

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 882 609**

51 Int. Cl.:

**E02F 3/18** (2006.01)

**B65G 43/08** (2006.01)

**B65G 65/20** (2006.01)

**E02F 3/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.02.2019 PCT/EP2019/053790**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.08.2019 WO19162201**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.02.2019 E 19705957 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.05.2021 EP 3735494**

54 Título: **Excavadora de rueda de álabes y procedimiento para controlar una excavadora de rueda de álabes**

30 Prioridad:

**23.02.2018 DE 102018104153**

**20.04.2018 DE 102018109498**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**02.12.2021**

73 Titular/es:

**LIEBHERR-COMPONENTS BIBERACH GMBH  
(100.0%)**

**Hans-Liebherr-Strasse 45  
88400 Biberach an der Riß, DE**

72 Inventor/es:

**GRANER, KLAUS;  
SUHM, PHILLIPP;  
SCHULZE, THOMAS y  
HESS, GEORG**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 882 609 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Excavadora de rueda de álabes y procedimiento para controlar una excavadora de rueda de álabes

La presente invención se refiere a una excavadora de rueda de álabes, cuya rueda de álabes puede accionarse de manera rotatoria y está montada en un brazo saliente de rueda de álabes pivotable, así como a un procedimiento para controlar una excavadora de rueda de álabes de este tipo.

El documento EP 0 412 399 A1 muestra una excavadora de rueda de álabes de este tipo, en la que la rueda de álabes rotatoria se hace pivotar por medio de un accionamiento de pivotado de brazo saliente de rueda de álabes con una velocidad angular por un ángulo de pivotado y deposita el material retirado a este respecto sobre un transportador de extracción.

En tales excavadoras de rueda de álabes, tal como se conocen por ejemplo también por los documentos DE 197 26 554 C2, JP S55 98029 A o WO 2014/040137 A1, la rueda de álabes que rota en el funcionamiento de trabajo se hace pivotar adicionalmente para, mediante los álabes que se utilizan sucesivamente, despejar en forma de arco una terraza de material. Para ello, dicha rueda de álabes puede accionarse de manera rotatoria alrededor de un eje de rueda de álabes horizontal y estar montada en un brazo saliente de rueda de álabes, que puede hacerse pivotar en sí mismo con respecto a un eje de giro vertical. Dicho brazo saliente de rueda de álabes está colocado a este respecto regularmente en un carro superior, que puede desplazarse mediante un carro inferior por ejemplo con chasis sobre orugas y puede hacerse pivotar con respecto a dicho carro inferior. El material retirado, recibido por la rueda de álabes o sus álabes, se transfiere a este respecto a un transportador de extracción, que puede presentar una cinta transportadora de brazo saliente sobre un brazo saliente pivotable, para transportar el material desde la rueda de álabes extrayéndolo hacia el carro superior. Allí, el material puede entregarse, por ejemplo a través de una rampa, a un transportador de extracción adicional por ejemplo en forma de una cinta transportadora de carga.

A este respecto, no es muy sencillo conseguir sobre el transportador de extracción un flujo másico o volumétrico al menos hasta cierto punto constante. La rueda de álabes describe durante el pivotado del brazo saliente una trayectoria circular. Sin embargo, dado que a continuación de un ciclo de pivotado tiene lugar un avance, por ejemplo mediante el desplazamiento de la excavadora de rueda de álabes a través del chasis sobre orugas en la dirección del eje longitudinal de la excavadora, con el nuevo pivotado posterior de la rueda de álabes se obtiene como resultado un corte curvado, en el que la profundidad de paso en la dirección del eje de la excavadora presenta un máximo y disminuye cada vez más hacia el talud lateral, es decir al hacer pivotar hacia fuera la rueda de álabes en la dirección del talud lateral los álabes arrastran cada vez menos material, como aclara por ejemplo la figura 2. Si la rueda de álabes se hace pivotar a este respecto con una velocidad angular constante del brazo saliente, el flujo de material disminuye cada vez más y se desploma más o menos al alcanzar el talud lateral.

Para igualar el flujo de material se ha pensado ya en controlar la velocidad angular de pivotado no uniformemente, sino variarla a través del ángulo de pivotado. En particular se ha pensado ya en un denominado control  $\cos \varphi$ , que aumenta la velocidad angular de pivotado con el factor  $1/\cos \varphi$ , es decir la aumenta cada vez más hacia el talud lateral. Asumiendo una altura de material constante por todo el pivotado puede partirse de la base con una buena aproximación de que la profundidad de paso, es decir la superficie curvada y con ello (en el caso de una altura de material constante) la cantidad despejada hacia el talud lateral disminuye en forma de coseno, de modo que mediante un aumento de la velocidad angular de pivotado con  $1/\cos \varphi$  puede obtenerse un flujo de material prácticamente constante.

Sin embargo, en la práctica se producen desviaciones significativas con respecto a un modelo de coseno de este tipo, que como resultado conducen a un flujo másico o volumétrico en absoluto uniforme sobre el transportador de extracción, cuando está implementado un control  $\cos \varphi$  de este tipo. Por un lado, la terraza más superior puede presentar variaciones en cuanto a la altura de material, como consecuencia de las cuales también varía correspondientemente el flujo de material por todo el pivotado.

Además, de manera condicionada por el sistema, se produce un tiempo muerto, que conlleva un desfase temporal entre el desprendimiento del material mediante la rueda de álabes y la aparición del flujo de material correspondiente sobre el transportador de extracción. Dicho tiempo muerto es a este respecto el tiempo desde que se suelta el material de un álabe hasta la aparición del material en un punto del transportador de extracción, en el que el material puede detectarse de manera sensorial, lo que hace difícil una regulación real teniendo en cuenta el flujo de material real. Debido a la dimensión de la excavadora de rueda de álabes y la velocidad de rotación regularmente lenta de la rueda de álabes son posibles tiempos muertos en un intervalo de segundos de dos cifras, con lo que fracasan los métodos de regulación clásicos.

Además, en la práctica tampoco pueden crearse apenas modelos de regulación detallados, dado que las influencias de las variables de perturbación sobre variables de regulación que pueden detectarse de manera sensorial (momentos de giro y velocidades de los accionamientos) y/o el tramo de regulación solo pueden detectarse de manera insuficiente y en consecuencia no pueden compensarse. Tales variables de perturbación son, por ejemplo, el viento que empuja contra la rueda de álabes y el brazo saliente o una inclinación en el mecanismo de pivotado. Además debe tenerse en cuenta que la masa de material presenta en relación con la fuerza de corte en la rueda de

álabes una influencia solo relativamente reducida.

En este sentido, hasta la fecha, en la práctica le compete a menudo al operador de máquina garantizar, mediante un control manual, con delicadeza, un flujo de material hasta cierto punto uniforme sobre el transportador de extracción. Normalmente, el operador puede ajustar y variar por cuenta propia la velocidad del mecanismo de pivotado, para mantener constante el llenado de cinta, lo que puede estimarse en sí bien en el caso de observar atentamente el llenado de los álabes durante el corte, pero presupone un operador de máquina muy experimentado. Una corrección manual de este tipo también puede tener lugar en relación con el control  $\cos \varphi$  mencionado anteriormente, formando entonces en este caso el control  $\cos \varphi$  por así decirlo un control básico y predeterminando la velocidad angular de pivotado a través del ángulo de pivotado, que sin embargo puede corregirse por el operador de máquina desviándose de esto.

Además, ya se ha pensado en prever una regulación de potencia, en la que se mantiene constante la tasa de utilización del accionamiento de rueda de álabes. De este modo, la excavadora de rueda de álabes trabaja en sí permanentemente en su límite de potencia, lo que según la resistencia de la roca puede conducir sin embargo a un flujo de material muy alto y correspondientemente puede tener como consecuencia una sobrecarga del transportador de extracción. También cuando el transportador de extracción en sí puede todavía con el flujo de material, pueden producirse problemas subordinados si las instalaciones siguientes en segundo plano no pueden procesar un flujo de material de este tipo o ni siquiera se necesita un flujo de material máximo.

Por tanto, la presente invención se basa en el objetivo de crear una excavadora de rueda de álabes mejorada y un procedimiento mejorado para su control, para evitar las desventajas del estado de la técnica y perfeccionar este último de manera ventajosa. En particular pretende crearse un control mejorado, que permita un ajuste sencillo del flujo másico o volumétrico teórico deseado entre cero y el máximo, y lo mantenga lo más constante posible también en el caso de una altura de material variable por todo el pivotado, sin necesitar para ello un sistema de sensores configurado de manera compleja ni un modelo de regulación complicado y sin arriesgarse a este respecto a un llenado excesivo del transportador de extracción en el caso de parámetros de material muy variables.

Según la invención, dicho objetivo se alcanza mediante un procedimiento según la reivindicación 1 así como una excavadora de rueda de álabes según la reivindicación 5. Configuraciones preferidas de la invención son el objeto de las reivindicaciones dependientes.

Es decir, se propone controlar la velocidad angular de pivotado teniendo en cuenta un flujo de material que se ajusta en un ciclo de pivotado anterior con velocidad de pivotado y recorrido de avance conocidos, para conseguir un flujo de material deseado. Para ello, el ciclo de pivotado anterior se registra y el flujo de material que se produce a través del ángulo de pivotado con una velocidad angular de pivotado conocida y un avance conocido y el avance conocido se utilizan para calibrar la velocidad angular de pivotado para el nuevo ciclo de pivotado, para conseguir el flujo de material deseado. Según la invención, en el caso de una velocidad angular de pivotado predeterminada se determina un flujo másico y/o volumétrico que se ajusta según un avance determinado durante el pivotado de la rueda de álabes con la velocidad angular de pivotado predeterminada sobre el transportador de extracción a través del ángulo de pivotado, se predetermina un flujo másico y/o volumétrico deseado sobre el transportador de extracción y después se corrige automáticamente la velocidad angular de pivotado predeterminada anteriormente mediante el flujo másico y/o volumétrico determinado, el recorrido de avance determinado y el flujo másico y/o volumétrico deseado predeterminado, para ejecutar el ciclo de pivotado entonces con la velocidad angular de pivotado corregida de la rueda de álabes.

La velocidad angular de pivotado predeterminada en primer lugar puede predeterminarse básicamente de manera diferente. Por ejemplo puede realizarse un ciclo de pivotado con velocidad angular de pivotado constante y registrarse a este respecto el flujo de material que se ajusta (que entonces en este caso se desplomará cada vez más hacia el talud lateral). Para corregir la velocidad angular de pivotado para un ciclo de pivotado posterior de tal manera que se consiga un flujo de material deseado, en particular constante, puede corregirse la velocidad angular de pivotado constante, predeterminada anteriormente, con la relación de flujo de material teórico con respecto a flujo de material real y la relación de los recorridos de avance. Con la suposición mencionada anteriormente de que a una velocidad angular de pivotado constante el flujo de material disminuye cada vez más con un ángulo de pivotado creciente, esto conduce a un aumento cada vez mayor de la velocidad angular de pivotado con un ángulo de pivotado creciente.

Alternativa o adicionalmente al modo de proceder descrito previamente, a la especificación de la velocidad angular de pivotado también se le puede solapar una regulación continua. En el caso de una regulación de este tipo, el flujo másico medido y el flujo másico predeterminado durante cada pivotado pueden compararse entre sí y adaptarse la velocidad angular de pivotado ya durante cada pivotado.

Sin embargo, la propia velocidad angular de pivotado predeterminada en primer lugar puede ser ya una función dependiente del ángulo, por ejemplo tener una evolución dependiente del coseno, por ejemplo en el sentido de  $1/\cos \varphi$ . En condiciones óptimas, esto provocaría en sí en el caso de un corte curvado ya un flujo de material constante. Sin embargo, si debido por ejemplo a naturalezas o alturas de material variables se producen fluctuaciones en el flujo de material, la evolución de la velocidad angular de pivotado dependiente del coseno,

predeterminada anteriormente, se calibra de manera correspondiente al relacionar el flujo de material teórico con el flujo de material medido realmente teniendo en cuenta el recorrido de avance. De este modo se corrige la evolución coseno.

En particular, la corrección de la velocidad angular de pivotado puede llevarse a cabo mediante la siguiente relación:

$$\omega_{\text{teórica}} = \omega_{\text{real}} \cdot \frac{m_{\text{teórico}}}{m_{\text{real}}} \cdot \frac{s_{n-1}}{s_n},$$

5 donde  $\omega_{\text{teórica}}$  es la velocidad angular de pivotado teórica,  $\omega_{\text{real}}$  es la velocidad angular de pivotado predeterminada anteriormente,  $m_{\text{teórico}}$  es el flujo de material teórico,  $m_{\text{real}}$  es el flujo de material real medido,  $s_n$  es el avance antes del pivotado y  $s_{n-1}$  es el avance antes del pivotado anterior, obteniéndose mediante el registro con respecto al ángulo de pivotado del flujo de material una evolución teórica dependiente del ángulo de pivotado para dicha velocidad angular de pivotado.

10 Si la velocidad angular de pivotado predeterminada anteriormente  $\omega_{\text{real}}(\varphi)$  ya está predeterminada como evolución o función en función del ángulo de pivotado  $\varphi$ , puede procederse de manera análoga:

$$\omega_{\text{teórica}}(\varphi) = \omega_{\text{real}}(\varphi) \cdot \frac{m_{\text{teórico}}(\varphi)}{m_{\text{real}}(\varphi)} \cdot \frac{s_{n-1}}{s_n}.$$

15 Como flujo de material puede predeterminarse a este respecto un flujo másico y medirse correspondientemente, en particular mediante un sensor de peso, que puede estar dispuesto en el transportador de extracción para pesar el material descargado en el mismo.

20 Sin embargo, alternativa o adicionalmente también puede medirse el flujo volumétrico depositado o generado sobre el transportador de extracción, al detectarse a nivel de volumen el material descargado en el mismo. Para ello pueden usarse diferentes sensores, por medio de los que puede determinarse la superficie o el contorno superficial del flujo de material sobre el transportador de descarga. Estos pueden ser, por ejemplo, sensores de radar, sensores ultrasónicos, sensores de corte óptico y/o láser, por medio de los que puede explorarse y determinarse el contorno superficial y a partir de ello determinarse el área de sección transversal del flujo de material.

25 Si se detectan de manera sensorial tanto el flujo másico como el flujo volumétrico, esto permite también una determinación de la densidad del material despejado, lo que puede ser ventajoso para el procesamiento adicional del material.

Para no distorsionar la relación entre el ángulo de pivotado y el flujo de material generado debido al tiempo muerto de la excavadora de rueda de álabes, en un perfeccionamiento ventajoso de la invención se corrige la relación registrada entre el flujo de material medido y el ángulo de pivotado medido con dicho tiempo muerto.

30 En particular, para determinar el flujo másico y/o volumétrico que se ajusta sobre el transportador de extracción a través del ángulo de pivotado, puede detectarse el flujo másico y/o volumétrico existente realmente sobre el transportador de extracción mediante una unidad de sensor másico y/o volumétrico en relación con el ángulo de pivotado del brazo saliente de rueda de álabes, determinarse un tiempo muerto entre que se suelta el material en un álabe hasta la medición de este material suelto sobre el transportador de extracción y finalmente, teniendo en cuenta la velocidad angular de pivotado, corregirse la asociación entre el flujo másico y/o volumétrico medido con el ángulo de pivotado con el tiempo muerto determinado. Una corrección de tiempo muerto de este tipo considera la circunstancia de que el material soltado en un álabe no puede pasar directamente por la unidad de sensor para detectar el flujo másico y/o volumétrico, sino que requiere hasta allí un cierto periodo de tiempo, que puede ascender a varios segundos.

40 El tiempo muerto puede determinarse a este respecto de manera básicamente diferente, en particular al monitorizar variables de funcionamiento de la excavadora de rueda de álabes en cuanto a características, que están asociadas con los puntos de tiempos decisivos para la determinación del tiempo muerto, es decir la suelta del material de un álabe y el punto de tiempo de medición durante la medición del flujo másico o volumétrico. En particular, para determinar el tiempo muerto puede determinarse un desfase de tiempo entre una variación de carga y/o una variación de la velocidad de giro de la rueda de álabes por un lado y una variación de señal de la unidad de sensor de flujo másico y/o volumétrico por otro lado. Esto surge de la reflexión de que al soltar el material mediante un álabe debido a la resistencia que se produce a este respecto aumenta la absorción de carga del accionamiento de rueda de álabes (es decir, por ejemplo la absorción de corriente o la absorción de potencia hidráulica) y/o la velocidad de giro de la rueda de álabes cae al menos brevemente, de modo que el punto de tiempo de la suelta del material

5 puede determinarse porque se determina un aumento correspondiente de la demanda de energía o una caída del número de revoluciones. Por otro lado, la señal de la unidad de sensor de flujo másico y/o flujo volumétrico variará significativamente, cuando empiece sobre el transportador de extracción el flujo de material. Alternativa o adicionalmente, el tiempo muerto también puede determinarse a través del conocimiento de la geometría (rueda de álabes, ángulo de corte, tramo hasta la báscula de cinta) y a través de la cinemática (número de revoluciones de la rueda de álabes, velocidad de la cinta).

10 Dicha escalación de la velocidad angular de pivotado teórica mediante la relación del flujo de material y del recorrido de avance, que se midió en un ciclo de pivotado anterior con una velocidad angular de pivotado conocida, hasta un flujo de material teórico deseado puede realizarse básicamente con diferente frecuencia. A este respecto, puede ser suficiente que, por ejemplo, solo se registre el primer ciclo de pivotado con una velocidad angular de pivotado conocida y un recorrido de avance en cuanto al flujo de material que se ajusta, es decir el flujo másico y/o volumétrico. Ventajosamente, a este respecto no se usa el primer corte en una terraza. En el primer corte en una terraza, el recorrido de avance determinado debido a un desplazamiento hacia atrás y a continuación hacia delante no es representativo. Solo a partir de un corte completo con retirada de material puede usarse el recorrido de avance de manera razonable. Sin embargo, en un perfeccionamiento ventajoso de la invención, la escalación también puede seguir haciéndose de manera continua, para tener en cuenta las propiedades de material que varíen en el mecanizado de terrazas o las variaciones de inclinación que resulten. Por ejemplo, una nueva escalación o nueva calibración puede tener lugar tras cada quinto o cada tercer o también en cada ciclo de pivotado.

20 Ventajosamente, el control o la excavadora de rueda de álabes puede funcionar con un sistema de sensores en sí habitual en excavadoras de rueda de álabes, pudiendo ser por ejemplo suficiente prever una báscula de cinta en el transportador de extracción, para medir allí el peso de material operativo y con ello poder determinar el flujo másico, en particular cuando a este respecto se detecta y/o se predetermina de manera constante la velocidad de la cinta, pudiendo estar previsto un sensor de velocidad de la cinta y/o un sensor de número de revoluciones del motor de transporte para determinar la velocidad de transporte del transportador de extracción, además asociar al mecanismo de pivotado para hacer pivotar el brazo saliente de rueda de álabes un sensor angular, para poder medir el ángulo, cuya derivada puede usarse al mismo tiempo también como velocidad angular, pudiendo estar previstos alternativamente también por separado un sensor angular y un sensor de velocidad angular. Además, a través de un sistema de sensores adecuado, por ejemplo un medidor de corriente o un sensor de presión y un sensor de número de revoluciones, pueden medirse la carga y el número de revoluciones de la rueda de álabes o del motor de rueda de álabes, para poder determinar el momento de accionamiento y el número de revoluciones de la rueda de álabes. Si de dicha manera se detecta alternativa o adicionalmente al flujo másico el flujo volumétrico, puede estar previsto un sensor superficial correspondiente tal como se explicó previamente.

35 Para evitar una sobrecarga de la excavadora de rueda de álabes y sus accionamientos, en un perfeccionamiento ventajoso de la invención se solapa una regulación de potencia al control de la velocidad angular de pivotado mencionada anteriormente. Si la excavadora de rueda de álabes o uno de sus accionamientos corre peligro de entrar en el intervalo de sobrecarga o se alcanza un determinado límite de potencia, dicha regulación de potencia puede reducir la velocidad de pivotado, es decir el brazo saliente de rueda de álabes no se hace pivotar con la velocidad angular de pivotado teórica en sí determinada, sino solo ya con una velocidad teórica disminuida correspondientemente, reducida. Una sobrecarga del control con la regulación de potencia conduce a una limitación del flujo de material en el intervalo de límite de potencia.

40 La invención se explica a continuación más detalladamente mediante un ejemplo de realización preferido y dibujos asociados. En los dibujos muestran:

- la figura 1: una vista lateral esquemática de una excavadora de rueda de álabes,
- 45 la figura 2: una representación esquemática del corte curvado que resulta en el caso de la excavadora de rueda de álabes de la figura 1.

Como muestra la figura 1, la excavadora de rueda de álabes 1 puede presentar de manera en sí conocida una rueda de álabes 2, que puede accionarse de manera rotatoria alrededor de un eje de rueda de álabes horizontal y puede presentar álabes en el lado perimetral, para poder soltar y recibir material de una superficie o terraza que debe mecanizarse, en particular tierra y/o roca.

50 Dicha rueda de álabes 2 puede estar montada en un brazo saliente de rueda de álabes 3 en forma de un brazo saliente, que puede estar unido de manera articulada a un carro superior 10 de manera pivotable con respecto a un eje de pivotado vertical 4 y hacerse pivotar mediante un mecanismo de pivotado con un accionamiento de pivotado. Dicho brazo saliente de rueda de álabes 3 puede hacerse pivotar más exactamente junto con el carro superior 10 alrededor de dicho eje de pivotado vertical 4 con respecto al carro inferior 11, que puede presentar en particular un chasis sobre orugas 12.

Para poder extraer el material recibido por la rueda de álabes 2, a dicho brazo saliente o brazo saliente de rueda de álabes 3 puede estar asociado un transportador de extracción 5 por ejemplo en forma de una cinta transportadora circundante sin fin. Dicho transportador de extracción 5 transporta el material aceptado por la rueda de álabes 2 a lo

largo del brazo saliente hasta el carro superior 10, donde el material extraído puede entregarse a través de una rampa 8 a un transportador de extracción adicional 9, que puede comprender por ejemplo igualmente una cinta transportadora circundante sin fin y estar configurado como transportador de carga.

5 Como muestra además la figura 1, el brazo saliente de rueda de álabes 3 puede estar unido de manera articulada al carro superior 10 de manera basculable con respecto a un eje transversal horizontal 7.

10 La figura 2 aclara las relaciones de corte que se ajustan en el funcionamiento de trabajo en la rueda de álabes 2, ilustrando el arco circular 2.1 la trayectoria de pivotado en forma de arco circular de la rueda de álabes 2 en un primer ciclo de pivotado n-1 y el arco circular 2.2 la trayectoria a su vez en forma de arco circular de la rueda de álabes 1 en un ciclo de valor de pivotado adicional n, después de que la excavadora de rueda de álabes 1 haya experimentado un avance debido al desplazamiento del chasis sobre orugas 12 en la dirección longitudinal de la excavadora de rueda de álabes 1. Debido a dicho avance por un lado y la trayectoria en forma de arco circular de la rueda de álabes 2 por otro lado se obtiene el corte curvado ilustrado en la figura 2, que presenta en la dirección del eje longitudinal de la excavadora o del avance 13 una profundidad de paso máxima, que se hace cada vez más pequeña hacia el talud lateral.

15 A este respecto, el ángulo de pivotado del brazo saliente o brazo saliente de rueda de álabes 3 puede designarse con el ángulo  $\varphi$ , que habitualmente asciende a  $\varphi = 0$  cuando el brazo saliente de rueda de álabes 3 se encuentra por así decirlo de manera neutra en el centro a lo largo del eje longitudinal de la excavadora o a lo largo del avance 13, y por otro lado asciende a  $(\varphi) = 90^\circ$  cuando la rueda de álabes 2 ha alcanzado el talud lateral. Es decir, en un ciclo de pivotado, la rueda de álabes 2 puede hacerse pivotar con ello básicamente en un intervalo de  $-90^\circ \leq \varphi \leq +90^\circ$ , pero  
20 pudiendo estar previstos dado el caso también solo intervalos de ángulo de pivotado más pequeños de por ejemplo  $\pm 80^\circ$  o  $\pm 70^\circ$ , pero siendo igualmente posibles también asimetrías según la figura 2.

Un dispositivo de control 15 de la excavadora de rueda de álabes 1, una unidad de procesamiento de datos electrónica que comprende por ejemplo un microprocesador y un software depositado en una memoria, puede controlar la excavadora de rueda de álabes 1 en particular tal como sigue:

25 En primer lugar puede hacerse pivotar la excavadora de rueda de álabes 1 en una pasada de calibración n-1 con una velocidad angular de pivotado predeterminada  $\omega_{\text{real}}$ , al activar de manera correspondiente el mecanismo de pivotado y hacer pivotar de manera correspondiente el brazo saliente de rueda de álabes 3 con respecto al eje 4. A este respecto, la rueda de álabes 2 marcha accionada de manera rotatoria de manera en sí conocida, para soltar material y descargarlo sobre el transportador de extracción 5. La velocidad angular de pivotado predeterminada  $\omega_{\text{real}}$   
30 puede predeterminarse por ejemplo para que sea constante o presentar una evolución coseno predeterminada.

En este ciclo de pivotado n-1 se mide de manera sensorial el flujo de material que se ajusta sobre el transportador de extracción 5, concretamente en particular en forma de un flujo másico y/o en forma de un flujo volumétrico. Para ello puede estar asociada al transportador de extracción 5 una unidad de sensor de flujo másico 16 y/o una unidad de sensor de flujo volumétrico 17, que determinan la masa transportada sobre el transportador de extracción 5 a través de la sección de transportador de extracción correspondiente o el volumen transportado a través de la misma,  
35 de modo que la señal de la unidad de sensor de flujo másico 16 indica el flujo másico m y la señal de la unidad de sensor de flujo volumétrico 17 indica el flujo volumétrico v.

40 En dicho ciclo de pivotado n-1 se detecta al mismo tiempo mediante un sensor angular 18 y un sensor de velocidad angular 19, que pueden estar asociados al mecanismo de pivotado, el ángulo de pivotado  $\varphi$  y la velocidad angular de pivotado  $\omega$  del brazo saliente de rueda de álabes 3.

Las variables de funcionamiento detectadas de este modo flujo másico m, flujo volumétrico v, ángulo de pivotado  $\varphi$  y velocidad angular de pivotado  $\omega$  se suministran al dispositivo de control 15, en particular a una unidad de registro 20 implementada en el mismo, para registrar el flujo másico y/o flujo volumétrico que se ajusta en relación con el ángulo de pivotado y la velocidad angular de pivotado.

45 Además, por parte de una unidad de determinación de tiempo muerto 21 se determina el tiempo muerto, es decir el periodo de tiempo entre la suelta del material de un álabe de excavadora hasta la detección del material por parte de dichas unidades de sensor flujo másico y/o de flujo volumétrico 16 y 17. A este respecto, dicha unidad de determinación de tiempo muerto 21 puede comprender un sensor de absorción de carga por ejemplo en forma de un sensor de absorción de corriente 22 para detectar la absorción de corriente del accionamiento giratorio para hacer  
50 girar la rueda de álabes 2 y/o de un sensor de presión en el caso de una configuración hidráulica del accionamiento, y/o un sensor de número de revoluciones 23 para detectar el número de revoluciones de la rueda de álabes. En concreto, dicho tiempo muerto puede determinarse al determinar, por ejemplo, un aumento característico de la absorción de energía, por ejemplo de la absorción de corriente o un aumento de presión, y/o una caída característica del número de revoluciones de la rueda de álabes 2, pudiendo evaluarse el punto de tiempo, en el que se produce esta variación, como punto de tiempo de la suelta del material. Por otro lado, la señal de la unidad de sensor de flujo másico y/o de flujo volumétrico 16 o 17 se monitoriza a continuación cuando se produce un determinado aumento. La diferencia temporal entre la aparición de ambas variaciones puede evaluarse como tiempo muerto. Sin embargo, el tiempo muerto T también puede determinarse a través del conocimiento de geometría (rueda de álabes, ángulo de  
55

corte, tramo hasta la báscula de cinta) y a través de la cinemática (número de revoluciones de la rueda de álabes, velocidad de la cinta).

5 El dispositivo de control 15 puede corregir después el flujo másico  $m_{real}$  y/o flujo volumétrico  $v_{real}$  registrado en el ciclo de pivotado n-1 a través del ángulo de pivotado  $\varphi$  con dicho tiempo muerto. Ventajosamente, a partir de la velocidad angular de pivotado  $\omega_{real}$  igualmente registrada y/o conocida previamente durante el ciclo de pivotado n-1 a partir del tiempo muerto puede determinarse el desfase angular, que está condicionado por el tiempo muerto, tras lo cual el dispositivo de control 15 puede corregir de manera correspondiente el flujo másico y/o flujo volumétrico a través del ángulo de pivotado.

10 Para un siguiente ciclo de pivotado n, el dispositivo de control 15 puede colocar después un flujo de material deseado en forma de un flujo másico teórico deseado  $m_{teórico}$  y/o en forma de un flujo de material volumétrico deseado  $v_{teórico}$  sobre el transportador de extracción 5, pudiendo presentar el dispositivo de control 15 medios de introducción 24 por ejemplo en forma de un regulador de empuje, de un botón giratorio, de un *joystick* o de una pantalla táctil, por medio de los que un operador de máquina o un centro de coordinación puede introducir el flujo másico teórico o volumétrico teórico deseado.

15 El dispositivo de control 15 escala o calibra la velocidad angular de pivotado  $\omega$  mediante el flujo de material detectado y el flujo de material teórico deseado y el respectivo recorrido de avance. En particular, una unidad de escalado o de calibrado 25, que puede estar implementada en el dispositivo de control 15, puede determinar la velocidad angular de pivotado teórica  $\omega_{teórica}(\varphi)$  mediante la siguiente relación:

$$\omega_{teórica}(\varphi) = \omega_{real}(\varphi) \frac{m_{teórico}(\varphi)}{m_{real}(\varphi)} \frac{s_{n-1}}{s_n},$$

20 donde  $\omega_{teórica}(\varphi)$  es la velocidad angular de pivotado teórica para el ciclo de pivotado n,  $\omega_{real}(\varphi)$  es la velocidad angular de pivotado predeterminada durante el ciclo de pivotado n-1,  $m_{teórico}(\varphi)$  es el flujo másico teórico predeterminado mediante los medios de introducción 24 para el ciclo de pivotado n,  $m_{real}$  es el flujo másico medido de manera sensorial durante el ciclo de pivotado n-1,  $s_{n-1}$  es el recorrido de avance anterior antes del ciclo de pivotado n-1 y  $s_n$  es el recorrido de avance antes del ciclo de pivotado n.

25 Si se prevé un control de flujo volumétrico o debe conseguirse un flujo volumétrico deseado, dicho módulo de escalado o de calibrado 25 puede proceder mediante la siguiente relación:

$$\omega_{teórica}(\varphi) = \omega_{real}(\varphi) \frac{v_{teórico}(\varphi)}{v_{real}(\varphi)} \frac{s_{n-1}}{s_n},$$

30 donde  $\omega_{teórica}(\varphi)$  es la velocidad angular de giro teórica para el ciclo de pivotado n,  $\omega_{real}(\varphi)$  es la velocidad angular de giro en el ciclo de pivotado anterior n-1,  $v_{teórico}$  es el flujo volumétrico teórico ajustado,  $v_{real}(\varphi)$  es el flujo volumétrico medido en el ciclo anterior n-1,  $s_{n-1}$  es el recorrido de avance anterior antes del ciclo de pivotado n-1 y  $s_n$  es el recorrido de avance antes del ciclo de pivotado n.

El flujo másico teórico  $m_{teórico}$  o el flujo volumétrico teórico  $v_{teórico}$  se desean ventajosamente constantes y por tanto no se predeterminan como función del ángulo de pivotado  $\varphi$ , aunque esto también sería posible.

35 Ventajosamente, el dispositivo de control 15 comprende además un limitador de potencia 26, que está solapado al control de la velocidad angular de pivotado y que limita o disminuye la velocidad angular de pivotado teórica determinada, tal como se ha explicado anteriormente, cuando los accionamientos de la excavadora de rueda de álabes 1 amenazan con llegar al intervalo de sobrecarga y/o cuando existe peligro de que se descarga una cantidad de material demasiado grande sobre el transportador de extracción 5. Dicho limitador de potencia 26 puede monitorizar a través de unidades de sensor correspondientes la absorción de potencia de los accionamientos y/o  
40 monitorizar las señales de los sensores de flujo másico y/o de flujo volumétrico 16 y 17 como variables de entrada y basándose en estas variables de entrada limitar o reducir la velocidad angular de pivotado.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para controlar una excavadora de rueda de álabes (1), cuya rueda de álabes (2) que rota con un número de revoluciones preferiblemente constante se hace pivotar por medio de un accionamiento de pivotado de brazo saliente de rueda de álabes con una velocidad angular ( $\omega$ ) por un ángulo de pivotado ( $\varphi$ ) y se deposita el material retirado a este respecto sobre un transportador de extracción (5), con las siguientes etapas
  - 5 - tras finalizar un pivotado a través del ángulo de pivotado ( $\varphi$ ) con retirada de material, movimiento de avance de la excavadora de rueda de álabes por medio de su chasis hacia el monte que debe retirarse con detección del recorrido de avance realizado ( $s_n$ )
  - 10 - pivotado del brazo saliente de rueda de álabes (3) en un ciclo de pivotado adicional con determinación de la velocidad angular de pivotado ( $\omega_{real}$ ) a través del ángulo de pivotado ( $\varphi$ ) y del flujo másico y/o volumétrico ( $m_{real}$ ,  $v_{real}$ ) que se ajusta sobre el transportador de extracción (5) a través del ángulo de pivotado ( $\varphi$ ),
  - 15 - tras finalizar este pivotado, movimiento de avance de la excavadora de rueda de álabes por medio de su chasis hacia el monte que debe retirarse con detección del recorrido de avance realizado ( $s_{n+1}$ )
  - predeterminación de un flujo másico y/o volumétrico teórico deseado preferiblemente constante ( $m_{teórico}$ ,  $v_{teórico}$ ) sobre el transportador de extracción (5),
  - 20 - corrección automática de la velocidad angular de pivotado ( $\omega_{real}$ ) determinada en el último ciclo de pivotado en función del ángulo de pivotado ( $\varphi$ ) mediante el flujo másico y/o volumétrico ( $m_{real}$ ,  $v_{real}$ ) determinado previamente a través del ángulo de pivotado ( $\varphi$ ), el flujo másico y/o volumétrico deseado ( $m_{teórico}$ ,  $v_{teórico}$ ), el recorrido de avance realizado de manera exactamente previa ( $s_{n+1}$ ) y el recorrido de avance realizado antes del último pivotado ( $s_n$ ), de modo que el flujo másico y/o volumétrico que se ajusta ( $m_{real}$ ,  $v_{real}$ ) se encontrará cerca del flujo másico y/o volumétrico teórico deseado ( $m_{teórico}$ ,  $v_{teórico}$ ), y
  - 25 - pivotado del brazo saliente de rueda de álabes (3) en un ciclo de pivotado adicional con la velocidad angular de pivotado corregida ( $\omega_{teórica}$ ) en función del ángulo de pivotado ( $\varphi$ ).
2. Procedimiento según la reivindicación anterior, en el que durante la determinación del flujo másico y/o volumétrico ( $m_{real}$ ,  $v_{real}$ ) que se ajusta sobre el transportador de extracción (5) a través del ángulo de pivotado ( $\varphi$ ):
  - 30 - se detecta el flujo másico y/o volumétrico ( $m_{real}$ ,  $v_{real}$ ) en el transportador de extracción (5) mediante un sensor de flujo másico y/o de flujo volumétrico (16, 17) en relación con el ángulo de pivotado ( $\varphi$ ) de la rueda de álabes (2),
  - 35 - se determina un tiempo muerto (T) entre que se suelta el material de un álabe hasta que se detecta este material en el transportador de extracción (5), y
  - teniendo en cuenta la velocidad angular de pivotado determinada ( $\omega_{real}$ ) a través del ángulo de pivotado ( $\varphi$ ) se corrige la asociación del flujo másico y/o volumétrico medido ( $m_{real}$ ,  $v_{real}$ ) con el ángulo de pivotado ( $\varphi$ ) con el tiempo muerto determinado (T).
3. Procedimiento según la reivindicación anterior, en el que, para determinar el tiempo muerto (T) se determina la geometría, en particular de un recorrido de transporte, de la excavadora de rueda de álabes desde la suelta del material de un álabe hasta un sensor de flujo másico y/o volumétrico (16, 17) y la cinemática de la rueda de álabes (2) así como del transportador de extracción (5), en particular un número de revoluciones de la rueda de álabes y una velocidad de transportador de extracción, un desfase de tiempo entre una variación de carga de la rueda de álabes (2) y/o una variación de la velocidad de giro de la rueda de álabes por un lado y una variación de señal del sensor de flujo másico y/o de flujo volumétrico (16, 17) por otro lado, midiéndose dicha variación de carga y/o velocidad de giro de la rueda de álabes mediante un sistema de sensores de absorción de carga (22) y/o sistema de sensores de número de revoluciones de la rueda de álabes (23).
  - 40
  - 45
4. Procedimiento según una de las dos reivindicaciones anteriores, en el que el tiempo muerto (T) se determina teniendo en cuenta la geometría, en particular el recorrido de transporte, de la excavadora de rueda de álabes desde la suelta del material de un álabe hasta un sensor de flujo másico y/o volumétrico (16, 17) y la cinemática de la rueda de álabes (2) así como del transportador de extracción, en particular un número de revoluciones de la rueda de álabes y una velocidad de transportador de extracción.
  - 50
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que mediante un limitador de potencia

- (26) se monitoriza una carga del transportador de extracción (5) y/o una carga de al menos un accionamiento de la excavadora de rueda de álabes, en particular el accionamiento de rueda de álabes y/o accionamiento de transportador de extracción, y se limita y/o reduce la velocidad angular de pivotado corregida ( $\omega_{teórica}$ ) cuando la carga del transportador de extracción (5) y/o la carga del al menos un accionamiento alcanza y/o supera un límite de carga.
- 5
6. Excavadora de rueda de álabes con una rueda de álabes (2), que está montada en un brazo saliente de rueda de álabes (3) de manera que puede accionarse de manera rotatoria, que puede hacerse pivotar con respecto a un eje de pivotado (4) por un mecanismo de pivotado, así como un dispositivo de control (15) para controlar la velocidad angular de pivotado ( $\omega$ ) en función de un ángulo de pivotado ( $\varphi$ ), caracterizada porque dicho dispositivo de control (15) presenta
- 10
- una unidad de determinación para determinar un flujo másico y/o volumétrico ( $m_{real}$ ,  $v_{real}$ ) que se ajusta durante el pivotado de la rueda de álabes (2) con una velocidad angular de pivotado predeterminada ( $\omega_{real}$ ) sobre el transportador de extracción (5) en un ciclo de pivotado anterior (n) a través del ángulo de pivotado ( $\varphi$ ),
  - 15 - medios de introducción (24) para introducir un flujo másico y/o volumétrico teórico deseado ( $m_{teórico}$ ,  $v_{teórico}$ ) sobre el transportador de extracción (5)
  - medios de determinación para determinar el recorrido de avance (s) de la excavadora de rueda de álabes entre dos operaciones de pivotado,
  - 20 - medios de determinación para determinar la velocidad angular de pivotado ( $\omega_{teórica}$ ) en función del flujo másico y/o volumétrico teórico deseado ( $m_{teórico}$ ,  $v_{teórico}$ ), comprendiendo dichos medios de determinación una unidad de calibrado (25) para la corrección automática de la velocidad angular de pivotado predeterminada previamente ( $\omega_{real}$ ) mediante el flujo másico y/o volumétrico determinado ( $m_{real}$ ,  $v_{real}$ ) y el flujo másico y/o volumétrico deseado ( $m_{teórico}$ ,  $v_{teórico}$ ), y
  - 25 - una unidad de control de pivotado para hacer pivotar la rueda de álabes (2) en un ciclo de pivotado adicional (n+1) con la velocidad angular de pivotado corregida ( $\omega_{teórica}$ ).
7. Excavadora de rueda de álabes según la reivindicación anterior, en la que los medios de introducción (24) presentan un módulo de selección para la selección variable del flujo másico y/o volumétrico deseado ( $m_{teórico}$ ,  $v_{teórico}$ ) de un intervalo entre un flujo másico y/o volumétrico seleccionable mínimo y un flujo másico y/o volumétrico seleccionable máximo.
- 30
8. Excavadora de rueda de álabes según una de las dos reivindicaciones anteriores, en la que la unidad de determinación para determinar el flujo másico y/o volumétrico ( $m_{real}$ ,  $v_{real}$ ) que se ajusta durante el pivotado de la rueda de álabes (2) sobre el transportador de extracción (5) a través del ángulo de pivotado ( $\varphi$ ) presenta
- 35
- un sensor de flujo másico y/o de flujo volumétrico (16, 17) para detectar el flujo másico y/o volumétrico ( $m_{real}$ ,  $v_{real}$ ) en el transportador de extracción (5),
  - un sensor de ángulo de pivotado (18) para detectar el ángulo de pivotado del brazo saliente de rueda de álabes (3), en relación con el ángulo de pivotado ( $\varphi$ ) de la rueda de álabes (2),
  - un sistema de sensores de avance para detectar el recorrido de avance de la excavadora de rueda de álabes entre dos pivotados por medio del chasis, y
  - 40 - una unidad de registro (20) para registrar el flujo másico y/o volumétrico detectado ( $m_{real}$ ,  $v_{real}$ ) en el transportador de extracción (5) y el ángulo de pivotado detectado ( $\varphi$ ) de la rueda de álabes (2).
9. Excavadora de rueda de álabes según la reivindicación anterior, en la que la unidad de determinación para determinar el flujo másico y/o volumétrico ( $m_{real}$ ,  $v_{real}$ ) que se ajusta durante el pivotado de la rueda de álabes (2) sobre el transportador de extracción (5) a través del ángulo de pivotado ( $\varphi$ ) presenta
- 45
- una unidad de determinación de tiempo muerto (21) para determinar un tiempo muerto (T) entre que se suelta el material de un álabe hasta la detección de este material en el transportador de extracción (5), y
  - una unidad de corrección para corregir la asociación registrada del flujo másico y/o volumétrico medido ( $m_{real}$ ,  $v_{real}$ ) con el ángulo de pivotado ( $\varphi$ ) con el tiempo muerto determinado (T) teniendo en cuenta la velocidad angular de pivotado predeterminada ( $\omega_{real}$ ).
  - 50
10. Excavadora de rueda de álabes según la reivindicación anterior, en la que la unidad de determinación de tiempo muerto (21) está configurada para determinar un desfase de tiempo entre una variación de carga de

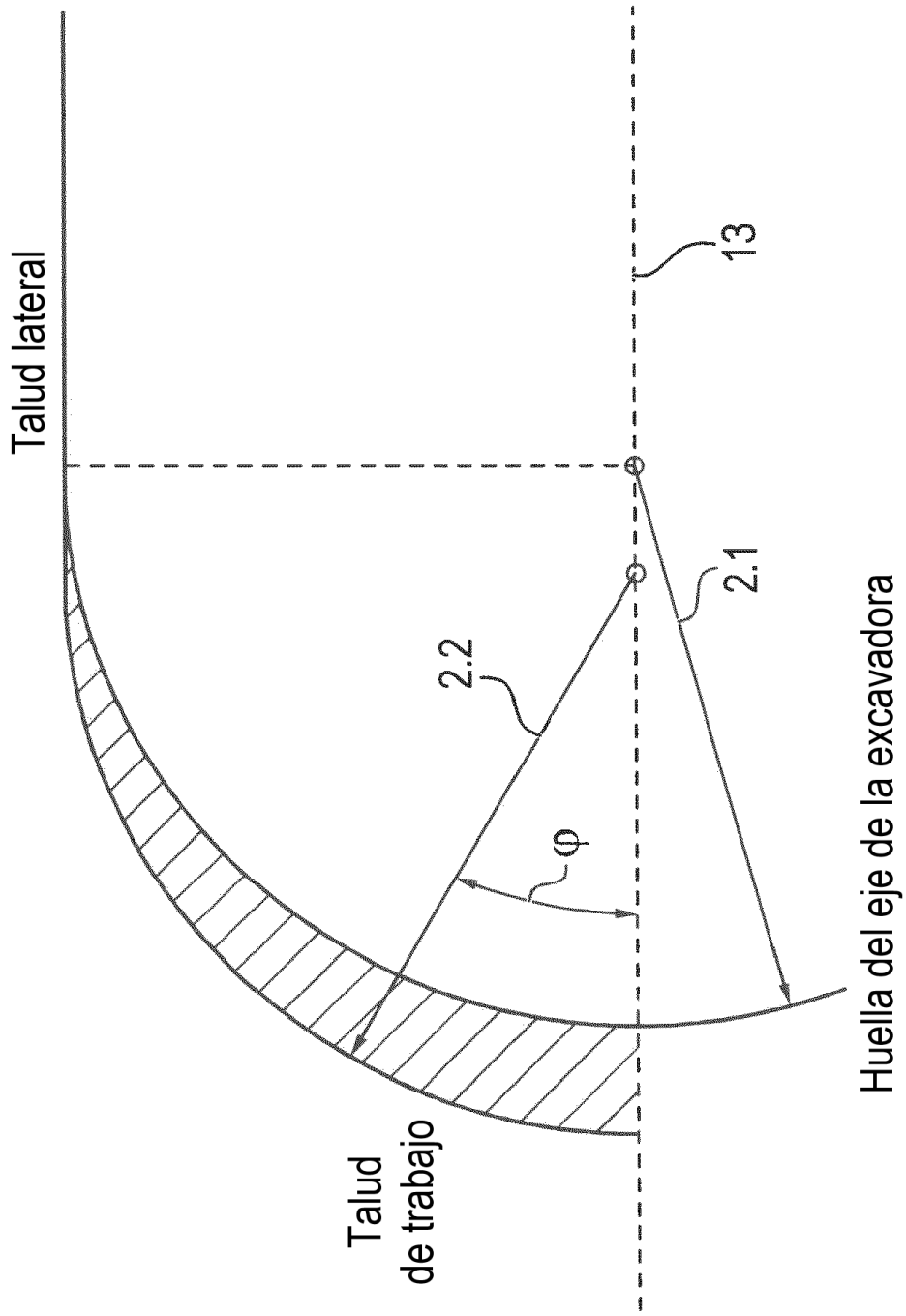
la rueda de álabes (2) y/o una variación de la velocidad de giro de la rueda de álabes por un lado y una variación de señal del sensor de flujo másico y/o de flujo volumétrico (16, 17) por otro lado mediante las señales de un sistema de sensores de absorción de carga (22) para detectar la absorción de carga del accionamiento de la rueda de álabes (2) y/o un sistema de sensores de número de revoluciones de la rueda de álabes (23) para detectar el número de revoluciones de la rueda de álabes por un lado y las señales del sensor de flujo másico y/o de flujo volumétrico (16, 17) por otro lado.

5  
11. Excavadora de rueda de álabes según una de las reivindicaciones anteriores, en la que la unidad de determinación de tiempo muerto (21) está configurada para determinar el tiempo muerto (T) teniendo en cuenta la geometría, en particular un recorrido de transporte, de la excavadora de rueda de álabes desde la suelta del material de un álabe hasta un sensor de flujo másico y/o volumétrico (16, 17) y la cinemática de la rueda de álabes (2) así como del transportador de extracción (5), en particular un número de revoluciones de la rueda de álabes y una velocidad de transportador de extracción.

10  
12. Excavadora de rueda de álabes según una de las reivindicaciones anteriores, en la que al dispositivo de control (15) se le superpone un limitador de potencia (26), que está configurado para monitorizar una carga del transportador de extracción (5) y/o una carga del al menos un accionamiento de la excavadora de rueda de álabes, en particular el accionamiento de rueda de álabes y/o accionamiento de transportador de extracción, y limitar y/o reducir la velocidad angular de pivotado corregida ( $\omega_{teórica}$ ), cuando la carga del transportador de extracción (5) y/o la carga del al menos un accionamiento alcanza y/o supera un límite de carga.

15  
20





**FIG. 2**