

# MOTOCONFORMADORAS



ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b><u>1</u></b>
<b>I. DESCRIPCIÓN DE LAS MOTOCONFORMADORAS</b> .....	<b><u>4</u></b>
I.1 Componentes de las motoconformadoras .....	<u>5</u>
I.2 Equipos especiales.....	<u>22</u>
I.3 Diferentes tipos de motoconformadoras. ....	<u>35</u>
<b>II. APLICACIONES</b> .....	<b><u>49</u></b>
II.1 Acamellonamiento y mezcla de materiales .....	<u>52</u>
II.2 Afine de superficies o terraplenes.....	<u>52</u>
II.3 Escarificación .....	<u>52</u>
II.4 La motoconformadora utilizada como empujadora .....	<u>56</u>
II.5 Trabajos de empuje lateral .....	<u>58</u>
II.6 Trabajos de rastreo .....	<u>59</u>
II.7 Conservación y reparación de caminos .....	<u>60</u>
II.8 Construcción de caminos nuevos .....	<u>62</u>
II.9 Trabajo con motoconformadoras de tracción y dirección en todas las ruedas .....	<u>67</u>
<b>III. EJEMPLOS</b> .....	<b><u>69</u></b>
III.1 Rendimiento .....	<u>70</u>
III.2 Costo horario.....	<u>80</u>
III.3 Integración del precio unitario.....	<u>95</u>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b><u>103</u></b>
<b>PÁGINAS WEB</b> .....	<b><u>103</u></b>

---

## **INTRODUCCIÓN**

## INTRODUCCIÓN

La motoconformadora es una máquina importante dentro del movimiento de tierras, cuya utilización principal es la de nivelación y acabado de las superficies del terreno. Su diferencia básica con respecto a las demás máquinas de movimiento de tierras estriba en que su función es la de mover, en lugar de excavar o transportar la tierra.

Los documentos existentes, parecen indicar que la aparición formal de estas unidades tuvo lugar en los Estados Unidos hacia finales del siglo XIX.

En su más simple concepto, consistía en una hoja de nivelación arrastrada por tracción animal, dando origen también al nacimiento de otro equipo de movimiento de tierras, el “dozer”. Posteriormente, la técnica ha seguido, con notable evolución, diferenciando la apariencia física y las funciones básicas de estos dos equipos.

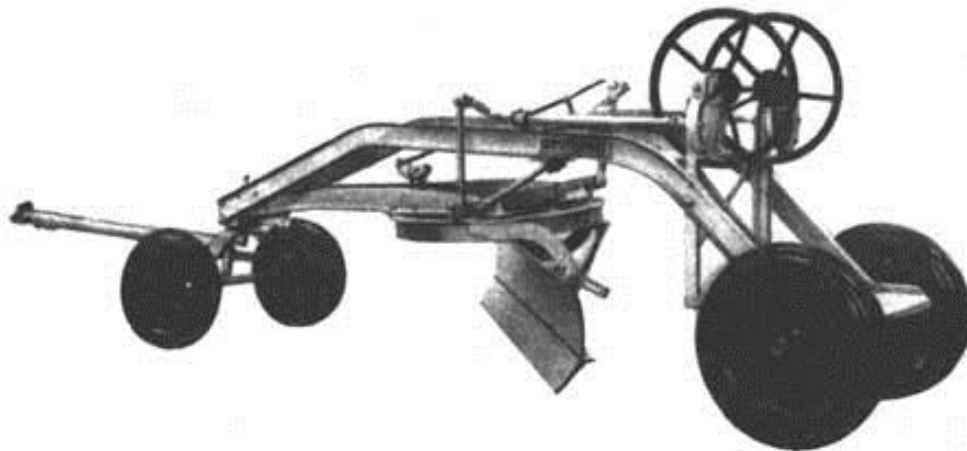


Figura 1. Niveladora arrastrada por tracción animal.

La motoconformadora, como máquina producida por la industria como tal, apareció en el mercado norteamericano dentro de los primeros veinte años del siglo XX, iniciando la industria europea su manufactura poco antes de los años 30. Como en la casi totalidad de todos los equipos de este gran grupo de maquinaria que es el movimiento de tierras, la Segunda Conflagración Mundial y el siguiente período post-bélico actuó como modificador dentro de este sector de la industria, ante la imperiosa necesidad de limpiar y rehacer todo lo destruido, siempre bajo la premisa de máquinas cada vez más rápidas y precisas en sus rendimientos. Esta mentalidad de equipos de mayores producciones se ha ido

agudizando debido a la explosión demográfica del mundo y la necesidad de construir a un ritmo cada vez más acelerado. Lógicamente, esta fuerte demanda ha ido motivando las profundas transformaciones sufridas por estos equipos, pasando desde el antiguo tren de rodaje de cadenas o de banda metálica a la incorporación de los más avanzados sistemas electrónicos para nivelación, hidráulicos para el control e hidrostáticos para la translación.

En este trabajo se puede observar que la motoconformadora es una máquina muy útil y versátil dentro del movimiento de tierras. Útil porque con ella se puede realizar una serie de trabajos que difícilmente se pueden realizar con alguna otra máquina del ramo del movimiento de tierras y versátil porque gracias a los accesorios que se le pueden montar se pueden hacer los trabajos que hacen otras máquinas. Para la realización de este trabajo agradezco la participación del Ing. José Luis lozano Corona.

Octubre de 2007

---

## **I. DESCRIPCIÓN DE LAS MOTOCONFORMADORAS**

## I. DESCRIPCIÓN DE LAS MOTOCONFORMADORAS

### I.1 Componentes de la motoconformadora

A continuación se expone con análisis somero, cada una de las partes componentes de una motoconformadora.

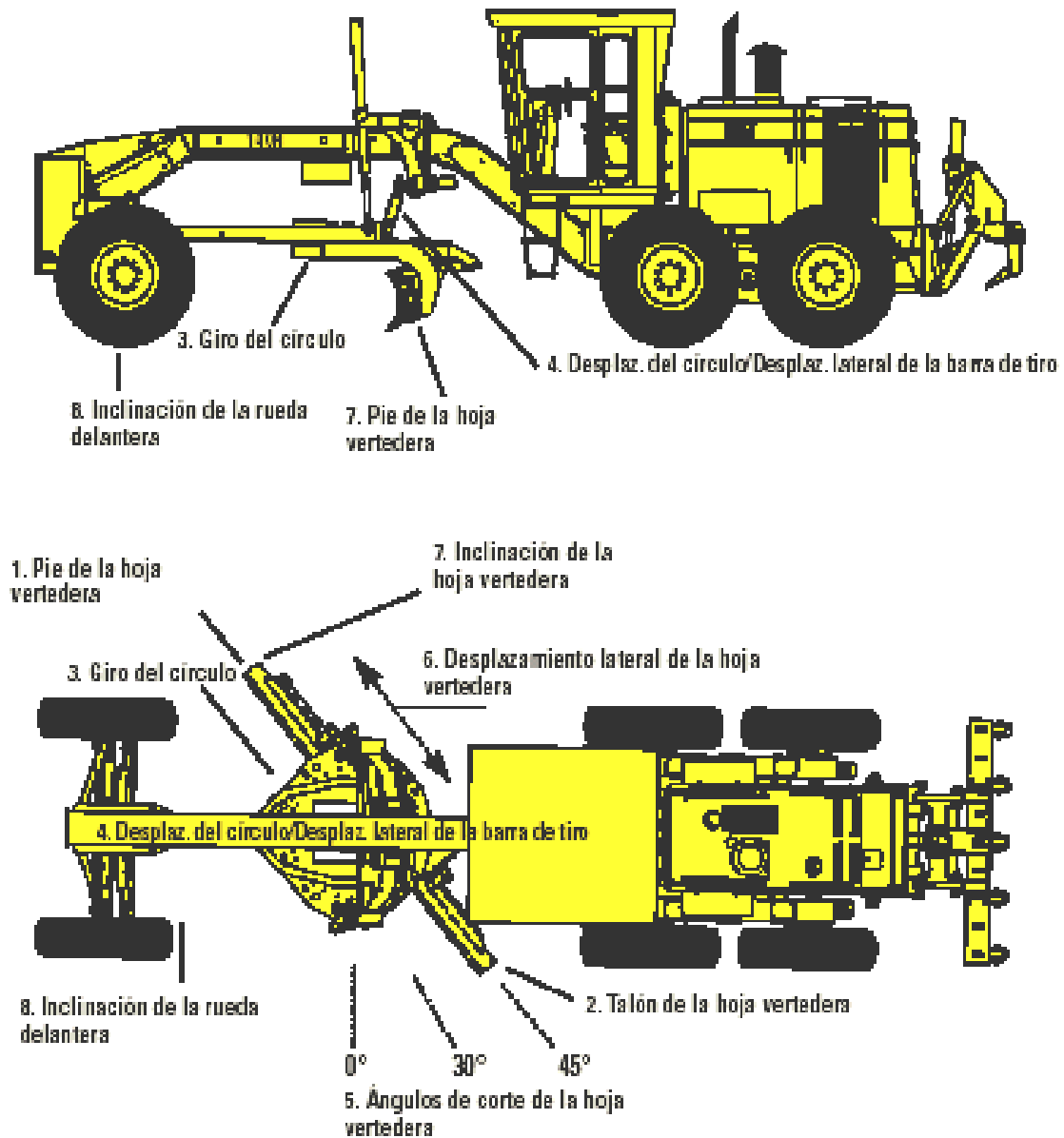


Figura I.1 Esquema de una motoconformadora.

**Bastidor.** Sobre este elemento de la motoconformadora se montan o soportan todos los demás, pudiendo ser rígido o articulado. La medida predominante en cualquier motoconformadora es su longitud y al ser esa gran longitud toda la recorrida por esa especie de “espina dorsal” que es el bastidor en esta máquina, es fácil comprender que las características generales que deberá poseer son: su robustez y su no admisión de deformaciones, aún sobre las más elevadas sobrecargas, ya que de producirse éstas, la máquina quedaría imposibilitada de hacer trabajos de nivelación final con garantía de exactitud.

Los bastidores están fabricados de acero, de sección en caja sencilla o triple, soldada a todo lo largo del mismo. Para la formación de esta sección en caja suelen utilizarse vigas en “U” soldadas lateralmente, vigas cuadrangulares o rectangulares soldadas con pletinas en su parte superior e inferior o bien chapas dobladas y con una pletina soldada a todo lo largo de su cara inferior. Esta sección en caja, suele ir reforzada en los lugares del bastidor en que ha de resistir más elevadas tensiones y esfuerzos.

Por otra parte, el diseño del bastidor debe de aunar un curioso equilibrio, ya que debe ser lo suficientemente alto como para permitir la suficiente luz bajo la hoja y además ser lo necesariamente bajo como para que la visibilidad del operador sea la óptima en cualquier punto de acción de los equipos de trabajo y para que el centro de gravedad, al bajar, confiera la máxima estabilidad a la unidad.

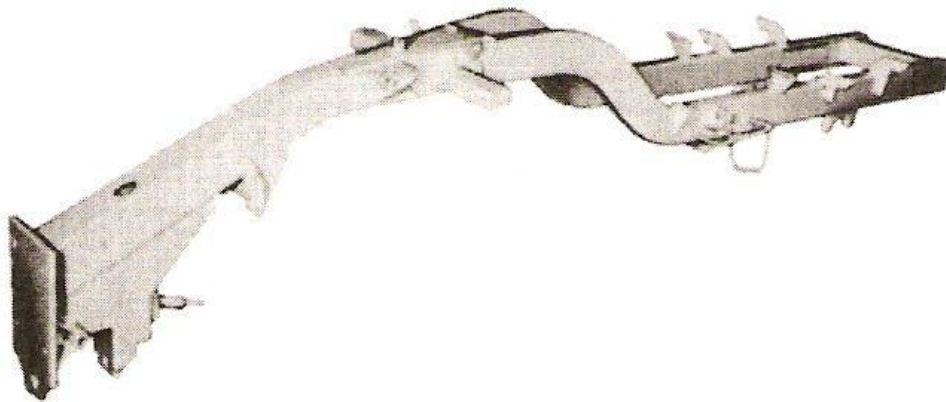


Figura I.2 Bastidor delantero.



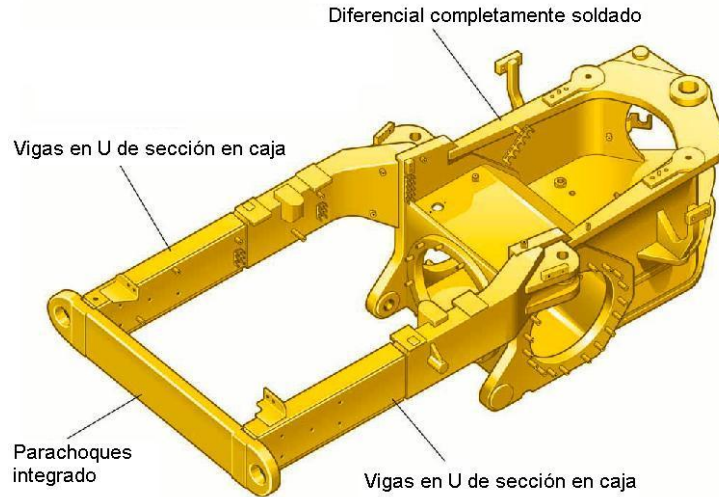


Figura I.3 Bastidor trasero.

**Motor.** Dentro del tren de fuerza de la unidad se comienza con el elemento energético del mismo. Todas las unidades utilizan motores diesel, con la cualidad de que estas máquinas están proyectadas para desarrollar el par máximo de empuje cuando la carga sobre la hoja es casi igual al arrastre disponible. La potencia aplicada debe ser, por tanto, suficiente como para hacer patinar las ruedas cuando la carga exceda a la fuerza de arrastre.

Demasiada fuerza en el motor es innecesaria, mientras que una potencia insuficiente generará un sobreesfuerzo al motor de manera continua, con probable causa de avería bien en el mismo o en otros elementos del tren de fuerza.

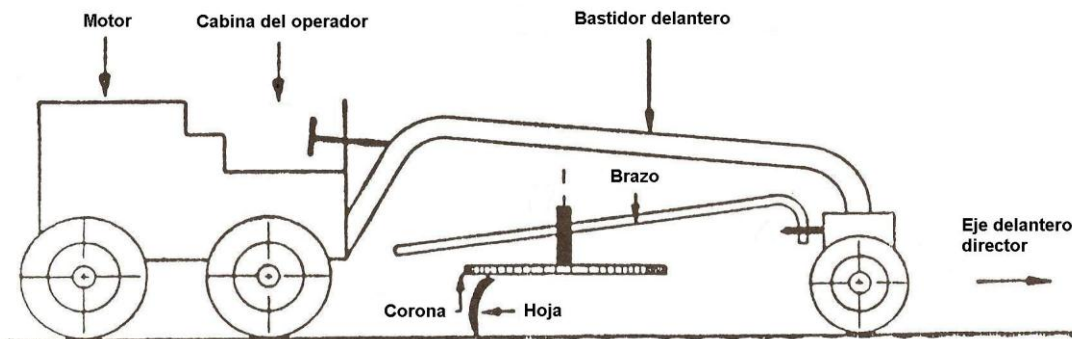


Figura I.4 Ubicación del motor.

El motor va situado tras la cabina del operador, es decir, en la parte trasera de la unidad. En cuanto a su refrigeración, pueden ir enfiados por agua o por aire; el radiador puede ir situado en la parte posterior del motor, si bien en algunos modelos está ubicado en la parte anterior, entre éste y la parte trasera de la cabina del operador.

Por último en cuanto al procedimiento de inyección del combustible, según el fabricante del motor, ésta puede ser en antecámara, en cámara de turbulencia o bien directa, ésta a su vez con la variante del llamado sistema M.

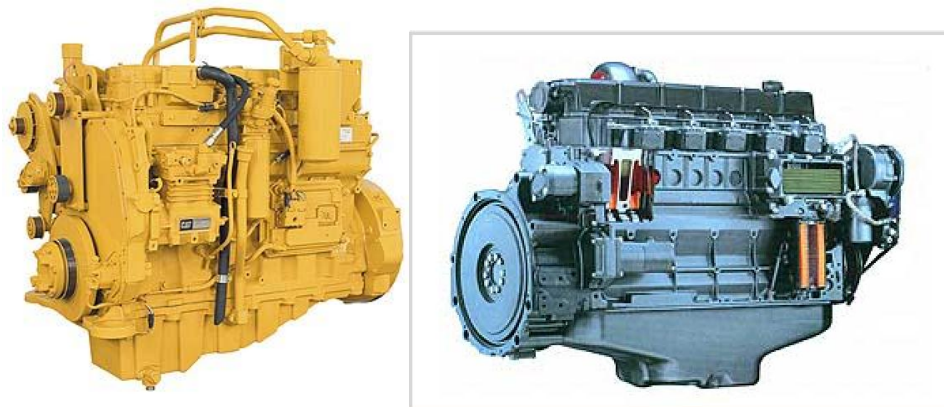


Figura I.5 Motores de motoconformadora.

**Transmisión.** Esta parte componente del tren de fuerza, es como en cualquier máquina la encargada de situar el par motor en las ruedas motrices. En la tabla siguiente se esquematizan los tres tipos de transmisiones que montan las motoconformadoras actuales:

Directa				Hidráulica			Hidrostática
Embrague		Caja de cambios		Convertidor de par	Servotransmisión		
Seco	En baño de aceite	De piñones desplazables	De toma constante		De contraeje	Planetaria	

Tabla I.1 Tipos de transmisión.

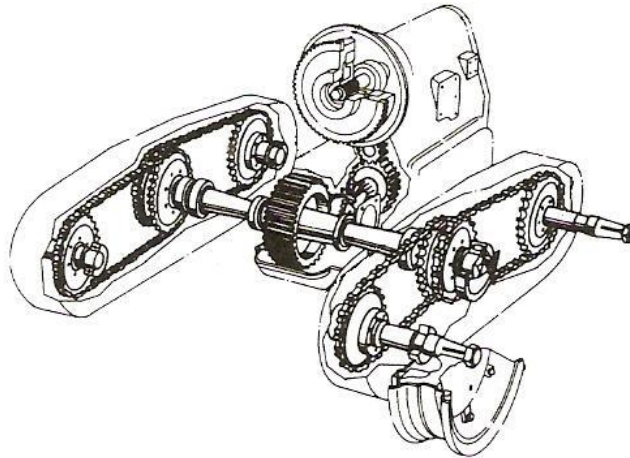


Figura I.6 Esquema del tren de potencia.

La transmisión directa consta de dos partes o elementos principales: el embrague y la caja de cambios. El embrague a su vez puede ser de dos tipos: seco o en baño de aceite; el primero suele ser mono-disco y el de baño de aceite suele ser más comúnmente de doble o triple disco. A su vez, según el accionamiento, pueden ser puramente mecánicos o bien mecánicos con ayuda hidráulica. Para facilitar el paso de marchas dentro de la caja de cambios, algunos modelos incorporan un freno de embrague.

Generalizando se puede considerar que los modelos con embrague tipo seco suelen ser los de potencias menores a 80 ó 90 hp, en tanto que las unidades con potencias entre las citadas y 125 hp, suelen incorporar el embrague en baño de aceite. Lógicamente, esto no así en todos los modelos de estas potencias, pues existen excepciones. La razón fundamental que tiene los fabricantes para montar esos tipos de embragues está en razón del trabajo más liviano que realizan estas unidades y ateniéndose al mismo no creen necesario encarecer el costo de la máquina con sistemas técnicamente más perfeccionados y por tanto más caros. Por otra parte, y en un aspecto puramente técnico, la transmisión directa tiene un mejor rendimiento que la hidráulica; es decir, se gasta menos potencia de motor en su funcionamiento y dada la no elevada potencia de estas máquinas, no interesa además que en un elemento como es la transmisión consuma algo de esa reducida potencia.

La caja de cambios, mecánica que montan las unidades antes citadas, en forma más generalizada, puede ofrecer dos variantes; que sea de engranes deslizables o bien engranes en toma constante. Como equipo adicional, algunas motoconformadoras incorporan una palanca inversora del sentido de marcha para hacer más cómoda la labor del operador en esta faceta del movimiento de la unidad.

La transmisión hidráulica se compone de la casi totalidad de los casos de dos elementos muy importantes: el convertidor o divisor de par y la caja hidráulica de cambios, llamada también servo-transmisión. El primer elemento puede ser de una, dos e incluso triple fase. El segundo elemento se puede encontrar en dos versiones; del tipo contraeje o del planetario.

Volviendo a citar la norma más común, hay que decir que éste tipo de transmisión hidráulica va montado en las unidades de más de 125 hp, que han sido proyectadas para hacer frente a trabajos duros y que necesitan de la protección y multiplicación de par que le ofrece el convertidor y de la comodidad y cortedad de tiempos de maniobra y suavidad de la servo-transmisión.

Otro elemento que incorporan con frecuencia las unidades que tienen transmisión hidráulica es el pedal acelerador el cual se recomienda utilizar para el paso de segunda marcha a primera con la máquina en movimiento. Otra misión del acelerador, es su utilización en el momento de la iniciación de la marcha, ya que con él pisado, el número de revoluciones del motor es siempre menor, comenzándose así la marcha en forma más suave.

La transmisión hidrostática es técnicamente el mayor avance actual en este tipo de elementos. No necesita embrague, ni convertidor ni divisor de par, ni servo-transmisión, el aceite es enviado por medio de la bomba correspondiente, en mayor o menor cantidad, a los motores hidráulicos que facilitan tracción a las ruedas motrices. Las unidades con este tipo de transmisión poseen dos gamas de marchas: una de trabajo y otra de circulación y dentro de cada una de ellas, según se suministre nada o todo el caudal de aceite en forma gradual, se pueden obtener infinitas velocidades entre los topes de 0 al máximo de km/h que pueda desarrollar y, a su vez, si se invierte el sentido de circulación de dicho aceite, cambia de sentido de marcha en avance o retroceso.

Este sistema, al igual que en otros tipos de máquinas del grupo de movimiento de tierras, va implantándose gradualmente en los modelos de pequeña potencia generalizándose su uso a partir de los buenos resultados que proporciona, en los modelos de gran potencia.



Figura I.7 Transmisión

**Toma final.** Sea cual fuere la caja de cambios (excepto e el tipo de transmisión hidrostática), en el eje de salida de la misma se encuentra un engrane de ataque, el cual conjuntamente con la corona forma el llamado grupo cónico.

La misión del grupo cónico es la de incrementar el par que le llega procedente de la caja de cambios, trasmitiéndolo a su vez hasta los semiejes que accionan los engranes, en donde engranan bien las coronas (suele verse este sistema en algunos modelos de gran potencia) que propulsan las ruedas del tándem. En las unidades de un sólo eje trasero, el ataque de los engranes finales es directo sobre la corona de dichas ruedas. En los modelos de tracción total, el eje delantero, a través de los correspondientes ejes de transmisión y juntas cardan reciben la fuerza automotriz.

Las unidades de tándem trasero (que son la mayoría) no suelen utilizar diferencial, sin embargo, los de eje trasero sencillo si lo montan, pudiendo llevar, ordinariamente, un sistema de bloqueo del mismo.

El conjunto de tándem trasero oscila según el plano vertical en torno al engrane motriz para mejor adaptarse siempre a las irregularidades del terreno y pudiendo, además tener dos ruedas motrices en contacto con el mismo.

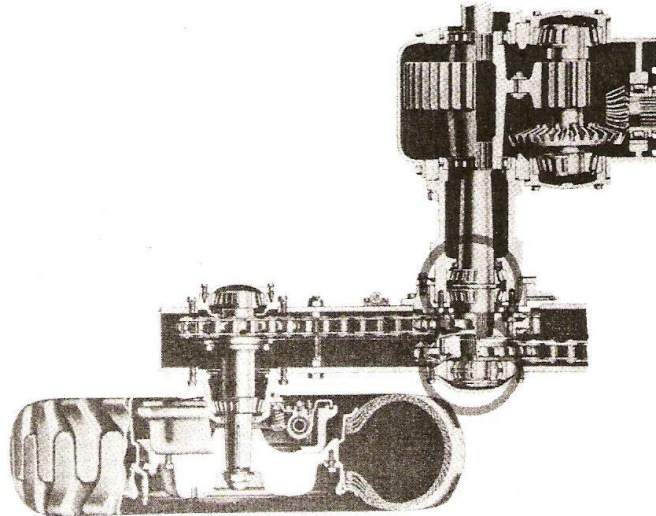


Figura I.8 Toma final.

**Ejes.** Existen motoconformadoras con dos, tres y cuatro ejes. Las de dos pueden tener ambos motrices (4 x 4) o sólo el trasero motriz (4 x 2). Las de tres ejes pueden ser todos motrices (6 x 6) o bien sólo motriz el tándem trasero (6 x 4). Las de cuatro ejes normalmente muy poco utilizadas son ambos delantero y trasero de tipo tándem y motrices (8 x 8).



Figura I.9 Motoconformadora de 4 ejes.

Hablando de las unidades con tándem trasero, hay que decir que este sistema, aparte de ser el más frecuente, proporciona las siguientes ventajas, con respecto a las de eje sencillo trasero:

- a) Se incrementa la flotación de la unidad con la consiguiente disminución de la presión ejercida sobre el suelo.
- b) Poseen una superior estabilidad lateral que las de eje trasero sencillo motriz y delantero sólo directriz.
- c) La uniformidad de carga del tándem transmite mejor la capacidad del motor que en los modelos citados también en (b).
- d) Por último, la nivelación con una unidad de eje trasero doble en tándem es mucho más perfecta que en cualquier máquina con eje trasero sencillo, ya que el desnivel que está superando una de las ruedas traseras afectan aproximadamente, en la mitad de su magnitud a la altura de la hoja.

Respecto a los palieres traseros, estos pueden ser flotantes o rígidos: lógicamente a los primeros es más fácil dar servicio e incluso, en caso de rotura de alguno, la unidad puede moverse por sus propios medios hasta el taller de la obra, caso que no ocurre con los rígidos.

En cuanto al eje delantero, unido al bastidor, mediante un pasador central que le permite oscilar, suele tener un diseño casi igual en las unidades de eje delantero directriz. En casi todas estas unidades dicho eje no es recto, sino que tiene la horma de "V" invertida con el fin de poseer la mayor luz posible sobre el suelo para salvar los grandes camellones de material que a veces ha de extender la máquina. La incorporación del equipo de hoja de empuje frontal, no obstante, como equipo casi Standard en muchas unidades ha determinado que algunos fabricantes de este tipo de unidades, con eje delantero direccional, no conserven el clásico diseño ya mencionado y lo hagan recto. Los equipos con tracción total siempre llevan dicho eje recto.

Una característica muy particular de las unidades que no poseen tracción total es la de inclinación lateral de las ruedas del eje delantero. Esta inclinación es de ambos lados del eje vertical del neumático y oscila entre  $15^{\circ}$  y  $20^{\circ}$ , según modelos. El mando de esta

inclinación es comúnmente hidráulico, si bien existen modelos (muy pocos) con mando mecánico.

Esta característica peculiar tiene varias razones de ser:

- a) Tiende a equilibrar los empujes laterales que sufre la unidad con la hoja bajo carga.
- b) Permite una graduación final de la hoja.
- c) La unidad puede trabajar en la ejecución de taludes de apreciado desnivel.
- d) Sirve para disminuir algo de radio de giro de la unidad debido a su longitud.

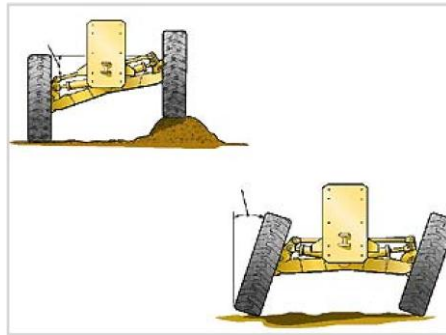


Figura I.10 Inclinación de las ruedas del eje delantero.

**Neumáticos.** El rendimiento de cualquier vehículo de ruedas depende de la tracción entre los neumáticos y el suelo, El esfuerzo de arrastre es, matemáticamente, el producto del peso sobre las ruedas motrices y el coeficiente de tracción entre los neumáticos y el terreno. Dicho coeficiente es el resultado de la resistencia de fricción del terreno y también del agarre del dibujo del neumático. Por esta razón es tan importante seguir la recomendación del fabricante, en cuanto al dibujo a utilizar (sin olvidar las correspondientes a presiones de inflado).

Neumáticos con dibujo inadecuado o con dibujo apropiado, pero mal montados, reducen la fuerza de arrastre, con la consiguiente pérdida de rendimiento.

El dibujo de los neumáticos montados en ejes motrices debe ir en el sentido que produzca mayor esfuerzo de agarre, en tanto que los direccionales irán en el sentido opuesto.



En cuanto a su tamaño, en las unidades que no poseen tracción total, se ha podido observar que durante muchos años las motoconformadoras venían con los neumáticos del eje delantero de menor medida para facilitar la conducción, hoy en día, sin embargo, casi todas las montan de igual medida que los motrices, merced a la sustancial ayuda que representa la dirección hidráulica o, la más actual, hidrostática.

Respecto al tipo de neumáticos, se ofrecen con cámara o sin ella. La experiencia ha demostrado que con estos últimos, al trabajar en cortes muy duros, se pueden tener problemas, ya que el excesivo apoyo tangencial del neumático en el talud, puede separar la ventosa de la llanta, desinflándolo.



Figura I.11 Diferentes tipos de neumáticos.

**Dirección.** El sistema más generalizado es el de dirección mecánica asistida hidráulicamente. No obstante existen otros tipos de dirección; así hay unidades que instalan direcciones mecánicas e hidráulicas completamente independientes y otras que montan dirección hidrostática, tipo por ejemplo Orbitrol, que llega a permitir la obtención de dos velocidades de giro, una rápida y otra lenta.

Como bien se comprende, lo expuesto se refiere a unidades con bastidor rígido tradicional y eje trasero, bien sea sencillo o doble tipo tándem.

Los equipos de doble tracción y dirección y los de bastidor articulado pueden al desalinearse ambos ejes, delantero y trasero, dar las vueltas en espacio mucho más reducido que las

otras unidades. Este sistema de dirección también faculta a la máquina a abordar los trabajos de distinta forma.

**Frenos.** Como todos los equipos de neumáticos, montan frenos de servicio y estacionamiento. Los frenos de servicio suelen ser hidráulicos, incorporando en muchos casos una asistencia bien de vacío, o bien de aire comprimido.

Casi todos los modelos montan frenos de tambor, si bien algunas máquinas incorporan frenos de disco e incluso alguna, de discos múltiples en baño de aceite. En cuanto al accionamiento de estos frenos, puede realizarse a dos ruedas del tándem o a las cuatro. Lógicamente en las unidades de eje trasero sencillo se efectúa sobre ambas ruedas de dicho eje.

La tendencia actual observada es que a partir de modelos de unos 135 hp los servofrenos actúen sobre las cuatro ruedas del tándem en tanto que para modelos de menor potencia, el frenado se realice sobre las dos ruedas traseras de dicho tándem.

Hay unidades en las que los frenos son del tipo autoajustable, en los cuales el aprovechamiento uniforme de las zapatas es total, ahora bien, este sistema requiere que el operador sea cuidadoso y revise a menudo que no hay pérdidas en los tapones correspondientes para evitar la entrada de suciedad en su interior.

El freno de estacionamiento suele ser mecánico y actúa sobre el eje de salida de la transmisión. En las máquinas con convertidor de par el freno de servicio suele actuar sobre el paso de aceite y la presión que llega a la servotransmisión procedente del convertidor.

Como una variante, refiriéndose al freno de servicio, algún fabricante posee en sus unidades un sistema según el cual, al pisar el freno, el operador puede a voluntad desconectar o no la transmisión. Para no desconectar la transmisión se cuenta con una llave de paso del aceite del circuito, la cual estando cerrada no deja actuar el freno sobre la transmisión. La misión de esta llave de paso es la de permitir a la unidad un par de arranque máximo cuando se mueve sobre terrenos muy difíciles. Normalmente, con todo, esta llave de paso debe de estar siempre abierta.

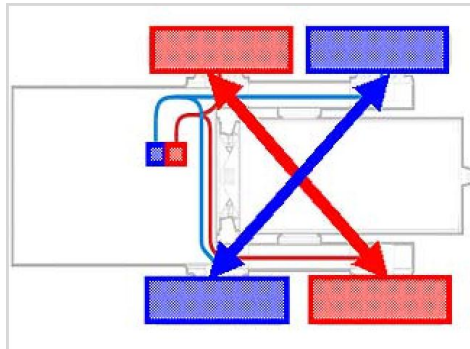


Figura I.12 Sistema de frenos

**Barra de tiro.** Conocida también con los nombres de soporte del círculo o corona y de barra de tracción, es una pieza en forma de “Y”, “T” ó “A”, situada bajo el bastidor y en la parte delantera de la motoconformadora y unida al mismo por una articulación de rótula en su parte frontal, y en la trasera por cilindros hidráulicos o bielas telescópicas conocidas por el nombre de brazos de elevación.

Se fabrica en acero con sección en caja soldada o en “T” y, en buen lógica, tal como se dijo del bastidor, tampoco puede admitir ninguna deformación durante el trabajo, para que éste pueda realizarse en forma exacta.

La barra de tiro, girando multidireccionalmente sobre su rótula delantera, puede subirse o bajarse e inclinarse a un lado u otro mediante los brazos de elevación. Mediante el brazo de desplazamiento lateral (que puede ser mecánico o hidráulico) puede desplazarse hacia el exterior del eje longitudinal, bien a la derecha o a la izquierda de la máquina, llegando incluso, al combinar el movimiento de este brazo de desplazamiento con los de elevación, a colocarla completamente vertical al suelo, con el fin de que la hoja efectúe trabajos de corte en ángulo de 90°.

Los brazos de elevación y descenso pueden estar conectados directamente al bastidor con soportes fijos, conectados a través de un juego de bielas articuladas o bien en un soporte giratorio colocado en torno al bastidor principal.

El brazo de desplazamiento lateral puede ser un cilindro hidráulico, un motor hidráulico o bien un brazo rígido accionado por bielas o por cremallera curva.

**Corona.** La corona o círculo está colocada bajo la barra de tiro suspendida firmemente por tres, cuatro o seis puntos que le permiten girar libremente.

Se manufactura ordinariamente en acero forjado de una sola pieza con un dentado en toda su extensión que puede ser interior o exterior. Últimamente algunos de los fabricantes han aumentado la distancia desde el final de los dientes al final del círculo, es decir, el ancho de la pista de rozamiento con el fin de que las zapatas del círculo no se apoyen en nada sobre los dientes, deformándolos, sino es esa pista más sólida.

El objeto de la corona, además de sujetar a la hoja, es la de facilitarle un movimiento circular horizontal, que, ordinariamente, es de  $360^\circ$ , si bien existen modelos que no llegan a ese giro total. Este movimiento de giro del círculo, y por tanto de la hoja, puede conseguirse mediante el concurso de un cilindro hidráulico (6 sectores de  $60^\circ$ ), por motor hidráulico que acciona un reductor de rueda y tornillo sinfín y reversible o bien por mando mecánico.

Hay fabricantes que incorporan a esta parte de la máquina un embrague de seguridad, cuya misión es la de desconectar la corona, en caso de enfrentarse a una carga anormal.



Figura I.13 Corona ó círculo

**Hoja.** El auténtico equipo de trabajo de estas unidades es la hoja, también denominada a veces cuchilla, vertedora o lámina. Queda soportada o suspendida, como ya se dijo anteriormente, de la corona o círculo. Se manufactura en acero tratado térmicamente y en

su borde inferior de ataque se instalan cuchillas de corte (una central y dos extremas) intercambiables las extremas entre sí y todas ellas reversibles. También pueden instalarse unas cantoneras en los extremos de la superficie de la hoja.

Una característica de estas hojas es el grado de curvatura de su perfil o sección, para facilitar el “rodar” del material en su frente. Este grado de curvatura está lógicamente en relación con la potencia de la unidad.

El tamaño de la hoja puede ser variable en sus dimensiones de longitud, altura y espesor, y dependen enteramente de la potencia de la máquina en que se instala.

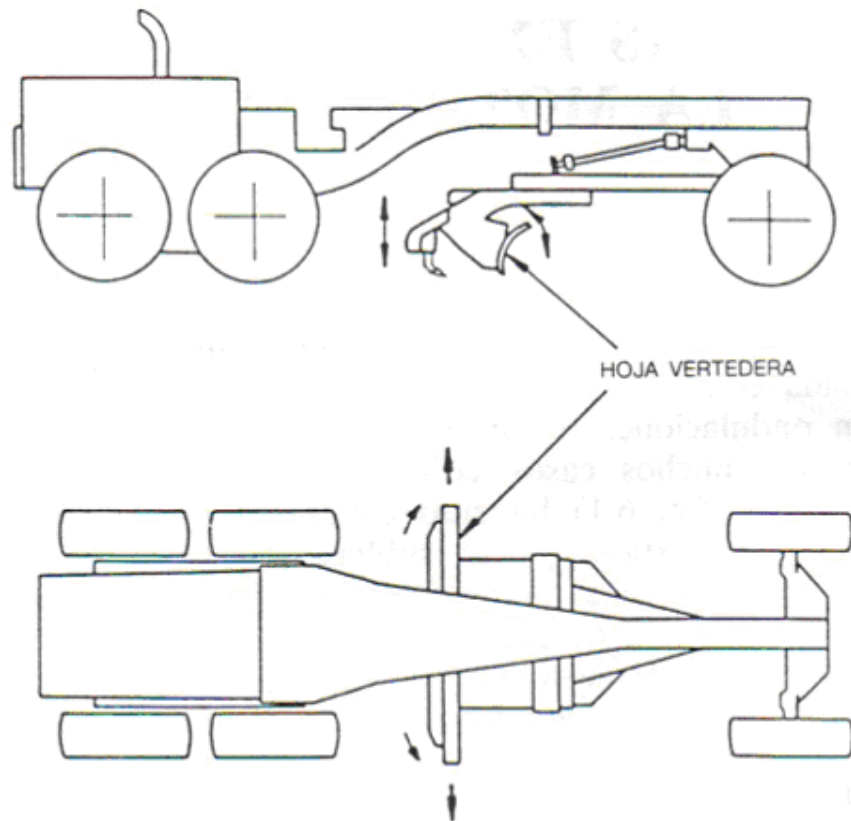


Figura I.14 Ubicación de la hoja y sus movimientos.

Respecto a los movimientos propios de la hoja, son dos: uno de desplazamiento lateral, que puede ser mecánico o hidráulico (casi ya en todos los modelos) por cilindro de doble efecto; y el otro de variación del ángulo de ataque o inclinación (conocido también por

“típteo”) que también puede controlarse hidráulica o mecánicamente (ordinariamente tiene 8 posiciones).

En cuanto a los movimientos propios y en combinación con otras partes de la unidad, que debe realizar la hoja, para que pueda realizar con perfección todos los trabajos que le son asignados, deben ser los siguientes:

- a) Elevación y descenso.
- b) Movimiento lateral sola o conjuntamente con la hoja.
- c) Inclinación lateral de los extremos de la hoja.
- d) Giro de la hoja en su plano horizontal.
- e) Desplazamiento lateral de la corona hacia el exterior de la máquina a derecha o izquierda, hasta la posición límite de 90°.
- f) Variación de ataque del ángulo de la hoja.

Según esto hay una serie de medidas extremas que definen las posibilidades de trabajo de la unidad y por lo tanto han de pesar en sus características:

- 1) Elevación máxima sobre el suelo. Es la luz que sobre el suelo existe, con la corona centrada y la hoja totalmente levantada.
- 2) Desplazamiento lateral de la corona. Es la distancia máxima que puede desplazarse la misma, conservando su posición horizontal.
- 3) Desplazamiento lateral de la hoja. Es la distancia máxima que puede desplazarse la hoja, a cada lado con relación a la corona.
- 4) Alcance máximo desde el borde exterior de las ruedas. Es la distancia máxima que puede desplazarse la hoja a cada lado, medida desde el exterior de las ruedas (delanteras o traseras). Se consigue sumando el desplazamiento lateral de la hoja y el de la corona.
- 5) Giro máximo horizontal. Indica el número de grados que puede girar la hoja horizontalmente.
- 6) Ángulo máximo de corte de taludes. Es el mayor ángulo en que puede colocarse la hoja para efectuar dicho trabajo, referido a la horizontal.

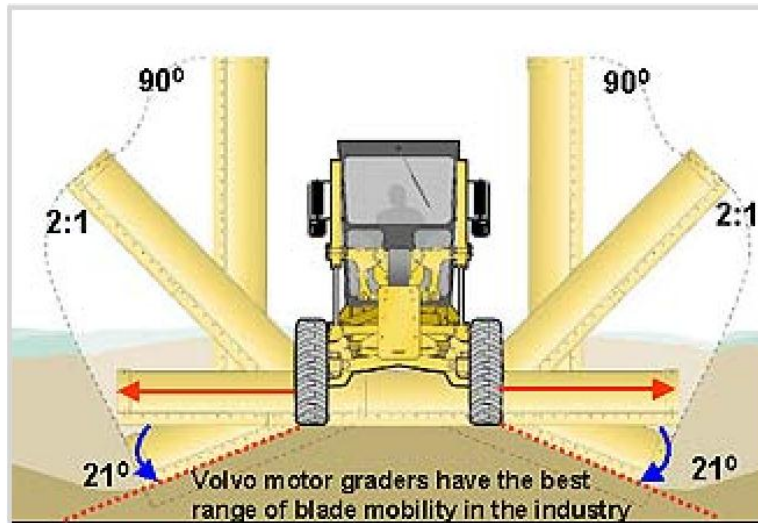


Figura I.15 Posiciones de la hoja.

**Escarificador.** Quizás este es uno de los accesorios más utilizados de la motoconformadora. Puede montarse bajo el bastidor principal y delante de la hoja o bien en la parte posterior de la unidad.

El escarificador de montaje bajo el bastidor tiene forma de “V” para facilitar la penetración y subsiguiente acción de desgarrar, monta de 9 a 11 dientes.

El escarificador trasero suele ser más robusto que el anterior, pudiendo montar hasta 7 dientes en su bastidor horizontal, si bien para desgarrar habrá veces que sólo trabaje con tres dientes. Lógicamente la profundidad de penetración en este tipo es superior al primero. Además el hecho de que las ruedas del tándem tractor no pisen terreno aún removido confiere más agarre a la unidad y por lo tanto un mayor porcentaje de utilización de su fuerza máxima de empuje.

El trabajo de estos dos tipos de escarificadores, hecha la salvedad de trabajos más ligeros y más pesados respectivamente, consiste en disgregar antiguos firmes asfálticos y materiales de base, y airear cortes y terraplenes. Puede además desgarrar capas de asiento de rocas blandas, suelos helados, pavimentos de concreto y bordillos. Con frecuencia hay usuarios que lo utilizan para disgregar el material de una zona de corte con el fin de que las cargas de las motoescrepas sean más rápidas y realizadas con menos esfuerzo, y en caminos de obras, para facilitar el mantenimiento del mismo.

Lógicamente, tanto uno como otro tipo, poseen cilindros hidráulicos de doble efecto para su control.



Figura I.16 Desgarrador trasero y delantero.

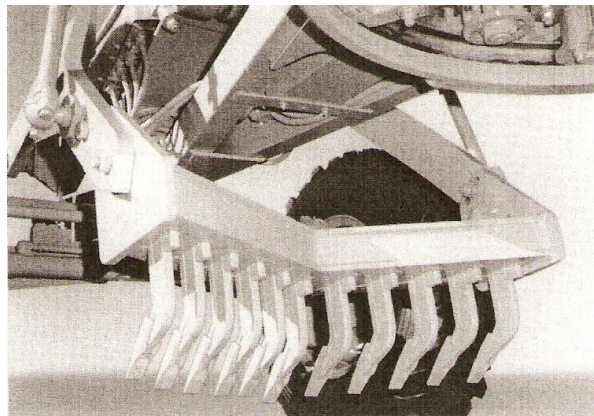


Figura I.17 Escarificador en forma de V montado bajo el círculo.

## I.2 Equipos especiales

Las labores básicas de una motoconformadora son el perfilado y el acabado, pero debido al gran número de equipos que pueden montar estas máquinas puede decirse que su empleo en obra podría ser mucho mayor si se hiciera uso de alguno de ellos.

Los dos puntos de montaje de equipos, más frecuentemente empleados, están situados bajo el bastidor principal y detrás de la máquina, si bien existen equipos, aunque en menor número, que pueden montarse en la parte frontal de la máquina.

Los equipos que se describen a continuación son: estabilizador de la hoja, hoja de corte, hoja de empuje frontal, niveladora-elevadora, caja emparejadora, caja niveladora, grada de discos, rodillos desmenuzadores, mezcladores-extendedores, extendedora refinadora,



hoja con cuchillas dentadas, equipo quitanieves, pala cargadora, tiende cables, barredoras, hojas de empuje y otros de tipo menos frecuente.

**Estabilizador de la hoja.** Este equipo va montado directamente detrás de la hoja; consiste fundamentalmente en una placa de deslizamiento accionada hidráulicamente. Su misión es la de amortiguar el movimiento rítmico de rebote, el galope propio de todas las motoconformadoras que se mueven con rapidez sobre prominencias y depresiones. Normalmente el rebote solo desaparece cuando el operador reduce la velocidad o cambian las condiciones del suelo.

El estabilizador, accesorio mejorado con respecto a los antiguos patines o placas de equilibrado que se situaban a cada extremo de la hoja, amortigua el rebote al controlar la penetración de la hoja, pues al disponer de un tercer punto de suspensión ya no se hace necesario reducir, por este concepto, la velocidad de la máquina. Con el uso del estabilizador se puede trabajar hasta con dos marchas más elevadas de las normales, lo cual implica un considerable aumento de la productividad. El tiempo economizado puede emplearse bien en un mantenimiento más continuado de las pistas de acarreo o bien en cualquier otra aplicación de la unidad.

Montado independientemente de la hoja no limita los movimientos laterales ni de inclinación de la misma. En cualquier momento, además, se puede elevar o bajar el estabilizador para variar la profundidad de corte o incluso se le puede subir tras la hoja cuando no se necesita utilizarlo.

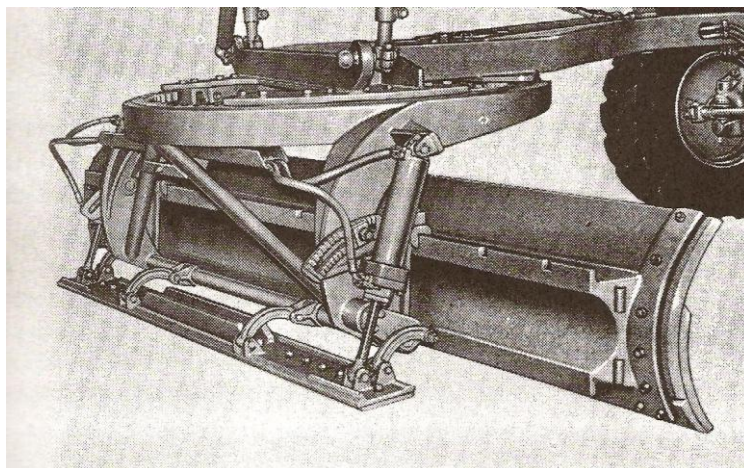


Figura I.18. Estabilizador de la hoja.

**Controles automáticos de la hoja.** La incorporación de este elemento a las motoconformadoras ha sido presidida, por dos razones poderosas.

La primera es la de cumplir con rigurosas exactitud las más duras especificaciones que día a día se exigen en la construcción de aeropuertos, autopistas, circuitos para bólidos, carreteras, etc.

La segunda proviene de la falta crónica de buenos operadores de motoconformadoras, que existe en todos los países, ya que el crecimiento del parque mundial de estas unidades se une al inconveniente de ser las máquinas de más difícil manejo y por ello los pocos que llegan a dominarlas a fondo sólo lo consiguen después de miles de horas de trabajo. El control automático ha permitido a muchos operadores casi novatos realizar trabajos con tanta perfección o más que auténticos expertos.

Si bien son varios los modelos de controles automáticos y varias las marcas que los pueden incorporar como equipo opcional, en síntesis se puede definir como un mecanismo sumamente sensible que adosado, ordinariamente, a la barra de tracción, corrige automática e instantáneamente las desviaciones de la hoja en su paso por el terreno de acuerdo al perfil prefijado desde el cuadro de mandos del mecanismo situado en la cabina del operador.

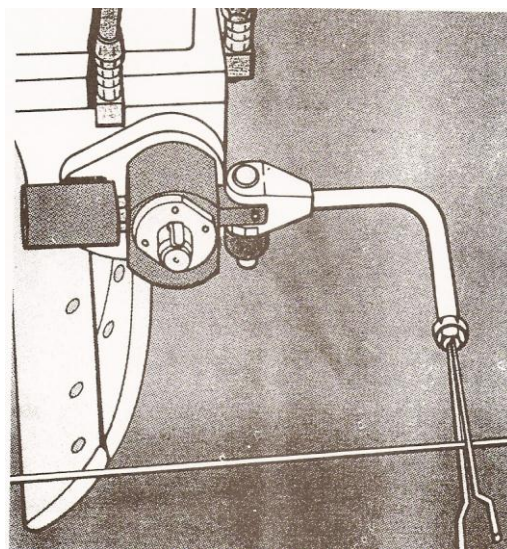


Figura I.19. Sistema de guiado automático de la hoja con palpador sobre hilo.

Las nivelaciones con estos controles llegan a ser de una precisión inigualables por el mejor operario, ya que si bien éste en algún momento específico pudiera igualar no sería posible para él mantenerlo a lo largo de las 8 o más horas de la jornada de trabajo.

**Hoja de corte.** Normalmente existen dos tipos de hojas de corte, una para el trabajo en tándem lateral y otra para las zanjas. Ambas permiten a la motoconformadora trabajar en zonas que normalmente están fuera de su alcance.

La hoja de corte de andén consiste en una prolongación de la hoja normal completada con un ala ajustable, De esta forma el operador puede llegar a un andén o a un terraplén para cortar o perfilar.

La hoja de corte de zanja está montada sobre brazos de tracción y es independiente totalmente de la hoja de la motoconformadora, puede ir montada en el centro de la máquina o bien en la parte trasera. Su alcance es notablemente superior y de esta forma resuelve el problema de limpiar y perfilar zanjas secas o con agua, mientras la máquina permanece sobre el plano estable de la pista. Por consiguiente puede trabajar con buen o mal tiempo, en carreteras secundarias, en caminos forestales o agrícolas, etc.

Con este equipo se pueden conservar los taludes laterales, limpiar zanjas, quitar la vegetación y rellenar los surcos producidos por el agua y los socavones. En obras de canales, puede trabajar hacia arriba desde el fondo o hacia abajo desde arriba. Algunos de estos modelos (los de montaje trasero) pueden girar detrás de la máquina y funcionar como vertedora posterior.

La hoja de corte consiste en una hoja especialmente larga que reemplaza a la normal para perfilar taludes grandes o muy altos. No hace falta decir que debe usarse para cortar una capa muy ligera, por su mayor longitud y por su separación de la máquina. Un tipo especial de hoja de corte, que se va viendo en bastantes obras, consiste en quebrar el borde de corte de la hoja de modo que los dos tramos resultantes formen entre sí un ángulo, fijo o variable. Con este dispositivo se puede perfilar de una sola pasada los dos lados de una cuesta, o si la referencia es lo suficientemente estable y la

motoconformadora rueda sobre pavimento rígido y ya terminado, vale incluso para perfilar concreto en masa.

La hoja de corte, dado su gran alcance, permite que la máquina ruede sobre pavimento seco, en caso de mantenimiento de acequias, lo que es una ventaja porque proporciona mejor adherencia. Ciertas hojas de corte, con un montaje especialmente largo, pueden verter la tierra detrás de la máquina, con mayor posibilidad de alcance.

**Hoja de empuje frontal.** Esta especie de “dozer” ligero va situado en la parte delantera de la máquina y controlado comúnmente por fuerza hidráulica, aunque existen modelos de control mecánico.

El mayor índice de utilización de este equipo es en la extensión de montones de áridos, que sean demasiado altos para ser manipulados por la hoja.

También es muy utilizada en la construcción de caminos agrícolas y forestales y apertura de pistas fáciles, aunque no tiene tilt, o sea inclinación lateral de los extremos de la hoja.



Figura I.20. Hoja de empuje frontal.

**Niveladora-elevadora.** Este equipo consta fundamentalmente de un cilindro o tornillo que en su acción rotativa excava y dirige el material suelto hacia una cinta transportadora que puede verter sobre el propio terreno formando un camellón continuo o sobre unidades de acarreo.

Va montado sobre el bastidor principal y se utiliza para elevar el asiento de la carretera, limpiar y rehacer las zanjas, limpiar los andenes laterales de hierbas y otros materiales y sacar tierra de las zanjas de préstamo.

Según las condiciones del suelo y el material a manipular, así como el modelo de cinta, puede cargar aproximadamente 600 a 700 m<sup>3</sup> de banco y esparcir 1,400 a 1,600 m<sup>3</sup> de banco en hora de sesenta minutos útiles.

Evidentemente el material ha de ser muy ligero, o tierra suelta, y la coordinación de los elementos de transporte perfecta.

**Caja emparejadora.** Consiste este equipo en dos paneles laterales, una barra esparcidora y un borde de ataque; es decir, una especie de caja pequeña pero sin fondo. El diseño es simple pero su productividad es elevada ya que corta y transporta de 2.5 a 4.0 m<sup>3</sup> (según medidas del equipo). Es especialmente útil en pistas de acarreo, en caminos rurales y forestales, en caminos de explotaciones agrícolas o donde quiera que existan vías de tierra con agujeros que se rellenen con la propia tierra del camino o con materiales de aportación.

El borde de ataque corta las prominencias, mientras que la vertedora y los laterales arrastran hacia delante el material. Cuando se llega a una depresión, el material del fondo la rellena. El borde de ataque de la vertedora engrasa el material dejado tras de sí.

La suspensión en tres puntos de la caja constituye una base estable, que reduce el rebote de la máquina y permite que la niveladora trabaje normalmente con una marcha más elevada.

**Caja niveladora.** Este equipo con capacidades que llegan a casi 5 m<sup>3</sup>, colmado, consta de una reja o cuchilla, una placa frontal y un eyector, y permite al operador cargar el material, transportarlo y descargarlo. Con los mandos que la motoconformadora posee, puede elevar, bajar, inclinar de costado y hacer girar el equipo hacia ambos lados de la motoconformadora.

Sirve, por tanto, para excavar zanjas, en “V” o de fondo plano, para creación de terrazas agrícolas, para construir y mantener andenes, presas y diques pequeños, reconstruir carreteras, limpiar zanjas y canales, cortar taludes descendentes y quitar nieve, hielo, balasto o materiales amontonados en hilera.

Una de las aplicaciones más frecuentes de esta utilísima herramienta es, probablemente, la preparación del lugar de trabajo, que requiere numerosos cortes y terraplenado, cortos transportes y acabado.

Con recorridos de acarreo de 70 – 80 m., por término medio, se puede conseguir una producción media de casi 90 m<sup>3</sup> de banco por hora, medidos en la sección transversal. Si se la utiliza para prepara calles en zonas que estén urbanizando, lleva el material excavado a los solares más próximos que ya están ordenados, con lo que no solo reduce la longitud de transporte, sino que además cumple con dos objetivos al mismo tiempo.

**Grada de discos.** La grada de discos va normalmente montada en la parte trasera de la máquina, si bien en otros equipos a comentar más adelante puede ir bajo el bastidor principal. Esta grada disgrega, pulveriza y mezcla los materiales, dejando libre la hoja frontal y el escarificador de montaje central para cualquier otro uso.

El borde del disco puede ser recto o bien festoneado, siendo este último particularmente útil cuando existe en la zona a trabajar mucha vegetación baja que conviene triturar. El disco y la hoja se pueden utilizar alternativamente para regenerar y mantener las carreteras de mezclas bituminosas en frío, de tratamientos superficiales o de tierra y grava apisonadas. Sirve además para airear terraplenes y zonas de préstamo.

Se emplea frecuentemente, en combinación con el escarificador para desgarrar y pulverizar carreteras viejas, con el fin de conseguir una mezcla mejor, o con hoja frontal para mezclar y voltear los materiales de base.

La grada de discos y la hoja constituyen un conjunto de trabajo muy económico para regenerar carreteras de poco tráfico reparando los firmes de poco espesor.

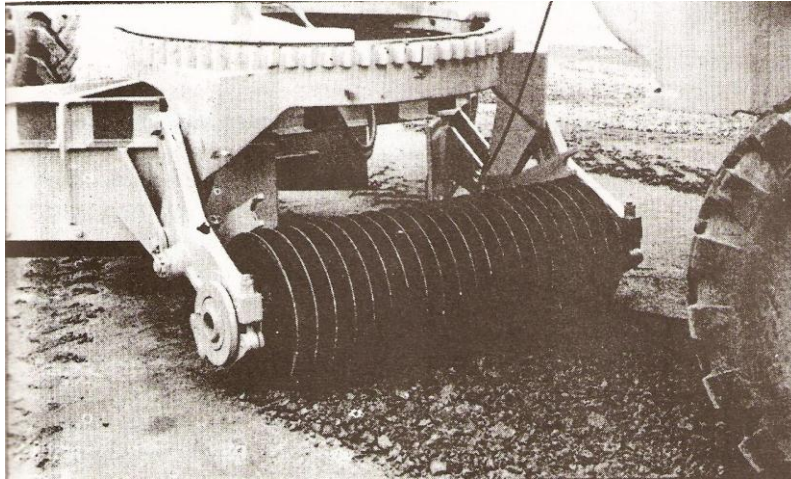


Figura I.21. Grada de discos

**Rodillos desmenuzadores.** Este equipo resulta ser una combinación de rodillo compactador, cortador y desmenuzador. Con este accesorio, la motoconformadora puede realizar tareas de reacondicionamiento de calles urbanas, carreteras secundarias, pistas forestales y de acarreo, etc., a costos muy reducidos. El montaje se realiza en la parte posterior de la máquina; y su control es hidráulico merced a la acción de los cilindros de doble efecto, con lo que se consigue presionar las cuchillas desmenuzadoras sobre las zonas más duras como, por ejemplo, rodadas resacas de camiones, igualando la superficie de la pista y eliminando los terrones. Inmediatamente antes del rodillo y sobre un bastidor o barra porta-herramientas, se pueden colocar nueve dientes desgarradores, o en caso de ser el material más duro, cinco, con lo que se puede profundizar bastante mas.



Figura I.22. Rodillos desmenuzadores

La forma de trabajar puede ser la siguiente: se inicia con unos pases del escarificador para que los dientes desgarradores levanten el pavimento viejo, a continuación se sustituyen los dientes desgarradores por el rodillo que queda colocado en el mismo bastidor y se vuelven a dar pasadas, consiguiendo desmenuzar los terrenos y compactar ligeramente la tierra, dejándola lista para un posible riego asfáltico o directamente abierta al tráfico, según los casos.

**Mezcladores-extendedores.** Este equipo es muy utilizado en los países del Norte de Europa para el reacondicionamiento de caminos de grava estabilizada con productos bituminosos, situados en zonas de poca circulación.

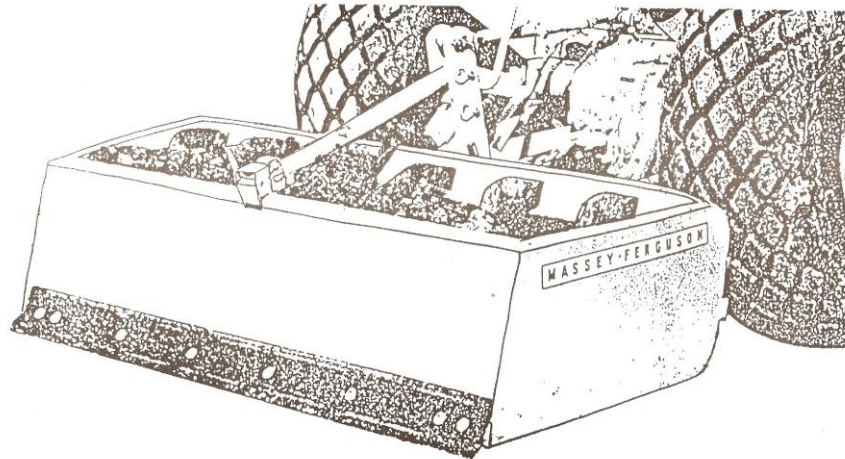


Figura I.23. Mezcladora extendedora.

Este equipo se compone de tres partes o elementos bien diferenciados y cada uno con su misión específica. El primer elemento de trabajo es una superficie de arado en forma de “V”, montada sobre el centro de un sólido bastidor que se coloca en vez de la hoja convencional; a ambos lados del bastidor existen unas placas, dotadas también de cuchillas de corte con sus perfiles frontales abiertos. Al romper el terreno el arado central y las placas laterales e ir avanzando la motonconformadora, van dejando el material suelto y en cordón. Colocada en la parte posterior del bastidor va una grada de discos que mezcla el material excavado y acordonado por el primer elemento del equipo, y lo deja en disposición de que la placa niveladora trasera (tercer elemento del conjunto) lo extienda y nivele; este último elemento nivelador lleva unas ruedas laterales para graduar la altura de



extendido, siendo controlada dicha altura por un ayudante del operador de la motoconformadora que va sentado sobre el equipo.

Debido a que estas piezas de grava estabilizada no necesitan un apisonado posterior, pues el paso de los mismos vehículos al circular sobre ella consiguen el asentamiento del material, es lógico llegar a la conclusión que con este equipo y para este tipo de pistas, puede realizarse el mantenimiento en condiciones bastante económicas.

**Extendedora y refinadora.** Este equipo de montaje frontal consiste en una tolva de recepción de material con dos ruedas y su fondo dispuesto de forma que pueda dar salida graduada a dicho material, suministrándolo hacia la hoja montada en uno de los lados de la máquina, la cual lo extiende y refina sobre la superficie a cubrir. El ángulo de extendido de la hoja es graduable.

La tolva permite que los camiones depositen su carga sobre la misma en vez de dejarla en montones sobre el trazado a cubrir.

**Hojas con cuchillas dentadas.** Estos dispositivos pueden tener una doble misión según su posición de montaje.

La hoja de montaje trasero tiene como misión principal la de extender camellones. Dicha hoja posee control de altura de extendido y desplazamiento lateral para mejor efectuar su trabajo.

En el caso de la hoja de montaje central, puede valer la hoja base de la motoconformadora a la que se cambia la cuchilla de corte de borde liso por otra de borde dentado. Su misión es la de raspar el hielo formado sobre las carreteras, dejando una superficie más apta para el agarre de las cadenas de los neumáticos de los vehículos.

Una versión modificada para fines similares es el montaje de una cuchilla de hule duro, en vez de la normal, y que se utiliza para la eliminación del agua-nieve de las pistas en aeropuertos o en carreteras.

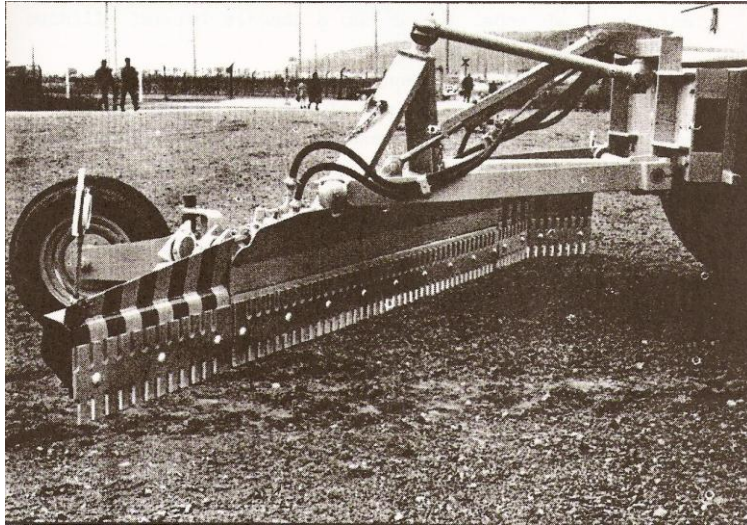


Figura I.24. Hoja con cuchillas dentadas.

**Equipos quita-nieves.** Con su amplia hoja frontal en forma de aguda cuña, corta y abre un camino en la nieve, corte y camino que amplía la cuchilla lateral situada a uno de los lados de la máquina.

Otros equipos de quitanieves pueden ser del tipo de aspas cortadoras que cortan y a la vez aspiran, mediante la acción de potentes aspiradores situados tras las aspas, la nieve, impulsándola a través de un conducto de alcance regulable, tanto en altura como en horizontal, que puede verterla bien sobre vehículos de acarreo o bien sobre las cunetas de la carretera.



Figura I.25. Equipo quitanieves

**Bote cargador.** Es en la actualidad éste un equipo poco utilizado, sencillamente se trata de un bote cargador para materiales sueltos y ligeros, sujeto sobre la parte posterior del chasis de la motoconformadora y de control hidráulico.

Puede utilizarse para cargar materiales sobrantes sobre camiones, si bien para esto necesita contar con una zona muy amplia para maniobrar, hecho no muy frecuente en los sitios donde una motoconformadora ya ha dado fin a sus tareas principales.

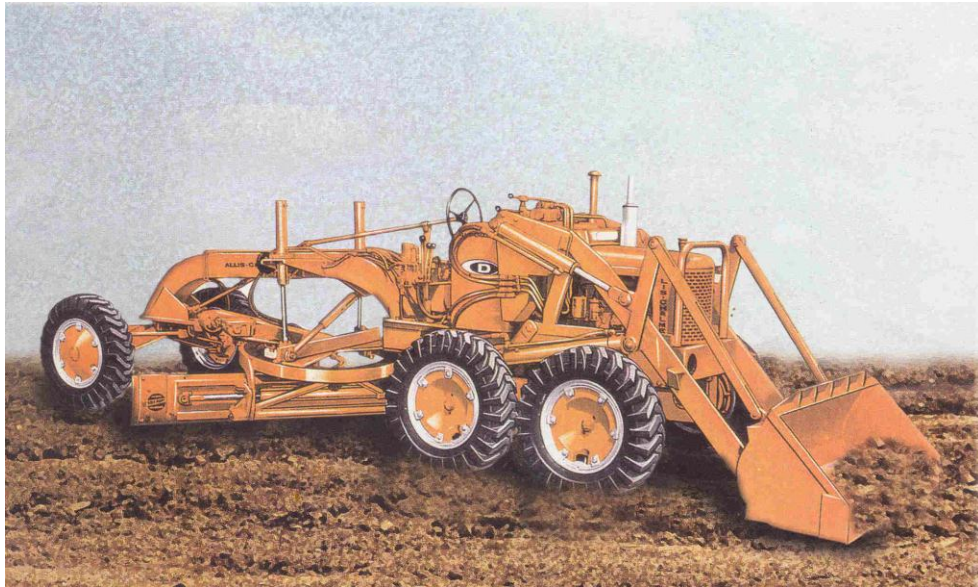


Figura I.26. Bote cargador.

**Tiende cables.** Este equipo es utilizado frecuentemente por los municipios norteamericanos en todas aquellas obras de conducciones eléctricas y telefónicas que se prestan por sus características favorables a su resolución por este procedimiento.

El equipo consta de dos partes: una frontal construida por un tambor donde va el cable a extender, el cual, por medio de una grúa, llega al elemento de montaje trasero que es un profundo arado de control hidráulico con una perforación a todo lo largo de su eje vertical por donde pasa el cable y lo va extendiendo a la profundidad requerida por las especificaciones del contrato.

**Barredoras.** Hay barredoras de montaje central y trasero. Esta última tiene la posibilidad de abarcar un mayor ancho de trabajo y por lo tanto su productividad ser más elevada que la de montaje central. El equipo consta de un tambor horizontal con sus escobillas radiales, de eje vertical o ligeramente inclinado.

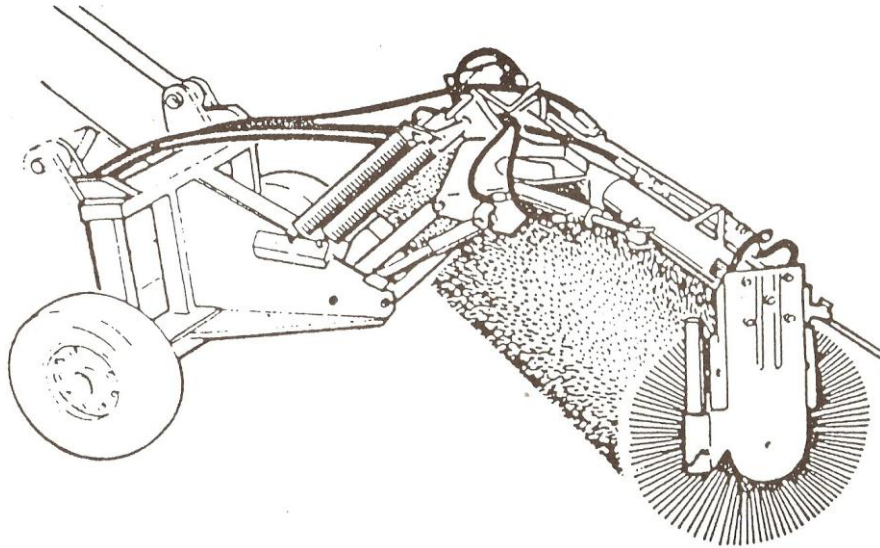


Figura I.27. Equipo de barredora montado en la parte frontal.

**Placa de empuje.** Este elemento accesorio consiste en una placa de reducidas proporciones y que se monta en el frente del bastidor principal, utilizándose para empujar a motoescrepas en los momentos difíciles de carga, a unidades atascadas, etc.

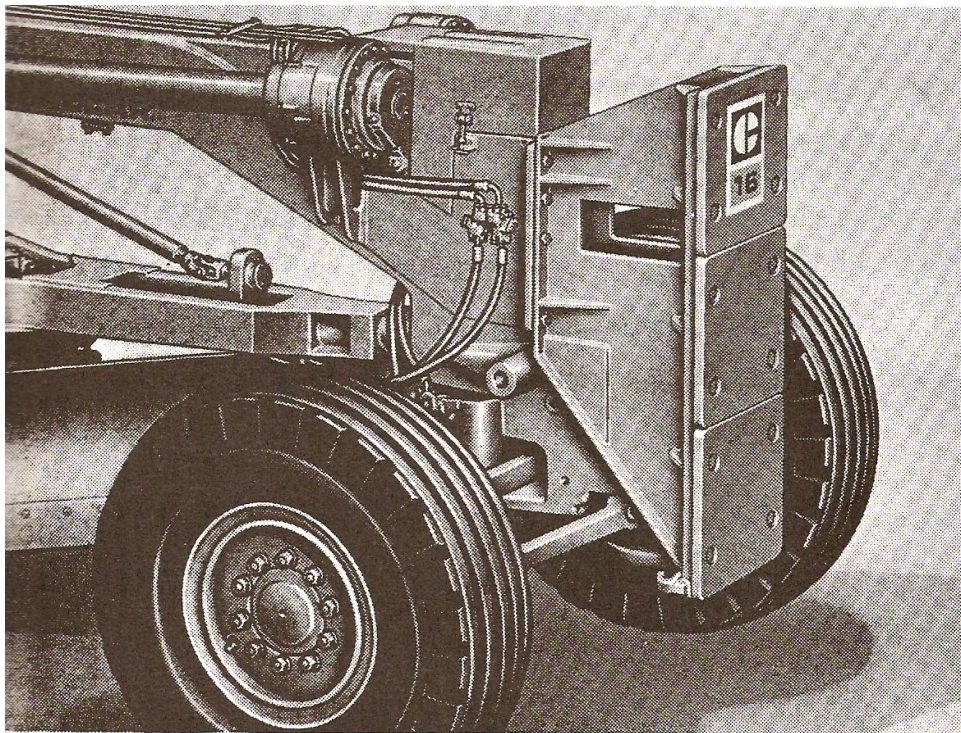


Figura I.28. Placas de empuje,

**Equipos de jardinería.** Aunque su empleo no es muy frecuente pueden usarse en grandes superficies o zonas verdes, aparatos de montaje trasero como:

- a) Rastrillos para eliminación de matorrales, hojas o gravas.
- b) Segadoras de hierba.
- c) Compactadores hidráulicos para zanjas o para fijar el césped.
- d) Hojas refinadoras para alisa terrenos arenosos.

### I.3 Diferentes tipos de motoconformadoras.

A continuación se muestran algunos modelos de motoconformadoras existentes actualmente en el mercado.

Modelo	Potencia neta básica (todas las marchas)	Peso bruto del vehículo - básico	Ancho de la hoja
120H Global	93 kW	12,650 kg	3.658 m
120H Standard	93 kW	11,358 kg	3.658 m
12H Global	108 kW	14,200 kg	3.658 m
12H Standard	104 kW	13,077 kg	3.658 m
135H Global	101 kW	13,080 kg	3.658 m
135H Standard	101 kW	11,788 kg	3.658 m
140H Global	123 kW	14,677 kg	3.658 m
140H Standard	123 kW	13,552 kg	4.267 m
14H	160 kW	18,784 kg	4.267 m
14H Global	164 kW	18,809 kg	4.267 m
14M	193 kW	21,379 kg	4.267 m
160H Global	134 kW	15,676 kg	4.267 m
160H Standard	134 kW	14,416 kg	4.267 m
143H Global	123 kW	15,270 kg	3.658 m
163H Global	134 kW	16,280 kg	4.267 m
16H Global	198 kW	24,740 kg	4.877 m
16H Standard	205 kW	24,748 kg	4.880 m
16M	221 kW	26,060 kg	4.877 m
24H Standard	373 kW	57,468 kg	7.300 m
24M	397 kW	62,456 kg	7.315 m

Tabla I.2 Modelos de la marca Caterpillar.

**Motoconformadora modelo CAT 120H. Especificaciones.**

<b>Motor</b>	
Modelo de motor	Motor Cat 3126B DITA ATAAC VHP
Potencia neta básica (todas las marchas)	93 kW 125 hp
VHP - marchas 1-3 neta	93 kW 125 hp
- marchas 4-8 neta	104 kW 140 hp
Potencia bruta básica (todas las marchas)	104 kW 139 hp
VHP - marchas 1-3 bruta	104 kW 139 hp
- marchas 4-8 bruta	115 kW 154 hp
Cilindrada	7,2 L 439 pulg <sup>3</sup>
Calibre	110 mm 4,3 pulg
Cámara	127 mm 5 pulg
Reserva de par	50%
Par máximo a 1.000 rpm	737 Nm 544 lb-pie
Velocidad a la potencia nominal	2.000 rpm

Número de cilindros	6	
Reducción de potencia a causa de la altitud	3.048 m	10.000 pies
Estándar - Velocidad del ventilador - máx	1.210 rpm	
- mín	500 rpm	
Estándar - Capacidad ambiente	43° C	117° F
Alta ambiente - Velocidad del ventilador - máx	1.300 rpm	
- mín	500 rpm	
Alta - Capacidad ambiente	50° C	122° F

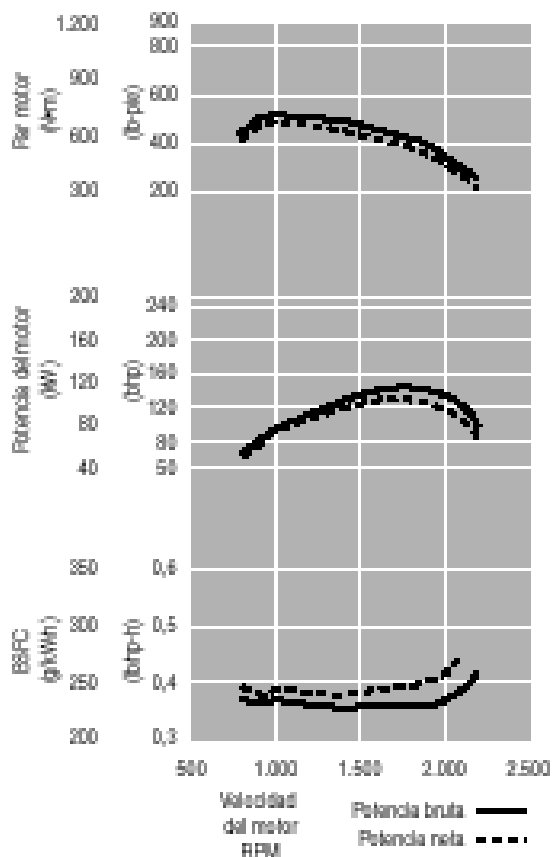
- La potencia neta se prueba según las normas ISO 9248, SAE J1349 y EEC-80/1269 vigentes en el momento de la fabricación.
- La versión VHP (de potencia variable) es una configuración optativa.
- La potencia neta publicada es la potencia disponible para una velocidad nominal de 2.000 rpm, medida en el volante cuando el motor está equipado con ventilador, filtro de aire, silenciador y alternador.
- No se requiere reducción de potencia hasta una altitud de 3.048 m (10.000 pies). Índice de reducción de potencia de 1,5% por cada 304,8 m (1.000 pies) por encima de 3.048 m (10.000 pies).

**Marchas básicas**

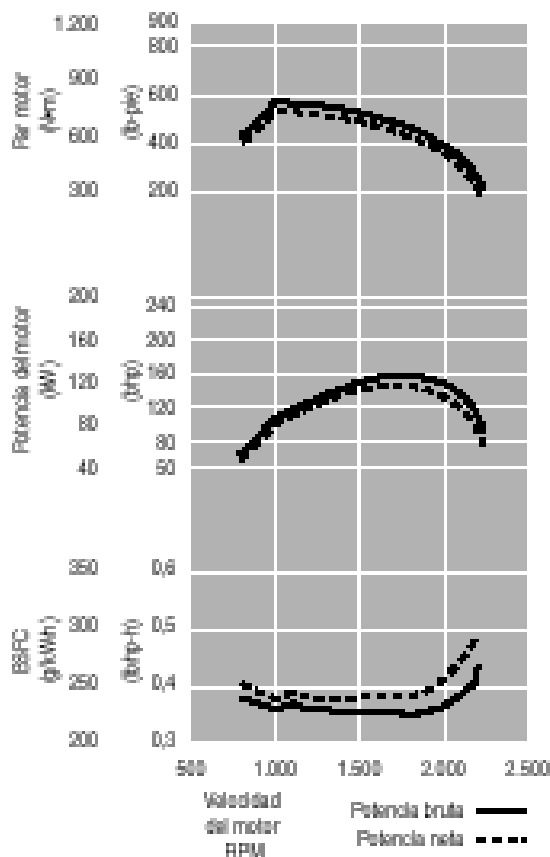
**1 - 8**

**Marchas VHP**

**1 - 3**



**Marchas 4 - 8**



### Tren de fuerza

Marchas de avance/retroceso	8 de avance/6 de retroceso	
Transmisión	Servotransmisión de mando directo	
Frenos de servicio	Discos en aceite accionados por aire	
Frenos de servicio - área de la superficie	18.744 cm <sup>2</sup>	2.595 pulg <sup>2</sup>
Frenos de estacionamiento	Discos en aceite accionados por aire	
Frenos secundarios	Circuito doble	

- Los frenos cumplen con las normas siguientes: SAE J/ISO 3450 JAN98.

### Sistema Hidráulico

Tipo de circuito	Detección de carga de centro cerrado	
Tipo de bomba	Pistón variable	
Salida de la bomba	144 L/min	38 gal/min
Presión máxima del sistema	24.150 kPa	3.500 lb/pulg <sup>2</sup>
Presión de reserva	3.100 kPa	450 lb/pulg <sup>2</sup>

- Salida de la bomba medida a 2.000 rpm

### Especificaciones en orden de trabajo

Velocidad máxima - Avance	42,8 km/h	26,5 mph
- Retroceso	33,7 km/h	20,9 mph
Radio de giro (neumáticos delanteros exteriores)	7,3 m 23,6 pies	
Gama de dirección - izquierda/derecha	50 Grados	
Ángulo de articulación - izquierda/derecha	20 Grados	
Avance 1a	3,6 km/h	2,3 mph
2a	5 km/h	3,1 mph
3a	7,2 km/h	4,5 mph
4a	9,9 km/h	6,2 mph
5a	15,7 km/h	9,7 mph
6a	21,3 km/h	13,2 mph
7a	29,3 km/h	18,2 mph
8a	42,8 km/h	26,5 mph
Retroceso 1a	2,9 km/h	1,8 mph
2a	5,4 km/h	3,4 mph
3a	7,8 km/h	4,9 mph
4a	12,4 km/h	7,7 mph
5a	23,1 km/h	14,4 mph
6a	33,7 km/h	20,9 mph

### Capacidad de llenado

Capacidad de combustible	340 L	90 gal
Sistema de enfriamiento	40 L	10,4 gal
Sistema hidráulico - total	68 L	17,7 gal
Sistema hidráulico - tanque	38 L	9,9 gal
Aceite de motor	29,5 L	7,8 gal
Mandos finales/Diferencial	47 L	12,2 gal
Caja del tandem (cada una)	49 L	12,7 gal
Caja de cojinetes de las puntas de eje de la rueda delantera	0,5 L	0,13 gal
Caja de mando del círculo	7 L	1,8 gal

### Bastidor

Círculo - diámetro	1.530 mm	60,2 pulg
- espesor de la viga de la hoja	30 mm	1,2 pulg
Barra de tiro - altura	127 mm	5 pulg
- espesor	26 mm	3 pulg
Placa delantera superior/inferior - ancho	280 mm	11 pulg
- espesor	22 mm	0,9 pulg
Planchas laterales delanteras - ancho	238 mm	9,3 pulg
- espesor	10 mm	0,4 pulg
Pesos lineales delanteros - min	134 kg/m	90 lb/pie
- máx	172 kg/m	115 lb/pie
Módulo de la sección delantera - min	1.619 cm <sup>2</sup>	99 pulg <sup>2</sup>
- máx	3.681 cm <sup>2</sup>	225 pulg <sup>2</sup>
Eje delantero - despejo sobre el suelo	608 mm	23,9 pulg
- inclinación de las ruedas delanteras	18 Grados	
Eje delantero - ángulo de oscilación	32 Grados	

### Tandems

Altura	438 mm	17,2 pulg
Ancho	172 mm	6,8 pulg
Espesor del flanco - interior	14 mm	0,55 pulg
- exterior	16 mm	0,63 pulg
Pasador de la cadena de mando	44,5 mm	1,75 pulg
Separación de los ejes de la rueda	1.510 mm	59,5 pulg
Oscilación del tandem - avance	15 Grados	
- retroceso	25 Grados	

### Vertedera

Ancho de la hoja	3658 mm	12 pies
Altura de la vertedera	610 mm	24 pulg
Espesor	22 mm	0,87 pulg
Radio del arco	413 mm	16,25 pulg
Distancia entre el tambor y el bastidor del cabrestante	120 mm	4,7 pulg
Cuchilla - ancho	152 mm	6 pulg
- espesor	16 mm	0,63 pulg
Cantonera - ancho	152 mm	6 pulg
- espesor	16 mm	0,63 pulg
Tracción de la hoja	10.681 kg	23.504 lb
- peso bruto máx del vehículo		
- peso bruto máx básico	8.081 kg	17.816 lb
Presión hacia abajo	9.100 kg	20.056 lb
- peso bruto máx del vehículo		
- peso bruto básico del vehículo	6.574 kg	14.488 lb

- La tracción de la hoja se calcula para un coeficiente de tracción de 0,9, que es igual a las condiciones antipatinaje ideales y peso bruto del vehículo.

### Gama de la hoja

Desplazador del círculo - derecha	628 mm	24,7 pulg
- izquierda	625 mm	24,6 pulg
Desplazamiento lateral de la vertedera - derecha	660 mm	26 pulg
- izquierda	524 mm	20,6 pulg
Ángulo de posición máximo de la hoja	90 Grados	
Gama de puntas de hoja (adelante)	40 Grados	
(atrás)	5 Grados	
Alcance máximo del resalto fuera de los neumáticos		
- derecha	1.912 mm	75,3 pulg
- izquierda	1.840 mm	72,4 pulg
Levantamiento máximo por encima del terreno	457 mm	18 pulg
Profundidad máxima de corte	775 mm	30,5 pulg

### Desgarrador

Profundidad de desgarramiento, máxima	262 mm	10,3 pulg
Retenedores de los vástagos del desgarrador	5	
Separación del retenedor del vástago del desgarrador	533 mm	21 pulg
Fuerza de penetración	4.343 kg	9.586 lb
Fuerza de desprendimiento	2.279 kg	5.020 lb
Aumento de la longitud de la máquina, viga subida	1.058 mm	41,7 pulg

### Escarificador

Delantero tipo V Ancho de trabajo	1.184 mm	46,6 pulg
Delantero tipo V Profundidad de escarificación, máxima	292 mm	11,5 pulg
Delantero tipo V Retenedores de los vástagos del escarificador	11	
Delantero tipo V Separación de los retenedores de los vástagos del escarificador	116 mm	4,6 pulg
Delantero recto: Ancho de trabajo	1.800 mm	71 pulg
Delantero recto: Profundidad de escarificación, máxima	317 mm	12,5 pulg
Delantero recto: Retenedores de los vástagos del escarificador	17	
Delantero recto: Separación de los retenedores de los vástagos del escarificador	111 mm	4,38 pulg

### Pesos

Peso bruto del vehículo - máx	16.922 kg	37.366 lb
- eje delantero máx	5.076 kg	11.190 lb
- ejes traseros máx	11.846 kg	26.116 lb
Peso bruto del vehículo - básico	12.650 kg	27.880 lb
- eje delantero básico	3.611 kg	7.959 lb
- ejes traseros básicos	9.039 kg	19.921 lb

- Peso básico en orden de trabajo calculado en una configuración de máquina estándar con neumáticos 13.00-24 10PR (G-2), tanque de combustible lleno, refrigerante, lubricantes y operador.

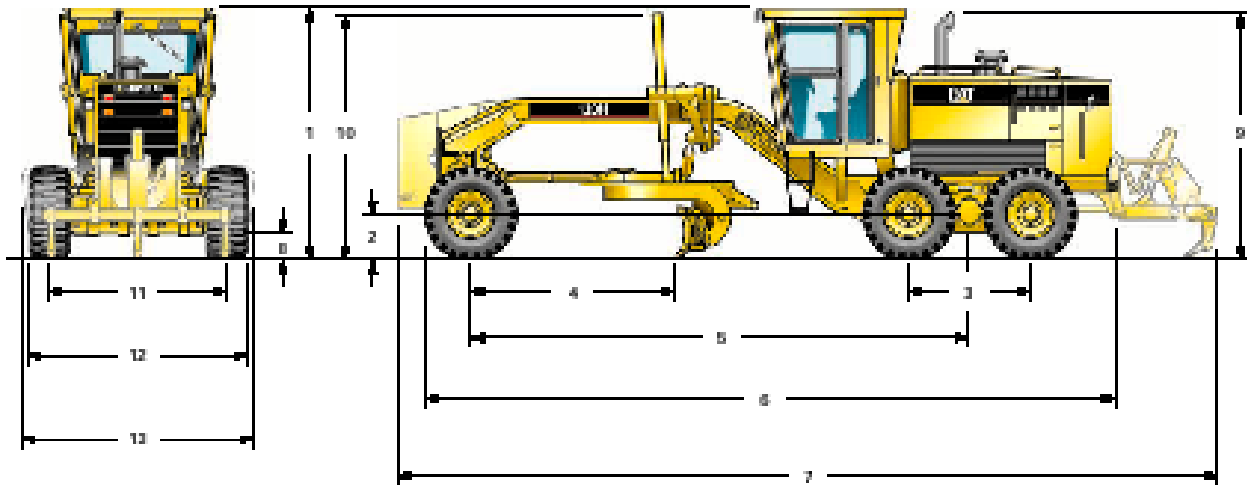
### Cabina

- La estructura protectora contra vuelcos (ROPS) cumple con las normas siguientes: SAE J1040 MAY 1994, ISO 3471:1988, ISO 3471:1994
- La estructura contra la caída de objetos (FOPS) cumple con los criterios siguientes: ISO 3449:1984, ISO 3449:1992 Level II



## Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.



1	Altura - cabina de perfil bajo	3.108 mm	122 pulg
	- cabina de perfil alto	3.332 mm	131 pulg
	- sin cabina	3.090 mm	121 pulg
2	Altura hasta el eje	594 mm	23,4 pulg
3	Longitud - entre los ejes tándem	1.510 mm	59,4 pulg
4	Longitud - desde el eje hasta la vertedera	2.596 mm	102,2 pulg
5	Longitud - desde el eje hasta el tándem intermedio	5.923 mm	233 pulg
6	Longitud - desde los neumáticos delanteros hasta el extremo del bastidor trasero	8.314 mm	327,3 pulg

7	Longitud - desde el contrapeso hasta el desgarrador	10.064 mm	396,2 pulg
8	Espacio libre sobre el suelo en la caja de la transmisión	351 mm	13,8 pulg
9	Altura hasta el tubo de escape vertical	3.138 mm	123 pulg
10	Altura hasta la parte superior de los cilindros	2.912 mm	115 pulg
11	Ancho - líneas centrales de los neumáticos	2.056 mm	80,9 pulg
12	Ancho - neumáticos traseros exteriores	2.402 mm	94,8 pulg
13	Ancho - neumáticos delanteros exteriores	2.441 mm	96,1 pulg



## Equipo estándar

*Los equipos estándar pueden variar. Consulte a su distribuidor Caterpillar para obtener detalles.*

### SISTEMA ELÉCTRICO

Alarma de retroceso  
 Alternador, 35-amperios, sellado  
 Baterías, libre de mantenimiento, 750 CCA  
 Sistema eléctrico de 24 voltios  
 Luces de parada y cola  
 Motor de arranque  
 Conexión Product Link

### AMBIENTE DEL OPERADOR

Accelerador  
 Encendedor y cenicero  
 Gancho para abrigo  
 Consola de control ajustable  
 Posavasos  
 Sistema de advertencia del operador EMS III  
 Medidores del tablero en el interior de la cabina  
 combustible  
 articulación  
 temperatura de refrigerante del motor  
 voltaje del sistema  
 presión del freno neumático  
 Controles hidráulicos de detección de carga  
 levantamiento de la hoja derecha/izquierda con posición  
 libre desplazamiento lateral e inclinación horizontal  
 de la hoja  
 mando del círculo  
 desplazamiento del círculo  
 inclinación de las ruedas delanteras  
 articulación  
 Horómetro digital  
 Espejo retrovisor interior de ángulo grande  
 Soporte de montaje de uso general  
 Servodirección hidráulica  
 Cabina ROPS insonorizada de bajo perfil  
 Asiento forrado de tela, ajustable  
 Cinturón de seguridad retráctil de 76 mm (3 pulg)  
 Volante inclinable ajustable  
 Área para guardar heladera/fiambrera  
 Visera del parabrisas  
 Control electrónico del acelerador  
 Limpia/lavaparabrisas delanteros (3)  
 Ventanas delanteras inferiores fijas

### TREN DE FUERZA

Filtro de aire con sello radial seco, indicador de servicio  
 y expulsor de polvo automático  
 Posenfriador de aire a aire (ATAAC)  
 Frenos - discos en aceite con accionamiento neumático  
 en las cuatro ruedas  
 Ventilador de demanda  
 Diferencial, trabar-destabar

Motor diesel 3126 DITA con VHP, reducción  
 de potencia automática, control automático  
 de velocidad en vacío  
 Drenaje de sedimentos del tanque de combustible  
 Separador de combustible y agua  
 Eje de impulsión de la bomba de lubricación permanente  
 Silenciador, debajo del capó  
 Freno de estacionamiento - discos múltiples, sellado  
 y enfriado de aceite  
 Antefiltro especial  
 Bomba de cebado de combustible  
 Tensor automático con serpentina  
 Mando tándem  
 Transmisión  
 8 velocidades de avance y 6 de retroceso  
 servotransmisión  
 mando directo  
 control electrónico de cambios  
 protección contra exceso de velocidad

### OTROS EQUIPOS ESTÁNDAR

Anticongelante -35° C (-30° F)  
 Parachoques trasero integrado con enganche  
 Embrague deslizante del mando del círculo  
 Cuchillas  
 152 mm x 16 mm (6 pulg x 5/8 pulg)  
 curvadas de acero DH-2  
 pernos de montaje de 16 mm (5/8 pulg)  
 Puertas del compartimiento del motor que se cierran con llave  
 Barra de tiro - 4 zapatas, bandas de desgaste reemplazables  
 Cantoneras - acero DH-2 de 16 mm (5/8 pulg), pernos  
 de montaje de 16 mm (5/8 pulg)  
 Bastidor articulado con traba de seguridad  
 Tanque de combustible de 340 L (90 galones)  
 Reabastecimiento de combustible a nivel del suelo  
 Parada del motor desde el suelo  
 Bocina neumática  
 Barra de enlace, 7 posiciones  
 Vertedera  
 3.658 mm x 610 mm x 22 mm  
 (12 pies x 24 pulg x 7/8 pulg)  
 desplazamiento lateral e inclinación horizontal hidráulicos  
 Acceso de limpieza al radiador  
 Orificios de S-O-S: motor, sistema hidráulico, transmisión,  
 refrigerante, combustible  
 Caja de herramientas  
 NEUMÁTICOS, AROS Y RUEDAS  
 Tolerancia parcial: 13.00-24 10PR en aros de 9° de una pieza

## Equipo optativo

Los equipos optativos pueden variar. Consulte a su distribuidor Caterpillar para obtener detalles. Todos los pesos son aproximados.

	kg	lb
Acumuladores de levantamiento de la hoja	71	156
Acondicionador de aire con calefacción y presurizador	49	107
Secador de aire	13	29
Alternador, 75 amperios	6	15
Baterías, servicio pesado, 1.100 CCA	44	96
Hoja, 3.962 mm = 688 mm = 25 mm (13 pies = 27 pulg = 1 pulg)	209	460
Hoja, 4.267 mm = 610 mm = 22 mm (14 pies = 24 pulg = 7/8 pulg)	75	166
Hoja, 4.267 mm = 688 mm = 25 mm (14 pies = 27 pulg = 1 pulg)	261	574
Hoja, montada por delante, 2.750 mm = 980 mm (9 pies = 39 pulg)	850	1.874
Hoja, delantera	1.180	2.602
Hoja, delantera, estrecha	1.100	2.425
Hoja, delantera, con extremos plegables	1.525	3.362
Cabina ROPS de perfil alto, insonorizada	77	170
Techo ROPS de perfil alto, con pared y ventana traseras	-41	-90
Transformador, 25 amperios, 24V a 12V	5	11
Tapas metálicas, tanque de combustible	11	25
Cuchillas para la hoja de 22 mm (7/8 pulg) de grosor		
203 mm = 19 mm (8 pulg = 3/4 pulg) para la hoja de 3,7 m		
203 mm = 19 mm (8 pulg = 3/4 pulg) para la hoja de 4,1 m		
203 mm = 16 mm (8 pulg = 5/8 pulg) para la hoja de 3,7 m		
203 mm = 16 mm (8 pulg = 5/8 pulg) para la hoja de 4,1 m		
Cuchillas para la hoja de 25 mm (1 pulg) de grosor		
203 mm = 19 mm (8 pulg = 3/4 pulg) para la hoja de 3,7 m		
203 mm = 19 mm (8 pulg = 3/4 pulg) para la hoja de 4,1 m		
Cantoneeras reversibles con revestimiento	11	24
Motor, VHP	4	10
Extensiones de la hoja de 610 mm (2 pies), derecha e izquierda		
para la hoja de 22 mm (7/8 pulg) de grosor	114	250
para la hoja de 25 mm (1 pulg) de grosor	148	325
Ventilador, descongelador, delantero y trasero	2	4
Sistema Graderbit, puntas de penetración	163	360
Protector de la plataforma inferior	23	50
Protector de la transmisión	98	215
Martillo con montaje	5	12
Calentador del refrigerante del motor	1	3
Calefacción de la cabina	14	30
Calefacción de la cabina con presurizador	18	40

	kg	lb
Hay disponibles configuraciones hidráulicas con una o más válvulas hidráulicas adicionales para el escarificador delantero, escarificador-desgarrador trasero, hoja de empuje, hoja de empuje orientable, arado para nieve y ala para nieve. Vea la lista de precios del distribuidor.		
Bloqueo hidráulico	2	5
Sistemas de iluminación:		
montadas en la barra, luces de giro y luces delanteras	13	28
montadas en la cabina, luces de giro y luces delanteras	9	20
montadas en la barra y en la cabina, luces de giro, luces delanteras y luces de trabajo	22	48
montadas en la barra y en la cabina, luces altas, luces de giro, luces delanteras y luces de trabajo	22	48
luces de trabajo, delanteras y traseras	6	13
luz en el ala de nieve, lado derecho	18	40
luz de advertencia, montada en la cabina o en el techo	3	6
Retrovisores dobles interiores		
Retrovisores exteriores	8	18
Retrovisores exteriores calentados	11	25
Tornacorriente, 12-V	2	5
Plancha de empuje, contrapeso	919	2.025
Antefiltro tipo turbina	2	5
Lista para radio de entretenimiento		
Receptáculo de arranque, enchufable	2	5
Aros, neumáticos - consulte la lista de precios del distribuidor		
Desgarrador trasero	612	1.350
Diente de desgarrador-escarificador, uno	12	26
Escarificador delantero tipo V	845	1.862
Escarificador delantero recto	903	1.988
Asiento, forrado de tela, suspensión neumática		
Asiento anatómico forrado de vinilo y suspensión		
Insonorización	91	200
Velocímetro/tacómetro	1	2
Dirección secundaria	50	111
Protector contra el sol, ventana trasera	3	7
Ventana, delantera inferior, se puede abrir	3	6
Ventanas laterales deslizantes	4	8
Limpia/lavaparabrisas trasero intermitente	7	16
Limpia/lavaparabrisas delantero intermitente		
Grupo europeo de desplazamiento por carretera que proporciona un tanque de aire adicional, válvula de protección del circuito de aire y dos luces de posición con señales de giro integradas. Se necesita equipo suministrado por el distribuidor para cumplir con requisitos para desplazamiento por carretera específicos para algunos países	23	52

Modelo	Peso operativo	Potencia neta del motor	Ancho de la hoja
G930	15,800 kg	115 ~ 145 kW	3.658 m
G940	16,400 kg	130 ~ 160 kW	3.658 m
G946	17,300 kg	145 ~ 175 kW	3.658 m
G960	17,550 kg	145 ~ 175 kW	3.658 m
G970	18,900 kg	156 ~ 186 kW	3.658 m
G976	19,800 kg	168 ~ 198 kW	4.267 m
G990	22.100 kg	168 ~ 198 kW	4.267 m

Tabla I.3 Modelos de la marca Volvo

Motoconformadora Volvo modelo G930.Especificaciones.

<b>G930</b>		
<b>Base operating weight - approximate</b>		
Weights shown include full cab with ROPS, all operating fluids, operator and standard equipment.		
Base - Total	kg (lb)	15 560 (34,300)
On front wheels	kg (lb)	4 810 (10,600)
On rear wheels	kg (lb)	10 750 (23,700)
Maximum combined capacity	kg (lb)	19 278 (42,500)
Maximum weight - front	kg (lb)	7 575 (16,700)
Maximum weight - rear	kg (lb)	14 243 (31,400)
Note that adding weight and attachments to the base grader may necessitate a tire upgrade as maximum weight capacity of tire may be exceeded.		
<b>Productivity (Standard equipment)</b>		
Blade pull at base weight (0.9 traction co-efficient)	kg (lb)	9 675 (21,330)
Blade pull at maximum base weight (0.9 traction co-efficient)	kg (lb)	12 819 (28,260)
Blade down force capability	kg (lb)	8 244 (18,182)
Blade down force is the maximum downward force which may be applied at the cutting edge.		
<b>Engine data</b>		
Model	Volvo D7	
Type	Turbocharged, Aftercooled	
No. of cylinders	In Line 6	
Bore & stroke	mm (in)	108 x 130 (4.25 x 5.12)
Displacement	l (cu in)	7,2 (436)
Engine complies to EPA Tier 3, EU Stage IIIA exhaust emission standards.		
Electrical system	24 volt - 1920 watt (80 amp) alternator	
Batteries (two 12 volt) SAE J537 @ -18° C (0° F)	660 Cold cranking amps	
1300 CCA batteries available optionally		

<b>G930</b>		
<b>3 Range engine power control</b>		
Low range power		
Rated net brake horsepower @ 2100 RPM <sup>§</sup>	kW (hp)	116 (155)
Torque	N.m (lb.ft)	906 (668) @1200
Mid range power		
Rated net brake horsepower @ 2100 RPM <sup>§</sup>	kW (hp)	131 (175)
Torque	N.m (lb.ft)	915 (675) @1400
High range power		
Rated net brake horsepower @ 2100 RPM <sup>§</sup>	kW (hp)	145 (195)
Torque	N.m (lb.ft)	928 (684) @1550
No engine derating required up to 3 000 m (9,800 ft) altitude. Rated net horsepower SAE J1349/ISO 9249.		
§Rating is @ 2100 RPM except for EU which is rated @ 1900 RPM in low and mid ranges.		

**Transmission**

Fully sequential, direct drive, Volvo powershift transmission. Engine cannot be started if transmission is in gear. Single lever electronic transmission controller provides self-diagnostics and overspeed protection. Optional HTE1160 has automatic shifting and travel mode as standard equipment.

Ground speeds at 2100 RPM with 14:00 tires.

		<b>G930</b>	
<b>Transmission model</b>		<b>HTE840</b>	<b>HTE1160</b>
<b>Gear</b>			
F1	km/h (mph)	4,3 (2.7)	3,3 (2.1)
F2	km/h (mph)	6,0 (3.7)	4,3 (2.7)
F3	km/h (mph)	8,4 (5.2)	5,8 (3.6)
F4	km/h (mph)	11,7 (7.3)	7,5 (4.7)
F5	km/h (mph)	16,6 (10.4)	9,8 (6.1)
F6	km/h (mph)	23,2 (14.5)	12,7 (7.9)
F7	km/h (mph)	32,5 (20.3)	16,8 (10.5)
F8	km/h (mph)	45,4 (28.4)	22,4 (14.0)
F9	km/h (mph)		29,0 (18.2)
F10	km/h (mph)		38,1 (23.8)
F11	km/h (mph)		49,3 (30.8)
R1	km/h (mph)	4,2 (2.6)	3,3 (2.1)
R2	km/h (mph)	8,2 (5.1)	5,7 (3.5)
R3	km/h (mph)	16,3 (10.2)	9,6 (6.0)
R4	km/h (mph)	32,0 (20.0)	12,8 (8.0)
R5	km/h (mph)		22,0 (13.8)
R6	km/h (mph)		37,5 (23.4)

<b>Engine Power Range</b>	<b>Transmission Gear</b>	
	<b>Volvo HTE840</b>	<b>Volvo HTE1160</b>
Low	F1, F2 R1	F1, F2, F3 R1, R2
Mid	F3, F4, F5 R2, R3	F4, F5, F6, F7 R3, R4
High	F6, F7, F8 R4	F8, F9, F10, F11 R5, R6



G930		
<b>Tandems</b>		
Depth	mm (in)	226,5 (8.9)
Height	mm (in)	616 (24.25)
Thickness		
inner wall	mm (in)	25 (1)
outer wall	mm (in)	20 (.78)
Center distance	mm (in)	1 550 (61)
Drive chain pitch	mm (in)	51 (2)
Oscillation	degrees ±	15°
<b>Differential / Final drive</b>		
Model		Volvo APR70
Planetary final reduction with an operator controlled lock/unlock differential.		
<b>Wheels &amp; tires (Standard equipment)</b>		
Tire size		14:00 x 24, G-2
Ply rating (PR)		12
Rim size	mm (in)	223 (9) One piece rim
Bolt-on rims interchangeable between front and rear		Yes
<b>Front axle and articulation</b>		
Wheel lean	degrees R & L	18°
Oscillation	degrees up & down	16°
Ground clearance	mm (in)	571 (22.5)
Minimum turning radius using front axle steering, articulation, wheel lean and unlocked differential	mm (in)	7 370 (290)
Steering arc	degrees	50°
Frame articulation angle	degrees	23°
Anti-drift lock valve ensures stable operation. Articulation lock standard.		
Hydrostatic power steering of front wheels incorporating two steering cylinders. Meets SAE J1511 FEB. 94, ISO 5010:1992 with optional secondary steering.		
<b>Brakes</b>		
Service Brakes: Foot operated		
Fade resistant, hydraulically actuated, wet multiple disc service brakes located at the 4 tandem drive wheels are fully sealed and maintenance free. System features crossover dual braking circuits for uniform braking on both sides of the grader. Includes reserve power assist and operator warning system (visual and audible).		
Parking Brake		
Spring applied hydraulically released enclosed wet multiple disc type parking brake in final drive. Effective on all 4 tandem drive wheels.		
Transmission cannot be engaged with park brake on.		
Braking systems comply to SAE J/EN ISO 3450:1996.		
Volvo uses asbestos free brake components.		



<b>G930</b>		
<b>Frame</b>		
Front		
Minimum dimensions of box section	mm (in)	267 x 340 (10.5 x 13.4)
Plate thickness	mm (in)	20 (.79)
Vertical section modulus at arch	cm <sup>3</sup> (cu in)	1 950 (119)
minimum	cm <sup>3</sup> (cu in)	1 663 (101.5)
maximum	cm <sup>3</sup> (cu in)	3 474 (212)
Rear		
Minimum dimensions	mm (in)	254 x 102 (10 x 4)
Plate thickness	mm (in)	9,6 (.38)
Optional first user lifetime warranty on frame and articulation joint.		
<b>Moldboard</b>		
Standard moldboard with replaceable end bits	mm (in)	22 x 635 x 3 658 (.87 x 25 x 12')
Moldboard material		SAE 1050 high carbon steel
Edge: through hardened	mm (in)	152 x 16 (6 x 5/8) boron steel
Bolt spacing	mm (in)	152 (6)
Bolt size	mm (in)	16 (5/8)
Slide rails supported by DURAMIDE™ bearings		
<b>Moldboard range: Moveable Blade Control System</b>		
(Dimensions shown with 14:00 tires and standard moldboard)		Left/Right
Reach outside tires - articulated frame	mm (in)	3 048/3 035 (120/119.5)
Reach outside tires - straight frame	mm (in)	2 019/2 044 (79.5/80.5)
Moldboard slide	mm (in)	673/673 (26.5/26.5)
Circle side shift	mm (in)	775/749 (30.5/29.5)
Maximum bank sloping angle, left - right	degrees	90°
Moldboard ground clearance	mm (in)	445 (17.5)
Moldboard cutting depth	mm (in)	787 (31)
Moldboard tilt range	degrees forward degrees back	47° 5°
Superior moldboard mobility permits steep ditch cutting angles and back sloping outside overall machine width.		
<b>Circle</b>		
Pitch diameter	mm (in)	1 626 (64)
Thickness	mm (in)	32 (1.25)
Adjustable guide shoes - standard / optional		3 / 5
Adjustable clamp plates - standard / optional		3 / 5
Upper circle wear plates - standard / optional		3 / 5
Circle to drawbar support is provided by DURAMIDE™ wear plates and bearings at the clamp and guide shoes. DURAMIDE™ prevents metal-to-metal contact and provides maximum service life.		



**G930**

**Circle drive**

The Volvo dual gear Circle Drive System uses direct acting hydraulic power for exceptional turning and holding capability under full load. Circle Drive System uses two hardened drive pinions and is protected against impact damage by an overload relief valve as standard equipment.

Rotation	degrees	360°
----------	---------	------

**Drawbar**

Dimensions of box section	mm (in)	165 x 165 (6.5 x 6.5)
Plate thickness	mm (in)	25 & 19 (1 & .75)

**Cab & controls**

Low profile cab with ROPS/FOPS

Interior height	mm (in)	1 625 (64)
-----------------	---------	------------

An optional full height cab is available with an inside height of 1 842 mm (72.5").

All Volvo Grader cabs and canopies are designed to meet or exceed SAE J/ISO 3471-1:2004 and EN 13510:2000 ROPS requirements and SAE J/pr EN ISO 3449:2002 Level 2 FOPS requirements.

The retractable seatbelt is 76 mm (3") wide and meets SAE J386 NOV. 97 and EN ISO 6683:1999. Industry standardized control lever arrangement.

Interior operator noise levels average 75 dB(A) per ISO 6394:1998 (enclosed cab).

**Implement hydraulics**

Circuit type: Closed center, load sense Proportional Demand Flow (PDF) Hydraulic System, with O-ring face seal hose connections.

Main implement pump type		Axial piston type
Maximum pressure	Bar (psi)	207 (3,000)
Output 2100 RPM	lpm (gpm)	208 (55)
Stand by pressure	Bar (psi)	24 (350)

Filtration

Large capacity, replaceable in-tank filter. Filters both system and re-fill oil. With low level and high temperature operator warning.

**Hydraulic fan drive pump**

Type

Axial piston pump dedicated to the variable speed cooling fan. Reversible cooling fan optionally available.

**Capacities**

Fuel tank	l (U.S. Gal.)	318 (84)
Transmission	l (U.S. Gal.)	60 (15.9)
Final drive	l (U.S. Gal.)	13,1 (3.5)
Tandems (each)	l (U.S. Gal.)	100 (26)
Hydraulic oil tank	l (U.S. Gal.)	106 (28)
Coolant antifreeze protection to -50° C (-58° F) approx	l (U.S. Gal.)	36 (9.5)
Engine oil	l (U.S. Gal.)	21,5 (5.7)

**Attachments**

(Optional unless otherwise stated as standard equipment)

Push Block	kg (lb)	475 (1,050)
Ripper includes rear frame arch support and links	kg (lb)	1 175 (2,600)
Mid Mount Scarifier	kg (lb)	850 (1,900)
Front Mount Scarifier	kg (lb)	704 (1,552)
Dozer: 2,4 m (8')	kg (lb)	1 045 (2,300)
2,7 m (9')	kg (lb)	1 070 (2,360)



**G930**

**Dimensions**

All dimensions are approximate.

**Legend**

A = Overall length

B = Bladebase

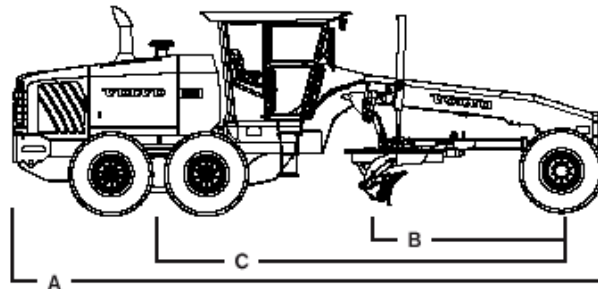
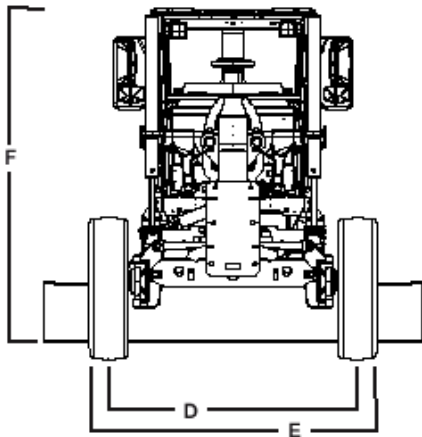
C = Wheelbase

D = Width - Tire center lines

E = Width - Outside tires

F = Overall height with Low Profile Cab

A	mm (in)	8 972 (353)
B	mm (in)	2 616 (103)
C	mm (in)	6 280 (247)
D	mm (in)	2 076 (82)
E	mm (in)	2 537 (100)
F	mm (in)	3 220 (127)



Modelo	Potencia Neta		Peso de Operación		Dimensiones de la Hoja	
	(kW)	(HP)	(kg)	(lb)	(m)	(ft)
<b>GD511A-1</b>	101	135	10,800	23,810	3.710	12.2
<b>GD555-3</b>	119	160	13,100	28,880	3.710	12.2
<b>GD611A-1</b>	116	155	12,500	27,560	3.710	12.2
<b>GD655-3</b>	142	190	14,070	31,020	3.710	12.2
<b>GD675-3</b>	149	200	14,870	32,780	3.710	12.2
<b>GD825A-2</b>	209	280	26,350	58,090	4.878	16

Tabla I.4 Modelos de la marca KOMATSU



Modelo mostrado puede incluir equipos opcionales

---

## **II. APLICACIONES**

## II. APLICACIONES

Lo más normal es que, al trabajar, la motoconformadora se mueva en dirección de avance, aunque esto no es impedimento para que puede trabajar en marcha atrás, debido a no contar con espacio suficiente para realizar la maniobra de giro. En este caso puede utilizar la hoja en la misma posición que llevaba en avance o bien invirtiéndola, de manera que la hoja quede mirando hacia el operador; lógicamente, en ambos casos, el trabajo comúnmente realizado es el de extensión del material y también a veces el de emparejamiento dejando la hoja en posición flotante.

Al trabajar en avance, la motoconformadora convencional puede hacer uso de la inclinación de las ruedas delanteras hacia fuera de la dirección de giro; las ruedas también pueden inclinarse para evitar roces con paredes verticales. Las motoconformadoras de dirección a todas las ruedas no necesitan realizar estas inclinaciones en las ruedas delanteras, ni tampoco los modelos que poseen bastidor articulado. En estos tipos de motoconformadoras citadas el radio de giro es sencillamente menor que el de las motoconformadoras convencionales de similar tamaño, y al trabajar pueden descentrar las huellas de los ejes traseros con respecto al delantero, contrarrestando así las fuerzas laterales de empuje.

La hoja de una motoconformadora se puede usar hasta un límite como hoja empujadora, ya que la carga que deba empujar está limitada por la potencia y tracción de la máquina que usualmente es mucho menor que un tractor del mismo peso. La forma cóncava hace rodar mejor la carga, de tal modo que puede empujar una gran cantidad sin derramarse sobre la parte superior de la misma.

Una forma de atacar un montón de material acamellonado, siempre y cuando exista espacio para trabajar a un lado de éste es la siguiente: se coloca la cuchilla en ángulo de corte y se desplaza la hoja de tal forma que la máquina no pase sobre el montón y pueda efectuar una serie de cortes.

Cuando no existe suficiente espacio para maniobrar como se describe en el párrafo anterior y si los montones no son muy altos, las ruedas delanteras podrán pasarse sobre

ellos, de modo que el eje delantero empuje el copete y la cuchilla corte de acuerdo a lo que permita la potencia de la máquina.

En la maniobra anterior es aconsejable bajar la hoja lo más que se pueda, de tal forma que si la máquina queda colgando sobre ella y pierde tracción, sea posible levantarla para restaurar el peso en las ruedas. Es aconsejable que los montones que vayan a extenderse por una motoconformadora, sean esparcidos tanto como sea posible cuando se descargan para facilitar la operación de la máquina. También si se va a ejecutar mucho trabajo de empuje, es conveniente colocar una cuchilla frontal de empuje.

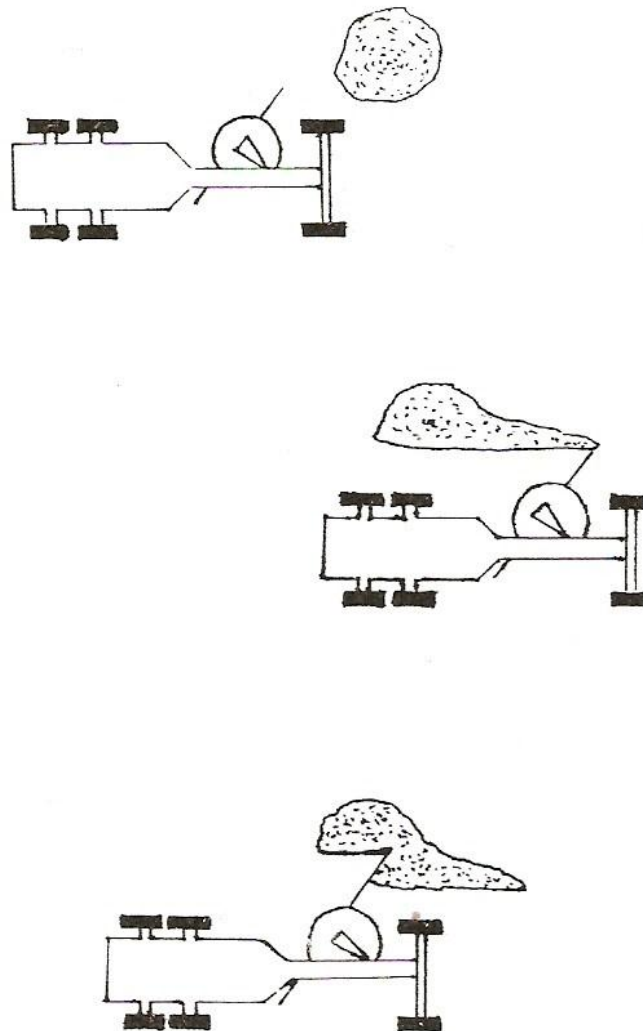


Figura II.1 Esparcimiento de un montón.

## **II.1 Acamellonamiento y mezcla de materiales**

Estas operaciones se llevan a cabo cuando los materiales depositados a lo largo de un camino, tengan que ser homogeneizados en lo que a humedad y granulometría se refiere.

Si el material se extiende tal como lo deposita el camión de volteo, existe el riesgo de que con el tiempo, aparezcan irregularidades por no haber homogeneizado en un principio la humedad natural, lo cual se logra acamellonándolo antes de mezclarlo. Una vez hecho lo anterior se procede a mezclar e incorporar la cantidad de agua necesaria para lograr la humedad óptima; el número de pasadas para alcanzar la homogeneización del material la puede determinar el laboratorio.

## **II.2 Afine de superficies o terraplenes**

Para todos los trabajos de nivelación, es recomendable que la hoja forme un ángulo de 50° con el eje longitudinal de la máquina, de esta forma, la hoja arrastra los montículos y rellena los surcos con la tierra extraída de aquellos, vertiendo el exceso lateralmente; para el refinado último; la hoja se coloca casi perpendicular al eje longitudinal.

Para trabajos de extendido es conveniente inclinar la hoja hacia delante en función de la velocidad del avance.

## **II.3 Escarificación**

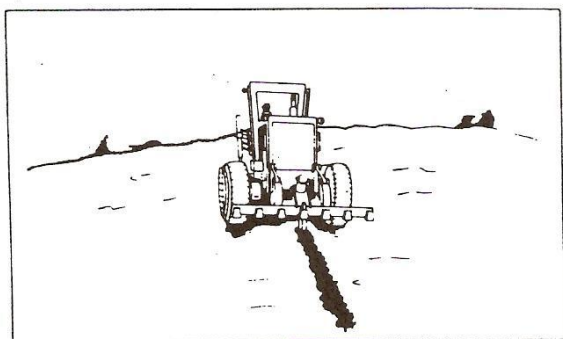
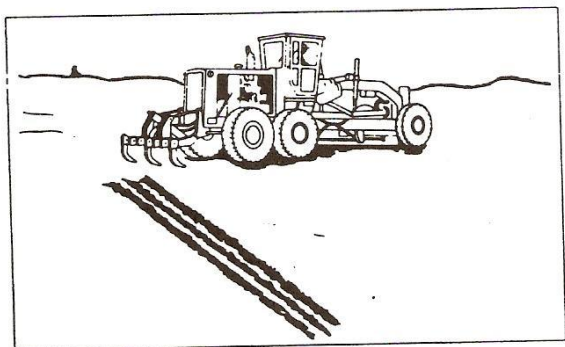
Cuando se tenga que levantar una superficie ya sea porque se encuentre erosionada, en mal estado de conservación, etc., se podrá hacer uso del escarificador; si la potencia disponible de la máquina es suficiente se bajan escarificador y hoja al mismo tiempo.

La hoja apartará hacia los lados los materiales removidos por el escarificador o bien los extiende uniformemente sobre la superficie en que se trabaje. Para trabajo ligero se puede utilizar el juego completo, pero para una perforación profunda o roturación de materiales que tiendan a montarse enfrente de los dientes, usualmente se retiran los dientes alternos. Para trabajo entre rocas alteradas, el número de los dientes es menor utilizando a veces uno o dos.

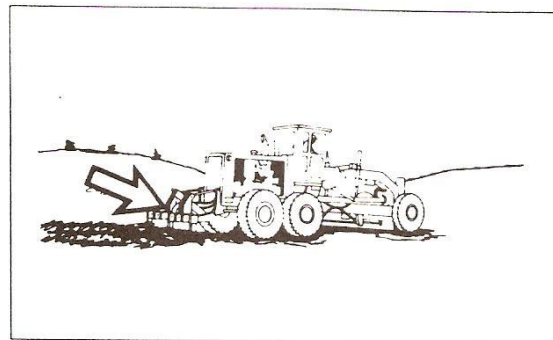
**Operación del desgarrador/escarificador — bastidor recto**

ATENCION

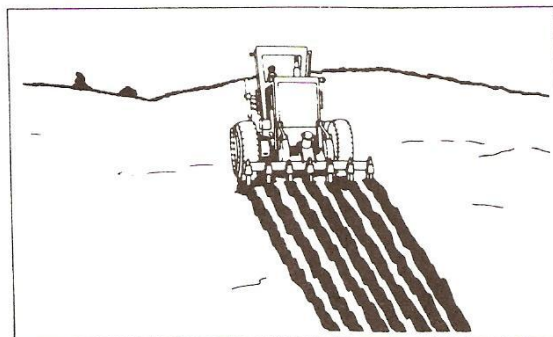
Al usar desgarrador o escarificador, el bastidor debe estar recto.



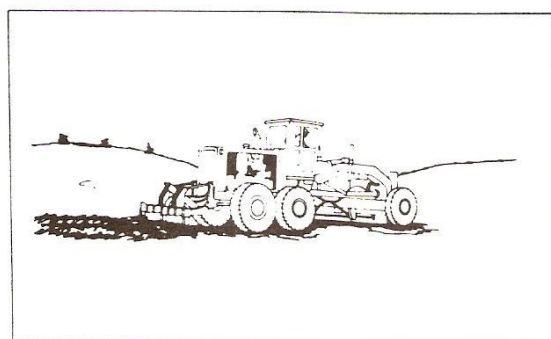
Utilice de uno a tres dientes en condiciones severas.



Utilice de tres a cinco dientes en la mayoría de los materiales

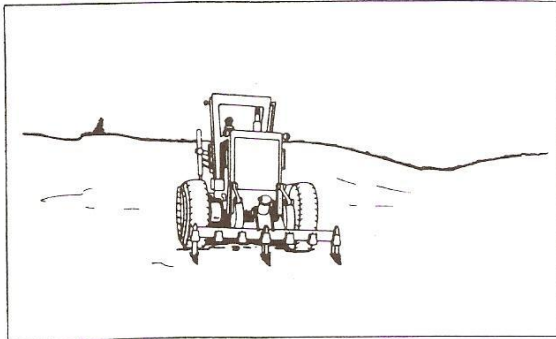


Para escarificar materiales livianos, utilice de cinco a siete dientes.

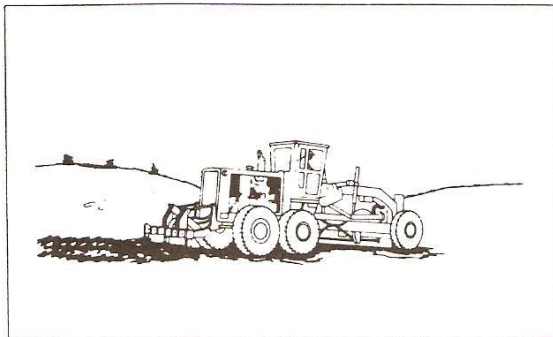


Mantenga el desgarrador lo suficientemente profundo para utilizar completamente la potencia del motor sin patinaje de los neumáticos.

Figura II.2 Uso del desgarrador (I).



Entre al material gradualmente mientras viaja hacia adelante en línea recta, de 2 a 4 km/h (1,5 a 2,5 mph).



En pendientes, desgarrar cuesta abajo para utilizar el peso de la máquina.

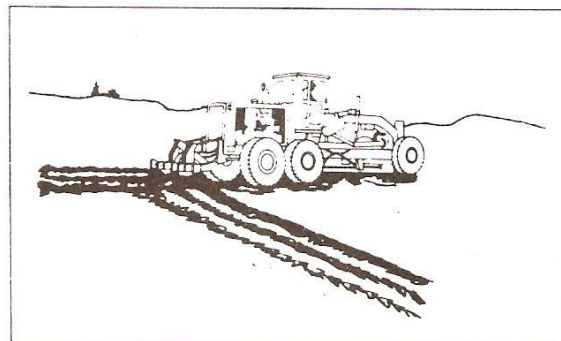
---

ATENCIÓN

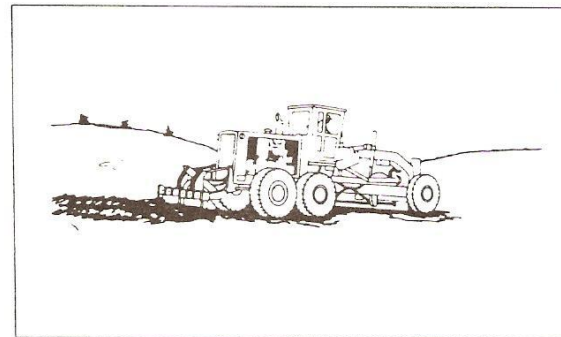
---

Levante el desgarrador/escarificador antes de hacer un giro, para evitar daño.

---



Desgarre a través solamente cuando se requiera para fines especiales.



Para romper superficies pavimentadas, excave bajo la superficie, luego levante el desgarrador

Figura II.3 Uso del desgarrador (II).



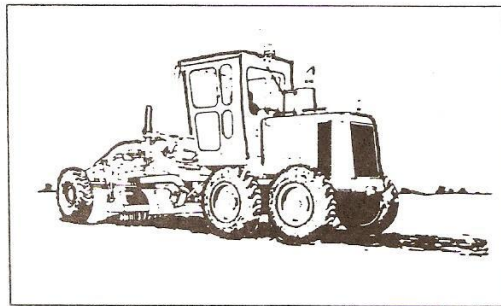
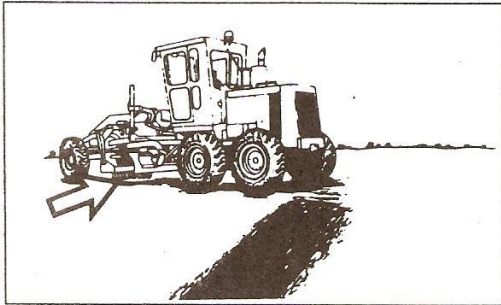
**Operación del escarificador montado adelante**

**ATENCIÓN**

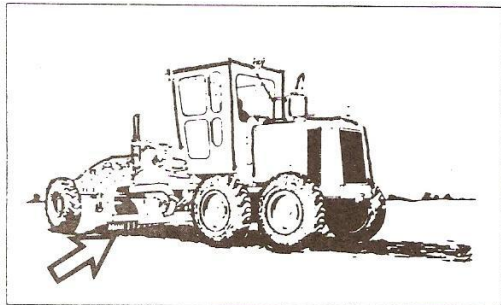
Cuando use escarificador, el bastidor debe estar recto.

Al cargar un escarificador completamente levantado, no deje que la viga del escarificador toque la barra de tiro.

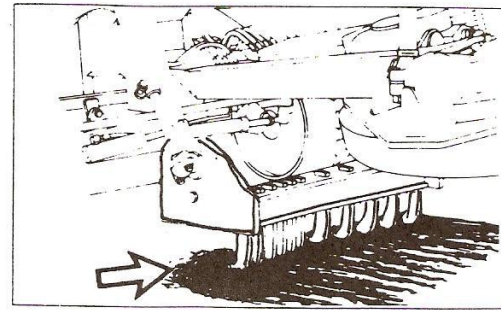
Levante el escarificador al hacer un giro para evitar daño a los dientes.



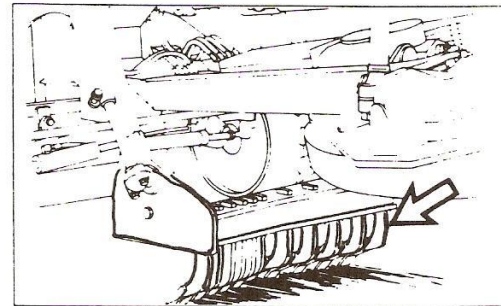
Entre al material gradualmente mientras viaja en línea recta.



Utilice todos los dientes en material liviano, menos dientes en material más pesado.



Rompa el pavimento excavando bajo la superficie y levantando el escarificador.

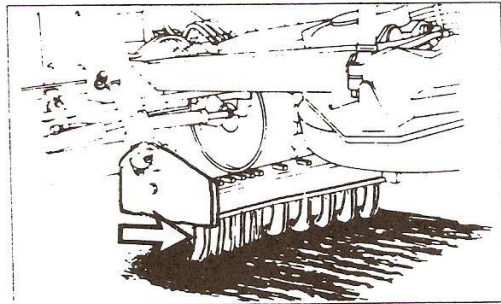


Ponga en ángulo el escarificador delantero cuando trabaje en material duro.

Todos los dientes pueden permanecer en el escarificador delantero cuando haga nivelado con la hoja.

Quite todos los dientes del escarificador delantero, y ajuste los tirantes de levantamiento al menor largo al hacer zanjas o trabajo con la hoja en marcha atrás.

Limpie el escarificador cuando la tierra comience a acumularse.



Mantenga el escarificador tan profundo como las condiciones lo permitan. Use la velocidad de viaje que corresponde a la carga.

Trabaje cuesta abajo en pendientes.

Figura II.4 Uso del desgarrador (III).

#### **II.4 La motoconformadora utilizada como empujadora**

Si bien casi todas las motoconformadoras ofrecen como equipo opcional una hoja frontal de empuje a manera de pequeño tractor, se va a considerar la máquina en trabajos de empujadora sin la utilización de este equipo opcional, cuyo uso es exactamente igual al de un tractor de neumáticos.

La tendencia general de fabricantes de equipos de movimiento de tierras es hacia el gigantismo. La motoconformadora, no podía escapar de esta tendencia, de ahí que cada vez sean más frecuentes los modelos superiores a 200 HP de potencia e incluso existen algunos con potencias comprendidas entre 500 y algo más de 600 HP. Lógicamente hay que pensar que cualquiera de estas motoconformadoras puede realizar trabajos de empuje con mayor producción incluso que auténticos tractores de potencia no superiores a 100 HP, por lo tanto es interesante considerar esta faceta de trabajo dentro de las motoconformadoras especialmente en las de gran tamaño. Con todo, se exponen a continuación trabajos ligeros de empuje dentro de los cuales tienen cabida todos los modelos de las actuales motoconformadoras existentes en el mercado.

La hoja de una motoconformadora puede utilizarse dentro de sus respectivos límites como cuchilla empujadora, por ejemplo, extendiendo un montón de material suelto, trabajo que estas máquinas realizan con frecuencia. Si hay espacio para trabajar a un lado del montón, la hoja deberá extenderse hacia un lado y el montón reducirse en una serie de cortes.

Si no existiera suficiente espacio para trabajar así y los montones no son demasiado altos, las ruedas delanteras pueden pasar sobre ellos, viéndose aquí la importancia del diseño en ángulo agudo del eje delantero de la unidad en vez de los diseños de ejes rectos, corrientes en cualquier máquina de doble tracción y dirección. Una vez superado el montón con las ruedas delanteras, la hoja lo cortará tanto más cuanto mayor sea su potencia.

La hoja deberá mantenerse muy abajo, de modo que si la máquina queda colgando sobre ella y pierde tracción, sea posible levantarla para restaurar el peso en las ruedas; esta anomalía es realmente menor en las motoconformadoras que poseen tracción total.

Para facilitar el trabajo de la motoconformadora en estas tareas de empuje, las unidades encargadas de verter los montones de material procurarán depositarlos intermitentemente a lo largo del eje de trabajo de la motoconformadora y en alturas que no sean demasiado elevadas para su mejor manipulación.

La motoconformadora puede utilizarse también para trabajos ligeros de corte y relleno en la construcción y nivelación de caminos, lo que son, en definitiva, ligeros trabajos de excavación y terraplenado, que tienen la particularidad de ir combinados con la nivelación del mismo. A mayor potencia en la máquina será de mayor cantidad el trabajo de excavación que realice.

La ventaja de este tipo de excavaciones de gran longitud y baja cota a profundizar es que la motoconformadora es mucho más rápida que un tractor sobre carriles. La hoja de la motoconformadora es sensiblemente más baja que la de un tractor, pero su perfil posee un superior grado de curvatura, estudiada de tal forma que la carga acumulada en su frente no mantiene una posición semiestática, sino que rueda, de modo que se puede empujar una cantidad grande de material sin que éste se derrame por la parte superior.

Si la hoja se baja sólo del lado derecho, el otro brazo de elevación permanecerá estacionario y el círculo y hoja pivotarán a su alrededor, haciendo que el extremo izquierdo de la cuchilla se levante aproximadamente un cuarto de la distancia que el derecho desciende. Si la esquina izquierda va a mantenerse en posición, se deberá bajar en forma intermitente mientras el lado derecho se le hace bajar continuamente.

Es necesario vigilar ambos extremos de la cuchilla, hecho este que para un operador principiante puede ser la técnica más difícil de aprender.

Si va a ejecutarse en forma continuada mucho trabajo de empuje, puede ser más conveniente instalar una hoja frontal de empuje para este fin, que complementa el trabajo de la hoja principal.

## II.5 Trabajos de empuje lateral

Cuando la hoja se coloca en ángulo con respecto a la dirección de avance, la carga empujada tenderá a moverse hacia el lado de la hoja más cercano a las ruedas traseras. La acción de rodamiento causada por la curvatura del perfil de la hoja ayuda a este movimiento lateral. A medida que se aumente el ángulo de la cuchilla aumentará la velocidad del desplazamiento lateral del material, además el no acarrear de esta forma tanto hacia delante, el corte que se realice puede ser más profundo.

El movimiento de la carga hacia un lado ejerce un empuje contra la cuchilla en dirección opuesta, que tiende a desviar el frente de la motoconformadora hacia la orilla de guía. Este empuje se controla mediante la inclinación de las ruedas delanteras para producir a su vez un contraempuje y girando la dirección lo suficiente como para compensar cualquier desviación lateral que ocurra a pesar de esta inclinación mencionada.

La manera más normal para señalar la posición de la hoja es diciendo que una cuchilla cuando es normal al eje longitudinal de la máquina está en 0 y todas las otras posiciones se describen por su distancia angular desde esta posición. La mayoría de la conformación y mantenimiento de caminos se hace a un ángulo de 25° a 30°, utilizándose ángulos menores para extender camellones y mayores para cortes difíciles de excavación de cunetas.

Actualmente, la casi totalidad de los modelos poseen control desde la cabina para el ajuste del ángulo de la hoja. La mayoría de los mismos se realiza con la intervención de un pequeño motor hidráulico, si bien algunos fabricantes prefieren la utilización de un cilindro hidráulico que en forma intermitente mueve la hoja de 60° en 60°. Este último sistema no tiene más razón de ser que su mayor simplicidad y menor costo de mantenimiento o reposición. Posiblemente existan todavía trabajando algunos modelos de los que en este ajuste de ángulo solamente puede hacerse cuando la hoja está en vacío o haciendo un trabajo ligero.

Si se desplaza lateralmente la corona desde el centro se levantará la cuchilla y cambiará su ángulo, de manera tal que pueden ser necesarios ajustes de compensación.

## II.6 Trabajos de rastreo

Si la hoja se coloca con un determinado ángulo, puede utilizarse para nivelar superficies irregulares, rebajándola al cortar el material suficiente de los puntos prominentes para rellena los agujeros que existen en el trazado. Deberá de cortarse el suficiente material extra para mantener siempre una carga sustancial delante de la hoja. La tierra una vez excavada sufre golpeteos en su movimiento hacia delante y lateral, los cuales contribuyen a aflojarla y por lo tanto su distribución en las oquedades es más eficiente. Si se deja un camellón en la orilla de salida de la cuchilla se recoge en el pase siguiente. En el pase final se hace un corte más ligero y la orilla de salida de la cuchilla se levanta lo suficiente como para permitir que el material sobrante pase por debajo y no alrededor de ella, evitando de esta manera dejar un cordón lateral.

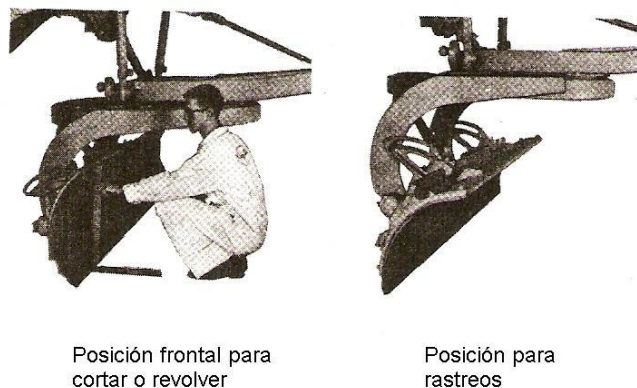


Figura II.5 Posición de la hoja para rastreos.

Este tipo de engrase ligero producirá una superficie uniforme bajo condiciones favorables, pero el relleno de los agujeros es probable que se asiente o se comprima quedando bajo las secciones de corte. La cuchilla también puede vibrar en un corte de poco espesor, particularmente si el mecanismo está suelto o gastado o posee fugas.

El mejor método de rastreo es el de hacer a través de la zona de trabajo una serie de cortes hasta una profundidad suficiente como para alcanzar los fondos de los agujeros o cuando menos hasta 5 centímetros. Entonces el camellón grande de tierra aflojada se extiende hacia atrás uniformemente sobre toda la zona.

Es más fácil lograr con este método una superficie uniforme, debido a la ventaja de trabajar un material suelto y a la distribución más uniforme con la hoja llena. La superficie tenderá a permanecer nivelada después del asentamiento o compactación. Durante este trabajo es conveniente variar el ángulo de la cuchilla, haciendo los primeros cortes con la hoja en una posición más recta que en los últimos, y con el primer pase para extender a un ángulo más agudo que deberá reducirse en cada pase siguiente, a medida que el tamaño del camellón disminuye. Los camellones no deben formarse frente a las ruedas posteriores, ya que interferirían considerablemente en la precisión de la conformación y la tracción.

### **II.7 Conservación y reparación de caminos**

Cuando el tramo que va a rastrearse es de un camino de tierra o grava, generalmente se da un bombeo, de manera que el agua escurra hacia los lados. La secuencia de los pases para este tipo de trabajo es la siguiente: El material del camino se empuja con la cuchilla hacia adentro desde las cunetas, colocándose en la parte superior de la corona con la cuchilla en ángulo cero, o con un ángulo pequeño que empujará lateralmente algo de material a cualquier lado que pueda requerirlo. Los camellones se extienden entonces hacia el centro, poniendo la cuchilla a un ángulo de  $10^{\circ}$  a  $25^{\circ}$  y utilizando una velocidad mayor de trabajo. La cuchilla se mantiene por encima del nivel de la superficie no alterada, para evitar choques con los objetos duros. La velocidad hace que el material suelto sea arrojado de la hoja de modo que salte y se mezcle en la parte superior. Cualquier protuberancia formada en el centro se extiende después a cierta velocidad con la cuchilla normal. Esto deberá terminar el trabajo, pero puede ser conveniente volver a pasar la cuchilla o volver a repasar algunas secciones donde no se obtuvo la conformación apropiada de la corona del camino.

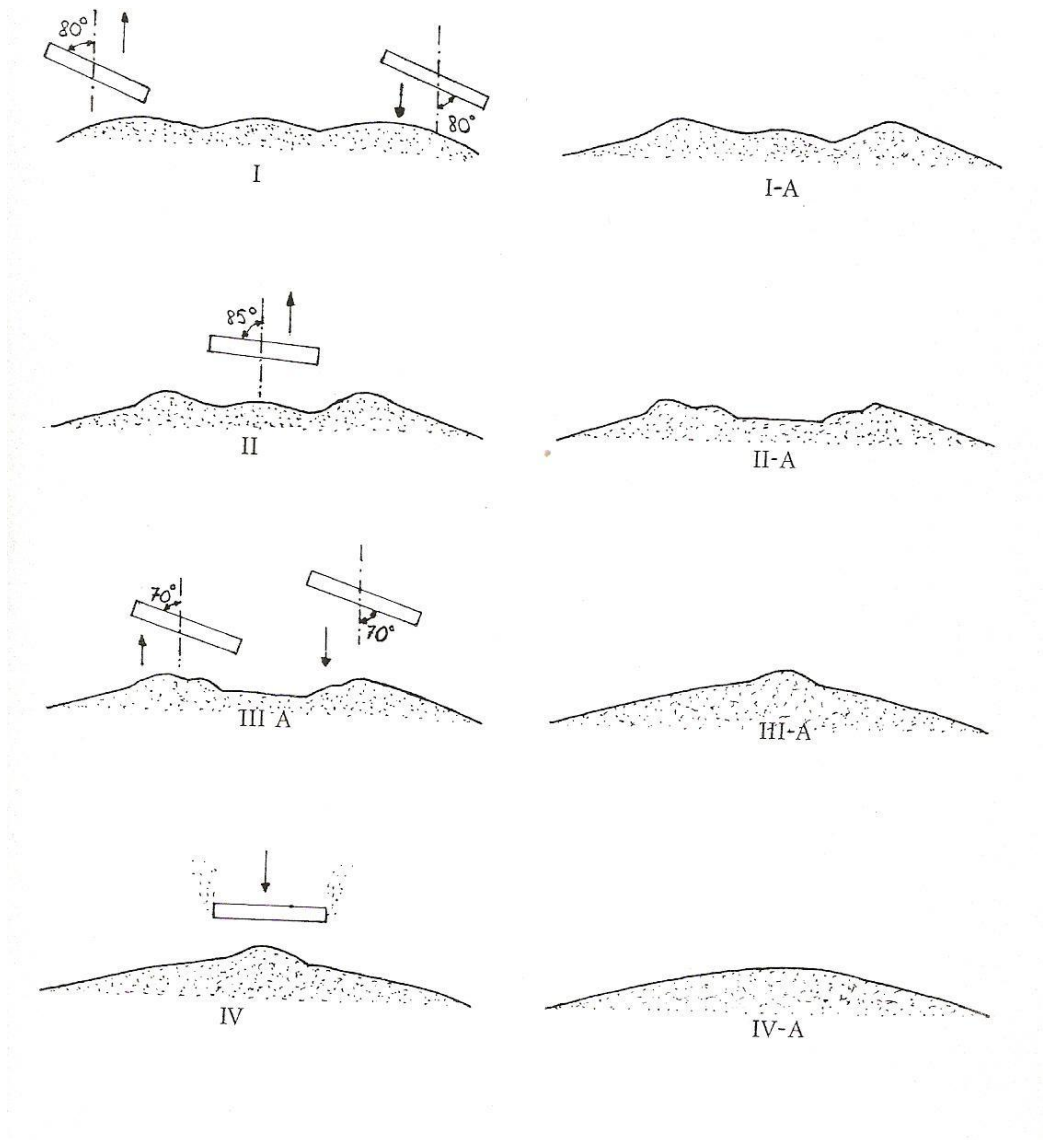


Figura II.6 Construcción del bombeo.

Si el camino es de grava o de otro material suelto, y la cuneta de material cohesivo, el camino puede embarrarse al utilizar demasiado la cuchilla desde las orillas. Puesto que el camino debe conformarse de modo que desagüe hacia los lados, puede hacerse necesario facilitar con la hoja fáciles salidas para el agua.

El césped y los escombros llevados al camino desde las cunetas interfieren la nivelación, ya que los terrones recogidos debajo de la cuchilla dejan surcos y obstruyen el desplazamiento lateral de la tierra. Por esto antes de hacer el corte central es mejor retirar

los escombros de los camellones laterales, y procurar contaminar lo menos posible la parte central del camino con los materiales de los bordes.

Las piedras son una molestia más seria, tanto porque dificultan o impiden nivelar las rasantes, como por el daño que causan a la máquina durante el corte. Si el corte es poco profundo y la tierra del camino se compacta fácilmente, es posible acarrear con la hoja las piedras sueltas fuera del camino mientras se conforma.

Las piedras grandes o aquellas firmemente enterradas en el suelo o en las cunetas son muy peligrosas. Si la hoja se engancha en una piedra demasiado resistente para removerse, la motoconformadora saltará lateralmente o se detendrá bruscamente. Este choque, si es muy severo, puede ocasionar desperfectos en la hoja, corona y tren de potencia de la unidad siendo incluso capaz de derribar al operador de la cabina. El peligro de consecuencias serias aumenta grandemente en las mayores velocidades, de manera que cualquier corte deberá realizarse en baja velocidad y, a menudo, con regulación parcial, en donde se esperan rocas o restos enterrados.

### **II.8 Construcción de caminos nuevos**

Una motoconformadora, sin ayuda de otras máquinas o trabajo manual, puede realizar un camino a través de un campo, mediante la excavación de un par de cunetas paralelas, y utilizando el material, procedente de esta excavación, para formar la corona de este camino. Sin embargo el césped o material vegetal de la montera del terreno puede hacer la operación de acabado tediosa e insatisfactoria, ya que tiende a apelotonarse debajo de la cuchilla y que ésta lo recoja y lo saque de las superficies sueltas. Por esta razón, la franja deberá prepararse con una grada de discos inclinables (otro posible equipo opcional de la motoconformadora) antes de que la conformación de inicie.

Antes de comenzar el trabajo, las líneas exteriores de las cunetas deberán señalarse mediante estacas o bien por una orilla que deja la franja arada con la grada de discos. El primer corte de cada lado se hace aproximadamente a 60 centímetros de la orilla hacia el interior. La cuchilla se conserva a un ángulo muy pronunciado, tal vez 50° ó 60°, con el borde delantero exactamente afuera de la huella de la rueda; el camellón que se va formando se hace rodar hacia a fuera por debajo de la motoconformadora. El corte es



ligero y se hace, primordialmente, para señalar la orilla de trabajo y para impedir que se corran las ruedas lateralmente.

El siguiente corte se hace a un ángulo de 25°, vertiendo el material cortado más allá de las ruedas interiores. Si el camellón es suficientemente grande, se le extiende hacia el centro. De otra manera, se hacen cortes de cunetas adicionales hasta que se amontone suficiente material para esparcir.

Los cortes de las cunetas, alternados con el empuje y el extendido, se continúa hasta que las mismas tengan la profundidad apropiada. Una vez hecho esto se corta el talud exterior, y el material excavado se mueve hacia fuera del talud interior para posteriormente extenderse sobre el camino.

El otro lado o cuneta se hace de la misma manera y los rellenos se mezclan en la parte superior. Los cortes de las cunetas, excepto el primero o el segundo, pueden hacerse tanto hacia delante como marcha atrás. El empuje y el extendido pueden hacerse en cualquier dirección, pero siempre en marcha hacia delante es más eficiente si el camellón a mover es grande.

Los fabricantes recomiendan hacer los cortes de cuneta hacia delante y el otro trabajo pesado de conformación en segunda marcha, a una velocidad de 5 a 7 km/h. La manipulación de los camellones con la hoja y el manejo de material suelto, puede hacerse a menudo en tercera velocidad y a velocidades de hasta 10 km/hr. Sin embargo, cuando existe roca suelta, las velocidades más lentas darán como consecuencia una mejora en la calidad del trabajo. Si se observan obstrucciones enterradas lo suficientemente resistentes para detener la motoconformadora, se procurará en primer lugar eliminarlas y de no ser posible se trabajará a velocidades muy lentas para proteger tanto al operador como a la máquina.

Si por cualquier motivo se necesitara crear una cuneta de fondo ancho, es decir, de sección trapezoidal, se deben realizar operaciones adicionales. Las rebanadas se cortan desde el talud interior de la cuneta rebajando hasta el nivel del fondo original y dejando una saliente; ésta se quita pasando la motoconformadora con sus ruedas exteriores dentro del fondo original, colocando la hoja con su orilla delantera al ras con las ruedas

exteriores y a un ángulo agudo, de forma que solamente corte el ancho deseado del fondo plano. El material se amontona en el fondo del talud inferior desde donde es vertido sobre el camino y extendido con los pases siguientes.

El número y secuencia de los pases vendrán lógicamente afectados por la profundidad de la cuneta, el ancho del camino y la resistencia del terreno.

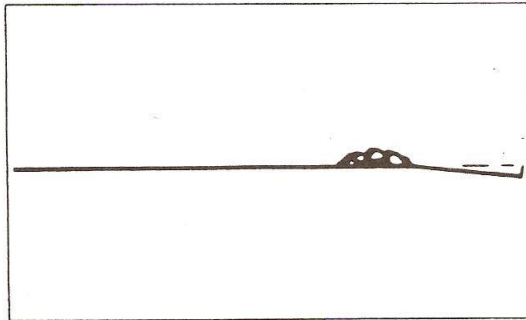
La construcción y conformación de un camino puede hacerse con tres sistemas generales. Uno es trabajar los dos lados alternativamente, dando vuelta en el extremo del camino. Otro es hacer un lado a un tiempo trabajando en ambas direcciones utilizando el posicionamiento reversible de la hoja, Un tercer es hacer un lado a un tiempo con los viajes de regreso sin trabajar o utilizados para liberación ligera con la parte posterior de la cuchilla, manteniendo la hoja en posición flotante.

El modelo de máquina a utilizar vendrá lógicamente determinado por la longitud del camino que se trabaja, el espacio de que se disponga para las vueltas, la base y el grado de reversibilidad de la cuchilla. La máquina ejecuta un mejor trabajo caminando hacia delante, y esta eficiencia incrementada deberá compararse con el tiempo, mano de obra y riesgos comprendidos en las vueltas. En un recorrido largo, aún existiendo condiciones difíciles para el giro de la máquina, las vueltas pueden tomar una parte insignificante del tiempo de trabajo; sin embargo, para recorridos cortos, ni aún el hecho de que sea muy difícil dar la vuelta puede justificarse el realizar esta maniobra, siendo más interesante trabajar a marcha atrás. Una regla adoptada como general para estas máquinas es que si la longitud del camino de trabajo es menor de 300 metros de largo, el operador no debe nunca hacer dar la vuelta a su máquina.

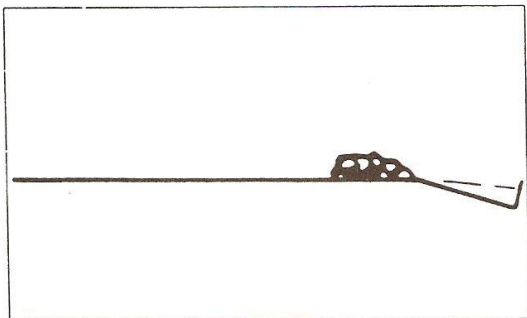
**Construcción de caminos — método de zanjas en “V”**

Los pasos que se muestran son para un lado. Repítalos para el lado opuesto del camino.

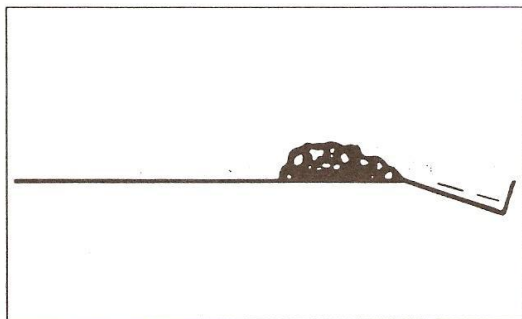
NOTA: El bastidor de la máquina debe estar articulado al hacer los pasos 4 y 7.



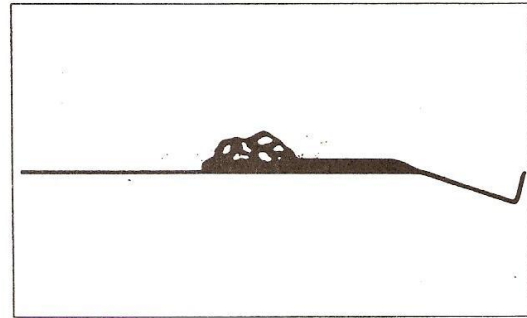
**1.** Trazando la zanja: corte ligero.



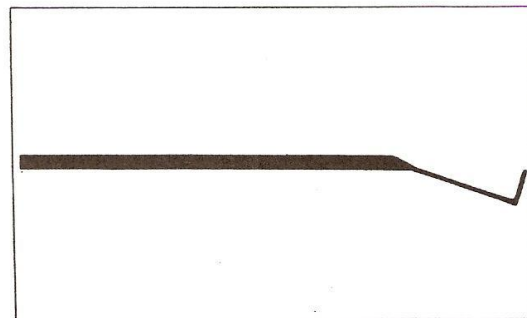
**2.** Segunda pasada: corte profundo.



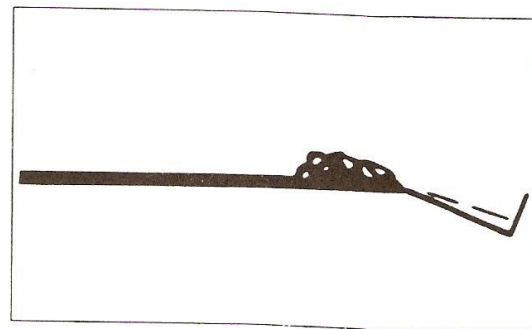
**3.** Tercera pasada: corte profundo.



**4.** Limpiar la berma.

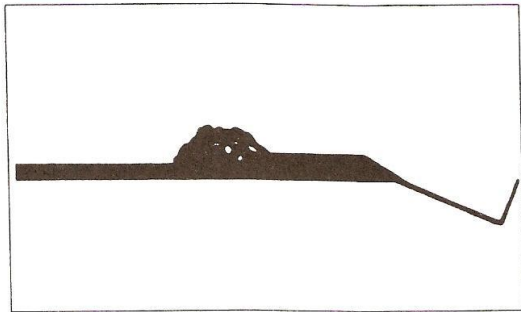


**5.** Nivelar hacia el centro.

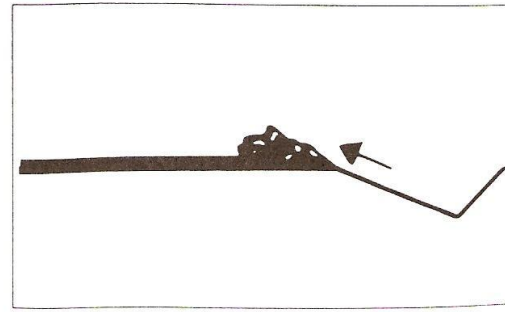


**6.** Cuarta pasada: corte profundo.

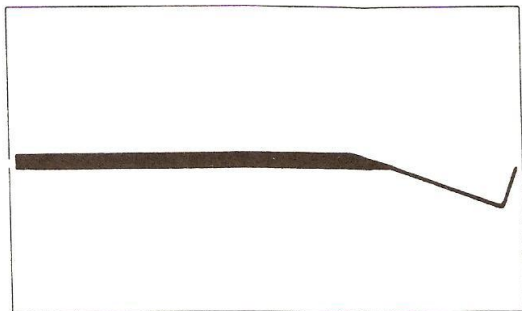
Figura II.7 Construcción de caminos. Método de zanjas en “V” (I).



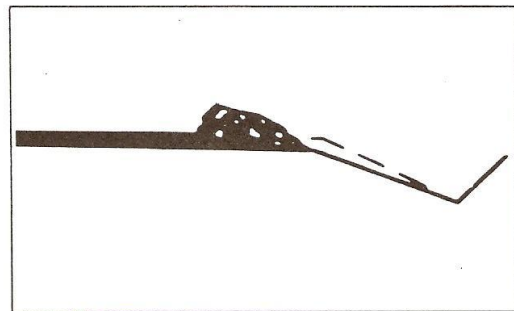
**7.** Limpiar la berma.



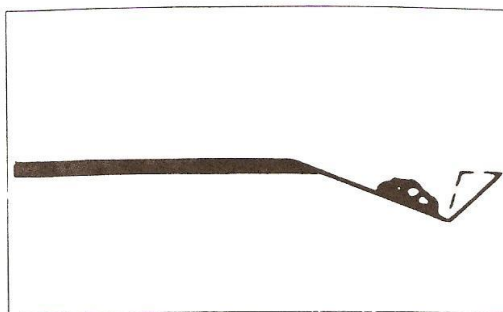
**11.** Pasada para limpiar el talud (y dar forma a la pendiente interior)



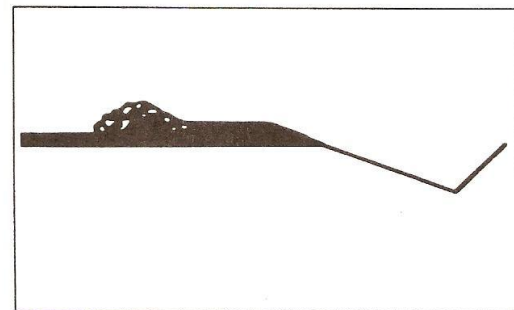
**8.** Esparcir el material hacia el centro



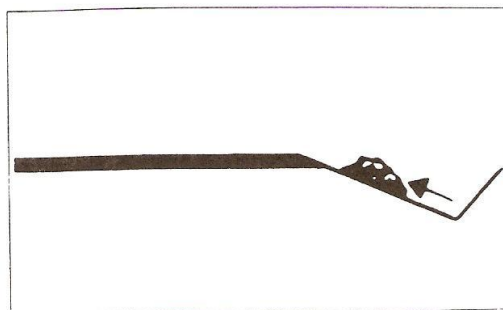
**12.** Pasada de acabado de la berma.



**9.** Nivelar el talud exterior



**13.** Nivelar y acabar.



**10.** Limpiar el fondo de la zanja

Figura II.8 Construcción de caminos. Método de zanjas en "V" (II).

## II.9 Trabajo con motoconformadoras de tracción y dirección en todas las ruedas

La peculiar característica de algunos modelos de motoconformadoras de tracción y dirección total (dando lugar a unidades del tipo 6 x 6 ó 4 x 4, según sean de 3 ó 2 ejes) determinan una serie de diferencias básicas en la realización de trabajos bastante importantes con respecto a los modelos convencionales tratados antes. Respecto a la tracción, es lógico que el esfuerzo de arrastre (el peso sobre las ruedas motrices en estas unidades es igual al peso total de la máquina, mientras que en el caso de una motoconformadora con tracción al tándem posterior solamente, este tándem motriz suele soportar aproximadamente un 70% del peso total) entre dos máquinas de igual peso trabajando en el mismo terreno, la de tracción total debe producir aproximadamente una tercera parte más de esfuerzo de arrastre o empuje. Entonces, puesto que la capacidad de una motoconformadora es la fuerza que ejerce la hoja sobre el terreno igual al esfuerzo de arrastre, la máquina con tracción total puede alcanzar, aproximadamente, un tercio más de rendimiento que la convencional, a menos que ésta sea aproximadamente un tercio más pesada, con lo cual ambos esfuerzos de arrastre sería prácticamente iguales.

Respecto a la dirección, el efecto más importante de estas máquinas con dirección delantera y trasera es que, dirigiendo el eje delantero y posterior (con las ruedas paralelas) la máquina se mueve con el bastidores ángulo al sentido de marcha, en vez de estar en línea con dicho sentido. Esto significa que: a) las ruedas posteriores no pisan las huellas de las frontales, aumentando la posibilidad de trabajar en terrenos enfangados sin hundirse; b) limpiando una zanja húmeda y resbaladiza, un par de ruedas pueden quedar por fuera de la zanja, haciendo tracción sobre un piso más sólido; c) cortando un talud, facilitando un mayor alcance a la hoja; d) los pases de acabado final pueden hacerse sin que las ruedas traseras dejen huellas.

Otro punto interesante de este tipo de máquinas es que con el bastidor desviado se puede nivelar lateralmente un camellón sin tener que pasar el eje frontal por encima. Por otra parte, dicho camellón puede desplazarse a mayor distancia siendo esto posible porque esta disposición de la máquina con el bastidor desviado, al igual que sucede en los modelos de bastidor articulado, permite al operario ajustar la hoja, más encuadrada con respecto a la línea de marcha.

Si los pesos delanteros estáticos y los bastidores de ambas máquinas son iguales, el operario de la máquina con dirección a los dos ejes y de bastidor articulado puede permitirse aumentar el rendimiento, ajustando su hoja más en escuadra a la línea de marcha.

De hecho, para motoconformadoras de equivalente peso total, las de dirección a los dos ejes tienen un peso delantero estático superior a las de dirección convencional. Por otra parte, en las máquinas de tracción total la máquina puede estar colocada más cerca del centro de los dos ejes (frontal y el de posterior sencillo o en tándem). Así, mientras que la práctica en la motoconformadora convencional el eje soporta un 30% de su peso, en la de tracción total suele soportar un 40%. Las diferencias de longitud de bastidor en estos tipos de máquinas casi no influyen, puesto que en los modelos de peso comparable representan solamente unos centímetros.

Por último, la máquina con dirección a los dos ejes o bastidor articulado puede manipular camellones mayores y trabajar en condiciones donde los esfuerzos son mayores al máximo permitido para una máquina con dirección frontal solamente.

Con ambos tipos de motoconformadoras los productos de peso frontal por coeficiente de tracción por distancia entre ejes permanecen constantes en cualquier tipo de terreno. En tanto que estos productos sean superiores a la resistencia del terreno, las máquinas no se desviarán de la línea de marcha. Cuando la resistencia aumenta demasiado, la parte frontal de la máquina se saldrá de dicha línea. El operador de la máquina con tracción total opone a esta fuerza las ruedas delanteras guiándolas en dirección opuesta al deslizamiento. El operario con máquina sin tracción delantera solamente puede oponer el peso estático del eje frontal e inclinar lateralmente las ruedas, en sentido contrario al deslizamiento. Esta inclinación de las ruedas frontales produce, en efecto, una ligera inclinación del bastidor (ángulo entre la línea del bastidor y la dirección de marcha), pero, evidentemente, no llega a la que proporciona la dirección posterior o en otros casos el bastidor articulado.

---

### **III. EJEMPLOS**

### III. EJEMPLOS

#### III.1 Rendimiento

Para una motoconformadora, así como para cualquier otra máquina el rendimiento en cuanto a su capacidad teórica se ve afectado por los siguientes factores:

1. Coeficiente de eficiencia de la máquina.
2. Coeficiente de utilización de las máquinas.

**Coeficiente de eficiencia de la máquina.** Ningún equipo mecánico debe trabajar a su capacidad máxima de una manera continua, debiendo tomarse en cuenta además, los tiempos de engrase, abastecimiento de combustible y lubricantes y la necesidad que hay en trabajo mismo de revisar las piezas de desgaste normal que requieren tiempos variables de acuerdo con la naturaleza del ajuste o cambio.

Es lógico hacer intervenir en este coeficiente el factor humano, en relación a la fatiga del operador después de varias horas de trabajo, lo que hace que el rendimiento disminuya.

Por lo descrito anteriormente, se comprende que este coeficiente de eficiencia no depende de las máquinas en sí mismas.

Un coeficiente de eficiencia óptima considera 50 minutos aprovechables por hora, o sea:

$$\frac{50}{60} = 0.83$$

Un coeficiente de eficiencia normal considera 45 minutos aprovechables por hora, o sea:

$$\frac{45}{60} = 0.75$$

**Coeficiente de utilización de las máquinas.** Este coeficiente está basado en las condiciones del trabajo y en la organización de la obra. La siguiente tabla relaciona lo anterior:



Condiciones del trabajo	Coeficiente de administración				
	Excelente	Buena	Regular	Mala	
Excelentes	1.00	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas	0.95	0.78	0.75	0.71	0.65
Regulares	0.85	0.72	0.69	0.65	0.60
Malas	0.75	0.63	0.61	0.57	0.52

Tabla III.1

Dentro de la determinación del valor de este coeficiente pueden considerarse como más importantes los puntos siguientes:

Por las condiciones de trabajo.

a) La altura sobre el nivel del mar.

La altitud es una limitación a la potencia disponible de la máquina, a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar, la eficiencia de los motores disminuye; la mayoría de las máquinas se diseñan para funcionar hasta 1500 metros sin pérdida de potencia y se considera un porcentaje del 1% de pérdida de potencia por cada 100 metros de altitud después de los 1500 metros. Cada fabricante proporciona tablas para corregir la potencia disponible por altitud.

b) Pendiente de trabajo.

La resistencia por pendiente es causada por la fuerza de gravedad, puede ser a favor o en contra, dependiendo del sentido de movimiento de la máquina; se calcula aproximadamente tomando un valor de 10 kg por tonelada para cada 1% de inclinación.

c) Condiciones climatológicas.

Un clima lluvioso de una región puede provocar la saturación del material en proceso de compactación, para lo cual será necesario utilizar más horas máquina, esto con el fin de quitar la humedad excedente de la óptima para compactación

d) Naturaleza del terreno.

Tomando en cuenta la naturaleza del suelo y el peso de la máquina, se podrá determinar la resistencia al rodamiento que es una medida de la fuerza requerida para empujar o

halar y hacer rodar los neumáticos en el suelo; mientras mayor sea el hundimiento de las ruedas en el terreno, mayor será la resistencia.

e) Velocidades de operación.

Una acertada selección de velocidades de operación permitirá tener una idea del tiempo total de operación de la máquina; cabe aclarar que para determinar aproximadamente el tiempo total de operación, además de la velocidad, hay que involucrar otros factores como son: la distancia, número de pasadas y un factor de rendimiento de la máquina en el que se incluyen tiempos perdidos y ociosos. Una mala operación disminuye el rendimiento y aumenta los costos.

f) Número de pasadas.

El número de pasadas como se mencionó anteriormente influye en la determinación del tiempo total de operación. Este factor depende algunas veces de la experiencia del operador.

g) Programa de obra por ejecutar.

El conocer el programa de obra ayuda a la selección del número de máquinas necesarias para efectuar el trabajo encomendado en el tiempo determinado.

h) Dependencia con otras máquinas.

La motoconformadora es una de las máquinas que tiene más dependencia con otras, por lo que es recomendable tener bien balanceado el equipo para obtener un rendimiento mayor.

Dentro del rendimiento también se considera la experiencia del personal y del manejo en el trabajo, así como la selección, cuidado y mantenimiento de las máquinas, sin olvidar la concepción, la ejecución, la dirección y la coordinación de todas las operaciones en una obra.

El coeficiente de eficiencia de la máquina y el de utilización de la misma, se relacionan como lo indica la tabla siguiente:

Organización de la obra								
Coeficiente de utilización de la máquina	Excelente		Buena		regular		Mala	
	0.83	0.75	0.83	0.75	0.83	0.75	0.83	0.75
Condiciones de trabajo:								
Excelentes	0.70	0.63	0.67	0.61	0.63	0.57	0.58	0.52
Buenas	0.65	0.58	0.62	0.56	0.59	0.53	0.54	0.49
Regulares	0.60	0.54	0.57	0.52	0.54	0.49	0.50	0.45
Malas	0.52	0.47	0.51	0.46	0.47	0.43	0.43	0.39

Tabla III.2

Si se toma en cuenta todo lo descrito anteriormente se puede comprender que no es factible tomar en cuenta un rendimiento general, tomado de una experiencia dada o de manuales especializados, sin aplicar un coeficiente adecuado que se aproxime a las condiciones prevalecientes. Es indudable que el rendimiento más exacto es aquel que se determina por medio de observación directa.

Teóricamente el rendimiento de una motoconformadora se calcula indirectamente, determinando el tiempo que emplea en ejecutar un trabajo, aplicando la fórmula siguiente:

$$T = \frac{NxL}{ExV_1} + \frac{NxL}{ExV_2} + \frac{NxL}{ExV_3} + \dots etc$$

donde:

T = Tiempo total de operación en horas.

N = Número de pasadas, la cual debe estimarse de acuerdo con la clase de trabajo.

L = Longitud recorrida en kms en cada pasada y que debe determinarse al conocerse la naturaleza del trabajo.

E = factor de rendimiento de la máquina en el que se involucran tiempos perdidos y ociosos, varía de acuerdo con las diferentes condiciones de trabajo.

V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> = Velocidades para cada trabajo, en km/hora.

Ejemplo 1:

Un proyecto de movimiento de tierras requiere la colocación de aproximadamente 800,000 m<sup>3</sup> de tierra para la formación de un muro en una presa, siendo las condiciones de la obra las siguientes.

- a) Clase de material: tierra arcilla – arenosa con un peso aproximado de 1,400 kg/m<sup>3</sup> medido en banco y cuyo abundamiento es del orden del 25%.
- b) El espesor máximo de las capas depositadas será de 20 cm compactos.
- c) El material se excavará con una máquina cuyo rendimiento es de 400 m<sup>3</sup>/hr medido en banco.
- d) Todos los rangos de producción estarán basados en un factor de operación de 50 min/hora.
- e) Las condiciones de trabajo son regulares y la organización de la obra excelente.

Determinar el número de motoconformadoras necesarias para extender el material.

Solución:

$$\text{Área cubierta por hora} = \frac{400m^3}{0.20m} = 2,000 m^2.$$

Se utilizarán motoconformadoras de 140 H.P. con una cuchilla de 3.65 mts y una velocidad promedio de operación de 3.5 km/hr.

Suponiendo que el ángulo para extender el material es de 60° con respecto al eje longitudinal de la máquina, se tendrá un ancho efectivo por pasada de:

$$3.65 (\text{sen}60^\circ) = 3.65 (0.86) = 3.14 \text{ m}$$

El área cubierta por hora y por pasada tomando el coeficiente de la tabla III.2 para las condiciones antes descritas será:

$$3,500 \times 3.14 \times 0.60 = 6,594 m^2$$

Como se requiere un total de 6 pasadas por capa, el área cubierta por hora y por 6 pasadas será:

$$\frac{6,594}{6} = 1,099m^2$$

Número de unidades necesarias:

$$N = \frac{2,000m^2}{1,099m^2} = 1.81 \text{ unidades} \cong 2 \text{ unidades}$$

Ejemplo 2:

Se tiene que realizar la colocación de material de sello para renivelar el pavimento en un tramo de la carretera que va de Valle de Bravo a la ciudad de Toluca. Se necesita saber el rendimiento teórico, real, el tiempo y el costo por metro cúbico que tendría una motoconformadora de \$1683.17 de costo horario y de 3.0 m de ancho con velocidades promedio que a continuación se darán, tomando en cuenta que el tramo tiene una longitud de 11 km y 12 m de ancho y que se necesitarán de 4 pasadas para su aplicación.

El factor de eficiencia es tomado de 0.60

Velocidades promedio:

2.1 km/hr --- 2 pasadas

3.0 km/hr --- 2 pasadas

Solución:

Para el tiempo:

$$T = \frac{NxL}{ExV_1} + \frac{NxL}{ExV_2} + \frac{NxL}{ExV_3} + \dots \text{ etc}$$

$$T = \frac{2x11}{2.1x0.60} + \frac{2x11}{3.0x0.60}$$

$$T = 17.46 + 12.22$$

$$T = 29.68 = 30 \text{ hrs.}$$

Ancho de camino / ancho maquina =  $12 / 3.0 = 4$

$$t = 4 \times 30 \text{ hrs} = 120 \text{ hrs}$$

para capas de 0.30 m:

Rendimiento teórico:

$$r.t. = \frac{vol}{t}$$
$$r.t = \frac{12m \times 1000m \times 0.30m}{120hr}$$
$$r.t. = 330 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

Rendimiento real:

$$R.R. = r.t. \times \text{factor de operación}$$

Considerando que el tiempo de trabajo es de 50 minutos:

$$R.R. = 330 \times .83$$

$$R.R. = 273.9 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

COSTO POR METRO CÚBICO:

$$\$ / \text{m}^3 = \text{costo horario} / \text{rendimiento real}$$

$$\$ / \text{m}^3 = 1683.17 / 273.9$$

$$\$ / \text{m}^3 = 6.14$$

Ejemplo 3.

Se desea rastrear un camino que tiene 5 km de largo y un ancho de corona de 7.20 m por medio de 6 pasadas, cuatro de estas pasadas con una velocidad de 2 km/hr, una pasada con una velocidad de 3.5 km/hr y otra con una velocidad de 4.5 km/hr, considerando un factor de eficiencia de 0.50.

Determinar el tiempo total de operación.

Solución:

$$T = \frac{NxL}{ExV_1} + \frac{NxL}{ExV_2} + \frac{NxL}{ExV_3} + \dots \text{ etc}$$

$$T = \frac{4x5}{0.5x2} + \frac{1x5}{0.5x3.5} + \frac{1x5}{0.5x4.5} = 20 + 2.85 + 2.22$$

$$T = 25.07 \text{ hrs.}$$

Ejemplo 4.

Se requiere construir una carretera para lo cual se deberá extraer una capa vegetal de 15 cm en una franja de 5m de ancho, y acarrearla a una distancia de 2.50 m desde el borde de la cuneta.

Se utilizará una motoconformadora con una hoja de 3.65m.

Se pide:

- La velocidad media en los viajes de ida y vuelta.
- La longitud del trabajo en una hora.

Solución:

a) Se considera que la excavación se realiza a una velocidad de 3 km/hr. La profundidad de excavación será de 15 cm excavados en una sola pasada de la máquina.

Si se excava una zanja de la mitad del ancho, es decir, 2.50 m en cada pasada, el ángulo que ha de formar la hoja con el eje de la máquina será:

$$\text{sen } \alpha = \frac{2.50}{3.65} = 0.684$$

De donde  $\alpha = 45^\circ$  aproximadamente.

Este ángulo es además adecuado para realizar la excavación en buenas condiciones y para que la tierra pueda deslizarse a lo largo de la hoja.

Manteniendo la hoja fija con este ángulo, en el viaje de vuelta se puede empujar la tierra que se excavó y dejó a un lado en el viaje de ida, quedando definitivamente a 2.50 m de la zanja como se pide. Esta operación puede efectuarse en 2ª velocidad lo que representa un avance de 5 km/hr.

Por tanto la velocidad media resulta:

$$Vm = \frac{2}{\frac{1}{3.0} + \frac{1}{5.0}} = 3.75 \text{ km/hr}$$

b) Para completar la operación son necesarias cuatro pasadas de la máquina tomando en cuenta la velocidad media. Para obtener el rendimiento de los trabajos es necesario aplicar los coeficientes de eficiencia de la máquina (45 minutos por hora efectiva) y el de utilización de la máquina (Tabla III.2, para condiciones de trabajo excelentes y organización de obra buena). Por tanto, en una hora de longitud de plataforma limpia de tierra vegetal será:

$$R = \frac{3.75}{4} \times 0.64 = 0.600 \text{ km}$$

Ejemplo 5:

Se desea construir un camino de terracerías de 8.00 m de ancho tomando el material de cunetas laterales separadas entre sí 12.80 m aproximadamente; la altura del terraplén en el eje del camino es de 0.30 m y la profundidad de las cunetas de 0.60 m.

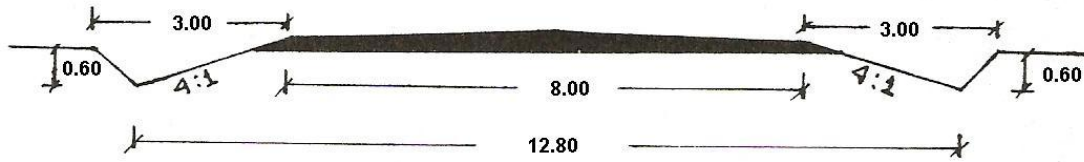
Se utilizará una motoconformadora que tiene una hoja de 3.66 m.

Se desea conocer:

- a) El plan de obra a seguir.



- b) Velocidad media.
- c) Duración de los trabajos para acabar totalmente el camino referido a un kilómetro.



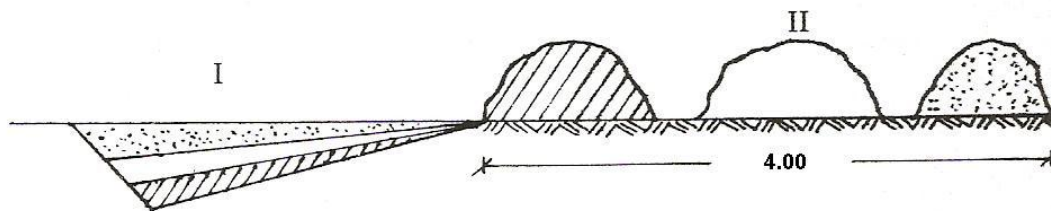
Solución:

Analizando la mitad del camino.

$$\text{Área cuneta} = \frac{0.6 \times 0.6}{2} + \frac{2.40 \times 0.6}{2} = 0.90 \text{ m}^2$$

$$\text{Área del terraplén} = \frac{0.30 + 0.15}{2} \times 4.00 = 0.90 \text{ m}^2$$

a)



- I. Con seis cortes de la motoconformadora a una velocidad de 2.5 km/hr se tendrá la excavación de la cuneta.
- II. Con cuatro pasadas a una velocidad de 4.00 km/hr se tendrá el perfil sobre la corona.
- III. Con seis pasadas a una velocidad de 4.5 km/hr se tendrá el semiperfil definitivo como lo marca la siguiente figura:



b) El total de pasadas para la construcción del perfil es de 32, luego:

$$V_m = \frac{32}{\frac{12}{2.5} + \frac{8}{4.0} + \frac{12}{4.5}} = 2.8 \text{ km/hr}$$

c) Tomando un coeficiente de eficiencia de la máquina de 45 minutos por hora efectiva y un coeficiente de utilización de la máquina para condiciones buenas y organización de obra buena, se tendrá un coeficiente de 0.56 (Tabla III.2).

$$\text{Rendimiento} = \frac{2.8}{32} \times 0.56 = 0.0490 \text{ km/hr}$$

El tiempo empleado en construir 1 km de camino será:

$$\frac{1}{0.0490} = 20.40 \text{ hr o sea 20 horas y 24 minutos.}$$

### III.2 Costo horario

Para obtener un mejor resultado en el uso de equipo de construcción, se deberán tomar en cuenta una serie de factores de cuya interpretación correcta se obtendrá un mejor aprovechamiento del equipo en su tiempo óptimo de vida.

Una forma de pago en el empleo del equipo de construcción es a base del costo horario y las unidades de trabajo que se puedan desarrollar en la unidad de tiempo. En ocasiones por dificultad de medición se procede a liquidar por horas efectivas trabajadas. En

cualquiera de los dos casos, resulta evidente la importancia de analizar todos los factores que influyen en el cálculo del costo horario.

**Vida económica o periodo apropiado de depreciación.** La adquisición de maquinaria infiere la reducción de capital invertido conforme se incrementan las horas de trabajo, el límite máximo razonable de estas horas lo determinan los siguientes factores:

En forma directa:

- a) El diseño del fabricante.
- b) Las condiciones de uso.
- c) La operación y el mantenimiento.
- d) El servicio de los proveedores.

En forma indirecta:

- a) Los nuevos modelos.
- b) Competencia activa.
- c) El poder adquisitivo de la moneda.
- d) Los programas de construcción del sector público y privado.

La evaluación de la vida económica, de acuerdo con los factores enunciados, determinan un rango de horas efectivas que oscila entre las 6,000 y 12,000 horas para el equipo más común y para una motoconformadora es de 10,000 horas o 5 años.

Se deberá tomar en cuenta que al finalizar este tiempo se habrá recuperado el capital invertido y el equipo tendrá un valor comercial que dependerá del estado en que se encuentra por el uso dado, por lo cual tendrá una recuperación proporcional que debe considerarse como valor no depreciable.

**Vida útil de la máquina.** Toda máquina durante los tiempos de utilización así como los períodos en que no se utiliza, sufre desgastes y deméritos en algunas de sus partes, por lo que con cierta frecuencia más o menos predecible, las diversas partes de la máquina deberán ser sustituidas o reparadas para que esté en condiciones de trabajar y producir con eficiencia y economía. Toda máquina llega a un estado de desgaste y deterioro, en el cual su posesión y trabajo en vez de constituir un bien de producción, significa un

gravamen para su propietario, lo cual ocurre cuando los gastos que se necesitan para que la máquina produzca, excedan los rendimientos económicos obtenidos con la misma.

Vida útil de la máquina es el periodo de tiempo para el cual ésta puede mantenerse en condiciones de operar y producir trabajo en forma económicamente ventajosa para su propietario.

La vida útil de una máquina depende de un cierto número de factores, como pueden ser: fallas de fabricación, desgastes debidos a su uso normal, falta de protección contra agentes atmosféricos, vibraciones y fricción de sus partes móviles, etc.

Período anual de utilización del equipo. La importancia de establecer el período anual de utilización del equipo, es debido a que tanto el interés del capital invertido en la compra de una máquina como los seguros por riesgo de tenencia, son calculados con base en una inversión promedio, recuperable en las horas trabajadas por año.

Si se toma en cuenta que por ley 65.167 días del año no son laborables, se tendrá:

$$365 \text{ días por año} - 65.167 = 299.833 \sim 300 \text{ días}$$

Considerando que la jornada de trabajo establecida es de 8 horas, se tendrá un total de tiempo laborable de:

$$300 \text{ días} \times 8 \text{ horas} = 2,400 \text{ horas por año}$$

o bien:

$$\frac{2400 \text{ horas por año}}{12 \text{ meses por año}} = 200 \text{ horas laborables por mes}$$

y de acuerdo con la jornada de 8 horas, equivale a 25 días laborables al mes.

Existen algunos elementos que afectan ó reducen el aprovechamiento de una máquina en el período anual teóricamente laborable; en la cuantificación que a continuación se describe, se deberán hacer los ajustes convenientes de acuerdo a cada criterio y cada caso particular.

Horas inactivas dentro del periodo laborable.

- a) De acuerdo al ciclo de actividad económica en nuestro país es de seis años, la industria de la construcción se ve afectada en lo que a productividad se refiere en mayor o menor grado en este ciclo.

Considerando un periodo de inactividad de seis meses cada seis años, se tendrá:

$$\text{Tiempo inactivo por año} = \frac{6 \text{ meses}}{6 \text{ años}} = 1 \text{ mes por año}$$

o sea 200 horas inactivas anuales por ciclo económico.

- b) Cada dos años las reparaciones o mantenimiento mayor, absorben un tiempo aproximado de un mes, incluyendo tiempos perdidos por refacciones de importación, luego:

$$\text{Tiempo inactivo por año} = \frac{1 \text{ mes}}{2 \text{ años}} = 0.5 \text{ mes por año.}$$

o sea 100 horas inactivas anuales por mantenimiento mayor.

- c) Si se considera un traslado de máquina, maniobras de embarque y descarga cada 2 años, se tendrá:

$$\text{Tiempo inactivo por año} = \frac{1/2 \text{ mes}}{2 \text{ años}} = 0.25 \text{ mes por año.}$$

o sea 50 horas inactivas anuales por traslados.

- d) Por régimen de lluvias y los efectos derivados de ella, en condiciones moderadas, se tendrá:

$$\text{Tiempo inactivo por año} = 0.25 \text{ mes}$$

o sea 50 horas inactivas anuales por lluvia.

- e) Por operación del quipo.

Se deberá tomar en cuenta que en cualquier tipo de máquina, existirán interrupciones por diversas causas como pueden ser: pequeñas reparaciones, cambios de proyecto, comprobación de la calidad del trabajo, etc. Tomando en cuenta los factores

anteriores, se deduce que por cada hora cronológica, solamente se trabaja un porcentaje de la misma que puede considerarse en un 75 por ciento, de donde:

$$\text{Tiempo inactivo por año} = 2400 \text{ horas} \times 0.25 = 600 \text{ horas anuales}$$

Resumiendo

	Horas
a) Por ciclo económico	200
b) Por mantenimiento mayor	100
c) Por traslados	50
d) Por régimen de lluvias moderado	50
e) Por operación	600
<b>Total</b>	<b>1,000</b>

de donde:

$$2,400 \text{ horas laborables} - 1,000 \text{ horas inactivas} = 1,400 \text{ horas efectivas anuales.}$$

que corresponden:

$$\frac{1400 \text{ horas efectivas}}{200 \text{ horas por mes}} = 7 \text{ meses de trabajo}$$

Lo anterior deberá ajustarse para cada máquina en particular y para las condiciones predominantes.

Es una costumbre fijar un promedio de 2,000 horas para el cálculo del costo horario en los cargos de inversión y seguros. Las 2,000 horas representan 10 meses de utilización al año; por lo anterior, el tiempo inactivo por concepto de operación dentro de la jornada de trabajo y que corresponde a 600 horas anuales o lo que equivale a trabajar 45 minutos efectivos por hora, será considerado como elemento que afecta la productividad en el cálculo de costos horarios.

**Valor de rescate de una máquina.** Se entiende como el valor comercial que tiene al final de su vida económica.

Se acostumbra considerar el valor de rescate, como un porcentaje del precio de adquisición de la máquina que puede variar entre el 5% y 20%.

Para efectos de obtención del costo horario de operación de una máquina, existe también el criterio de considerar que al final del período de su vida económica, la máquina está totalmente depreciada por lo que se considera nulo su valor de rescate.

### **Integración del costo unitario.**

El costo horario se integra mediante los siguientes cargos:

A) Cargos fijos. Son los gastos que origina la máquina por el simple hecho de poseerla y son los que se derivan de los correspondientes a:

- a) Cargo por depreciación.
- b) Cargo por inversión.
- c) Cargo por seguros.
- d) Cargo por mantenimiento mayor y menor.

a) Cargo por depreciación.

Es debido a la disminución en el valor original de la máquina, como consecuencia de su uso durante el tiempo de su vida económica. El método más empleado para la determinación de la depreciación es el sistema lineal, es decir, que la máquina se deprecia la misma cantidad por unidad de tiempo.

Se representa por la ecuación:

$$D = \frac{V_a - V_r}{V_e}$$

En donde:

D = Depreciación por hora efectiva de trabajo.

$V_a$  = Valor de adquisición de la máquina nueva y descontando el valor de las llantas en su caso.

$V_r$  = Valor de rescate.

$V_e$  = Vida económica expresada en horas.

b) Cargo por inversión.

Es el cargo equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en la máquina, y está representado por la ecuación:

$$I = \frac{V_a + V_r}{2H_a} i$$

Donde:

I = Cargo por inversión.

$V_a$  = Valor de adquisición.

$V_r$  = Valor de rescate.

$H_a$  = Número de horas efectivas que la máquina trabaja durante el año.

$i$  = Tasa de interés en vigor (varía entre 12% y 15%).

#### c) Cargos por seguros

Es el necesario para cubrir los riesgos a que está expuesta la máquina por el hecho de poseerla.

Está representado por la siguiente ecuación:

$$S = \frac{V_a + V_r}{2H_a} s$$

Donde:

S = Cargo por seguros.

$V_a$  = Valor de adquisición.

$V_r$  = Valor de rescate.

$H_a$  = Número de horas efectivas trabajadas en un año.

$s$  = Prima anual promedio (varía entre 1.5% y 4%).

#### d) Cargos por mantenimiento.

Los gastos originados por este concepto son directamente proporcionales al aumento de horas efectivas trabajadas por la máquina considerada a partir de un momento dado. Conforme a las condiciones de uso este momento puede iniciarse a partir de las 3,000 horas en adelante hasta que el propietario lo juzgue conveniente a sus intereses. Normalmente se define como el límite de la vida económica previsto en los costos horarios.

Una organización administrativa que controle:

- 1) Salidas de refacciones del almacén.
- 2) Salidas en efectivo para compras urgentes.



- 3) Pago a talleres especializados.
- 4) Salarios de personal de campo y talleres del propietario de las máquinas.
- 5) Adquisición de refacciones del mercado nacional y de importación.
- 6) Registro de materiales de consumo.
- 7) Tiempos inactivos en el taller, imputables a la falla de abastecimiento de refacciones.
- 8) registro del tiempo empleado por personal mecánico en reparar las máquinas.

Llevando a la vez un catálogo de cuentas que permita hacer los cargos de los conceptos enlistados a cada máquina, dará los elementos de juicio necesarios para determinar el cargo correspondiente por mantenimiento, que está representado por la ecuación:

$$M = QD$$

En donde:

M = Cargo por mantenimiento.

Q = Es un coeficiente que involucra los datos enunciados anteriormente. El valor Q para las motoconformadoras se puede considerar igual a 1.

D = Depreciación de la máquina.

B) Cargos por consumo. Al estar en movimiento una máquina, siempre estará consumiendo combustible, lubricantes, etc., mismos que deberán incluirse dentro del costo horario. Los cargos por consumo son los que se derivan de los correspondientes:

- a) Cargo por consumo de combustible.
- b) Cargo por lubricantes
- c) Cargo por llantas.
- d) Cargo por otras fuentes de energía.

a) Cargo por consumo del combustible.

De acuerdo al trabajo que se esté ejecutando y a las condiciones en que se realice será el consumo de combustibles, debido a que son función de la potencia del motor y de las condiciones mecánicas del equipo.

El control de combustible por máquina en una obra, comprende:

- Consumo de diesel o gasolina por hora efectiva dentro del turno.
- Gastos de operación del reparto de combustible, móvil o estacionario.
- Pérdidas de diesel y gasolina en los almacenamientos por altas temperaturas.

- Trabajo ejecutado.

Tomado en cuenta estos datos, se puede normar un criterio del monto del cargo por consumo de combustibles en el costo horario.

Se puede determinar el consumo promedio de combustible de acuerdo a procedimientos esencialmente estadísticos con las siguientes fórmulas:

Consumo de diesel por hora efectiva:

0.20 x H.P. en la placa x factor de operación.

Consumo de gasolina por hora efectiva:

0.24 x H.P. en la placa x factor de operación.

Siendo el factor de operación las altas y bajas de potencia utilizada en el trabajo desempeñado. Varía entre 60% y 70% del H.P. en la placa, así mismo deberá corregirse la potencia por altura sobre el nivel del mar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

La ecuación que determina el cargo correspondiente por consumo de combustible es:

$$E = eP_c$$

En donde.

E = Cargo horario por combustible.

e = Cantidad de combustible necesaria, por hora efectiva de trabajo.

P<sub>c</sub> = Representa el precio del combustible que consume la máquina.

b) Cargos por lubricantes.

Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos y cambios periódicos de aceites; incluye las erogaciones necesarias para suministrarlos en la máquina.

Los consumos de aceite incluyendo los cambios periódicos del mismo, se pueden determinar a partir de las siguientes ecuaciones obtenidas por medio de observaciones estadísticas:

Para máquinas con potencia de placa igual o menor a 100 H.P.

$$a = \frac{C}{t} + 0.003xH.P.$$

Para máquinas con potencia de placa mayor a 100 H.P.

$$a = \frac{C}{t} + 0.0035xH.P.$$

En donde:

a = cantidad de aceite necesaria por hora efectiva de trabajo, en litros.

C = Capacidad del cárter en litros.

t = Número de horas transcurridas entre dos cambios de aceite (generalmente t = 100 horas, cuando abunda el polvo, t = 70 horas).

H.P. = Potencia de operación (potencia de placa del motor por el factor de operación).

c) Cargo por consumo de llantas.

Las llantas de una máquina sufren demérito debido al uso de las mismas, por lo que es necesario además de repararlas y renovarlas periódicamente, reemplazarlas cuando lleguen al término de su vida económica.

Determinar el cargo horario por la utilización de las llantas, las cuales no se deprecian en la vida económica de las máquinas en estudio, es sin duda alguna muy difícil cuando no se ha llevado un control de la duración y principalmente de los factores que intervinieron, ya sea para alargar o para reducir el total del kilometraje recorrido en un tiempo definido.

La vida económica de las llantas varía de acuerdo a las condiciones de uso, del mantenimiento, de las cargas a que operen y las condiciones de las superficies de rodamientos.

Cuando las llantas de una máquina trabajan en caminos que presentan condiciones muy severas y adversas, resulta práctico expresar su vida económica en horas de trabajo.

Este cargo se debe considerar para aquella máquina en la cual, al calcular su depreciación, se haya deducido el valor de las llantas del valor inicial de las mismas.

La ecuación que representa el cargo por llantas en la integración del costo horario es:

$$LL = \frac{V_{LL}}{H_v}$$

En donde:

LL = Representa el cargo por consumo de llantas.

$V_{LL}$  = Valor de adquisición de las llantas.

$H_v$  = Horas de vida económica de las llantas.

De acuerdo a estudios estadísticos sobre la observación de maquinaria para construcción pesada en presas, carreteras, etc., han establecido que la vida económica para una llanta es del orden de 5,000 horas de operación. Se deberán tomar en cuenta una serie de factores que afectan su vida económica, los cuales serán en función de las condiciones que priven en las obras.

Factores para determinar la vida económica de las llantas.

	CONDICIONES	FACTOR
1.	De mantenimiento:	
	Excelentes	1.00
	Medias	0.90
	Deficientes	0.70
2.	Velocidades de transito: (Máxima)	
	16 km/hr	1.00
	32 km/hr	0.80
	48 km/hr	0.60
3.	Condiciones de la superficie de rodamiento:	
	Tierra suave sin roca	1.00
	Tierra suave incluyendo roca	0.90
	Caminos bien conservados, con superficie de grava compactada	0.70
	Caminos mal conservados, con superficie de grava compactada	0.70
4.	Posición de las llantas:	
	En los ejes traseros	1.00
	En los ejes delanteros	0.90
	En el eje de tracción	

	- Vehículos de descarga trasera	0.80
	- Vehículos de descarga de fondo	0.70
	- Motoescrepas y similares	0.60
5.	Cargas de operación:	
	Dentro del límite especificado por los fabricantes	1.00
	Con 20% de sobrecarga	0.80
	Con 40% de sobrecarga	0.50
6.	Densidad de grado y curvas en el camino:	
	No existen	1.00
	Condiciones medias	0.90
	Condiciones severas	0.80
7.	Pendientes de los caminos: (Aplicable a las llantas del eje tractor)	
	A nivel	1.00
	6% como máximo	0.90
	10% como máximo	0.80
	15% como máximo	0.70
8.	Otras condiciones diversas:	
	Inexistentes	1.00
	Medias	0.90
	Adversas	0.80

Para obtener la vida económica se deberá multiplicar la vida óptima de las llantas, considerada del orden de 5,000 horas, por el factor total resultante de multiplicar entre sí todos y cada uno de los factores individuales correspondientes a cada uno de las condiciones predominantes.

d) Cargo por otras fuentes de energía.

Si se utilizan otras fuentes de energía diferentes a los combustibles mencionados con anterioridad, la determinación del cargo por energía que consuma requerirá de un estudio para cada caso.

C) Cargo por operación. Se obtuvo en el período de utilización anual de una máquina que el personal, por los factores descritos trabaja aproximadamente 45 minutos por hora efectiva, lo cual representa una reducción del turno de trabajo del 25%. Entonces:

$$8 \text{ horas} \times 0.25 = 2 \text{ horas}$$

Por lo anterior el tiempo efectivo de labores en jornada de 8 horas, será de 6 horas efectivas.

Este tiempo efectivo del turno que limita a un promedio de 7 meses anuales el empleo de una máquina en estudio, será utilizado en los costos unitarios como coeficiente que afecta la productividad, para que de esta forma se faciliten las operaciones de cálculo al aceptar la costumbre de 2,000 horas anuales.

En caso de utilizar en el costo horario el tiempo efectivo del turno de trabajo, se habrá de reducir las horas anuales a 1,400.

La ecuación que representa el cargo por operación es:

$$O = \frac{S_o}{H}$$

En donde.

O = Cargo por operación.

S<sub>o</sub> = salario del operador incluyendo las percepciones y prestaciones sociales.

H = Horas efectivas dentro del turno.

A continuación se presenta una forma para calcular el costo horario de una motoconformadora.



Formato para el análisis del costo directo: hora-máquina.

<b>CONSTRUCTORA:</b> _____ _____ <b>OBRA:</b> _____	<b>Máquina:</b> _____ <b>Modelo:</b> _____ <b>Datos Adic:</b> _____ _____	<b>Hoja No:</b> _____ <b>Calculó:</b> _____ <b>Revisó:</b> _____ <b>Fecha:</b> _____
<b>DATOS GENERALES.</b>		
Precio adquisición: \$ _____ Equipo adicional: - _____ Valor inicial (V <sub>a</sub> ) \$ _____ Valor rescate (V <sub>r</sub> ): % = \$ _____ Tasa interés (i): % _____ Prima seguros (s): % _____	Fecha cotización: _____ Vida económica (V <sub>e</sub> ): _____ años Horas por año (H <sub>a</sub> ): _____ hr/año Motor: _____ de _____ HP Factor operación: _____ Potencia operación: _____ H.P.op Factor mantenimiento (Q): _____	
<b>I CARGOS FIJOS.</b>		
a) Depreciación: $D = (V_a - V_r) / V_e = \text{_____} = \$$ b) Inversión: $I = [(V_a + V_r) / 2 H_a] i = \text{_____} =$ c) Seguros: $S = [(V_a + V_r) / 2 H_a] s = \text{_____} =$ d) Mantenimiento: $M = Q D = \text{_____} = \text{_____}$		
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$: _____		
<b>II. CONSUMOS</b>		
a) Combustible : $E = e P_c$ Diesel: $E = 0.20 \times \text{_____} \text{ H.P: op } \times \$ \text{_____} / \text{lt.} = \$$ Gasolina: $E = 0.24 \times \text{_____} \text{ H.P: op } \times \$ \text{_____} / \text{lt.} = \$$ b) Otras fuentes de energía: _____ = c) Lubricantes: $L = a P_e$ Capacidad cárter : $C = \text{_____} \text{ litros}$ Cambios de aceite: $t = \text{_____} \text{ horas}$ $a = C/t + 0.0035 \times \text{_____} \text{ H.P. op} = \text{_____} \text{ lt/hr.}$ $a = C/t + 0.0030 \times \text{_____} \text{ H.P. op} = \text{_____} \text{ lt/hr.}$ $\therefore L = \text{_____} \text{ lt/hr } \times \$ \text{_____} / \text{lt.} =$ d) Llantas : $LL = V_{LL} / H_v$ Vida económica: $H_v = \text{_____} \text{ horas}$ $\therefore LL = \$ \text{_____} / \text{_____} \text{ horas} = \text{_____}$		
SUMA CONSUMOS POR HORA \$: _____		
<b>III. OPERACIÓN.</b>		
<b>Salarios : S</b> <b>Operador:</b> \$ _____ _____ : _____ _____ : _____ <b>Sal / turno-prom:</b> \$ _____ <b>Horas / turno-prom: (H)</b> $H = 8 \text{ horas } \times \text{_____} \text{ (factor rendimiento)} = \text{_____} \text{ horas}$ $\therefore O = S/H = \$ \text{_____} / \text{_____} \text{ horas} = \text{_____}$		
SUMA OPERACIÓN POR HORA \$: _____		
<b>COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$: _____</b>		

Ejemplo 6: Calculo del costo horario

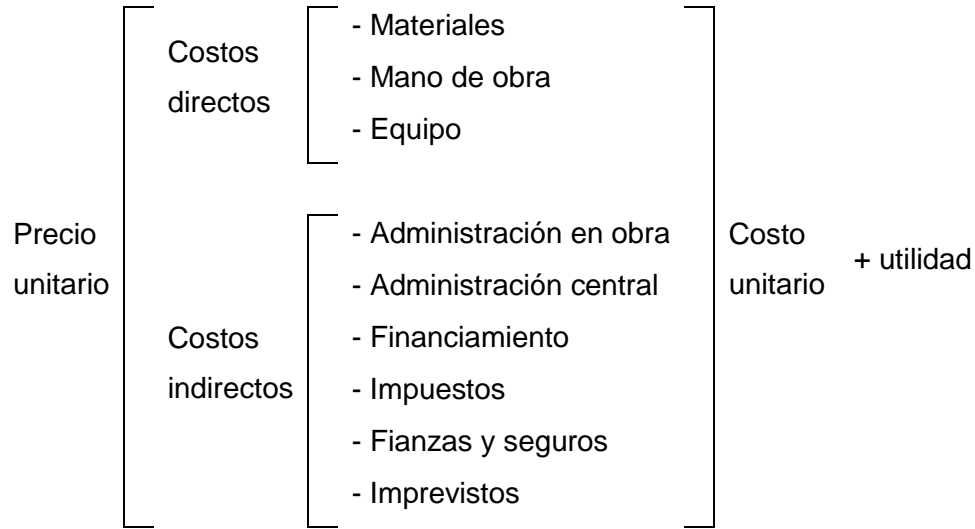
CONSTRUCTORA: _____ _____ OBRA: _____	Máquina: <u>Motoconformadora</u> Modelo: <u>CAT 120H</u> Datos Adic: _____ _____	Hoja No: _____ Calculó: _____ Revisó: _____ Fecha: _____
<b>DATOS GENERALES.</b>		
Precio adquisición: \$ <u>1,570,654.00</u> Equipo adicional: - _____ Valor inicial (V <sub>a</sub> ) \$ <u>1,570,654.00</u> Valor rescate (V <sub>r</sub> ): <u>20</u> % = \$ <u>314,130.80</u> Tasa interés (i): <u>16.00</u> % Prima seguros (s): <u>3.00</u> %	Fecha cotización: _____ Vida económica (V <sub>e</sub> ): <u>8</u> años Horas por año (H <sub>a</sub> ): <u>1,500</u> hr/año Motor: <u>DIESEL</u> de <u>140</u> HP Factor operación: <u>0.80</u> Potencia operación: <u>112</u> H.P.op Factor mantenimiento (Q): <u>0.75</u>	
<b>I CARGOS FIJOS.</b>		
a) Depreciación: $D = (V_a - V_r) / V_e = \frac{(1,570,654 - 314,130.80)}{12,000} = \$ 104.71$ b) Inversión: $I = [(V_a + V_r) / 2 H_a] i = \frac{[(1,570,654 + 314,130.80) / 2 * 1,500] * 0.16}{1,500} = 100.52$ c) Seguros: $S = [(V_a + V_r) / 2 H_a] s = \frac{[(1,570,654 + 314,130.80) / 2 * 1,500] * 0.03}{1,500} = 18.85$ d) Mantenimiento: $M = Q D = 0.75 * 104.71 = 78.53$		
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$: <u>302.61</u>		
<b>II. CONSUMOS</b>		
a) Combustible : E = e P <sub>c</sub> Diesel: E = 0.20 x <u>112</u> H.P: op x \$ <u>3.09</u> / lt. = \$ <u>69.22</u> Gasolina: E = 0.24 x _____ H.P: op x \$ _____ / lt. = \$ _____ b) Otras fuentes de energía: _____ = _____ c) Lubricantes: L = a P <sub>e</sub> Capacidad cárter : C = <u>29</u> litros Cambios de aceite: t = <u>100</u> horas a = C/t + 0.0035 x <u>112</u> H.P. op = <u>0.68</u> lt/hr. a = C/t + 0.0030 x _____ H.P. op = _____ lt/hr. ∴ L = <u>0.68</u> lt/hr x \$ <u>12.93</u> / lt. = <u>8.82</u> d) Llantas : LL = V <sub>LL</sub> / H <sub>v</sub> Vida económica: H <sub>v</sub> = <u>2,600</u> horas ∴ LL = \$ <u>35.682</u> / <u>2,600</u> horas = <u>13.72</u>		
SUMA CONSUMOS POR HORA \$: <u>91.76</u>		
<b>III. OPERACIÓN.</b>		
Salarios : S Operador: \$ <u>266.46</u> _____ : _____ _____ : _____ Sal / turno-prom: \$ _____ Horas / turno-prom: (H) H = 8 horas x <u>0.80</u> (factor rendimiento) = <u>6.4</u> horas ∴ O = S/H = \$ <u>266.46</u> / <u>6.4</u> horas = <u>41.64</u>		
SUMA OPERACIÓN POR HORA \$: <u>41.64</u>		
<b>COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$: <u>847.16</u></b>		



### III.3 Integración del precio unitario

El precio unitario es la remuneración económica que tiene un contratista por unidad de obra ejecutada.

Elementos que forman un precio unitario.



**Costo directo.** Es el que se puede aplicar directamente de la obra, es muy común que en función de él, se expresen los demás costos que integran el precio de un concepto.

**Costo indirecto.** Son los gastos generales que no pueden aplicarse a un concepto de obra determinada, sino que corresponde a toda la obra y se expresa en un tanto por ciento del costo directo. Se le suele llamar costo a producción cero, es decir que si una empresa deja de producir obra, no quiere decir esto que sus indirectos sean cero también, debido a que se tiene que seguir pagando gastos de oficina, personal técnico, etc.

**Utilidad.** Es la ganancia lícita que todo contratista tiene derecho por ejecutar una obra de ingeniería. Se expresa como un porcentaje de la suma del costo directo total y de los costos indirectos y puede variar entre un 8% y un 15%.

La utilidad debe contener:

- El interés del capital invertido.
- Riesgos financieros.
- Riesgos de eventualidad.

Ejemplos de Análisis de Precios Unitarios.

Ejemplo 7:

Formación y compactación de terraplenes adicionados con su cuña de sobreancho compactado al 95%.

Consideraciones generales

Material = Tepetate

P.V. suelto = 1,280 kg/m<sup>3</sup>

P.V. máximo = 1,780 kg/m<sup>3</sup>

Humedad opt. = 11%

Coef. de abund. = 1.39

Equipo – Motoconformadora Mod. CAT 120H

Cuando el material del terraplén es transportado por camiones de volteo, es necesario calcular el volumen suelto que se debe acarrear para dar un espesor en un tramo determinado.

Longitud del tramo = 400 m.

Espesor compacto = 0.25 m.

Ancho de la corona en el desplante de la sub-rasante = 11.05 m.

Ancho promedio = 10.80 m.

Solución:

Volumen compacto:

$$400 \times 10.80 \times 0.25 = 1,080 \text{ m}^3$$

Volumen suelto:

$$1080 \times 1.39 = 1,501.20 \text{ m}^3$$

Volumen a repartir:

$$\text{En tramos de 20 m (una estación)} = \frac{1501.20 \times 20}{400} = 75.06 \text{ m}^3/\text{estación}$$

-- Ciclo de la motoconformadora.

Para el caso de compactaciones a 95% y 100% en terracerías, la función de la motoconformadora no se limitaba a extender y nivelar el material en la sección considerada; es necesario incorporar la humedad para uniformizar el material antes de proceder a tenderlo.

El procedimiento consiste en:

Acamellonar.

Revolver.

Tender

Afinar

Tiempos por fases incluyendo tiempos perdidos:

Acamellonar y revolver = 13 hrs.

Tender y afinar = 8 hrs.

Total = 21 hrs. Moto

$$\text{Rendimiento} = \frac{1080 \text{ m}^3}{21 \text{ hrs}} = 51.42 \text{ m}^3/\text{hr compactos}$$

$$\text{Carg o por maquinaria} = \frac{\text{Costo horario}}{\text{Rendimiento horario}}$$

$$\text{Costo} = \frac{\$847.16}{51.42 \text{ m}^3} = \$ 16.48 / \text{m}^3 \text{ c.}$$

-- Cantidad de agua necesaria para la compactación.

Humedad óptima 11% del P.V.S.M. (+)

Riegos para conservar la humedad y compensar pérdidas por evaporación 2% (+)

Humedad natural del material 2% (-)

Agua a incorporar 11% del P.V.S.M.

Peso volumétrico máximo 1,780 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Peso volumétrico seco máximo} = \frac{1780}{1.11} = 1,604 \text{ kg/m}^3$$

Agua a incorporar

= 11% P.V.S.M.

= 1604 x 0.11 = 176 kg = 176 lts/m<sup>3</sup> compacto.

-- Permisos de explotación de bancos de agua

$$\text{Costo} = \$ 4.12 / \text{m}^3 \text{ agua}$$

-- Extracción y carga del agua necesaria para la compactación

$$\text{Costo básico} = \$ 2.17 / \text{m}^3$$

-- Tiempo de los vehículos empleados en el transporte durante las cargas y descargas  
Aplicación

$$\text{Costo} = \$ 37.70 \text{ m}^3$$

-- Acarreo al lugar de la utilización

$$\text{Costo} = \$ 4.55 \text{ m}^3/\text{km}$$

Dado que el volumen es similar a lo largo de todo el tramo, el acarreo medio se calcula tan solo en base en las distancias a recorrer.

Acarreo medio = 4 km.

$$\$ 4.55 \text{ m}^3/\text{km} \times 4 \text{ km} = \$ 18.20 / \text{m}^3 \text{ agua}$$

-- Costo total del agua

Regalías	\$ 4.12
Extracción y carga	\$ 2.17
Tiempo de los vehículos y aplicación	\$ 37.70
Acarreo	<u>\$ 18.20</u>
	\$ 62.19 /m <sup>3</sup> agua

-- Costo del agua por m<sup>3</sup> compacto

$$\$ 62.19 \times 0.176 \text{ m}^3 \text{ agua}/\text{m}^3 \text{ c.} = \$ 10.95$$

-- Compactación al 95% del P.V.S.M.

Equipo: Duo-pactor Costo horario \$ 668.72

Rodillo liso vibratorio Costo horario \$ 349.05

Tractor agrícola Costo horario \$ 250.39

$$\text{Costo duo factor} = \frac{\$668.72}{95m^3} = \$ 7.04 /m^3 \text{ c.}$$

$$\text{Costo rodillo} = \frac{\$599.44}{80m^3} = \$ 7.49 /m^3 \text{ c.}$$

$$\text{Costo total} = \$ 14.53 /m^3 \text{ c.}$$

Resumen:

Formación del terraplén	\$ 16.48 /m <sup>3</sup> c.
Extracción, carga y acarrees del agua	\$ 10.95 /m <sup>3</sup> c.
Compactación al 95%	<u>\$ 14.53 /m<sup>3</sup> c.</u>
<i>Costo directo</i>	\$ 41.96 /m <sup>3</sup> c.
Indirectos 20%	<u>\$ 8.39 /m<sup>3</sup> c.</u>
	\$ 50.35 /m <sup>3</sup> c.
Utilidad 10%	<u>\$ 5.03 /m<sup>3</sup> c.</u>
	\$ 55.38 /m <sup>3</sup> c.
Obra material de beneficio regional 1%	<u>\$ 0.55 /m<sup>3</sup> c.</u>
Precio unitario	\$ 55.93 /m <sup>3</sup> c.

Ejemplo 8:

Sub-base de grava cementada, compactada al 95% de su P.V.S.M. en capas de 15 cm.

Consideraciones generales:

Material = Grava cementada

P.V. suelto = 1,360 kg/m<sup>3</sup>

P.V. máxima = 1,800 kg/m<sup>3</sup>

Humedad opt. = 13%

Coef. de Abund. = 1.32

Equipo – Motoconformadora modelo Volvo G970

Material acarreado en camiones del volteo.

Longitud del tramo = 250 m.

Espesor compacto = 0.15 m.

Ancho de la corona = 9.00 m.

Solución:

Volumen compacto

$$250.00 \times 9.00 \times 0.15 = 337.50 \text{ m}^3$$

Volumen suelto

$$337.50 \times 1.32 = 445.50 \text{ m}^3$$

Volumen a repartir

En tramos de 20 m (una estación)

$$\frac{445.50 \times 20.00}{250.00} = 35.64 \text{ m}^3/\text{estación}$$

- Ciclo de la motoconformadora

Acamellonar y revolver = 5.0 hrs

Tender y afinar = 3.5 hrs

Total = 8.5 hrs

$$\text{Rendimiento} = \frac{337.50 \text{ m}^3}{8.5 \text{ hrs}} = 39.70 \text{ m}^3/\text{hr compactos}$$

$$\text{Costo por maquinaria} = \frac{\$1257.81}{39.70 \text{ m}^3} = \$ 31.68 / \text{m}^3 \text{ c.}$$

- Cantidad de agua necesaria para compactación

Humedad óptima 13% del P.V.S.M.

Peso volumétrico máximo = 1800 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Peso volumétrico seco máximo} = \frac{1800}{1.13} = 1593 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua a incorporar} = 1593 \times 0.13 = 207 \text{ kg} = 207 \text{ lts/m}^3 \text{ compacto}$$

- Costo medido de 1.0 m<sup>3</sup> de agua incluyendo acarreo

Bomba para agua Ø 3" de 57 m<sup>3</sup>/hr nominal \$ 26.43

Pipa capac. 8,000 lts costo hora \$ 648.49, \$ 290.56 inac.

Eficiencia de la bomba 70%

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{8 \text{ m}^3 / \text{pipa} \times 60 \text{ min}}{40 \text{ m}^3 / \text{hr}} = 12 \text{ min/pipa}$$

Acomodo pipa = 3 min/pipa  
 15 min/pipa  
 = 0.25 hr/pipa

Tiempo de descarga y esperas = 0.33 hr/pipa (20 min/pipa)  
 35 min/pipa  
 = 0.58 hr/pipa

Velocidad media en acarreo 12 km/hr  
 Distancia media entre acarreo 4.0 km

1. Carga de agua con bomba

$$\frac{\$162.02 / hr \times 0.25 hr}{8m^3} = \$ 5.06 / m^3$$

2. Tiempo de carga de pipa

$$\frac{\$290.56 / hr \times 0.58 hr}{8m^3} = \$21.06 / m^3$$

3. Acarreo medio a 4 km

$$\frac{\$648.49 / hr \times 0.05 hr / km \times 8 km}{8m^3} = \$ 32.42 / m^3$$

Total = \$ 58.54 / m<sup>3</sup> agua

- Costo del agua por m<sup>3</sup> compacto

$$\$ 58.54 \times 0.207 m^3 = \$ 12.12 / m^3 c.$$

- Compactación al 95% del P.V.S.M.

Equipo: Duo-Pactor Costo horario = \$ 946.10  
 Rodillo liso Costo horario = \$ 493.83  
 Tractor agrícola Costo horario = \$ 354.25

$$\text{Costo Duo-Pactor} = \frac{\$946.10}{90m^3} = \$ 10.51 / m^3 c.$$

$$\text{Costo rodillo} = \frac{\$848.08}{70m^3} = \$ 12.11 / m^3 c.$$

$$\text{Costo total} = \$ 22.62 / m^3 c.$$

Resumen:

Tendido sub-base	\$ 31.68 / m <sup>3</sup> c.
Extracción carga y acarreo de agua	\$ 12.12 / m <sup>3</sup> c.
Compactación al 95%	<u>\$ 22.62 / m<sup>3</sup> c.</u>



	\$ 66.42 /m <sup>3</sup> c.
Indirectos 20%	<u>\$ 13.28 /m<sup>3</sup> c.</u>
	\$ 79.70 /m <sup>3</sup> c.
Utilidad 10%	<u>\$ 7.97 /m<sup>3</sup> c.</u>
	\$ 87.67 /m <sup>3</sup> c.
O.M.B.R. 1%	<u>\$ 0.88 /m<sup>3</sup> c.</u>
Precio unitario	\$ 88.55 /m <sup>3</sup> c.





---

## **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

PEURIFOY, Robert L.; SCHEXNAYDER, Clifford J.  
**CONSTRUCTION PLANNING, EQUIPMENT AND METHODS**  
USA  
Mc Graw Hill, 2005

NICHOLS Herbert L.; DAY David A.  
**MOVING THE EARTH**  
USA  
Mc Graw Hill, 2005

DAY, David A.  
**CONSTRUCTION EQUIPMENT GUIDE**  
USA  
John Wiley and sons, 1973

DÍAZ DEL RÍO, Manuel.  
**MANUAL DE MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN**  
Mc Graw Hill, 2001

MORILLA Abad, Ignacio  
**MONOGRAFÍAS DE MAQUINARIA DE CARRETERAS**  
ESPAÑA  
AEC, 1996

HARRIS; Frank  
**MAQUINARIA Y METODOS MODERNOS EN CONSTRUCCIÓN**  
ESPAÑA  
Bellisco, 1992

## PAGINAS WEB

<http://www.cat.com>

<http://www.volvo.com>

<http://www.komatsu.com>