

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



9 F ENF 1977
CONCEDIDA

Réf.: Vm/RK 76144-210

PATENTE DE INVENCION

ES

11

NUMERO
459269

10 A1

21

FECHA DE PRESENTACION
19 MAYO 1977

22

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		
7605400	20 Mayo 1976	Holanda

47 FECHA DE PUBLICIDAD	81 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	B65G 65/40	

54 TITULO DE LA INVENCION
"PERFECCIONAMIENTOS EN LOS SISTEMAS DE DESCARGA DE POLVOS COHESIVOS"

71 SOLICITANTE (S)
Universidad del Estado RIJKSUNIVERSITEIT TE GRONINGEN

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
Broerstraat 5, <u>Groningen</u> (Holanda)

72 INVENTOR (ES)
Gerrit Willem Johan <u>Wes</u>

73 TITULAR (ES)
Universidad del Estado RIJKSUNIVERSITEIT TE GRONINGEN

74 REPRESENTANTE
D. JAIME ISERN CUYAS, Agente Oficial de la Propiedad Industrial

MEMORIA DESCRIPTIVA

5. Este invento se refiere a un método para dosificar desde un silo o tanque un material en polvo que no puede descargarse de dicho tanque o silo a una velocidad de masa constante con medios neumáticos.

10. La práctica ha demostrado que la dosificación de material en polvo cohesivo a partir de un tanque o silo implica grandes dificultades. La descarga por gravedad es con frecuencia inadecuada, por lo que deben utilizarse medios auxiliares para vaciar el silo. Para este fin se han concebido y comercializado una gran variedad de sistemas de descarga de silos para polvos cohesivos. La naturaleza muy variable de estos sistemas demuestra que no son de aplicación universal. La mayoría de los sistemas solo son apropiados para ciertos polvos o combinaciones particulares de un polvo determinado y un determinado silo, y aún entonces se utilizan con un éxito muy variable.

15. Un inconveniente general de los sistemas de descarga corrientes estriba en que los medios auxiliares están con frecuencia dirigidos a activar el flujo en la proximidad de la abertura de salida. En particular, para materiales perecederos, por ejemplo leche en polvo, es esencial que durante la extracción de estos materiales del tanque o silo sea activado todo el cuerpo del polvo, o dicho de otro modo, que cada volumen unitario de material tenga el mismo tiempo de residencia. Esto significa que no pueden existir "esquinas muertas" en donde pueda deteriorarse el material. En los sistemas de descarga convencionales, para que el silo sea completamente activado y vaciado, debe equiparse con una

tolva de salida generalmente inclinada, que disminuye la capacidad de almacenamiento disponible y aumenta en riesgo de la formación de "puentes".

- Entre los sistemas convencionales para la descarga de polvos cohesivos a partir de silos se encuentran los sistemas mecánicos que van desde las cintas transportadoras, tornillos transportadores y agitadores (por ejemplo la mezcladora Nauta con la que puede transportarse el producto a partir del silo y además puede mantenerse en estado suelto el contenido del silo) hasta rascadores y cadenas. Una desventaja general de los sistemas mecánicos radica en que son bastante costosos de mantenimiento, al tiempo que el flujo de masa es en la mayor parte incontrolable o solo hasta una extensión limitada. En algunos casos, para impedir la formación de "puentes" en la salida cónica, se prevén en la pared cojines hinchables que pueden sufrir impulsos. Así pues, entre otras posibilidades se mantiene en movimiento una membrana de caucho por medio de una corriente continua de aire, efectuando simultáneamente el aire un aumento de la porosidad. En otros casos se utiliza la aireación incidental, por ejemplo con la llamada pistola de aire, con la que se rompe el puente formado por medio de impulsos de aire liberados en el polvo.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

- Un tipo muy importante de medios auxiliares comprende los aparatos vibratorios. Con la vibración del polvo en la pared del silo o sobre el fondo del silo en el área que circunda la abertura puede promoverse la descarga. Así pues, entre otras posibilidades se hace vibrar un fondo o cono de salida móvilmente suspendido con respecto al resto del
- 25.

tanque por medio de un vibrador o motor excéntrico para impedir la formación del puente. Con frecuencia los llamados "batidores de tanques" y vibradores, incluyendo los vibradores ultrasonoros, se unen a la pared o al fondo del silo (frecuentemente el cono), entre otros fines para reducir la fricción de la pared.

Además, en una serie de casos, la descarga puede controlarse por medio de un cuerpo cónico en vibración o una retícula de tablillas en vibración dispuestos justamente sobre o en la abertura de salida. En ciertas ocasiones puede ser considerable el consumo de energía y el coste del aparato vibratorio utilizado en estos sistemas.

En empleo de vibraciones puede tener un efecto adverso cuando el contenido del silo se consolida o se compacta. Así pues, una reducción en la fricción de la pared da lugar a una presión de consolidación superior en la zona de fondo del silo con lo que se densifica adicionalmente el material circundante. Debido al aumento de las fuerzas resultantes entre las partículas el propio efecto puede hacer que la descarga resulte más difícil. Evidentemente el público re- cuela de someter los silos a vibraciones, ya que ello puede densificar su contenido (E.E.U.A. Handbook, 1963, Nº 15, pág. 11-93, en particular pág. 93). Naturalmente el riesgo de densificación aumentará a medida que sea más cohesivo el material.

Un método de descarga muy utilizado en la práctica para los polvos que no son cohesivos y polvos ligeramente cohesivos es el llanado de descarga neumática, en donde se airoa el material en el silo, fundamentalmente en la pared

o en el fondo entorno de solo la abertura de salida, de modo que adquiere localmente un estado fluidificado mas o menos homogéneo.

- El lugar y forma con que se efectúa la aireación puede variar en gran manera. En una serie de casos el aire se insufla en el silo durante el almacenamiento, cuando no se produce la descarga, con el único fin de mantener el material a granel en un estado suelto y evitar la consolidación en la zona de fondo del silo. En general la velocidad de la masa puede controlarse apropiadamente con la cantidad de gas suministrado a través de unidades de aireación en la parte de fondo del silo. En este método el polvo entorno de la abertura de salida tendrá una densidad de masa mas o menos constante que, para sustancias no cohesivas, será aproximadamente igual a la de mínima fluidificación. Esto favorece la descarga regular.
- 5.
- 10.
- 15.

- Sin embargo las posibilidades de descargar polvos cohesivos de escasa fluidez a partir de tanques o silos han estado hasta ahora bastante limitadas. Es bien sabido que para la apropiada descarga neumática el polvo implicado debe poderse fluidificar bastante facilmente (E.E.U.A. Handbook, 1963, Nº 15, pág. 11-93. en particular pág. 15). Hasta ahora el método ha resultado inapropiado para material fuertemente cohesivo, siendo tan grandes las fuerzas cohesivas entre las partículas que impiden la fluidificación del material. Con la modulación del aire con ondas acústicas (300-400 ciclos; véase, por ejemplo, S. Medcraft, Chemical and Process Engineering, Abril 1971, "Sonic activation of powders") antes de insuflarse en el polvo, pueden mejorarse las características
- 20.
- 25.

de flujo. En una serie de casos el método neumático ha resultado de este modo apropiado para material cohesivo.

- Además, es bien conocido, en los reactores, las características de fluidificación de un material en polvo puede mejorarse en principio por medio de vibraciones mecánicas, en cuyos casos, no obstante, se hace vibrar toda la columna. Los problemas que surgen luego cuando se aplica el sistema a gran escala han obstaculizado, en la práctica, el uso general.
- 5.
10. Ahora se ha descubierto, sorprendentemente que aún los materiales en polvo altamente cohesivos, tal como leche en polvo húmeda, que no puede extraerse de un silo o tanque de forma controlable, o insuficientemente controlable, mediante aireación o solo vibración, puede dosificarse, no obstante, a partir del silo o tanque con una velocidad de masa adecuadamente controlable y en estado totalmente activado, aplicando aireación y vibración simultáneamente a estos polvos en forma que se describirá con mayor detalle mas adelante.
- 15.
20. De conformidad con el presente invento se proporciona un método para dosificar a partir de un silo o tanque un material en polvo que no puede descargarse del tanque o silo a una velocidad de masa constante con medios neumáticos, que se caracteriza porque el material en polvo se airea y hace vibrar simultáneamente de forma local en un lugar no espaciado o en lugares sustancialmente no espaciados.
- 25.

El empleo del método de conformidad con este invento, en donde se aplica una combinación de aireación y vibración, se mejora considerablemente la fluidez de los pol-

- vos escasamente fluidos de modo que ha sido posible extraer material el polvo cohesivo de un tanque o silo a una velocidad de masa constante y regulable. De conformidad con el invento las características de fluidificación del material sobre el fondo se mejoran en gran manera de modo que el producto en dicha posición asume "propiedades de líquido".
- 5.

- Una característica esencial en el método de conformidad con el invento estriba en que la aireación y vibración combinada se efectúa en posiciones sustancialmente no espaciadas. De crucial importancia a este respecto es que las vibraciones que se propagan a través del polvo puedan alcanzar el lugar en donde se efectúa la aireación. Esta distancia está determinada naturalmente en parte por la naturaleza del material en polvo en cuestión y, por ejemplo, en el caso de leche en polvo no existirá una distancia superior a unos pocos centímetros. De preferencia el elemento de aireación que está en contacto con el material en polvo se someterá a vibración.
- 10.
- 15.

- La velocidad de masa es controlable con la cantidad de aire suministrado al fondo del silo y, a una extensión más limitada, con la intensidad de la vibración. Tan pronto como se detenga el suministro de aire o la vibración se interrumpe el flujo de salida. En el caso de sólidos muy cohesivos, tal como leche en polvo, esto se produce virtualmente de forma inmediata. En otros casos, por ejemplo harina de patata, el material puede seguir saliendo del silo durante algún tiempo.
- 20.
- 25.

En la práctica se encuentra que, con el método de conformidad con el invento, puede vaciarse un silo siempre de forma fácil y virtualmente por completo, mientras que se ac-

tiva por completo el contenido del silo ("flujo de masa"). En el caso de polvos menos cohesivos, que pueden extraerse también del silo utilizando solo aireación, se encuentra que pueden aumentar las cargas al tiempo que se mantiene la controlabilidad cuando se utiliza vibración.

5.

Las ventajas adicionales del método de conformidad con el invento son un menor riesgo de formación de puentes, una dosificación mas constante de masa y volumen y la evitación de apelmazamiento. Esto último puede ser de particular importancia cuando se dosifica el material en contenedores y recipientes de reactor.

10.

El invento se ilustra por medio de los ejemplos siguientes.

Ejemplo I

15.

En relación con la dosificabilidad a partir de un silo se llevó a cabo una prueba con leche en polvo secada, por pulverización con un contenido de humedad del 3% y un contenido de grasa del 26%.

20.

La prueba se llevó a cabo utilizando el aparato que se representa esquemáticamente en la figura 1 adjunta.

25.

En la figura 1 se representa un tanque de almacenamiento 1 para el material en polvo - en este ejemplo la leche en polvo antes referida - que se equipa con un colector de polvo 2 y un terminal 3 para conexión a una fuente de aire comprimido.

La referencia numérica 4 designa un silo que comprende un tubo cilindrico constituido por perspex (1,3 m de largo y 0,14 m de diámetro), y con un fondo 6 de una placa de acero inoxidable porosa con una abertura 7 ($d = 7$ mm).

La referencia numérica 5 designa el material en polvo.

- En la figura 2 el silo se representa esquemáticamente en sección transversal. En la construcción ilustrada en la figura 2 se hizo vibrar verticalmente la propia placa de distribución de gas 6. El conducto de flujo de salida 8 pasa a través de la cavidad de admisión de aire 9 de forma flexible y, salvando un recipiente colector 10 y una plataforma de posaje 11, se conecta a la plataforma vibratoria de un excitador electromagnético 26. De este modo la placa 6 puede hacerse vibrar a una frecuencia variable y amplitud variable.
10. La placa 6 se conecta de forma flexible a la pared del silo mediante encolado a una tira de caucho de neopreno 12, que a su vez se aprisiona entre bridas 13 de la pared del silo. El silo 4 se suspende de forma rígida y tan exento de vibración como sea posible. El diámetro del tubo de flujo de salida
15. ($d = 20 \text{ mm}$) se ha seleccionado considerablemente mayor que el diámetro de la abertura del flujo de salida 7, con el fin de que existe una ligera caída de presión a través del tubo. Las mediciones se efectuaron con un silo cerrado y altura del lecho variable. Después de cada experimento se volvió a llenar la columna. El aire se suministró a través de la válvula de bola 20, filtro de aire 21, regulador de presión 22, válvula de aguja 23 y, después de medirse la velocidad del flujo con un rotámetro 24, parcialmente al fondo de la columna, y se suministra de forma uniforme sobre el diámetro de la columna por
20. medio del fino filtro poral 6. Con el fin de evitar una disminución de la presión de aire en la cabeza de la columna durante la salida del polvo, de modo que tienda a quedar suspendido en la columna como consecuencia de la caída de presión
- 25.

- resultante, parte del aire se suministra a la cabeza a través de un conducto igualador de presión 14. La presión en la cabeza del lecho resulta de este modo igual a la presión por debajo del filtro, y se mide por medio de un manómetro lleno de agua 25. El aire abandona la columna exclusivamente a través de la abertura de salida 7. La corriente de masa de polvo se mide con la plataforma de pesado electrónico 11, conectada a una unidad de energía 32 y provista con regulación a acero 30. La cantidad de polvo descargado puede apreciarse o registrarse según se desee. Las vibraciones se analizan con un transductor captor de aceleración piezoeléctrico 38. La señal se amplifica y suministra a un voltímetro de tubo y osciloscopio, eventualmente después de integrarse una o dos veces en una unidad de amplificador-integrador de vibración 34 y luego a través del filtro 35. Una unidad de energía se indica con 33.

- Utilizando el equipo anterior las mediciones de la velocidad de masa se efectuaron invariablemente bajo condiciones tales con respecto a la intensidad de aireación y vibración combinada que resulta virtualmente uniforme el flujo de salida de la leche en polvo. Luego la velocidad de masa puede determinarse de forma razonablemente exacta a partir de la inclinación de la línea recta que se encuentra en el papel del registrador 31.

- En esta prueba la velocidad con que se vacío el silo modelo se determinó como una función de la cantidad total de aire suministrado a la columna. La frecuencia de las vibraciones, que se generaron con un generador RC 29 y se suministraron a través de un amplificador 28 y un amperímetro

tro 27 al excitador 26, se varió entre 30 y 100 ciclos, y la amplitud de la vibración se controló con la intensidad de corriente de entrada del excitador.

5. La tensión de entrada fue de 25 V. Cuando no existe polvo en la columna la placa de filtro vibra sinusoidalmente. Cuando la columna contiene polvo la vibración resulta compleja. Tan pronto como el polvo estableció contacto con la placa los componentes de frecuencia superior se superpusieron sobre el tono de masa, lo cual afectó al comportamiento del flujo. Las vibraciones demostraron ser más efectivas cuando fue mayor la desviación de la forma sinusoidal.

10. Las mediciones demostraron que en toda la gama de frecuencia examinada pudo realizarse un flujo de salida uniforme y controlable cuando la amplitud de la vibración se seleccionó lo suficientemente amplia.

15. En la figura 4 se traza la velocidad de masa del polvo a lo largo del eje vertical en kg/min. contra la velocidad del aire en l/min. La figura 4 muestra que la velocidad de masa del polvo aumenta regularmente con la velocidad total del aire. La controlabilidad con la frecuencia de generador y amplitud es mucho más limitada. Es cierto que la velocidad de masa disminuye cuando aminora la aceleración de la vibración, pero se vuelve irregular el flujo de salida. Resulto imposible determinar los puntos correspondientes que pueden estar considerablemente por debajo de la curva expuesta, de forma suficientemente fiable y, por consiguiente éstos no se representan en la figura 4.

20. La primera serie de mediciones demostró que puede realizarse un flujo de salida regular y adecuadamente contro-

- lable a través de la gama de velocidades de aire utilizadas cuando se selecciona la frecuencia de generador mas favorable, o sea entre 60 y 80 ciclos y en adición la intensidad de corriente de entrada es de por lo menos 1 amperio. Los niveles generales del valor máximo y del valor medio de la aceleración de vibración, medido con el voltímetro de tubo, son de 9 g y 5 g sobre la media. Ambos son bastantes susceptibles a la fluctuación. La amplitud asociada de la vibración fue inferior a 0,5 mm y la potencia que debía suministrarse al vibrador fue de aproximadamente 20 W. Con una velocidad de aire de 3 m³/h la velocidad del polvo descargado del silo (diámetro de la abertura de 7 mm) fue de aproximadamente 0,5 ton/h.

- Con frecuencias inferiores a 40 ciclos la salida del flujo fue mas irregular y el material a granel tendió a pegarse a las paredes.

Ejemplo II

- A diferencia del ejemplo I, en donde coinciden los puntos de aireación y vibración, en la prueba descrita en este ejemplo se utilizó un vibrador dispuesto de modo que no coincidieran los puntos de aireación y vibración. La parte de vibrador del equipo utilizado en esta prueba se representa en la figura 3. La placa de distribuidor 6 en este caso está fija y el diámetro 7 de la abertura de flujo de salida se ha aumentado hasta 12 mm. Dispuesto justo por encima de la placa de filtro se encuentra un miembro cruciforme 15 que comprende dos tubos a escuadra 16 interrelacionados. El miembro 15 vibra desde abajo por medio de una espiga vibradora 17 que pasa a través del conducto de flujo de salida 8,

cuya espiga se conecta al vibrador y tiene un diámetro externo de 6 mm.

5. Se apreció que solo cuando la cruz se dispuso menos de unos pocos centímetros sobre la placa de distribución de gas pudo ser vaciado el silo. La prueba se llevó a cabo utilizando una frecuencia de generador de 167 ciclos, con la que resonó el sistema de vibración. Aquí de nuevo la velocidad con que se vació el silo aumentó uniformemente con la cantidad total de aire suministrado a la columna (figura 5). En
10. las aceleraciones de vibración utilizadas no existió una salida de flujo regular con velocidades de aire inferiores a 5 l/min. Con velocidades de aire superiores la intensidad de corriente de entrada requerida del vibrador fue invariablemente menor a 1 Amp. La entrada de energía del vibrador estuvo comprendida entre 10 y 20 W. El valor máximo medido de la aceleración de vibración fue de 10 g, que es considerablemente superior que con la placa en vibración. La amplitud de la vibración fue invariablemente inferior a 1 mm.

Ejemplo III

20. Se efectuaron algunas mediciones de tanteo utilizando el equipo descrito en el ejemplo I y aplicando solo la aireación. Las mediciones se efectuaron con leche en polvo socada por pulverización (contenido de humedad del 3%, contenido de grasas del 26%) y con harina de patata (contenido de
25. humedad del 18%) caolín y p-toluensulfonamida.

Se apreció que los tres polvos cohesivos antes citados pudieron extraerse del silo en condición ligeramente consolidada utilizando solo aire. Esto no sucede en absoluto con la leche en polvo altamente cohesiva.

- En el alcance del método de conformidad con el presente invento son concebibles muchas otras realizaciones en donde pueda realizarse el principio de airoación y vibración local y simultánea del material en polvo cohesivo en lugares sustancialmente no espaciados. Así pues, el método puede llevarse a cabo utilizando un sistema en donde se utilicen unidades de airoación vibrantes, en forma de, por ejemplo, un sistema de tubos porosos, para insuflar aire en (por el fondo del) silo y en adición se disponga el producto en vibración en el mismo lugar. Haciendo girar uno o unos pocos conductos puede activarse la totalidad del contenido del silo aún cuando éste no tenga tolva de salida. Asimismo puede limitarse el equipo vibratorio requerido.
- 5.
- 10.

= . =

15.

REIVINDICACIONES

Descrito el objeto del presente invento se declaran nuevas y de propia invención las siguientes reivindicaciones, con prioridad de la solicitud Holandesa 7605400 del 20 de Mayo de 1976.

20.

1.- Perfeccionamientos en los sistemas de descarga de polvos cohesivos, especialmente para dosificar a partir de un silo o tanque un material en polvo que no pueda descargarse a partir de dicho tanque o silo a una velocidad de masa constante, caracterizados porque el material en polvo se airoa y se hace vibrar localmente y de forma simultánea en un lugar no espaciado o lugares sustancialmente no espaciados.

25.

2.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 1, caracterizados porque se hace vibrar un clo-

mento de aireación en contacto con el material en polvo.

3.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 1 o 2, caracterizados porque la velocidad de masa del polvo saliente se controla por medio de la velocidad del aire.

5.

4.- Perfeccionamientos en los sistemas de descarga de polvos cohesivos.

Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva que consta de 15 páginas foliadas y escritas a máquina por una sola de sus caras y acompañadas de los dibujos reglamentarios.

10.

Madrid, a 19 MAYO 1977

pa.

JAIME ISERN
p. p.

Firmado por JOSE F. NIETO

mpc.

76144. 2/0

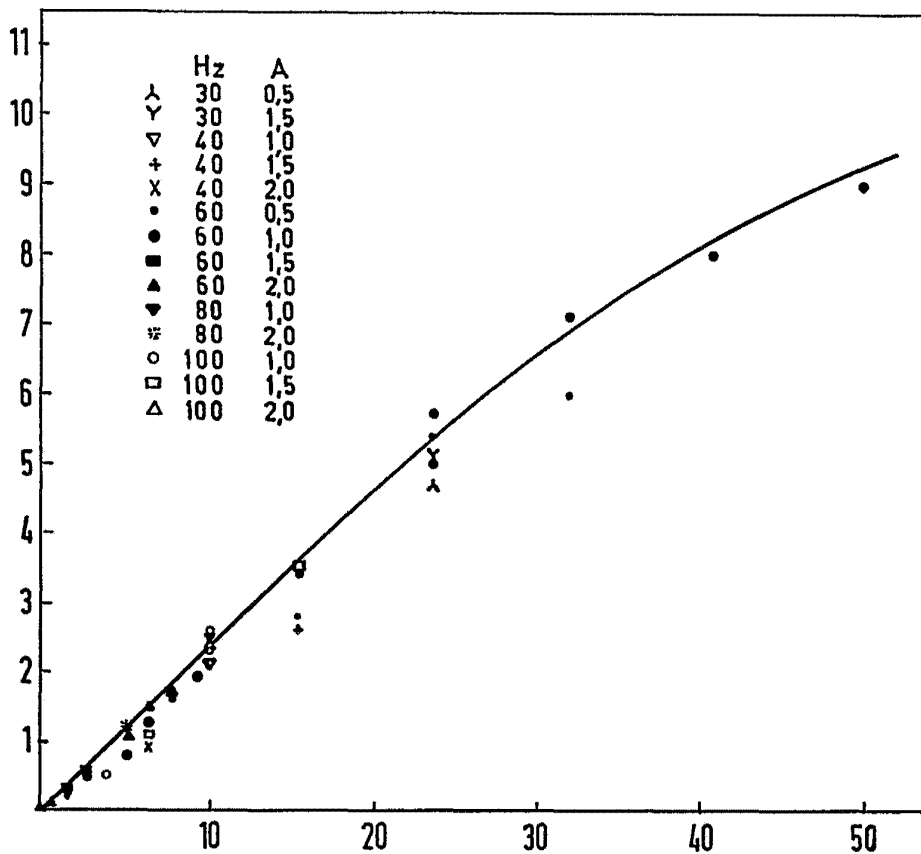


FIG. 4

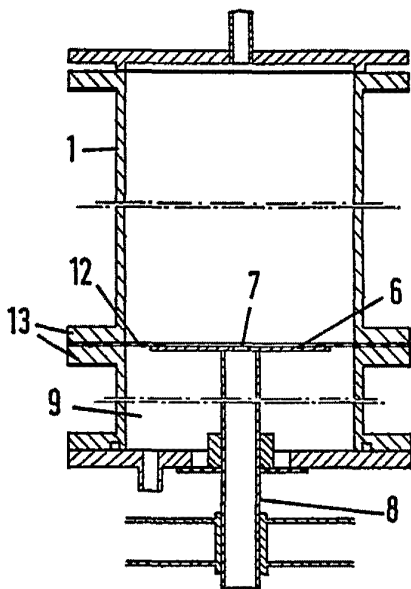


FIG. 2

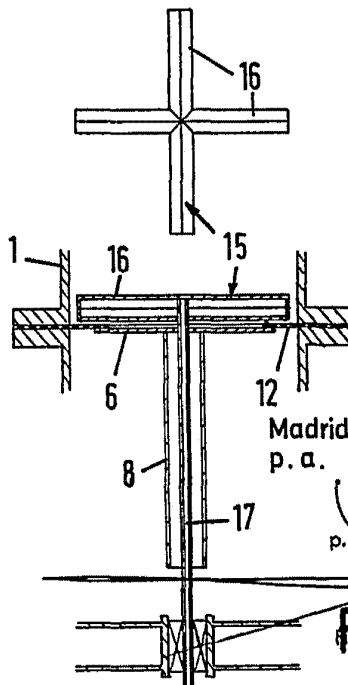


FIG. 3

Madrid, a 15 MAY. 1877
p. a.

JAIME ISERN
p. p.

Impreso en E. NIETO

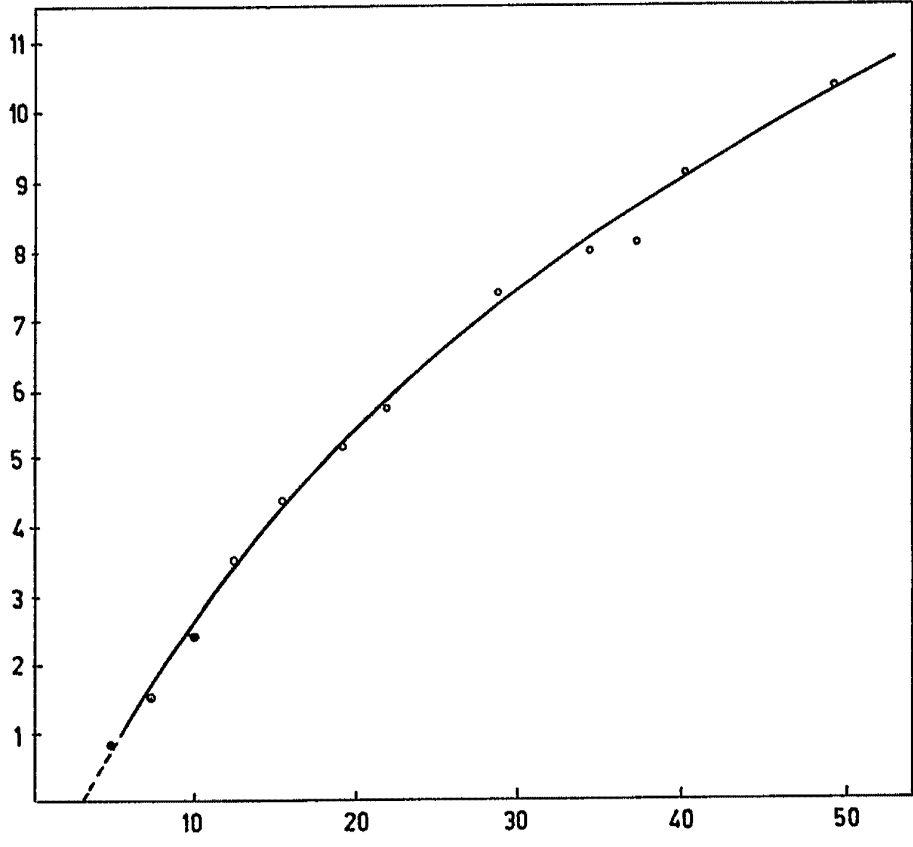


FIG. 5

Madrid, a 13 JUN 1977
p. a.

J A I M E I S E R N
p. p.

Firmado: JOSE F. NIETO