# Equipo Derribador de café

La presente invención se refiere a un equipo derribador de café, y más particularmente a un equipo derribador de café apto para operar a altas frecuencias y provisto de un mecanismo oscilante y de un amortiguador de vibración para equipo derribador de café que funciona en altas frecuencias.

La presente invención se refiere a un nuevo concepto de máquina portátil para cosecha de café, con la mejora de los parámetros de amplitud del movimiento de las varillas de derribe y frecuencia de oscilación, de esa forma atribuyendo al equipo nuevas características de selectividad, entre otras, como restricción de barrido, número de varillas de derribe, número de extensiones, longitud de las extensiones, geometría de las varillas de derribe y material. La mejora tiene como objeto permitir la cosecha selectiva de café, proporcionando la remoción de granos maduros en detrimento de la caída de granos verdes, mejorando la calidad del café cosechado y comercializado, así como aumentando la productividad de la cosecha, como se enseña en el documento BR 102018073907 -7. Esta mejora es aplicable a la derribadora de café del tipo portátil motorizada por combustión, por baterías o con alimentación de energía eléctrica de una red o de baterías.

## Estado del arte

Como es conocido por los técnicos en la materia, los equipos derribadores convencionales se utilizan principalmente para cosechar café (granos), o aceitunas (frutos), promoviendo el corte de granos / frutos a través de la vibración de las ramas de las plantas. Estos equipos presentan un elemento para sujetar, enganchar o encajar las ramas de las plantas y, con movimientos alternativos y rápidos, que balancean enérgicamente las ramas de las plantas, hacen que los granos o frutos se desprendan de las ramas y caigan al pie de la planta. Generalmente, estos dispositivos en su diseño portátil se activan mediante un pequeño motor de gasolina.

El dispositivo de derribe, propiamente dicho, que compone el equipo derribador, consiste en un mecanismo que transforma la rotación de la extensión del eje de un motor en un movimiento de ida y vuelta de dos grupos de varillas de derribe, dispuestas radialmente en forma de abanico, actuando en direcciones opuestas. Estos grupos de varillas de derribe se asemejan a manos humanas, ubicadas una al lado de la otra en el mismo plano. Ejemplos de dispositivos de este tipo se pueden obtener en los documentos BRPI0700905, WO 2011026204, BRPI9601916, BRPI99002410, BRPI9901223, FR 2327719 y BR 202014014388. Además, también deben mencionarse los documentos BRPI0601653 y BRPI9804109, que también indican algunas condiciones relacionadas con el método de cosecha de los granos de café.

En lo que respecta a una cosecha no selectiva, en un cultivo convencional, la derribadora habitual provoca la caída de hojas, yemas y rotura de ramas, de forma insatisfactoria. Este resultado está directamente ligado a un concepto previamente adoptado que, para sacar los granos de un pie de café, es necesaria una intensa agitación de sus ramas. En el estado del arte, este concepto operacional se refleja en la selección de un amplio rango de movimiento de las varillas de derribe, así como por la frecuencia operacional del equipo, generalmente del orden de 30 Hz.

En lo que se refiere a una cosecha selectiva, la derribadora habitual es totalmente rechazada al no poder seleccionar los granos. Este rechazo a su uso se debe a que la derribadora habitual se basa en el conjunto de velocidad de golpeo de las varillas de derribe (frecuencia) y amplitud de movimiento del mismo grupo de varillas de derribe, lo que conlleva a la retirada de un alto porcentaje de granos verdes fuera de los patrones y deshoje del cafeto, lo que, en consecuencia, interfiere en la valoración de la bolsa de café vendida en la región. Sin embargo, como se menciona en el método desarrollado por los inventores (BR 102018073907-7), la selectividad en la cosecha mecanizada de granos y frutos, en particular granos de café, solo se puede obtener cambiando radicalmente los parámetros del estado de la técnica y, en particular, utilizando equipos capaces de generar una alta frecuencia, del orden de 200-250 Hz, con una amplitud muy limitada, es decir, del orden de milímetros.

El documento MU BR8001043-1, solicitado en el año 2000, describe un equipo derribador de café compuesto básicamente por un eje tipo cigüeñal, mantenido en posición por respectivos rodamientos y que está acoplado directamente al eje de salida de un motor. Dicho cigüeñal tiene un par de excéntricas, que se acoplan a respectivas bielas, las cuales sostienen, en sus extremos opuestos, varillas de derribe a través de respectivas rótulas. Debido al acoplamiento directo entre el motor y el cigüeñal, este equipo no puede operar a altas frecuencias de movimiento de las varillas de derribe.

El documento MU BR8700205-1, solicitado en 2007, describe un equipo derribador para la cosecha de granos de café, que comprende un piñón accionado directamente por un eje rotatorio de un motor, dicho piñón enganchando una superficie inclinada de una corona, que es apta a girar libremente alrededor del eje acoplado indirectamente a la carcasa del dispositivo. Dicha corona presenta, en la parte inferior, una leva excéntrica destinada a transmitir el giro de la corona a una biela, la cual se mueve y transmite, desde su extremo opuesto, es decir, debajo de la unión con la corona, provocando un movimiento axial alternado del émbolo, que a su vez articula y mueve las varillas de derribe. Así, y debido al número de componentes de la transmisión mecánica enseñados, la frecuencia y amplitud de los movimientos de las varillas de derribe pueden variar en función de una serie de ajustes o disposiciones de estos componentes, compensando así la reducción (unos 5,5: 1) oriunda del acoplamiento del piñón y corona. También es importante señalar que, como se enseña en este documento, la velocidad de golpeo de las varillas de derribe (frecuencia / amplitud) es inversamente proporcional a la durabilidad del equipo.

## Objetos y síntesis de la invención

Un primer objeto de la presente invención es un equipo derribador de café capaz de promover la vibración de las varillas de derribe de granos de café a alta frecuencia y baja amplitud.

Otro objeto de la invención es un equipo capaz de operar en altas frecuencias, comprendiendo, para ello, un proyecto específico y el dimensionamiento de todos los componentes, desde el mecanismo de transmisión hasta el sistema de amortiguación, con el fin de mantener su vida útil similar a los equipos actuales y proporcionar al usuario, a través del sistema de amortiguación, una operación más cómoda, saludable y con reducción de los efectos de fatiga y desgaste de los demás componentes mecánicos utilizados en el equipo.

Estos y otros objetos y ventajas de la presente invención se consiguen a partir de un equipo derribador de café, que consiste en la provisión de un dispositivo de derribe capaz de transformar el movimiento rotatorio de una unidad motriz en la vibración de las varillas de derribe en el rango de frecuencia que separa la frecuencia natural de granos maduros de la frecuencia de los granos verdes y equipado con un sistema de amortiguación de vibraciones que reduce los efectos de este rango de frecuencia de trabajo para el operador del equipo y para el sistema motor-transmisión del equipo. Además, y para que el dispositivo de derribe funcione de manera eficiente y a largo plazo en condiciones de funcionamiento extremas, es imperativo limitar el número de partes componentes de su mecanismo, lo que se obtiene mediante un mecanismo de conversión capaz de multiplicar las revoluciones recibidas del motor al mismo tiempo en que promueve su reorientación espacial y su conversión en movimiento oscilatorio.

Más específicamente, el equipo derribador de café comprende un cabo que interconecta un motor a un dispositivo de derriba, siendo que en el interior de dicho cabo se prevé un eje cardán que transfiere la rotación generada por dicho motor a los mecanismos alojados internamente en una caja del dispositivo de derribe, en que en la salida de dicha caja está acoplada al menos una varilla de derribe capaz de funcionar a alta frecuencia y baja amplitud. Además, dicho equipo también comprende: el extremo inferior de dicho cabo está conectado a un amortiguador, dicho amortiguador conectando el cabo a la boquilla de la caja; y el dispositivo de derribe comprende un mecanismo de conversión capaz de multiplicar las revoluciones recibidas del motor mientras promueve su reorientación espacial y conversión en movimiento oscilatorio.

En particular, el eje cardán está dispuesto internamente en el cabo y dicho amortiguador comprende una masa elastomérica de conformación cilíndrica con un centro hueco, atravesando dicho eje cardán el centro hueco de dicha masa elastomérica. El amortiguador está definido por un par de acoplamientos, envolviendo lateralmente la masa elastomérica, en que el acoplamiento de entrada es compuesto de una mordaza, de forma cilíndrica y capaz de envolver el cabo, así como por una brida que se proyecta radialmente de dicha mordaza y el acoplamiento de salida, opuesto en relación al acoplamiento de entrada, comprende una brida que se proyecta radialmente de un conducto cilíndrico capaz de penetrar y acoplarse a la boquilla de la caja, y entre las caras opuestas de las bridas es vulcanizada dicha masa elastomérica.

Por otro lado, el motor de combustión, cuyo eje de salida está acoplado a dicho eje cardán, tiene el extremo opuesto de dicho eje cardán acoplado a un primer engranaje cónico espiral, pudiendo dicho engranaje girar apoyado externamente por al menos un cojinete y capaz de acoplar un mecanismo de conversión que comprende un segundo engranaje cónico espiral, teniendo dicho engranaje un número menor de dientes que el número de dientes de dicho primer engranaje cónico espinal. El mencionado segundo engranaje cónico espiral tiene un orificio descentralizado desplazado con relación al eje geométrico de dicho engranaje, siendo que en el dicho orificio descentralizado se instala un eje excéntrico. Dicho eje excéntrico soporta un contrapeso y un rodamiento cilíndrico, siendo dicho rodamiento acoplado por una horquilla. Además, un husillo tiene cercano a un primer extremo dicha horquilla y cercano del extremo opuesto al menos una varilla de derribe montada mediante surcos.

El nuevo concepto de sistema amortiguador de vibraciones aplicado a una máquina portátil derribadora de café, con frecuencia de oscilación reducida percibida por el

operador, se contrapone a la tecnología actualmente empleada, que se basa en movimientos amplios con frecuencias de oscilación bajas, en el orden de 30 Hz.

Esta mejora es aplicable a la derribadora de granos de café portátil alimentada por combustión, a batería o con alimentación de energía eléctrica de red.

Además, el equipo derribador de café comprende un eje cardán que transfiere la rotación de un motor de combustión o cualquier otra unidad generadora de movimiento rotatorio a un dispositivo de derribe, constituido por una caja de transmisión con un par de engranajes perpendiculares accionados axialmente por el eje cardán. El segundo engranaje tiene un número de dientes menor que la primera, por lo que multiplica la velocidad de entrada. Este engranaje tiene un orificio descentralizado donde se instala un eje. Este eje realiza un movimiento de traslación. A este mismo eje está fijado un rodamiento cilíndrico, responsable por transmitir su desplazamiento a una horquilla pivotada sobre un husillo, posicionado paralelo al eje fuera del centro, de esta manera la horquilla hace dos arcos en sentidos opuestos y acciona el husillo que acompaña su desplazamiento angular. La varilla de derribe, a su vez, se monta mediante surcos en el extremo del mismo husillo, externamente al conjunto de transmisión y acompaña el desplazamiento angular de ese eje donde está acoplada. La varilla de derribe necesita una alta resistencia mecánica y una geometría que implica en reducir la masa, posicionar el centro de gravedad en el husillo y reducir el momento de inercia, con el fin de soportar las exigencias del mecanismo y, principalmente, para resistir a las condiciones extremas de funcionamiento.

## Breve descripción de las figuras

Para una mejor comprensión de la presente invención, se la describirá a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, proporcionados con el propósito de ilustrar y no limitar la invención y en lo que respecta a una realización preferida, en la que:

- la figura 1 ilustra, en vista isométrica, la parte delantera de una derribadora de café, según la invención;

- la figura 2 muestra la derribadora de la figura 1, en una vista isométrica y con el dispositivo de derribe en sección longitudinal;

- la figura 3 ilustra la derribadora de la figura 1 y el cardán que transfiere la rotación del motor, en una vista en alzado lateral, a partir de un plano ortogonal con relación al plano de corte de la figura 2;

- la figura 4 muestra una vista en alzado lateral y en sección longitudinal del ensamble del par de engranajes cónicos espirales y el posicionamiento del eje en el orificio excéntrico del segundo engranaje en el que está montado el rodamiento cilíndrico;

- la figura 5 ilustra, en una vista isométrica, el dispositivo transformador de movimiento de rotación en oscilación;

- La figura 6 muestra una vista isométrica, en sección longitudinal, del conjunto amortiguador ensamblado, destacando la brida delantera aislada de la brida trasera y el caucho vulcanizado que une las dos bridas.

## Descripción detallada de una forma preferida de llevar a cabo la invención

De acuerdo con las figuras adjuntas, se ilustra un equipo derribador de café (10) capaz de operar con frecuencias de golpeo extremamente altas y amplitudes bajas, en comparación con los equipos del estado del arte, de acuerdo con los supuestos anteriores. Más particularmente, el presente equipo de derribe de granos de café es particularmente capaz de llevar a cabo el método de cosecha, como se especifica en el documento BR 102018073907-7.

Para ello, el equipo derribador de café (10), según la presente invención, comprende un dispositivo de derribe (9), definido por una caja (11) en cuyo interior se disponen los mecanismos de conversión (3-7) del movimiento rotatorio, generado por un motor (no representado), a un movimiento oscilatorio de las varillas de derribe (8), dispuestas en el extremo inferior de dicha caja (11) del dispositivo de derribe (9). El extremo superior de la caja (11) prevé una boquilla (12) capaz de recibir el acoplamiento de salida (13) del amortiguador (16), cuyo acoplamiento de entrada (17) es sostenido por el cabo (14). Además, dicho cabo (14) es preferiblemente cilíndrico y está destinado a acoplar dicho motor al dispositivo de derribe (9). En el interior del cabo (14) está previsto un eje cardán (1) para transmitir el movimiento de rotación producido por el motor a los cinematismos del dispositivo de derribe (9), internos en la caja (11).

Más particularmente, el cabo (14) se acopla con el amortiguador (16). Dicho amortiguador (16), como se ilustra en las figuras 2 y 6, está definido por un par de acoplamientos, específicamente por un acoplamiento de entrada (17) y un acoplamiento de salida (13). Más concretamente, el acoplamiento de entrada (17) del amortiguador (16) está compuesto básicamente por una mordaza (20), de forma cilíndrica y capaz de envolver el cabo (14), así como por una brida (23) que se proyecta de dicha mordaza. La mordaza (20) tiene una abertura longitudinal en la que los bordes superiores están provistos de ojales (22) (ver figura). De esta manera, los ojales (22) pueden separarse o juntarse (mediante tornillo, por ejemplo), soltando o bloqueando respectivamente el cabo (14) en relación con el amortiguador (16),

El acoplamiento de salida (13), dispuesto en el extremo opuesto en relación al acoplamiento de entrada (17) del amortiguador (16), tiene una conformación similar a este, que comprende una brida (24) que se proyecta radialmente de un conducto (25) cilíndrico. Como es particularmente visible en la figura 6, el diámetro externo del conducto (25) corresponde aproximadamente al diámetro interno de la mordaza (20), así como al diámetro externo del cabo (14).

Dichas bridas (23, 24) envuelven lateralmente y se acoplan a una masa elastomérica (18) de forma cilíndrica y con centro hueco. Como se ilustra particularmente en la figura 6, dicho centro hueco de la masa elastomérica (18) tiene un diámetro compatible con la luz del cabo cilíndrico (14).

El sistema de amortiguación de vibraciones (16, 17, 18, 13) actúa para reducir la transmisión de energía de vibración del dispositivo de derriba (9) al operador y al conjunto motor-transmisión, absorbiendo parte de la energía de vibración en la estructura elastomérica de la masa elastomérica (18). En los distintos ensayos realizados, quedó ampliamente demostrado que una eventual transmisión libre de la energía de vibración del dispositivo de derribe (9), y más acentuada por la vibración de las varillas de derribe (8), evitaría un uso prolongado por parte del operador del equipo

(10), por agotamiento muscular, además de reducir drásticamente la vida útil del motor, puesto que sus componentes sufrirían un estrés superior a su límite operativo.

Así y para garantizar la estructura mecánica necesaria para el equipo, el caucho que forma el amortiguador (16) se vulcaniza directamente entre las bridas (23, 24) de los acoplamientos de entrada (17) y salida (13) del amortiguador (16), aumentando así la absorción de vibraciones y dando una resistencia mecánica al conjunto superior para aplicaciones con elementos de sujeción tradicionales.

A partir de los ensayos realizados en laboratorio, se pudo determinar que la masa elastomérica (18), compuesta por caucho y preferiblemente caucho natural, debe tener una dureza Shore A de 45 a 55.

Una especificación de caucho particularmente ventajosa es ASTM D 2000 M4 AA 520 A13 B13 C12 G21 K11, de acuerdo con las normas internacionales, en la que: ASTM D 2000 – Standard Classification System for Rubber Products in Automotive Applications; M4 - métrica, grado 4; AA – natural rubber: 5 - dureza Shore-A x 10; 52 - resistencia a la rotura en tracción: A13 B13 C12 G21 K11 - son pruebas requeridas en la MP, en laboratorio.

No obstante la particularización anterior, los técnicos del sector son capaces de entender que, dependiendo de las dimensiones del cilindro que define la geometría de la masa elastomérica (18), así como las especiales características de la derribadora de café (10) – así como peso del motor, peso del dispositivo de derribe, longitud y dimensiones del cabo, etc. - dicha masa elastomérica se puede ajustar, tanto en tamaño como en dureza, de modo a obtener los resultados deseados, utilizando únicamente las pruebas habituales del estado de la técnica .

Según las figuras 2-4, el motor (no ilustrado) transfiere la rotación a través del eje cardán (1) al dispositivo de derribe (9), específicamente desde el acoplamiento a un par de engranajes cónicos espirales (2, 3), que cambian el plano y velocidad de rotación. Más en particular, dicho eje cardán (1) acopla el primer engranaje cónico espiral (2) al eje de rotación horizontal, para girar con la misma velocidad de rotación que el eje cardán, puesto que está envuelto y soportado por cojinetes (21). El segundo engranaje cónico espiral (3) tiene un número de dientes menor en relación al engranaje de entrada (2), lo que provoca el efecto de multiplicar las rotaciones por un factor de aproximadamente 1,5. El segundo engranaje cónico espiral (3) tiene un eje de rotación vertical y se mantiene en posición mediante un primer cojinete (31). Además, este engranaje de salida (3) tiene un orificio descentralizado (15) desplazado en aproximadamente 1,3 mm con relación al eje geométrico de dicho engranaje (3), en el que dicho orificio se acopla un eje excéntrico (4). El extremo inferior del eje excéntrico (4) (como se ve en la figura 4), es decir, opuesto al extremo del eje excéntrico (4) acoplado a dicho engranaje (3), está acoplado correspondientemente a un casquillo opuesto (26) que, de manera similar al segundo engranaje cónico espiral (3), tiene un orificio descentralizado (15’), dicho casquillo opuesto (26) soportado de manera estándar, en rotación libre, por el segundo cojinete (31'). Más concretamente, el denominado eje excéntrico (4) es, de hecho, un eje de forma cilíndrica que, debido a su acoplamiento en los orificios descentralizados (15, 15') del engranaje (3) y del casquillo opuesto (26), realiza un movimiento combinado de traslación circular, según un plano perpendicular a su eje, con un movimiento de rotación. Como resultado de esta construcción, este eje simula un movimiento excéntrico regular.

Además, se prevé un contrapeso (19) alrededor de dicho eje excéntrico (4), dispuesto entre el segundo engranaje (3) y un rodamiento cilíndrico (5), de modo a compensar el desplazamiento del centro de gravedad del dispositivo de derribe (9), compensación que es imperativa debido a las altas velocidades que asume este mecanismo.

A dicho eje excéntrico (4) se acopla un rodamiento cilíndrico (5), responsable por transmitir su desplazamiento a una horquilla (6) (ver figura 5) pivotada sobre un husillo (7), posicionado paralelo al eje excéntrico (4). De esta forma, la horquilla (6) realiza dos arcos en sentidos opuestos y activa el husillo (7) que acompaña su desplazamiento angular. La varilla de derribe (8) a su vez se monta mediante surcos en el extremo del mismo husillo (7) y acompaña el desplazamiento angular de ese husillo (7) donde está acoplada. Cabe señalar que, a pesar de que las figuras muestran dos varillas de derribe (8), el equipo puede tener una sola varilla de derribe, puesto que el método de actuación no genera la necesidad de "sacudir" intensamente la rama del árbol, sino simplemente "tocar" en la rama, lo que se puede hacer satisfactoriamente con una sola varilla de derribe.

Lo que se observa es que la oscilación en la alta frecuencia de la varilla de derribe (8) es generada por dicho mecanismo de conversión (3-7) capaz de multiplicar las revoluciones recibidas del motor (vía cardán (1) y primer engranaje cónico espiral (2)), al mismo tiempo que promueve su reorientación espacial y conversión en movimiento oscilatorio.

Debido a las condiciones operacionales del dispositivo de la invención, es decir, la conversión de la rotación proporcionada por el motor (aproximadamente 8-10 k rpm) a una frecuencia de vibración de la varilla de derribe (8) de aproximadamente 200-250 Hz, los inventores encontraron que tanto la solución mecánica descrita anteriormente cuanto la presencia del amortiguador (16) son fundamentales para que el dispositivo de la invención pueda ser utilizado por un operador, siempre que tenga una vida útil satisfactoria. Para ello, los inventores realizaron numerosos ensayos, en los que descartaron otras soluciones mecánicas y además comprobaron la viabilidad técnica y operativa de la solución propuesta. Además, y en los diversos ensayos realizados en la fase de proyecto, se determinó que los mecanismos empleados son críticos en cuanto a dimensiones y materiales, por lo que sus tolerancias también lo son.

De esta forma y en líneas generales, el dispositivo de la invención permite la realización de la ampliación de rotación de la unidad generadora de energía, promoviendo una rotación de salida en alta frecuencia. La rotación se transmite a un eje que, cuando está conectado a un dispositivo transformador de movimiento rotatorio en oscilante, transmite movimientos oscilatorios a las herramientas conectadas a este dispositivo.