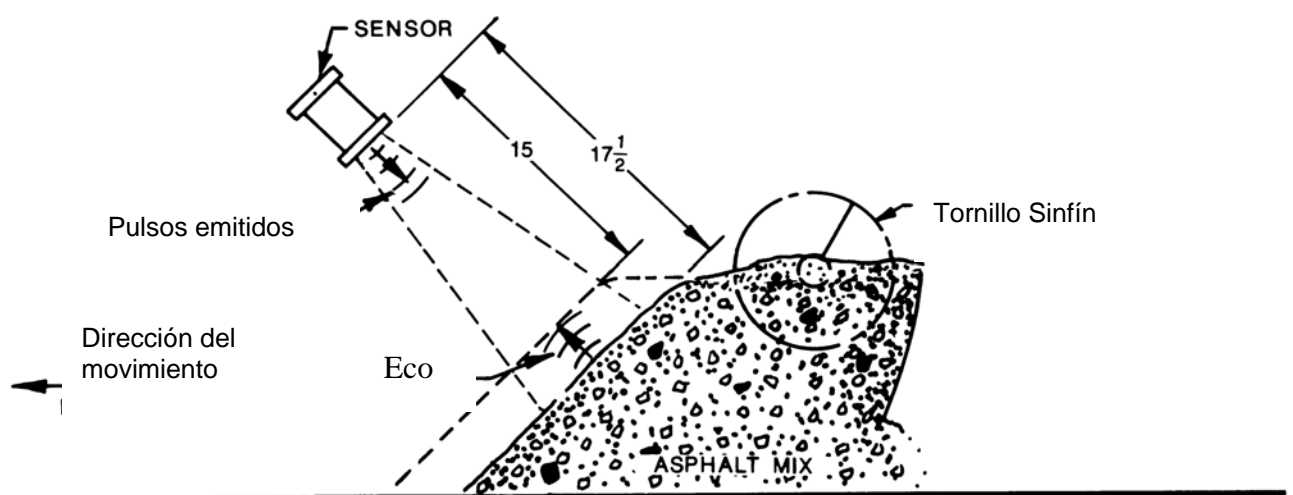
Se debe montar en las compuertas laterales de las extensiones, para asegurar que realice las lecturas en las partes más lejanas del centro de la plancha, que es donde cae el material inicialmente cuando viene de la tolva (ver figura 91).

Figura 91. **Montaje de sensores ultrasónicos de alimentación**



El sensor ultrasónico de alimentación funciona de la siguiente forma: Realizar un “encendido-apagado” en el sistema de alimentación. Un pulso de corta duración de onda de sonido de alta frecuencia es transmitido desde el sensor aproximadamente 10 veces por segundo. Enseguida de producir cada pulso, un contador de tiempo inicia una secuencia de espera del rebote de la señal de sonido. La duración de tiempo entre la emisión de la señal y la lectura de su respuesta indica la cantidad de material que se tiene frente al sensor, de tal manera que si el tiempo de respuesta es muy largo, el circuito electrónico del sensor enviará una señal de voltaje hacia el sistema de alimentación de material. Una distancia igual o menor a 15” entre el sensor y el material creará una señal de voltaje cero hacia los alimentadores. Una distancia mayor de 17 ½” hará que el sensor envíe un voltaje de arranque para el sistema de alimentación. La tolerancia admitida en la distancia es de mas menos 1”. En la figura 92 se muestra la correcta colocación del sensor respecto del material que se esta midiendo.

Figura 92. **Ajuste correcto de sensor ultrasónico de alimentación**



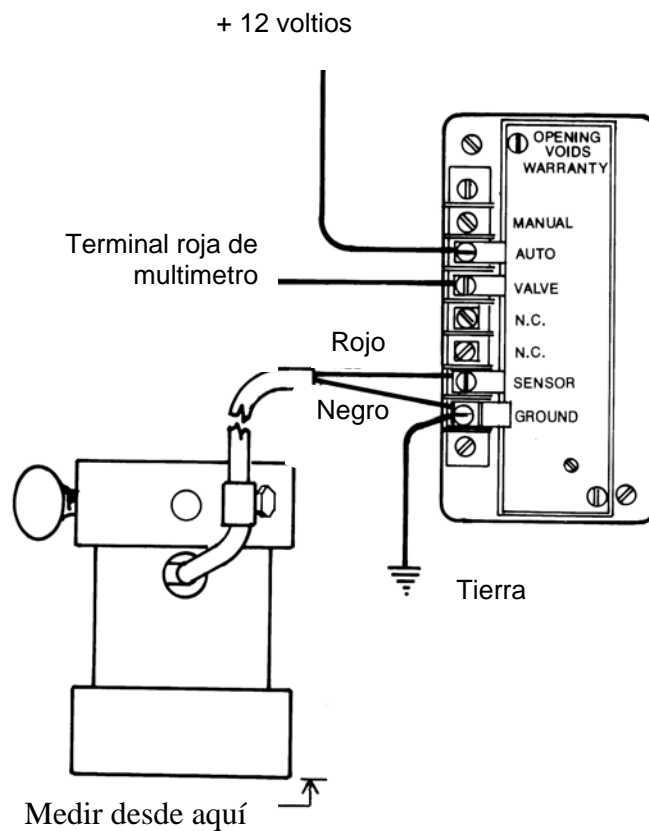
Fuente: **Manual de operación de ultra 3<sup>s</sup> sistema de sensor ultrasónico para alimentador de material.** página A4.



El procedimiento para ajustar el voltaje es el siguiente:

- a. Conectar el sensor de alimentación automática a una batería de 12 voltios. La terminal identificada como "GROUND" debe conectarse al polo negativo de la batería, y la terminal identificada como "AUTO" debe conectarse al polo positivo, como se muestra en la figura 93.

Figura 93. **Conexión para prueba de sensor ultrasónico de alimentación**



Fuente: **Publicación No. UL3<sup>s</sup>-5-94-5500 de *blaw knox***, página A10.

- b. Colocar el sensor en forma horizontal en un área donde permita acercar o alejar una plantilla de cartón o lámina liviana a una distancia entre 10" y 25", como se muestra en la figura 94.

Figura 94. **Disposición de área de prueba de sensor ultrasónico de alimentación**



- c. Marcar una cinta adhesiva en la superficie para poder leer las distancias de aproximación de la plantilla o lámina al sensor (ver figura 94).
- d. Colocar el multímetro en posición de leer voltaje directo (VDC), y a continuación conectar la punta negra del multímetro en la terminal de tierra (GROUND), y la punta roja en la terminal identificada como "VALVE" (ver figura 95).

Figura 95. **Medición de voltaje continuo en sensor ultrasónico de alimentación**



- e. Realizar una prueba inicial colocando la plantilla a 10" de distancia del sensor. La lectura de voltaje debe ser 0 (ver figura 96).
- f. Continuar el alejamiento de la plantilla y verificar el voltaje a 17 ½" de distancia. El valor del voltaje debe ser 9 VDC o mayor en el multímetro como se muestra en la figura 97.

Figura 96. Lectura de voltaje a 10" de distancia del sensor

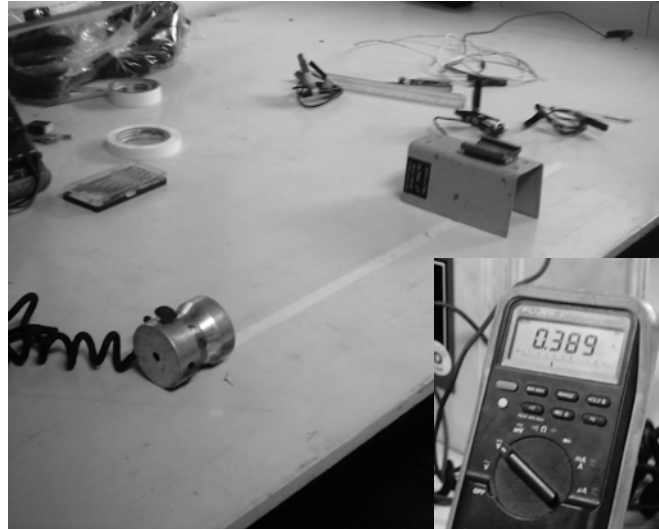
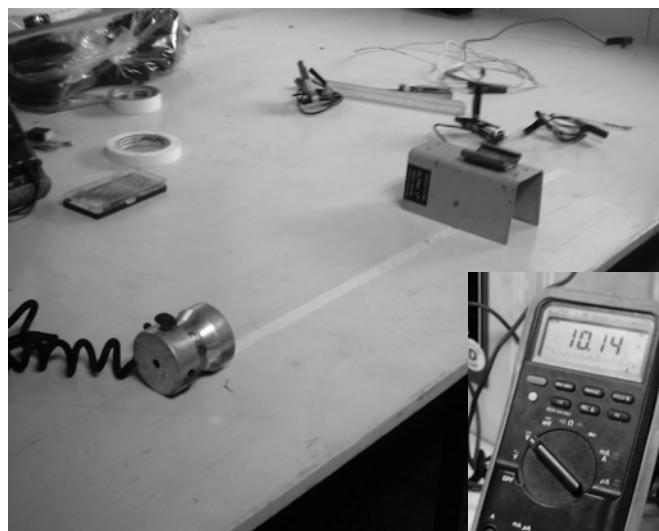


Figura 97. Lectura de voltaje a 17 1/2" de distancia



- g. Si no se dan las lecturas de voltaje indicadas anteriormente, debe abrirse la caja que contiene la tarjeta electrónica del sensor y utilizar un desarmador fino para realizar el ajuste en el variador de voltaje de la tarjeta, como se muestra en la figura 98. Se debe girar suavemente el variador hasta obtener las lecturas correctas y volver a repetir el procedimiento desde el inciso “e” al inciso “g”. Posteriormente a obtener las lecturas correctas, se debe proceder a armar nuevamente la caja de la tarjeta, verificar otra vez el funcionamiento y por último, si se cree conveniente, realizar una limpieza al filtro del sensor, como se muestra en la figura 99. Nunca se debe limpiar el filtro cuando está colocado en el sensor.

Figura 98. **Corrección de voltaje del sensor ultrasónico de alimentación**

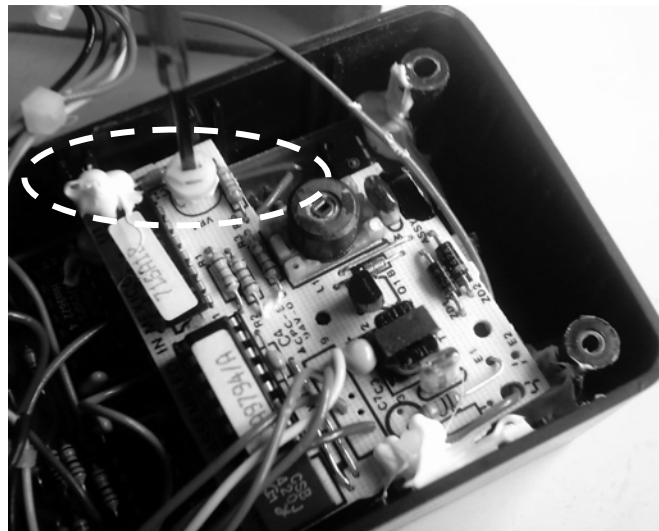
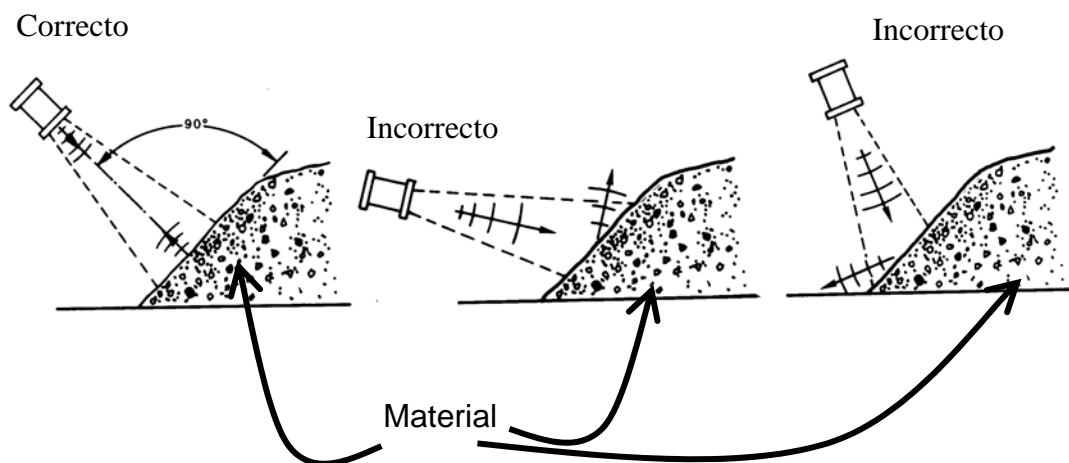


Figura 99. Limpieza de filtro de sensor ultrasónico de alimentación



En la figura 100 se muestran las formas correcta e incorrecta de ajustar el sensor en la extensión de la plancha de la pavimentadora.

Figura 100. Alineación del sensor ultrasónico respecto a la mezcla



Fuente: **Manual de operación de ultra 3<sup>s</sup> sistema de sensor ultrasónico para alimentador de material.** página A5.

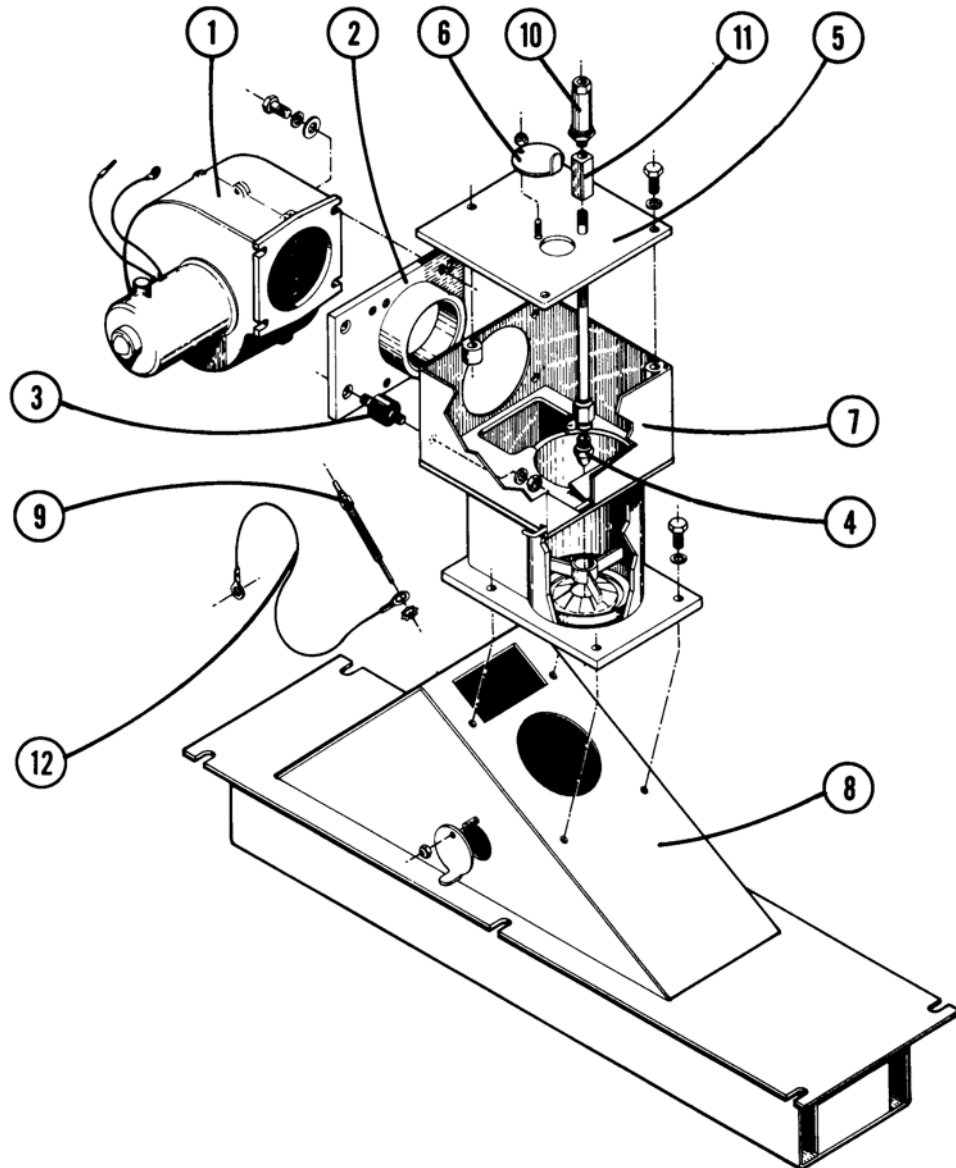
### **3.2.4. Ajuste y limpieza de electrodos y boquilla de calentador**

Los calentadores de la plancha necesitan ser limpiados y calibrados por lo menos 1 vez cada dos meses. Deben emplearse para este trabajo un compresor, un calibrador de electrodo y boquillas,  $\frac{1}{4}$  de galón de solvente (gasolina o diesel), una brocha pequeña y un paño. Se debe desmontar cada pieza del calentador para su limpieza y revisión, como se muestra en la figura 101.

#### Descripción de componentes de calentador

1. Caja del soplador
2. Placa de montaje del soplador
3. Montura flexible
4. Boquilla para combustible
5. Cubierta de quemador
6. Tapadera de mirilla de llama
7. Caja del quemador
8. Hornilla del calentador
9. Electrodo para ignición
10. Filtro de combustible de la línea de alimentación
11. Válvula de cheque
12. Cable de tierra

Figura 101. Calentador de plancha



Fuente: **Publicación No. OmScII-7-91-1000, "Self-Contained Omni Sreed II"**. página B8.



### **Procedimiento de limpieza:**

- a. La boquilla debe sumergirse en un recipiente pequeño con solvente y dejarla durante 15 minutos para que se suavicen los depósitos de hollín, de modo que no exista necesidad de rasparla y, de esa forma, dañar el orificio de atomización del combustible, lo cual daría como resultado un patrón de rociado no uniforme y, por lo tanto, mala combustión.
- b. Limpiar el filtro del calentador con diesel limpio y aire a baja presión (40 p.s.i.).
- c. Limpiar las aspas del ventilador y el deflector de aire con diesel y un paño.

**Figura 102. Herramienta de calibración de electrodos de calentador**

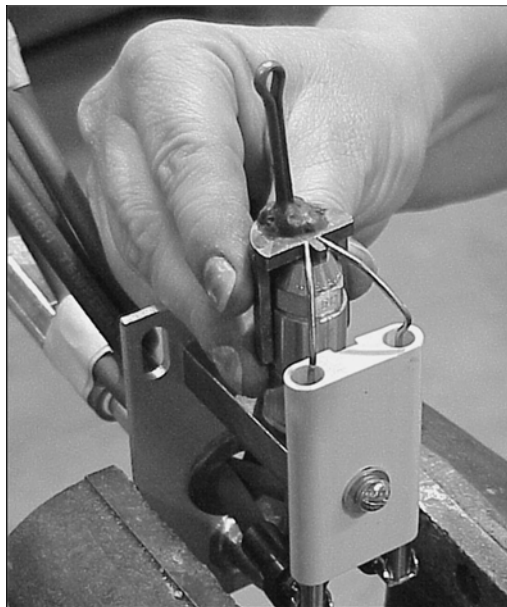


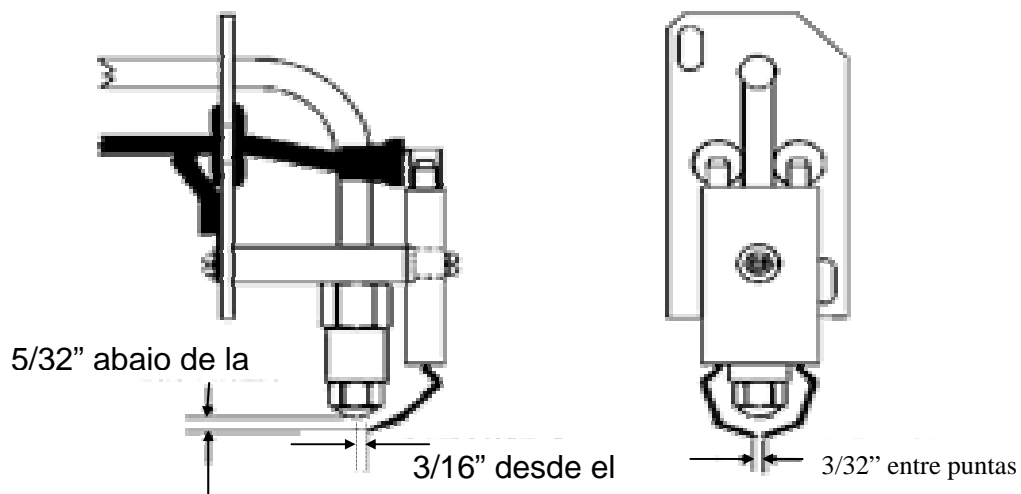
Figura 103. **Herramienta de calibración de boquilla de calentador**



- d. Verificar el estado de las conexiones eléctricas del motor y repararlas si es necesario; utilizar un limpiador de contactos eléctricos.
- e. Revisar el estado de los electrodos y limpiarlos con solvente y paño.
- f. Luego se deben montar nuevamente las piezas del calentador y probar el funcionamiento del mismo.
- g. Luego se debe proceder a la limpieza de las cavidades de la plancha; no debe utilizarse agua, para evitar que se oxiden y corroan. La limpieza debe hacerse raspando el hollín con espátula o cepillo de alambre y soplando con un compresor (la pavimentadora debe llevarse a un área abierta y utilizar mascarilla y protección para los ojos, manos y brazos). No deben utilizarse solventes o combustibles en la limpieza de las cavidades de la plancha, debido a que pueden provocar incendios o explosiones al momento de reutilizar los calentadores.

Para calibrar las holguras entre boquilla y electrodos se debe contar con la herramienta que se muestra en las fotos 102 y 103 o ajustar de acuerdo a la figura 104.

Figura 104. **Distancias para calibración de electrodos y boquilla de calentador**



**Fuente:** Presentación *power point* de planchas *blaw knox*,  
**diapositiva 46.**

- h. Luego de terminar la limpieza se debe aplicar inhibidor de corrosión en todos los tornillos del calentador para que en la próxima ocasión no sea difícil el desmontaje de las partes (debido a las altas temperaturas los tornillos y tuercas, se sueldan con capas de óxido y esto hace imposible desenroscar los tornillos). Posteriormente se deben montar todas las partes y probar su funcionamiento; la plancha debe calentar como máximo en 20 minutos de funcionamiento de los calentadores.

### **3.2.6. Ajuste de r.p.m. de motor de combustión interna**

El motor de combustión interna debe operar a 1,800 r.p.m.; esta es la velocidad de rotación de las bombas del sistema hidráulico. El gobernador de la bomba de inyección es accionado por un cilindro hidráulico que recibe 300 p.s.i del sistema de propósito general. El control de la aceleración se realiza por medio de un interruptor en el tablero del operador. Este energiza una electroválvula que abre el paso del aceite hidráulico hacia el cilindro.

Uno de los vástagos del cilindro es empujado hacia afuera del cuerpo del mismo. Con este movimiento acciona el gobernador de la bomba de inyección, y por lo tanto el motor se acelera. Hasta este momento el vástago que se ha accionado es el de aceleración de operación; sin embargo, el cilindro está compuesto de dos vástagos, y el segundo acciona la aceleración de traslado o viaje. Cuando se ha terminado de pavimentar, la pavimentadora se traslada hacia el área de limpieza; entonces puede utilizarse esta segunda aceleración que proporciona 2200 r.p.m., lo cual ayuda a trasladarse en el menor tiempo posible.

Para aplicar esta segunda aceleración, en el tablero central se debe colocar el interruptor de aceleración en la posición "TRAVEL", y luego, acelerar la máquina nuevamente.

El ajuste de las r.p.m. deseadas se realiza de la siguiente forma:

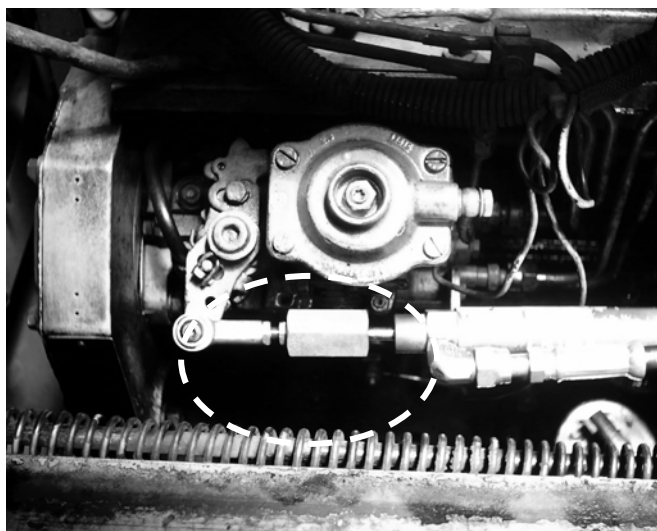
- a. Acelerar la máquina con el interruptor del tablero central en la posición "PAVE", ver figura 105.
- b. El tacómetro del tablero central indicará las r.p.m. del motor como se muestra en la figura 105.

Figura 105. **Tablero central de controles e indicadores**



- c. En el cilindro hidráulico de aceleración, se debe aflojar la tuerca de seguridad del vástago que está empujando el gobernador y girarlo hasta obtener 1,800 r.p.m., como se muestra en la figura 106.

Figura 106. **Cilindro de aceleración en 1800 r.p.m.**



- d. Al leer el valor de 1800 r.p.m. se debe reapretar cuidadosamente la tuerca de seguridad y verificar que las revoluciones no variaron con el apriete.
- e. El mismo procedimiento debe realizarse para ajustar la aceleración a 2200 r.p.m.; solamente debe colocarse el interruptor del tablero central en la posición "TRAVEL", acelerar la máquina y repetir el procedimiento.

### **3.2.6. Ajuste de flujo de aceite hidráulico**

Se debe saber el valor de galones por minuto (g.p.m.) que debe establecerse y la ubicación de la válvula de control para el implemento al que se desea regular el flujo. Cilindros de tolvas, cilindro de altura de tornillo sin fin, motores de vibradores y cilindros de extensiones de plancha son los implementos a emplearse en este caso. El valor de galones por minuto está indicado en el diagrama hidráulico de la pavimentadora, incluido en el manual de partes. El procedimiento se describe a continuación:

- a. Desconectar la manguera que va del paquete de válvulas hacia el implemento en la salida del paquete de válvulas.
- b. Instalar un medidor de flujo a la salida del paquete de válvulas del implemento (cilindro, motor hidráulico) que se desea calibrar.
- c. Debe conectarse la manguera que lleva el aceite al implemento al otro extremo del medidor de flujo.
- d. Aflojar la contratuerca del regulador de flujo y girar la graduación para obtener la cantidad adecuada de flujo hacia los cilindros o motores.

- e. Al haber calibrado adecuadamente, se debe desconectar la manguera del medidor de flujo, y desconectar el medidor de flujo del paquete de válvulas, para, luego, instalar la manguera en su posición habitual.

### 3.2.7. Tensión de cadenas de transportadores y cadenas de tracción

#### 3.2.7.1. Tensión de cadenas de transportadores

Mantener las cadenas de los transportadores de paletas con el ajuste adecuado, asegura la máxima vida de servicio de las cadenas, *sprockets* y ejes. Un ajuste apropiado de las cadenas tiene una holgura de 5" entre el suelo y la cadena tomando la medida entre las ruedas traseras, como se muestra en la figura 107. El ajuste debe realizarse moviendo los ejes de tensión ubicados en la parte delantera de la tolva, como se muestra en la figura 108.

Figura 107. **Altura correcta de cadenas de transportador de paletas respecto al suelo**

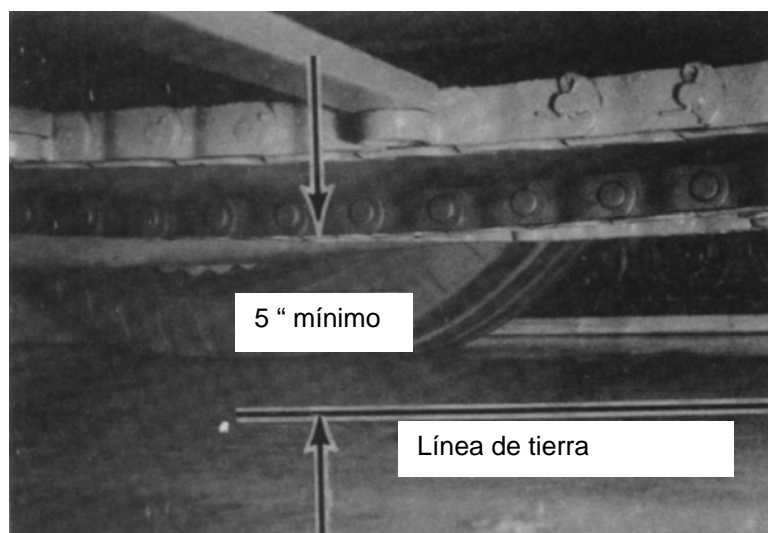
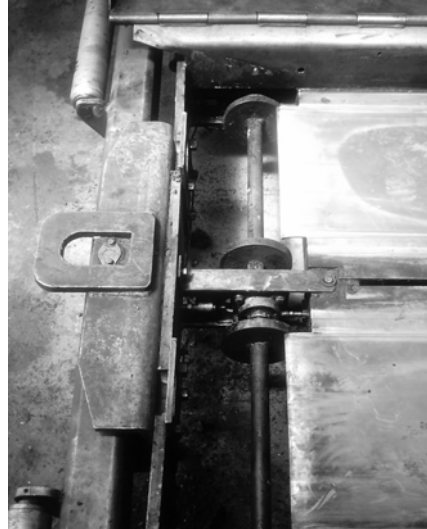


Figura 108. Eje tensor de cadenas de transportador de paletas

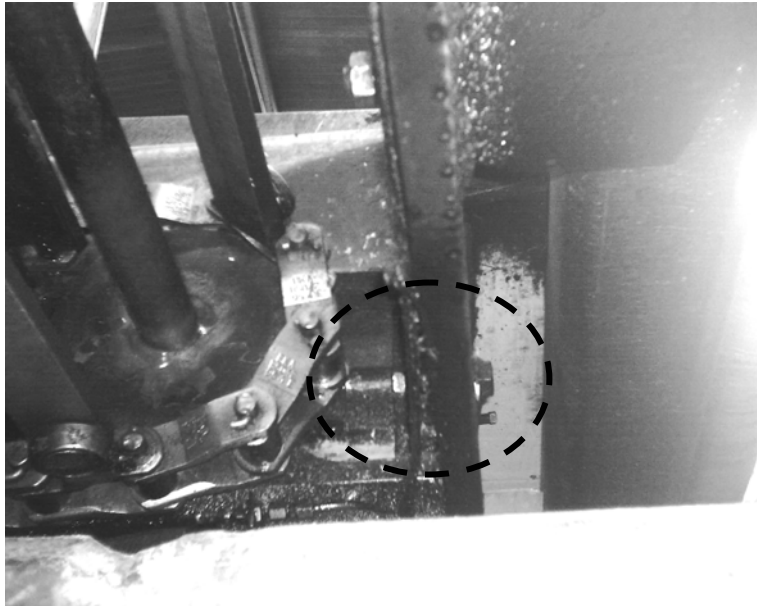


Para realizar el ajuste:

- a. Se debe levantar la tapadera delantera de la tolva.
- b. Aflojar la tuerca de seguridad de los tornillos de ajuste (ver figura 109).
- c. Mover las chumaceras por medio de los tornillos de ajuste, hasta obtener 5" de altura, como mínimo, de la cadena al suelo. Debe cuidarse de ajustar las dos cadenas de igual manera para evitar que uno de los transportadores llene más rápido que el otro y provoque problemas con la cantidad de material al frente de la plancha.



Figura 109. **Tornillos de ajuste de transportador de paletas**



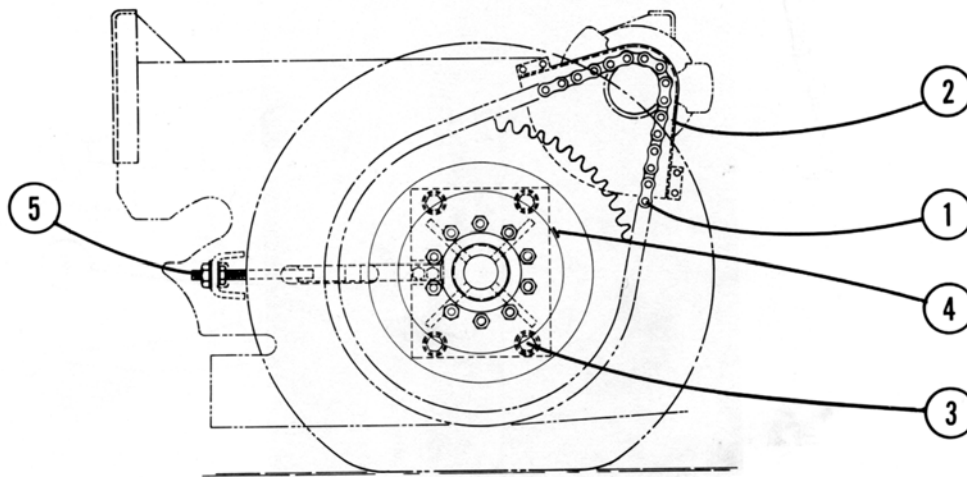
- d. Luego de tensar correctamente la cadena, se debe apretar la tuerca de seguridad del tornillo de ajuste. En pavimentadoras nuevas, o luego de colocar cadenas nuevas, este procedimiento debe repetirse varias veces, hasta que la altura entre la cadena y el suelo deje de variar. De esta manera se asegura la mayor vida útil de las cadenas.

### **3.2.7.2. Tensión de cadenas de tracción**

El ajuste apropiado de las cadenas de tracción es esencial para obtener una superficie de acabado fino, y para evitar daños en los componentes de la tracción debido a las cargas de impacto. Para ajustar las cadenas de tracción se debe realizar el siguiente procedimiento:

- a. Levantar la pavimentadora y cargarla sobre trozos en una superficie nivelada, de modo que las ruedas no toquen el suelo.
- b. Desmontar las guardas de las cadenas en cada lado de la pavimentadora (ver figura 110 No. 2).

Figura 110. **Tensión de cadenas de tracción**



Fuente: **Publicación No. PF-172-OP-2-91-1500**, página C18.

- c. Aflojar los 4 tornillos de fijación de la base de la rueda, de modo que la base pueda deslizarse en el chasis de la máquina (ver figura 110 No. 3).
- d. Antes de tensar la cadena (ver figura 110 No. 1), se debe girar la rueda para localizar la arandela plana ubicada en el interior de cada aro, y ponerla en su punto más bajo; esta indica el punto más alto del *sprocket* (ver figura 110 No. 4).

- e. Los tensores de la cadena esta localizados en la parte posterior del tractor (ver figura 110 No. 5). Se debe aflojar la tuerca de seguridad y ajustar la tensión de la cadena hasta que dé una medida aproximada de 5/8" a 1/4" de distancia entre la cadena y una barra recta apoyada de un *sprocket* al otro. La cadena debe empujarse o jalarse hacia la parte interior de los dos *sprockets* para realizar la medición.
- f. Cuando el ajuste apropiado se consiga, se deben apretar los 4 tornillos de la base de la rueda y, luego, apretar la tuerca de seguridad del tornillo tensor (ver figura 111).

Figura 111. Tensor de cadena de tracción y tornillos de base de la rueda



- g. La tensión de la cadena puede revisarse cada tres meses, y de ser necesario, se puede eliminar uno o dos eslabones para compensar el desgaste de los bujes cuando la holgura se incremente mucho.

### **3.2.8 Separación de plancha flotante y transportador de tornillo sinfín**

Entre la plancha y el transportador de tornillo sinfín, debe existir una distancia que puede variar entre 3 y 5 pulgadas. El valor adecuado dependerá del espesor de la carpeta en colocación y del tipo de material que se está colocando. Cuando la carpeta sea menor de ½" pulgada de espesor, se debe dejar una distancia de 3 pulgadas entre el tornillo sinfín y la plancha, y si el espesor de la carpeta es mayor de 4" de espesor, se debe dejar una distancia de 4 a 5 pulgadas entre el tornillo sinfín y la plancha. Para realizar este ajuste se debe seguir el siguiente procedimiento:

- a. Dejar descansar la plancha en el suelo.
- b. Caminar la máquina hacia delante muy despacio, para eliminar el juego que tiene el brazo en el punto de pivote en el tractor, cerca de las tolvas, como se muestra en la figura 112, hasta arrastrar levemente la plancha y, luego, detener la marcha.
- c. Medir la distancia entre plancha y tornillo sinfín (ver figura 113). Al determinar la medida que debe corregirse, hacer una marca en el brazo de la plancha, como se muestra en la figura 114.
- d. Aflojar, en ambos lados de la máquina, los 4 tornillos de fijación de los brazos laterales de la plancha que se muestran en la figura 112.

Figura 112. **Pivote de brazo de plancha en tractor**

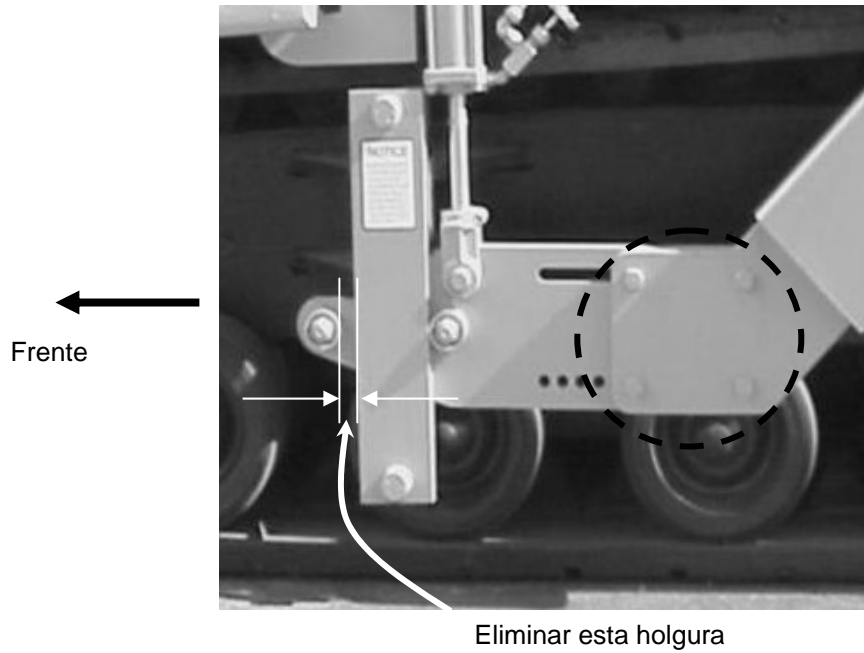


Figura 113. **Distancia entre tornillo sinfín y plancha**

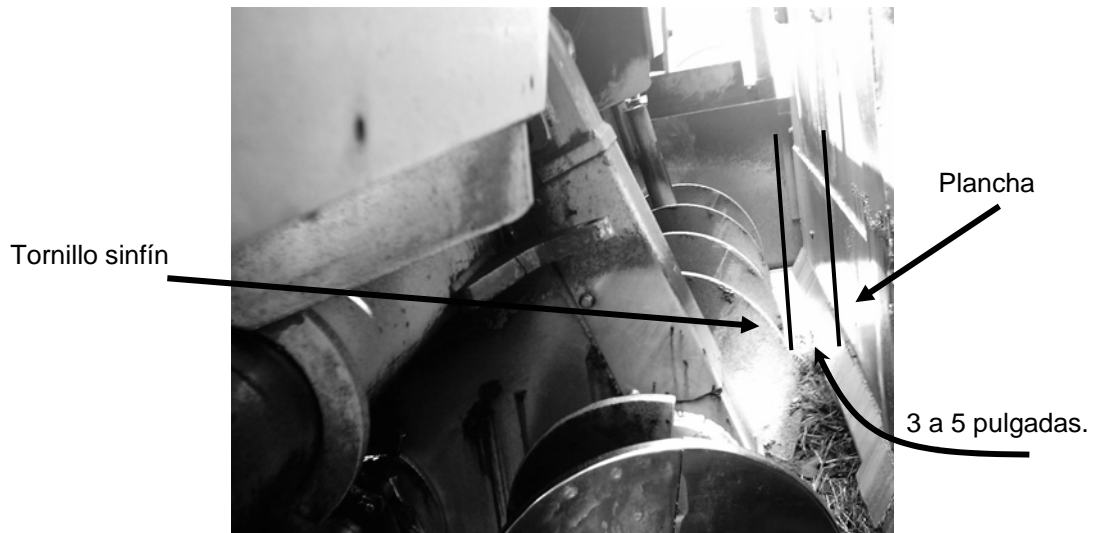


Figura 114. **Marca de corrección de distancia entre plancha y tornillo sinfín**

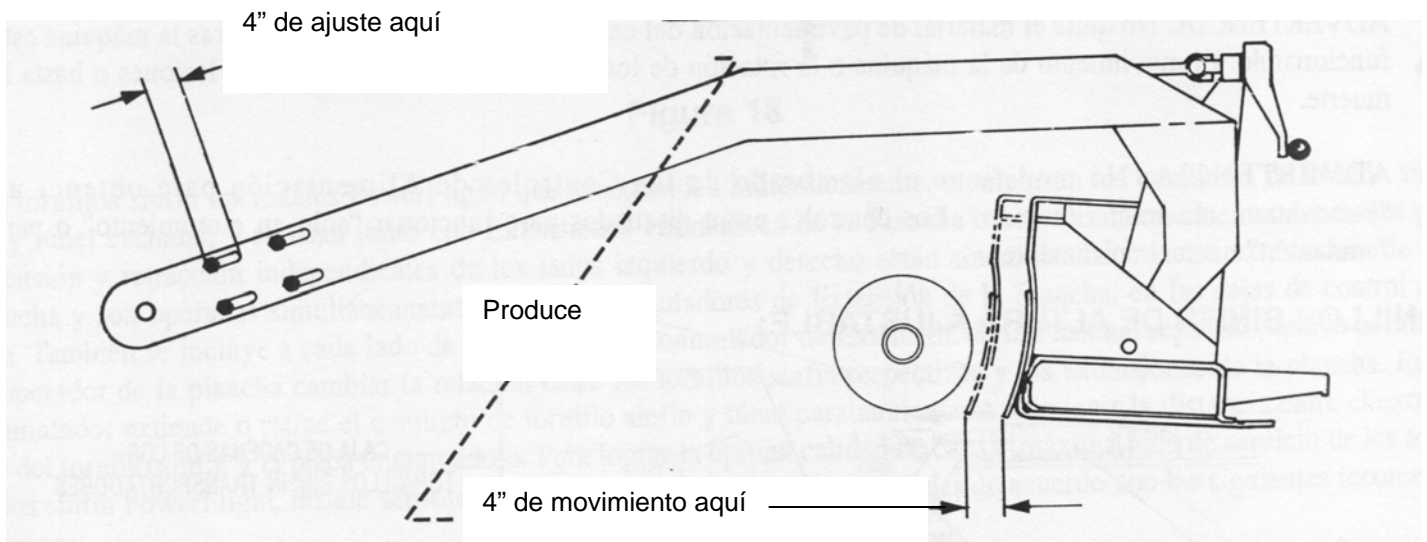


- e. Se debe hacer caminar la máquina muy lentamente hasta que el extremo del brazo de la plancha coincida con la marca realizada en el brazo del pivote del tractor, como se muestra en la figura 115.
- f. En la figura 116 se muestra cómo la corrección de la distancia en el brazo de la plancha corrige la distancia entre el tornillo sinfín y la plancha. Esto es posible debido al pivote del brazo en la plancha, lo cual elimina el movimiento vertical y únicamente traslada el movimiento horizontal, permitiendo de esta manera una relación 1:1 entre el desplazamiento horizontal de la plancha y el desplazamiento inclinado en el brazo de la misma.

Figura 115. Corrección de distancia de plancha y tornillo sinfín



Figura 116. Relación de movimiento en el brazo de la plancha



Fuente: **Publicación PA-MA-R-10-92-10000 de *blaw knox***, página B20.

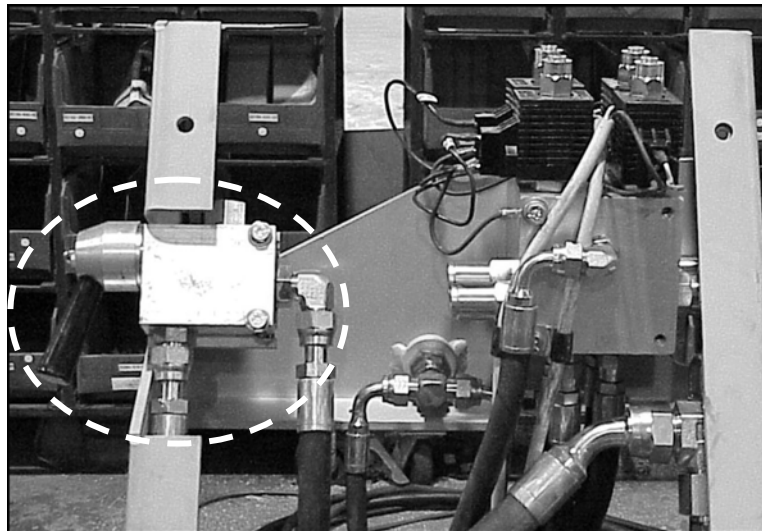
### 3.2.9. Ajuste de intensidad de vibración de plancha flotante

La vibración es producida por un eje giratorio que tiene pesas excéntricas, el cual es accionado por un motor hidráulico. La vibración es transmitida al material de pavimentación a través del bastidor de la plancha y de la superficie de las placas de acabado. La cantidad de vibración producida por el eje del vibrador es determinada por dos factores controlables:

- a. frecuencia (magnitud) y
- b. amplitud (intensidad)

La frecuencia es determinada por la velocidad de rotación (r.p.m.) del eje del vibrador, y es controlada por la válvula de control de flujo del aceite hidráulico a los motores de vibración, ubicada debajo del estribo de la plancha (ver figura 117).

Figura 117. Válvula de control de flujo de vibrador



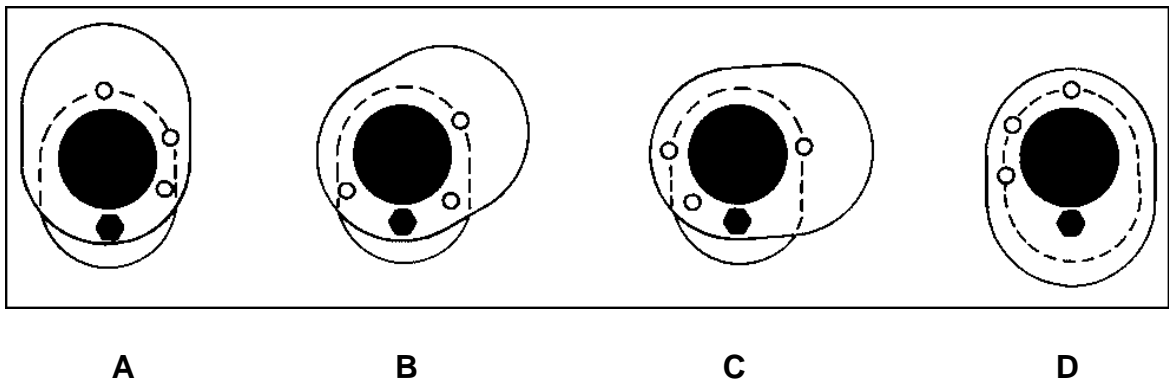


La amplitud es determinada por la posición de las pesas excéntricas que están en el eje del vibrador. Las pesas tienen 4 posiciones de operación, como se muestra en la figura 118. Para obtener una superficie con acabado homogéneo, todas las pesas deben colocarse en la misma posición.

De acuerdo al espesor se debe tomar en cuenta la posición de las pesas excéntricas, de la siguiente manera:

- a. Las posiciones A y B, para espesores menores de 38 mm
- b. La posición C, para espesores entre 38 y 102 mm
- c. La posición D, para espesores mayores de 102 mm

Figura 118. **Posiciones de las pesas excéntricas de vibración**



Fuente: **Publicación PA-MA-R-10-92-10000 de *ingersoll rand***, página B27.

El ajuste de la frecuencia se deberá realizar de acuerdo al tipo de materiales que componen la mezcla asfáltica, hasta determinar cuál frecuencia provee un mejor acabado de la superficie de la carpeta.



## **4. REPARACIONES**

Las reparaciones que se deben efectuar con periodicidad son de reconstrucción con soldadura de arco y con máquinas-herramientas. La mayor parte de estas reparaciones es provocada por desgaste debido a abrasión y la corrosión causada por las altas temperaturas; por lo tanto, los materiales empleados para las mismas deben tener las propiedades para resistir adecuadamente los factores arriba mencionados.

Los electrodos brindan una gran variedad de composiciones químicas, con aleaciones similares entre sí, pero con aplicaciones que varían con factores como el espesor de la pieza, la posición para la soldadura (vertical, por ejemplo), si se va a mecanizar la pieza luego de la soldadura, etcétera. La persona encargada del mantenimiento de la pavimentadora debe seleccionar cuidadosamente el tipo de electrodo que utilizará, informarse acerca de las recomendaciones del fabricante respecto a la aplicación del mismo y cuidar que se utilice la técnica adecuada para la restauración de las partes a reparar.

### **4.1. Reparaciones con soldadura**

#### **4.1.1. Hornillas de plancha flotante**

Uno de los principales causantes del pronto deterioro de una hornilla es el exceso de tiempo en el calentamiento. También pueden darse problemas de este tipo debido a una mala calibración de la boquilla o porque la boquilla esté defectuosa, lo que provoca que la llama no caliente la hornilla en forma homogénea, produciendo sobrecalentamiento en la parte superior de la misma.

Cuando se reconstruye una hornilla debe utilizarse lámina acerada AISI 317, para resistir el efecto de las altas temperaturas. Se debe tomar en cuenta que al soldar es necesario evitar que el calor se transfiera por conducción en áreas muy grandes, logrando de esta manera evitar el pandeo o torcimiento de las placas que se están soldando. Por lo tanto, la soldadura de las placas debe hacerse en pequeños cordones y en puntos aislados, permitiendo que el calor se disipe lo suficiente para no cambiar las propiedades mecánicas de la placa (dureza, tenacidad, etcétera). El acero AISI 317 es una excelente opción tanto para material de aporte como para lámina de reconstrucción, ya que posee buena resistencia a las altas temperaturas y a la corrosión. Su contenido de molibdeno y cromo provee las propiedades ideales para el funcionamiento de las hornillas.

Debe tenerse el cuidado de que todas las superficies reparadas de la hornilla queden completamente planas, para evitar la fuga de llamas o de humos, así como la entrada de agua o basura al interior de la hornilla. Puede utilizarse empaque de asbesto, para mejorar el sellado entre superficies; sin embargo, se deben tomar las precauciones sobre el manejo del mismo por sus efectos cancerígenos (en Guatemala aún no existe legislación acerca del uso de este material) o puede utilizarse colchoneta de fibra cerámica de 6 mm de espesor, que tiene las mismas propiedades de resistencia a la temperatura que el asbesto, pues al principio del funcionamiento, luego de reparadas y limpiadas las estufas, el hollín no se ha depositado en estas áreas para sellar las juntas. También debe tomarse en cuenta que dentro de la hornilla se formarán grumos de óxido que deben eliminarse periódicamente, para que la transferencia de calor a la placa de acabado sea adecuada. Esto evitará que los tiempos de calentamiento sean muy largos, lo cual da como resultado proteger del calentamiento excesivo la parte superior.

En este componente de la pavimentadora, el efecto de la alta temperatura se hace notar en la deformación que puede darse en las paredes de la hornilla, en la oxidación y en las fisuras que se producen en las aristas, como se muestra en las figura 119 y 120.

Figura 119. **Deformaciones de hornilla**

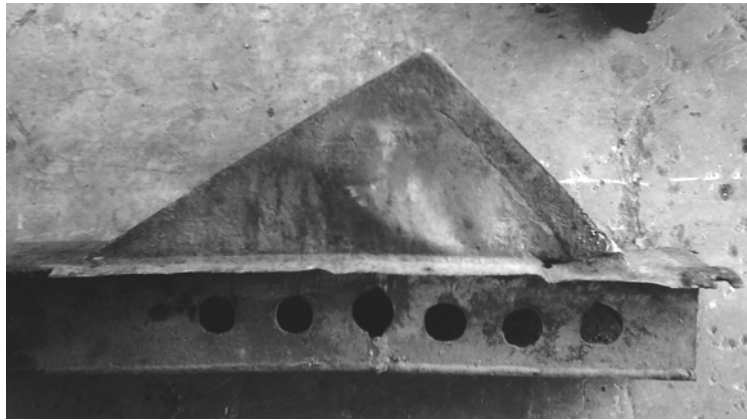
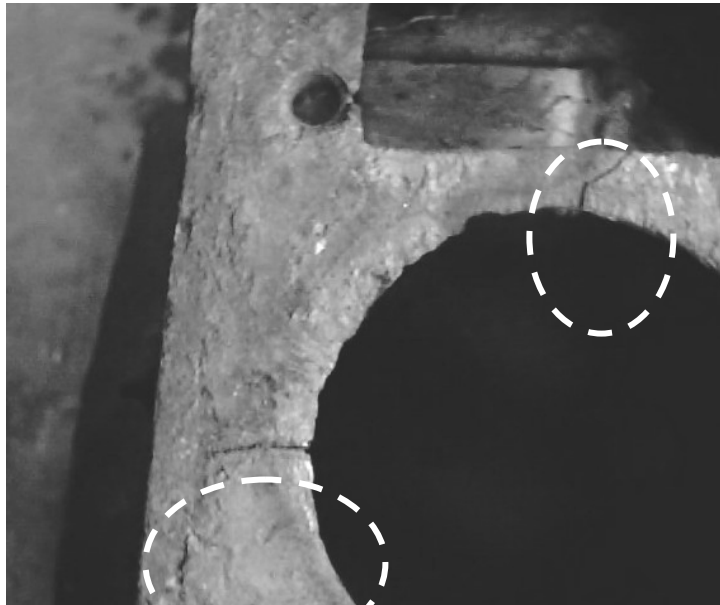


Figura 120. **Fisuras en la parte superior de la hornilla**



Todos los cortes y perforaciones necesarios para sustituir las partes dañadas en las láminas de acero AISI 317 deben realizarse con taladro y fresadora; no debe utilizarse el corte con llama pues altera las propiedades del acero. Es recomendable tener un juego adicional de hornillas para reemplazar las que se han de reparar, y así disponer del tiempo adecuado para reparar las dañadas.

En cuanto a los tornillos de fijación de las hornillas, se deben utilizar de grado 5 y aplicar inhibidor de corrosión en la rosca del tornillo. De esta forma se evita que con el calor se produzca óxido entre las roscas del tornillo y de la base.

#### **4.1.2. Placas de transportador de paletas**

Las placas del transportador de paletas tienen contacto directo con la mezcla asfáltica y con la cadena del transportador. Pueden sufrir desgastes severos y prematuros si la limpieza del transportador es deficiente. En la figura 121 se puede apreciar el daño causado por la cadena a la placa del transportador. La placa está fabricada de acero con dureza de 550 Brinell, y a pesar de esa dureza, la mezcla asfáltica y la cadena tienen la capacidad de dañarla fuertemente. Debe realizarse como mínimo una inspección cada 6 meses para comprobar el estado de las placas. Para efectuar esta revisión es necesario quitar los protectores de la cadena y destensarla, para así poder levantarla de la placa y palpar con la mano las áreas de contacto entre los eslabones de la cadena y la placa. No debe existir ningún tipo de ranura o ralladura en la placa; de haberla, deberá procederse a la reparación con soldadura de arco, o a su cambio si el daño es irreparable.

Figura 121. **Desgaste de placas de transportador de paletas**



El proceso de reparación de la placa es el siguiente:

- a. Luego de retirar la placa de la máquina, se debe limpiar completamente para identificar las áreas dañadas.
- b. Generalmente los extremos de la placa son las áreas más afectadas. Deben numerarse las áreas para crear un orden en la aplicación de la soldadura, lo cual ayudará a evitar sobrecalentamientos que provoquen pandeo en la placa. A este proceso de soldadura se le conoce como “soldadura intermitente y escalonada”. Se puede dividir la placa en dos partes para marcar el orden de soldadura. En la figura 122 se da un ejemplo que pretende alejar los puntos de calor, permitiendo trabajar en grupos de 5 puntos continuos de soldadura, para luego, dejar 20 minutos de enfriamiento.

- c. Se debe calentar la placa a una temperatura entre 300 y 600 grados Fahrenheit (148 y 315 °C) antes de iniciar a soldar. El propósito de este calentamiento es disminuir la posibilidad de que ocurran fisuras en el área a soldar, que podrían provocarse por la diferencia de temperaturas entre el área en reparación y las áreas que la rodean.

Figura 122. **Orden de soldadura en placa de transportador**

24	39	31	36	27	22	38	29	34	25
4	19	11	16	7	2	18	9	14	5
1	13	6	17	10	15	20	8	12	3
21	33	26	37	30	35	40	28	32	23

Con base en esta propuesta, se deben soldar las áreas identificadas con los números 1 a 5, dar 20 minutos de enfriamiento, luego soldar los puntos 6 a 10, dar 20 minutos de enfriamiento, etcétera, hasta completar los 40 puntos. Este procedimiento toma aproximadamente 7 horas; sin embargo, puede aprovecharse el tiempo de enfriamiento, en la soldadura de una segunda placa, o en la preparación de un trabajo paralelo.



Se debe utilizar electrodo con material de aporte que provea una dureza de 57 a 60 Rockwell c y que esté diseñado para resistir abrasión extrema y bajo impacto, por ejemplo electrodo ESAB AWS 6IP o un equivalente de recubrimiento duro. Otra técnica adecuada para este proceso es limitar la altura de los cordones de soldadura a 1/8". Se pueden aplicar como máximo dos cordones de soldadura, para lo cual existen dos razones principales; la primera es que la placa del transportador tiene 3/8" de espesor total, y la segunda y principal es que al aplicar el electrodo en más de dos capas, se fisura la soldadura debido a que se aumenta la dureza del metal cuando se aplica la segunda capa.

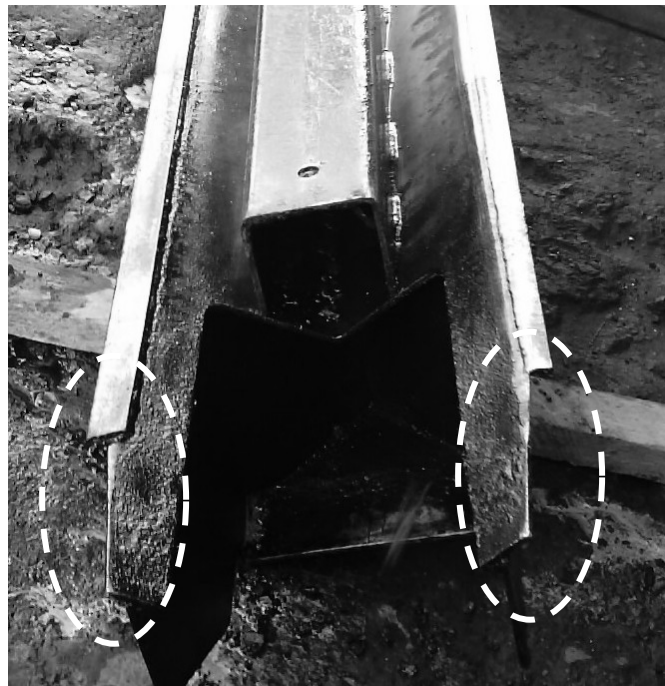
Luego de realizada la soldadura, se debe proceder a pulir las superficies con una amoladora, verificando con una escuadra que la superficie quede pareja. Nunca debe aplicarse agua o forzar el enfriamiento de las placas; deben enfriarse al aire en calma. Cuando una placa se ha reparado en gran magnitud, es aconsejable calentarla a 700 grados Fahrenheit (371° C) por un periodo de tiempo de 3 horas luego de terminar la soldadura, y dejarla enfriar al aire en calma o bajo un baño de cal que provee condiciones estables de enfriamiento. A este proceso se le conoce como "recocido de estabilización", y pretende eliminar los esfuerzos provocados por la reparación. En este tipo de tratamiento térmico no se pierden las propiedades originales del metal. Generalmente no se cuenta con un horno para realizar el tratamiento térmico; por lo tanto, deben llevarse las piezas a una empresa que provea estos servicios.

#### 4.1.3. Protectores de cadena de transportador de paletas

En el caso de los protectores de las cadenas del transportador de paletas, se debe utilizar acero AISI de la serie 200, que tengan contenido de cromo, níquel y manganeso. Estos tres elementos proporcionan dureza y resistencia al desgaste, disminuyen el efecto perjudicial del azufre (contenido del combustible diesel) y protegen de la oxidación.

Los aceros de la serie AISI 200 sustituyen parcialmente el níquel por el manganeso; por lo tanto, son ideales para fabricar tiras planas de reparación en el caso de los protectores. En la figura 123 se muestra el desgaste producido en un lado del protector de la cadena.

Figura 123. Protector de cadenas de transportador de paletas



Los desgastes en esta área son típicos. Tal como se muestra en la figura 123 se debe restaurar la parte inferior del protector. La soldadura, en este caso, tiene contacto directo con los elementos abrasivos. Para la reparación de los protectores se deben seguir los pasos siguientes:

- a. Cortar con amoladora la soldadura que sostiene la placa plana de desgaste como se muestra en la figura 124.

Figura 124. **Corte de soldadura con amoladora**



- b. Verificar el corte con escuadra para asegurar que al colocar la nueva pieza de desgaste quede perfectamente alineada con la cadena.
- c. Medir cuidadosamente la altura de la parte inferior, tal como se muestra en la figura 125.
- d. Biselar la parte principal del protector a un ángulo de 30 grados, como se muestra en la figura 126.

- e. Aplicar la soldadura con electrodo AWS WH (ver anexo No.3) en forma intermitente, con cordones de 2" de longitud y 4" de distancia al centro de los mismos; posteriormente, llenar a totalidad. Esta técnica es deseable para evitar la deformación de las piezas.

Figura 125. Dimensiones de nueva pieza de desgaste en protector de cadenas

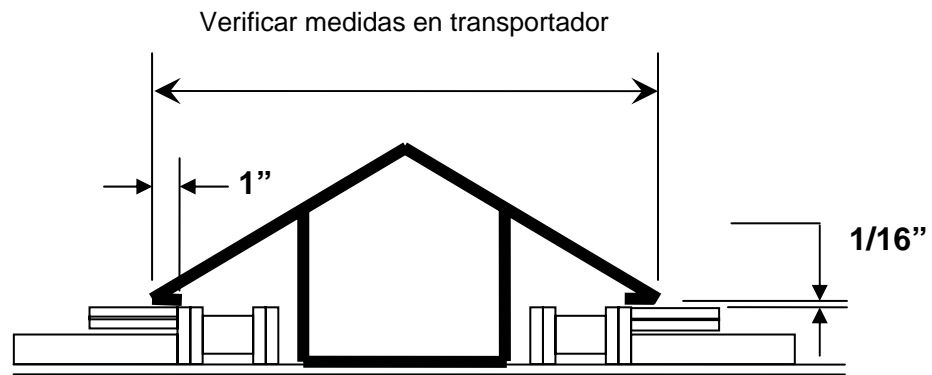
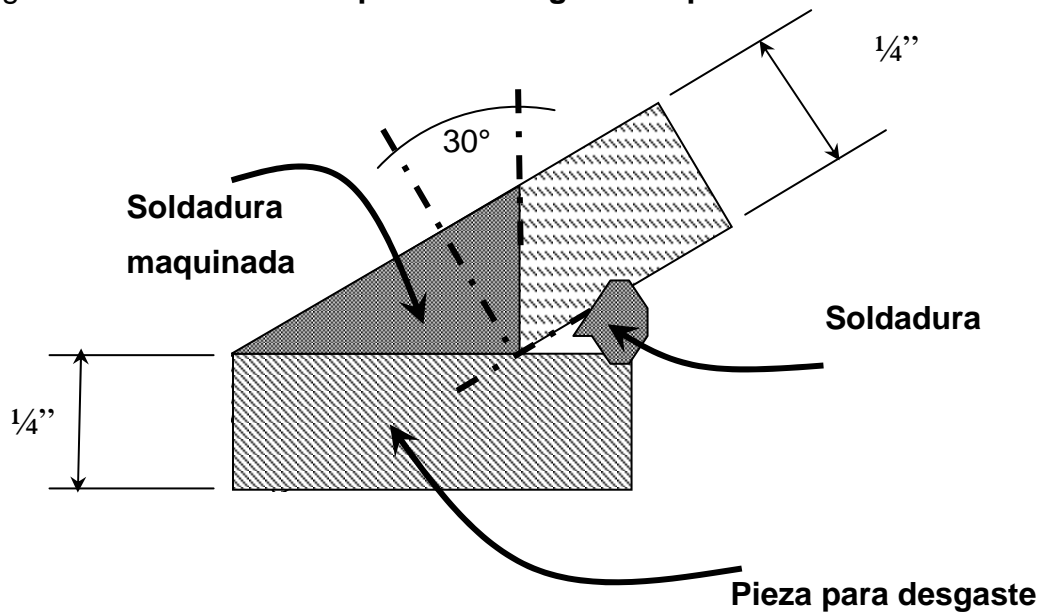


Figura 126. Soldadura de pieza de desgaste en protector de cadenas



#### **4.1.4. Compuertas laterales de plancha flotante**

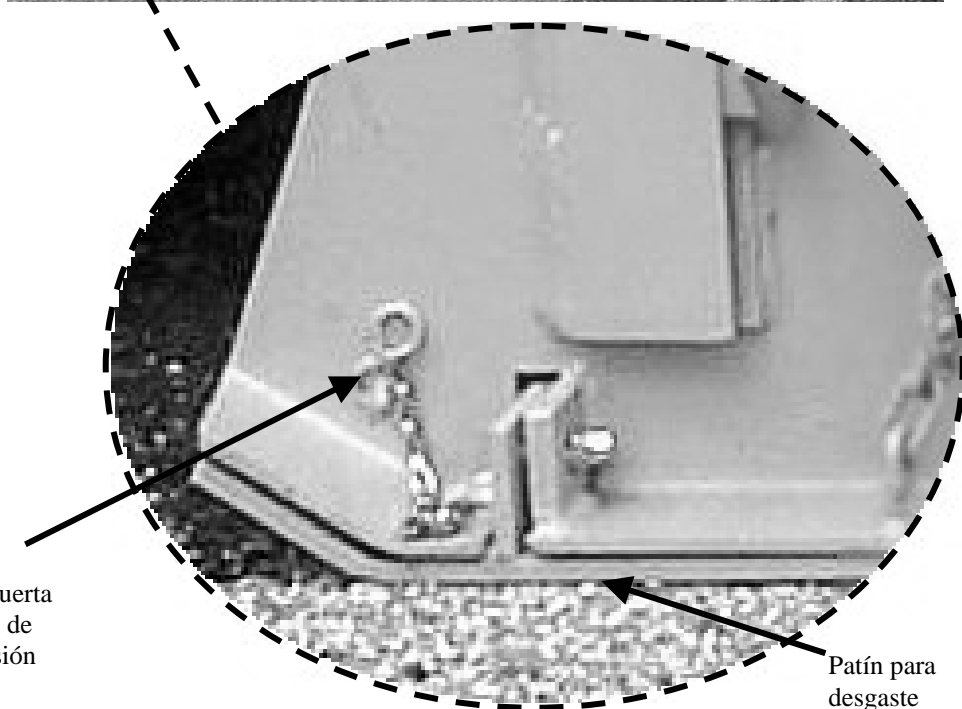
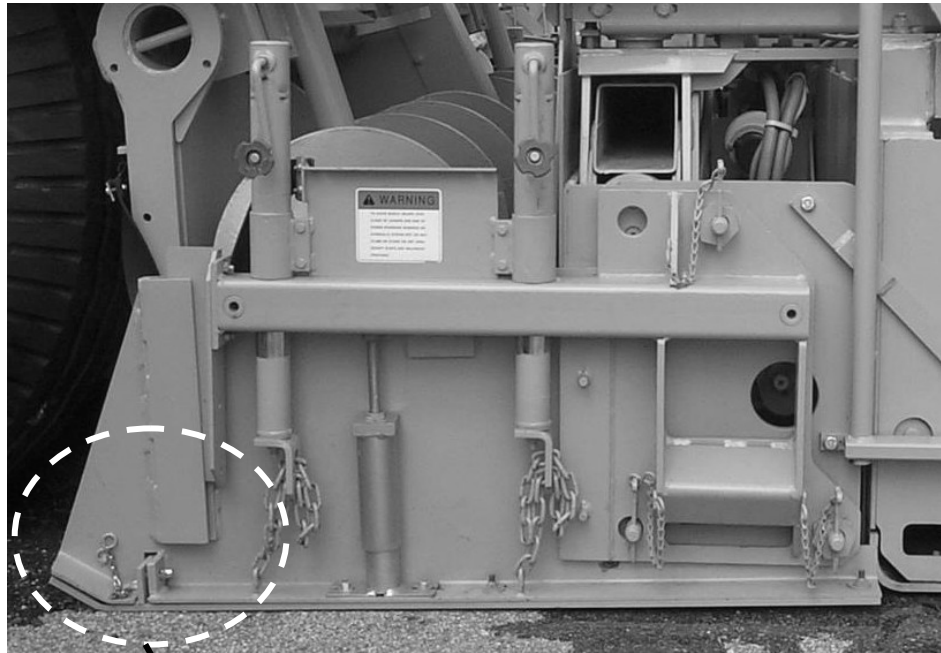
La plancha flotante tiene una compuerta en cada extensión, que sirve para retener la mezcla que se está colocando y formar un ancho definido de pista. Esta compuerta es objeto de desgastes y daños debido a golpes contra bordillos y cunas de tragantes.

En la parte inferior, la plancha posee un patín de desgaste que le provee protección a la estructura principal para que no se dañe la misma. Es necesario, luego de un tiempo de trabajo, reemplazar este patín. Materiales adecuados para la fabricación de este patín son el acero AISI 1030 templado a 400 grados Fahrenheit (204° C) con una dureza Brinell de 495, o el acero AISI 1040, también templado a 400 grados Fahrenheit (204° C), con dureza Brinell de 514. Es necesario este tipo de dureza debido a que el patín va en contacto directo con el suelo, y de usarse un material suave, se desgastaría con rapidez.

La compuerta no sufre desgaste por abrasión en su parte vertical, y está propensa a golpes debido a que lleva un contacto continuo con bordillos, tragantes, brocales de pozos, postes, etc. De ordinario el daño puede repararse calentando la pieza y golpeándola para volverla a su forma inicial. Esta pieza no está sometida a cargas, únicamente confina el material, pero es muy importante que esté perfectamente alineada pues la orilla de la carpeta será un resultado exclusivo del estado y la alineación de la compuerta.

En la figura 127 se pueden observar el patín y la compuerta de la extensión.

Figura 127. **Compuerta lateral de extensión de plancha flotante**



Compuerta lateral de extensión

Patín para desgaste

#### **4.1.5. Caracoles de transportador de tornillo sinfín**

Los caracoles del tornillo sinfín están fabricados de hierro fundido. Son por lo tanto, elementos frágiles que no deben golpearse y cuyo movimiento no se debe forzar contra piezas o contra el suelo, pues se fracturan con facilidad.

Tienen una excelente resistencia contra el desgaste por abrasión, y su diseño permite reparar secciones pequeñas del tornillo sinfín, lo cual facilita el trabajo de reparación, el cual requiere un tiempo menor que el conocido con electrodos de arco para hierro fundido, debido a los calentamientos y enfriamientos que se deben llevar a cabo para que la soldadura de la reparación sea efectiva. Existen electrodos diseñados para aplicaciones de mantenimiento, no para producción, como la gran mayoría.

El electrodo de la casa Certanium, con identificación 7500 (ver anexo No.1) provee buenos resultados para este tipo de reparaciones. El procedimiento es el siguiente:

- a. Inicialmente se debe biselar la parte agrietada para formar un ángulo de 60 grados entre ambas caras de la grieta o partes a soldar. La limpieza de las mismas debe realizarse con un cepillo de alambre.
- b. Se debe perforar en cada extremo de la grieta un agujero de aproximadamente 6 a 7 milímetros, para evitar que la misma se agrande.
- c. Posteriormente, se debe calentar la pieza a 250 grados Fahrenheit (121° C), de manera uniforme, para que no existan condiciones distintas en el material.

- d. Cuando la temperatura sea uniforme, se debe aplicar la soldadura con el electrodo de 5/32 de pulgada, soldando longitudinalmente sin crear círculos. La soldadura debe realizarse en línea recta. Además, se debe soldar en sentidos contrarios, es decir, si el primer cordón se aplica de derecha a izquierda, el segundo cordón debe aplicarse de izquierda a derecha. Debe tomarse en cuenta que se debe utilizar el menor amperaje posible y la menor longitud de arco, con la finalidad de mantener la temperatura uniforme en la pieza para disminuir tensiones en el área de la soldadura.
- e. La limpieza de cada cordón debe realizarse inmediatamente de terminada la aplicación, con un cepillo de alambre, no con máquina. Será necesario martillar levemente la escoria cuando las áreas a reparar tengan más de 1 pulgada de espesor.
- f. Durante el proceso de soldadura se debe cuidar que la temperatura se mantenga estable en la pieza para no provocar cambio en las propiedades del material.
- g. Luego de terminada la soldadura, la pieza debe calentarse nuevamente a una temperatura entre 275 y 300 grados Fahrenheit (135 y 148° C), lo cual provee una mejor maquinabilidad. La atmósfera para realizar este proceso debe estar a una temperatura entre 60 y 110 grados Fahrenheit (15 y 43° C) con aire calmado, o bajo baño de cal.
- h. Posteriormente al procedimiento arriba descrito, se debe dejar enfriar la pieza en aire calmado lo más lentamente posible. Realizado el enfriamiento, la pieza esta lista para maquinarse y utilizarse. Enfriar la pieza dentro de un depósito con cal es una de las técnicas más comunes y efectivas.



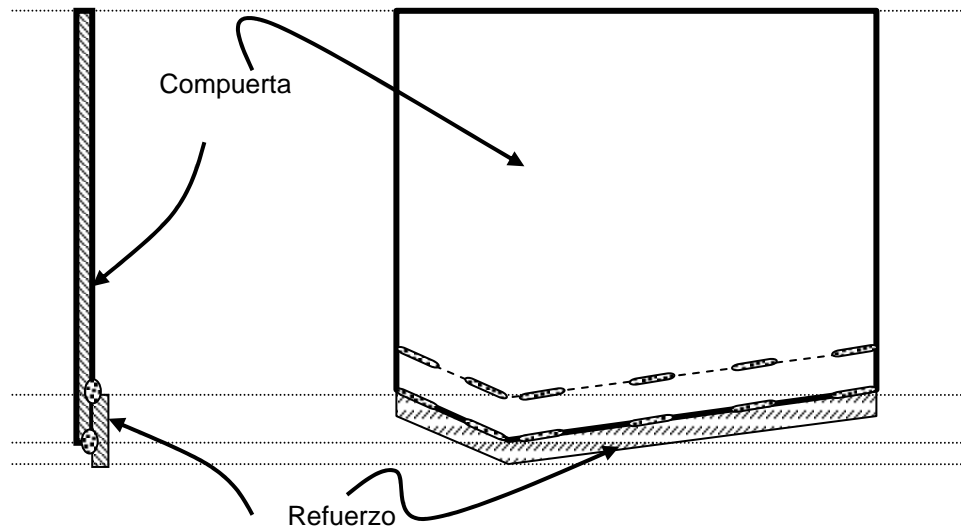
Una ventaja de utilizar este procedimiento, consiste en evitar un precalentamiento que toma mucho tiempo, inclusive 24 horas en algunos casos; además, no es necesario preocuparse por el tipo de hierro fundido de que está fabricada la pieza, pues el electrodo provee una excelente compatibilidad con los distintos tipos de hierro fundido que se encuentran en el mercado.

#### **4.1.6. Compuertas de tolvas de material**

La reparación de las compuertas de paso de material de la tolva al transportador de tornillo sinfín, es muy simple, así como establecer el momento necesario para hacerlo.

Como se mencionó anteriormente, la altura mínima de paso de material que permiten las compuertas es de 5 cm; por lo tanto, se debe proceder a su inspección bajando las compuertas hasta donde lo permite el mecanismo de las mismas, y midiendo la altura que existe entre la parte superior de la cadena y la compuerta. Si la altura es menor de 5.5 cm, debe procederse a restituir el material con soldadura de recubrimiento duro, del mismo tipo que se utiliza en las placas del transportador de paletas. Si la medida es mayor de 5.5 cm, entonces debe adaptarse una sección plana de acero del mismo tipo utilizado en los protectores de las cadenas, soldado por la parte trasera de las compuertas, es decir, por la cara que da a la parte interior del túnel, para restituir la altura adecuada como se muestra en la figura 128. Es necesario conservar la altura de 5 cm, para poder alimentar adecuadamente los tornillos sinfín y no tener problemas de excesos de mezcla frente a la plancha cuando se aplican espesores delgados de carpeta.

Figura 128. Refuerzo de compuertas de tolvas



En cuanto a las áreas de desgaste, no existe un tiempo periódico definido de reparación o inspección para los distintos componentes que tiene la pavimentadora. Pueden tomarse algunas recomendaciones como base, pero la frecuencia de las inspecciones y reparaciones dependerá completamente del tipo de proyecto y de las condiciones de operación que se tengan. Se debe implementar un criterio de reparación que proteja la máquina por sobre los costos de reparación. De esta manera, se tendrá la menor cantidad de tiempos de parada de la pavimentadora y se optimizará la productividad de la misma.

## 4.2. Reconstrucción con máquinas-herramientas

### 4.2.1. Ejes dentados, *sprockets* y cadenas

Una reconstrucción muy común es la de los ejes dentados. Existen varios puntos en los cuales se debe evaluar la oportunidad de efectuar una revisión visual para establecer las condiciones de funcionamiento de los mismos.

La inspección conlleva liberar de acoples los ejes en revisión; luego, moverlos a favor y en contra de las manecillas del reloj, por medio de una pequeña palanca o usando llave de plomería, para determinar si existen holguras excesivas entre los dientes. Debe tomarse en cuenta que en lugares donde el eje dentado se acopla a *sprockets*, debe inspeccionarse a la vez el estado de las cadenas que accionan los *sprockets*, pues un desajuste entre la cadena y el *sprocket*, o el mal estado de la cadena, pueden dar lugar a confusiones.

El primer eje a considerar se encuentra en la caja de bombas. Este recibe la transmisión acoplada al embrague del motor de combustión interna. Debido a que el movimiento se produce en un solo sentido de rotación, los dientes reciben carga en un lado únicamente. Por lo tanto, las caras que reciben la carga se deterioran, y pierden su geometría.

Al producirse esa deformación en la cara de los dientes, se crea una holgura entre los dientes del eje y del engranaje, y esta holgura propicia que cada vez que se incremente o disminuya la velocidad de rotación, exista un golpe entre los dos elementos dentados (engranaje y eje), lo que da como resultado una deformación mayor y acelerada de la totalidad de dientes del eje y del engranaje.

Una manera de prolongar la vida útil de este elemento es la aplicación de grasa para extrema presión en el área de contacto de los dientes, lo cual provee dos beneficios:

- a. Eliminar el contacto directo entre los dientes, lo cual disminuye el desgaste por fricción y a la vez, proporciona un amortiguamiento en el contacto entre dientes
- b. Reducir la holgura que se produce entre las caras de los dientes y, por lo tanto, prolongar la vida útil de los mismos

Sabiendo que inevitablemente llegará el momento de reconstruir el eje dentado, se debe tomar en cuenta que el electrodo a utilizarse en la reconstrucción de los dientes debe tener propiedades de límite elástico de 123000 psi, resistencia a la tensión de 160000 psi, dureza rockwell c aproximada de 40, ser maquinable y apto para tratamientos térmicos.

Otros puntos que presentan el mismo problema son:

- a. El acople de cada eje del transportador de tornillo sinfín con el *sprocket* de la caja de cadenas que provee el movimiento al mismo
- b. Los yugos de la transmisión tipo cardan de la caja de 3 velocidades con el diferencial de traslación

Como se mencionó anteriormente, otros componentes que deben inspeccionarse al menos cada 6 meses son las cadenas. Se deben destensar y comprobar el juego que existen entre los eslabones y los pines, así como el juego entre los bujes y los pines. Con base en esta inspección puede determinarse si es necesario reemplazar la cadena.

Además, los *sprockets* deben ser inspeccionados para evaluar los desgastes y deformaciones en cada uno de los dientes y en el cuerpo de los mismos.

#### **4.2.2. Cajuelas para rodamientos**

En general, las cajuelas para rodamientos tienden a perder su ajuste con la pista externa del rodamiento a causa de las altas temperaturas y vibraciones, lo que permite que el rodamiento gire sobre ellas y cree desgaste, perdiendo finalmente todo contacto de sujeción con la cajuela. Por lo tanto, se hace necesario reparar con metalizado si el daño es producido en una pequeña longitud de la circunferencia de la cajuela. Si el daño está presente en toda la circunferencia, es necesario insertar una camisa y, luego, rectificar con torno para que la cajuela quede con las dimensiones adecuadas para el rodamiento.

Los problemas de este tipo se presentan en la caja de bombas, en la tapadera del embrague y en los brazos de soporte del eje del transportador de tornillo sinfín. La reconstrucción no requiere más cuidado que proveer la holgura adecuada para introducir el rodamiento con prensa hidráulica y la aplicación de fijador de rodamientos entre la cara externa del rodamiento y la cajuela reconstruida.

#### **4.2.3. Ejes lisos, cuñas y cuñeros**

Este tipo de reparación es la más común en lo que se refiere a ejes. La totalidad de los motores hidráulicos de la pavimentadora tiene salida de eje liso con cuñero, y considerando lo importantes que son los componentes hidráulicos, se debe tomar por norma que las cuñas que se reemplacen deben ser de un material tenaz con menor dureza que la del eje.

Esto evitará daños en los ejes que normalmente tienen engranajes como parte de los mismos, lo cual dificulta la reparación, debido a que se debe desarmar completamente el motor hidráulico para poder reconstruir. Otro aspecto importante de este tipo de reparación es el ajuste entre cuñas y cuñeros; deben ser muy exactos para evitar daños a corto plazo por causa del golpe que se da cada vez que arranca un motor hidráulico.

Además cuando se reconstruye un eje, generalmente por desgaste en el área donde se instala el retenedor de aceite, la reparación debe ser de un acabado fino y uniforme (ver anexo No. 2), pues cualquier deformación o hendidura, dará como resultado una fuga inmediata de lubricante.

#### **4.2.4. Barras de cilindros**

Las barras de cilindros sufren al menos dos tipos de daño:

- a. erosión y
- b. ralladuras

En ambos casos se pueden reconstruir las barras o reemplazarlas. Existe un proceso de reparación conocido como cromado, el cual consiste en llenar con material de soldadura las áreas dañadas, rectificar el diámetro de la barra y, posteriormente, aplicar un baño de cromo que protegerá la barra de la corrosión y dará un acabado fino y brillante (ver anexo No.2), ideal para el sellado.

Este tipo de reparación brinda muy buena durabilidad en cilindros que trabajan principalmente con la barra expuesta al ambiente.

El segundo método es el de reemplazar la barra dañada por una de acero inoxidable; sin embargo, esta última debe rectificarse con piedra de esmeril y dar un acabado de rugosidad muy fino (ver anexo No. 2), pues de lo contrario los retenedores y limpiadores del aceite en el cilindro se dañarán rápidamente debido a la superficie “áspera” que deja como acabado un rectificado con buril.

El daño que se da en la barra puede suceder por contaminación en el sistema hidráulico, por choque térmico en la barra cuando hay climas muy fríos, y por daño en el retenedor, por desgaste al entrar y salir la barra. Habrá daño donde se encuentre una partícula de suciedad atrapada en el labio del retenedor; otra causa del daño de una barra es provocar impacto en el cilindro al ejecutar su movimiento.

Cuando se reemplaza una barra se debe verificar que la misma se encuentra perfectamente recta; de lo contrario, una barra pandeada dará como resultado la deformación de los retenedores y bujes que la alinean y, como consecuencia, fugas de lubricante. Una causa común del pandeo de una barra es dejar el peso de un implemento de la pavimentadora recargado sobre el cilindro; por ejemplo, dejar la plancha levantada del suelo durante horas sin utilizar un apoyo para la misma más que los cilindros, provoca una carga vertical sobre los mismos, que están alineados con una inclinación de 60 grados respecto de un plano horizontal; por lo tanto, provocan un momento de torsión que, luego de repetidas ocasiones, pandea la barra.

Dejar depósitos de asfalto contaminado con diesel sobre la barra de un cilindro es una causa muy común de daños en los cilindros de la plancha. El azufre contenido en el diesel termina provocando corrosión en las barras, y el asfalto endurecido en la barra provoca daño en los retenedores.

No tomar precauciones a la hora de la limpieza con barra en los caracoles del transportador de tornillo sinfín, puede dar lugar a golpear con la barreta de limpieza en una barra de cilindro. Incluso cuando se pinta la máquina para preservar la estructura y las láminas, se debe cuidar de cubrir con papel resistente y cinta adhesiva las barras, que de preferencia deben quedar totalmente adentro de su respectiva camisa o cuerpo del cilindro, para protegerlas de contaminación que pueda dañar el retenedor y contaminar el aceite del sistema hidráulico cuando se accione nuevamente el cilindro.





## CONCLUSIONES

1. Minimizar las reparaciones en la pavimentadora será efectivo si se realiza a conciencia la inspección de la máquina antes de iniciar cualquier operación de la misma, si se le presta atención durante la operación y si se verifican las áreas identificadas como primordiales al final de esta. De lo contrario, únicamente pueden esperarse reparaciones de emergencia costosas y que implican muchas horas de tiempo perdido por causa del paro de la máquina.
2. Debe tenerse el conocimiento adecuado de los componentes que conforman la pavimentadora, para diagnosticar correctamente y a tiempo las acciones correctivas que deben realizarse para normalizar o maximizar la vida útil de la máquina. Sin embargo, por sí solo el conocimiento para realizar una corrección no brinda un buen resultado, pues existe una combinación de insumos, repuestos, horas-hombre, horas-máquina no productivas, y otros factores que son los que verdaderamente determinan si se realizó una reparación en el momento adecuado y en el tiempo deseable.
3. No todos los proyectos y productos aplicados por la pavimentadora exigen los mismos esfuerzos y producen los mismos desgastes en los componentes de la máquina.

4. Contar con la herramienta y equipo de diagnóstico adecuados es muy importante para realizar los ajustes, evitar contaminación al sistema hidráulico y prolongar al máximo la vida útil de los componentes hidráulicos de la pavimentadora.

## RECOMENDACIONES

1. Algunas partes de la pavimentadora pueden sustituirse por repuestos de vehículos de servicio pesado: rodamientos, sellos anulares (*o-rings*), retenedores de labio, fusibles, tornillería de compuertas y para fijación de partes no sometidas a desgastes o altas temperaturas, empaquetaduras, bombas de freno y mangueras del sistema hidráulico. Sin embargo, debe considerarse la calidad de los productos que se pretende utilizar, y el área donde se pretenden emplear, debido a que algunos productos de servicio pesado pueden contar con las medidas que se necesitan, pero su rendimiento no será adecuado por causa de las temperaturas, por el contacto continuo con el combustible o con los residuos de concreto asfáltico que se depositan en la pavimentadora en el momento de la operación.
2. No se deben realizar modificaciones al sistema hidráulico de la pavimentadora, pues existen interconexiones entre los distintos puntos del sistema hidráulico por causa de los funcionamientos automáticos que tiene la pavimentadora.
3. No se deben sustituir tramos de tubería con mangueras. Aun cuando la manguera pueda resistir la presión, los tubos presentan características como rigidez, que es necesaria cuando las líneas pasan cerca de componentes en movimiento, resistencia a los impactos y radios de curvatura menores a los de las mangueras.

4. Hay que fomentar en el operador y en la persona que revise y/o repare la pavimentadora, el sentido de responsabilidad, de minuciosidad y de fidelidad a las prácticas de mantenimiento e inspección, así como realizar continuamente una evaluación verbal al operador acerca del estado de la pavimentadora, con la finalidad de eliminar al máximo el olvido de pequeños problemas visualizados, los cuales irán evolucionando con el paso de las horas de operación.
5. Las reparaciones realizadas con torno o fresadora deben confiarse a una persona con conocimiento comprobado de la aplicación de los aceros. De esta forma se reducirán los costos de reparación y se mantendrá la pavimentadora en óptimas condiciones de funcionamiento.
6. Se debe mantener una relación continua con el proveedor o representante de la fábrica de la pavimentadora. Es común que se redacten boletines técnicos del fabricante en referencia a modificaciones o advertencias de riesgos de accidente. Estos resultan de experiencias de otros propietarios que son trasladadas al fabricante y que pueden evitarse con el cambio de algún componente.
7. La entrega de repuestos suele ser de tres a cuatro semanas por parte del proveedor, debido a que no cuentan con un lote muy extenso de los mismos. Por tal motivo, es adecuado contar con una inversión no basada en el precio de los repuestos, sino en la cantidad de los mismos. De acuerdo al volumen de material colocado mensualmente por la pavimentadora, así deben tomarse en cuenta las piezas de desgaste, los juegos de sellos y la tornillería de áreas de alta temperatura.

En cuanto a las piezas que se cambian con muy poca frecuencia, hay que solicitarlas con la anticipación adecuada para contar con ellas en el momento propicio.

8. Cuando una pavimentadora cumple entre 3000 y 4000 horas de operación, generalmente necesita una reparación de sellos de cilindros, cambio de algunos segmentos del transportador de tornillo sinfín, cambio de neumáticos y rodamientos, así como reparaciones de ejes y cuñeros. Cuando cumple de 6000 a 7000, es necesario repetir las reparaciones mencionadas y agregar el cambio de cadenas del transportador de paletas o, al menos, parte de ellas, el cambio de placas de acabado, fricciones y empaques de las bombas de frenos, y recalibrar o reparar la bomba de inyección y los inyectores de combustible. Adicionalmente se necesitarán reparaciones continuas de soldadura y de mecánica durante toda la vida útil de la máquina.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Avallone, Eugene y Theodore Baumeister III. **Manual del ingeniero mecánico**. 3ª edición. (volumen 2). México: McGraw Hill, 1999.
2. Gil Espinoza, Juan Carlos y otros. **Manual de mecánica industrial**. (volumen 1). Madrid, España: Cultural, S.A., 1999.
3. Horwitz Henry. **Soldadura: aplicaciones y práctica**. México: Ediciones Alfaomega S.A. de C.V., 1993.
4. **Publicación OmScII-7-91-1000**. U.S.A. Ingersoll Rand, 1996.
5. **Publicación PF-172-OP-2-91-1500**. U.S.A. Ingersoll Rand, 1996.
6. **Publicación UL3<sup>s</sup>- 5-94-5500**. U.S.A. Ingersoll Rand, 1998.
7. Rosaler, Robert y James O. Rice. **Manual de mantenimiento industrial**. (volumen 5). México: McGraw Hill, 1990.





## ANEXO No. 1

### Datos técnicos de materiales de aporte para soldadura y de aceros

Esta sección contiene datos técnicos de algunos materiales de aporte para soldadura y de aceros empleados en la reparación de la pavimentadora.

Electrodo Certanium 7500.

- Resistencia a la tracción: 70000 psi.
- Dureza Brinell: 160 – 220
- Diámetros de barra: 3/16", 5/32", 1/8" y 3/32".

Electrodo ESAB AWS WH:

- Dureza Rockwell c: 48 – 50
- Composición química:
  - Carbono 0.45 %
  - Manganeso 4.25 %
  - Silicio 0.80 %
  - Cromo 19.75 %
  - Níquel 10.00 %

#### Electrodo ESAB AWS 6 IP:

- Dureza Rockwell c: 56 – 59
- Composición química:
  - Carbono 3.00 %
  - Manganeso 0.80 %
  - Silicio 1.80 %
  - Cromo 6.50 %

#### Electrodo AWS 317:

- Resistencia a la tracción: 90000 psi
- Elongación: 40 %
- Composición química:
  - Carbono 0.06 %
  - Manganeso 1.70 %
  - Silicio 0.50 %
  - Cromo 19.00 %
  - Níquel 12.70 %
  - Molibdeno 3.50 %

#### Aceros serie AISI 200:

- Resistencia a la tracción: 115000 – 120000 psi
- Dureza Rockwell b: 90 – 98
- Elongación: 55 – 58 %

Acero AISI 1030:

- Resistencia a la tracción: 123000 psi
- Elongación: 17 %

Acero AISI 1040:

- Resistencia a la tracción: 130000 psi
- Elongación: 16 %

## ANEXO No. 2

### Textura superficial

La rugosidad de las superficies depende totalmente del tipo de función que cumple la pieza que se está reconstruyendo o fabricando. No debe procurarse una rugosidad muy fina en piezas que no lo necesiten, pues se produce un sobre costo en la reparación, que no siempre produce beneficio.

La textura o rugosidad que se dé a la pieza tendrá influencia en la capacidad de resistencia al desgaste y a la fatiga, puede ayudar a la lubricación o eliminarla, crear menor coeficiente de fricción o aumentarlo, así como puede contribuir a la resistencia a la corrosión.

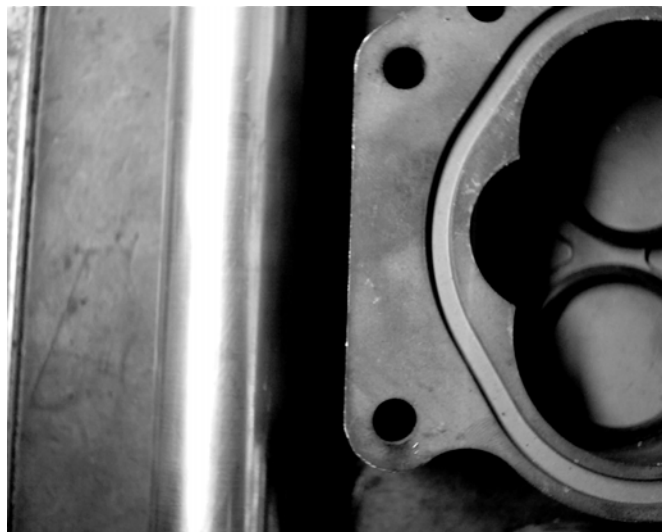
Las distintas rugosidades se obtienen por medio de distintos procesos de maquinado como:

- Desbaste
- Limado
- Taladrado
- Fresado
- Torneado
- Rectificado
- Asentado
- Pulido
- Bruñido

Figura 129. **Distintas rugosidades en componentes de la pavimentadora**



Figura 130. **Aspecto de rugosidades de barra de cilindro y asiento para sellos anulares**



Existen más procesos que involucran químicos, y altas temperaturas, pero no se mencionarán por no tener relación con las reparaciones de la pavimentadora.

Las medidas de la rugosidad de una superficie se dan en micras de pulgada. Cuanto más pequeña la medida que se solicite para el acabado superficial, más fina será la apariencia de la misma, como se muestra en la figura 129.

Para el caso de la pavimentadora, los ejes de motores hidráulicos y de reductores que tienen contacto directo con los retenedores de aceite y las ranuras para sellos anulares estáticos (*o-rings*), deben tener una rugosidad de 16 micras de pulgada, como se muestra en la figura 130.

La superficie de las barras de cilindros hidráulicos deben tener una rugosidad de 4 micras de pulgada (ver figura 130), y las paredes internas de los cilindros hidráulicos deben tener una rugosidad de 8 micras de pulgada.