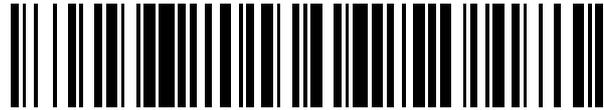


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 555 464**

51 Int. Cl.:

C22B 1/24 (2006.01)

C22B 1/243 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2012 E 12772706 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2753719**

54 Título: **Aplicación de nanotubos de carbono sobre aglomerados de partículas finas de mena de mineral para aumentar la resistencia mecánica**

30 Prioridad:

08.09.2011 US 201161532420 P

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

04.01.2016

73 Titular/es:

**VALE S.A. (100.0%)
Avenida Graça Aranha 26 - Centro
20030-000 Rio de Janeiro - RJ, BR**

72 Inventor/es:

**DUTRA, FLÁVIO DE CASTRO;
PIMIENTA, HAMILTON PORTO;
DE RESENDE, VALDIRENE GONZAGA y
DE MELO BORGES, ALOÍSIO ANTÔNIO**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 555 464 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

Aplicación de nanotubos de carbono sobre aglomerados de partículas finas de mena de mineral para aumentar la resistencia mecánica

5 **[0001]** La presente invención se refiere a la aplicación de nanotubos de carbono sobre aglomerados de partículas finas de mena de mineral para aumentar su resistencia mecánica. La presente invención también se refiere a un procedimiento para la preparación de aglomerados de mena mineral que tienen una mayor resistencia mecánica y a un producto aglomerado que tiene nanotubos de carbono.

10 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

15 **[0002]** Hoy en día, la nanotecnología abarca varias áreas de investigación, sobre todo ingeniería, química, física y biología. Diversos productos innovadores basados en la escala nanométrica ya se comercializan en el mercado mundial. La tecnología de los nanotubos de carbono es actualmente uno de los temas más candentes investigados por muchos equipos de investigación en el mundo debido a sus excelentes propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas. Estas propiedades especiales se deben a la combinación de la dimensión y la estructura de los nanotubos. Son estructuras cristalinas que tienen una geometría cilíndrica con un diámetro nanométrico compuestas únicamente por átomos de carbono. Las posibilidades de uso de los nanotubos de carbono son innumerables, y las aplicaciones que se exploran principalmente hoy en día están relacionadas con el refuerzo de materiales. En base a este escenario de posibilidades, la presente invención se refiere a la aplicación de nanotubos de carbono con el objetivo de aumentar la resistencia mecánica de productos aglomerados.

20 **[0003]** La resistencia física de los productos aglomerados de mena de mineral es uno de los principales requisitos de calidad de los reactores metalúrgicos y tiene un impacto directo en la productividad y los costes del proceso. La tecnología de los nanotubos de carbono abre una amplia gama de posibilidades de aplicación en las rutas de aglomeración de las partículas finas de mena de mineral, trabajando como una red de material compuesto que proporciona a los productos aglomerados, entre otras características, una alta resistencia mecánica.

25 **[0004]** El estado de la técnica presenta varias tecnologías de aglomeración en frío de menas de minerales. Estas tecnologías se basan en la aglomeración de partículas finas de menas de minerales utilizando agentes aglutinantes, tales como cemento, mortero, aglutinantes orgánicos y residuos carbonatados. Asociados a estos agentes aglutinantes, están presentes varios aditivos para acelerar el curado aglomerado y mejorar sus propiedades físicas. Varias patentes muestran la tecnología de aglomeración para residuos industriales aplicada en la fabricación de acero y la industria metalúrgica utilizando, entre otros aditivos, silicato de sodio líquido. Sin embargo, no se ha descrito la aplicación de nanotubos de carbono como refuerzo para la matriz de silicato con el objetivo de aumentar la resistencia mecánica de los productos aglomerados.

30 **[0005]** El documento US2002152839 describe cuerpos conformados que contienen materiales de hierro en partículas, tales como gránulos moldeados, briquetas y similares, con resistencia suficiente para soportar temperaturas de hasta al menos 1000°C. Se pueden obtener usando un cemento con alúmina elevada completamente hidratado como aglutinante. La fuerza de los gránulos a temperaturas elevadas puede elevarse aún más mediante la adición de pequeñas cantidades de bentonita, humo de sílice u otros materiales de cementación complementarios adecuados, y súper plastificante.

35 **[0006]** El documento US2005061207 describe gránulos unidos en frío autoreductores que comprenden concentrado de mena de hierro, agente reductor carbonoso, y clinker de cemento Portland finamente dividido con requisitos especiales como aglutinante. Los componentes se combinan entre sí para formar una mezcla. Los gránulos se producen cuando la mezcla se coloca en un disco de apelsonamiento o tambor giratorio y se añade agua.

40 **[0007]** La presente invención minimiza algunos de los problemas en la producción de aglomerados, tales como: la necesidad de adición elevada de agentes aglutinantes; baja resistencia mecánica de los aglomerados producidos por vías frías; alta generación de partículas finas mediante el transporte y la manipulación; alta generación de partículas finas mediante choque térmico; y contaminación por elementos indeseables derivados de ciertos agentes aglutinantes. La presente invención minimiza la necesidad de dosificar distintos tipos de agentes aglutinantes, no añade ningún contaminante nuevo (excepto el carbono que se considera que beneficia el aglomerado), aumenta significativamente la resistencia mecánica del aglomerado, reduce la generación de partículas finas mediante el transporte y la manipulación, y permite el uso de este producto en reactores que necesitan una carga con alta resistencia.

45 **[0008]** La siguiente tabla compara la presente invención con la ruta tecnología convencional, destacando las principales diferencias:

Tecnologías convencionales	Presente invención
Baja resistencia mecánica	Curado rápido con secado entre 150 y 200°C
Composición con diversos agentes aglutinantes	Sólo uno o dos agentes aglutinantes

Procesos con mayor coste energético	Proceso con menor coste energético
Coste elevado de los agentes aglutinantes	Coste moderado
Agentes aglutinantes con diversos contaminantes (residuos)	Sólo SiO ₂ , Na ₂ O y C
Baja resistencia si está en contacto con agua	Resistencia moderada en el caso de contacto con el agua
Baja resistencia mecánica a temperaturas elevadas	Alta resistencia mecánica a alta temperatura
No hay evidencias de tecnología que utilice el 100% de la alimentación con gránulos sin molienda	Producto producido a partir del 100% de alimentación con gránulos naturales (sin proceso de molienda) o con molienda (cuando se desee)

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

5 **[0009]** La presente invención se describirá con más detalles en base a los dibujos siguientes. Las figuras muestran:
 La figura 1 muestra la relación entre la cantidad de nanotubos de carbono (con relación a la cantidad de agente aglutinante) y la resistencia a la compresión del producto aglomerado;
 la figura 2a muestra la resistencia mecánica de una primera realización de gránulos secados;
 la figura 2b muestra el aumento de la resistencia a la compresión/mecánica relacionada con los nanotubos de carbono utilizados en la preparación de muestras de la primera realización;
 10 la figura 3a muestra la resistencia mecánica de una segunda realización de los gránulos secados;
 la figura 3b muestra el aumento de la resistencia a la compresión/mecánica relacionada con los nanotubos de carbono utilizados en la preparación de muestras de una segunda realización;
 la figura 4 muestra la resistencia mecánica de los gránulos húmedos en comparación con los secados;

15 **OBJETIVOS DE LA INVENCION**

[0010] La presente invención se refiere a la aplicación de nanotubos de carbono sobre aglomerados de partículas finas de menas de mineral para aumentar la resistencia mecánica, que comprende:
 20 dispersar nanotubos de carbono en una matriz mediante mezclado mecánico o utilizando un procesador de ultrasonidos;
 llevar a cabo un mezclado mecánico con la mena de mineral; y
 aglomerar.

[0011] Además, la presente invención se refiere a un procedimiento para la preparación de aglomerados de mena de mineral que tienen una alta resistencia mecánica, que comprende:
 25 dispersión de nanotubos de carbono en una matriz;
 preparación de la mezcla (adición del agente aglutinante a otros constituyentes de la mezcla);
 granulación o briquetado o extrusión;
 cribado de los gránulos/briquetas;
 30 secado; y
 cribado.

[0012] Además, la presente invención se refiere a un producto aglomerado que comprende partículas finas de mena de mineral, una matriz que comprende agente aglutinante y nanotubos de carbono y, cuando sea necesario, otros aditivos.
 35

[0013] Además, la presente invención se refiere a una utilización de nanotubos de carbono para aglomerar partículas finas de menas de mineral con el fin de aumentar la resistencia mecánica de las mismas. Además, las partículas finas de las menas de mineral se pueden seleccionar de partículas finas de menas de hierro, partículas finas de menas de níquel, partículas finas de menas de manganeso y mezclas de las mismas.
 40

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0014] El estudio que condujo a la presente invención se compone de cinco etapas:
 45 (i) dispersión de nanotubos de carbono en una matriz (agente aglutinante);
 (ii) preparación de mezclas entre dichos nanotubos de carbono y materias primas para la producción de productos aglomerados;
 (iii) medición de la resistencia de dichos productos aglomerados;
 (iv) caracterización de dichos productos aglomerados mediante técnicas convencionales de caracterización de materiales; y
 50 (v) evaluación del rendimiento de dichos productos aglomerados en procesos de granulación, sinterización y reducción.

[0015] En una primera etapa, los nanotubos de carbono se dispersaron en una matriz (agente aglutinante) mediante mezclado mecánico o la utilización de un procesador de ultrasonidos. Después de la dispersión, se realizó una
 55

mezcla mecánica con mena de mineral y seguido por aglomeración. Los nanotubos de carbono se añaden en una cantidad que varía hasta el 5%.

[0016] Los nanotubos de carbono se pueden preparar mediante cualquier técnica ya conocida para este propósito.

[0017] Los productos desarrollados son aglomerados de menas de hierro, níquel y/o manganeso que contienen (o no) carbón, partículas finas de coque, coque de petróleo, piedra caliza, diversos residuos y aglutinantes. Estos productos se producen mediante los procesos de granulación (producto: gránulo) o briqueteado (producto: briqueta) utilizando una alimentación de gránulos naturales y/o molidos de menas de hierro y/o manganeso y/o níquel sin la necesidad de curado a altas temperaturas.

[0018] La metodología para preparar los aglomerados utiliza preferiblemente silicato de sodio líquido (relación molar de $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ de 2,15 a 3,90) como el agente aglutinante principal. Se calienta hasta una temperatura alrededor de 60°C y a continuación se añade a la mezcla. El silicato sólido líquido se añade a las mezclas de menas de partículas finas y agentes de flujo en contenidos entre 1,5 y 4,5%. Preferiblemente, los nanotubos de carbono se incorporan en el silicato en proporciones que pueden variar hasta un 5%. La dispersión de los nanotubos de carbono se puede realizar mediante mezclados mecánicos o mediante la utilización de equipos de procesadores de ultrasonidos.

[0019] Después de la dispersión de los nanotubos de carbono en la matriz (siendo el agente aglutinante silicato de sodio), todos los demás constituyentes opcionales son sometidos al proceso de mezclado, seguido de la granulación en discos/tambores o briqueteado. Los productos obtenidos, es decir, gránulos y briquetas, se criban y son sometidos a un proceso de secado a temperaturas entre 150 y 200°C. Los productos muestran una alta resistencia mecánica en condiciones en seco o de alta humedad en comparación con productos que no contienen nanotubos de carbono.

[0020] Se puede comprobar en la figura 1, el aumento de la resistencia de un producto aglomerado de curado en frío en el que se añadieron pequeñas cantidades de nanotubos de carbono. Se observó, y se demuestra en la figura antes mencionada, que la aplicación del 0,01% de nanotubos de carbono (en relación con la cantidad de agente aglutinante) en una mezcla de mena de mineral y agente aglutinante aumentaba la resistencia a la compresión del aglomerado en más de un 50% en comparación con la muestra de referencia, es decir, sin la presencia de nanotubos.

[0021] Opcionalmente, se pueden aplicar otros aditivos, tales como almidón de mandioca y de maíz, así como microsílíce (residuo retenido en los filtros para el polvo utilizados en la producción de silicio metálico) en combinación con el agente aglutinante para mejorar la calidad del producto. El almidón de mandioca/maíz se puede utilizar en la proporción entre 0,5 y 1,0%, mejorando la resistencia y la generación de partículas finas por abrasión del producto. La microsílíce se puede combinar con silicato de sodio o puede ser el único agente aglutinante en concentraciones dentro del intervalo de 0,3% - 1,0% sin deteriorar la resistencia mecánica del producto.

[0022] La ruta tecnológica para la preparación de estos productos requiere las siguientes operaciones unitarias:

1. Dispersión de nanotubos de carbono en una matriz (agente aglutinante);
2. Preparación de una mezcla: adición del agente aglutinante a otros constituyentes de la mezcla;
3. Granulación mediante disco (o tambor) o briqueteado;
4. Cribado de los gránulos/briquetas;
5. Secado en horno de cinta transportadora entre una temperatura que varía de 150°C a 200°C;
6. Cribado.

[0023] La aplicación de la presente invención es bastante amplia, ya que permite la producción de aglomerados de alimentación de gránulos y residuos de menas de hierro, manganeso y níquel con cualidades físicas y metalúrgicas capaces de ser utilizada en los procesos de aglomeración (sinterización y granulación) y reducción (altos hornos, reactores de reducción directa, etc.). Por lo tanto, la presente invención se puede aplicar en la industria de la minería y la fabricación de acero.

[0024] La posibilidad de producir aglomerados mediante una ruta en frío que realiza la aglomeración de la alimentación de gránulos con una buena calidad química podría ser una importante alternativa capaz de promover beneficios comerciales y estratégicos, tales como:

- (i) corregir la alimentación de sinterización de menor coste, que carece de cualidades físicas y químicas;
- (ii) permitir la acción sobre la separación de minas (alimentación de sinterizado/alimentación de gránulos);
- (iii) atender la demanda de alimentación de sinterizado; que actualmente se encuentra sin suministro; y
- (iv) generar principalmente un mercado para más alimentación de gránulos, que se encuentran sin demanda, además de promover la producción de gránulos y briquetas autoreductoras con alta resistencia a la compresión a altas temperaturas capaces de ser utilizados en reactores de reducción.

Pruebas

[0025] A efectos de confirmar el aumento de la resistencia mecánica (o resistencia a la compresión) de los aglomerados mediante la adición de nanotubos de carbono, se realizaron algunas pruebas/ensayos tal como se describen a continuación

5 *Evaluación de la adición de los nanotubos de carbono en silicato de sodio alcalino - Prueba 01.*

[0026] La propiedad en cuestión es el aumento de la resistencia mecánica.

[0027] La formulación analizada es:

10

Componente	Masa (%)
Alimentación de gránulos	46,8%
Coque de petróleo	12,1%
Pieza caliza	6,8%
Silicato de sodio (SiO ₂ /Na ₂ O = 2,15)	3,0%
Almidón	1,5%
Aglutinante orgánico	0,2%
Partículas finas < 5 mm	30,0%

Cantidad de nanotubo de carbono en relación a silicato de sodio (%)	Muestra
0	Referencia
0,05	005N
0,1	01N
0,25	025N
0,5	05N
1	1N

15 [0028] Los nanotubos de carbono se dispersaron en silicato de sodio mediante un procesador de ultrasonidos con 55% de amplitud utilizando una sonda sólida durante 20 a 40 minutos, en intervalos de 5 minutos.

[0029] Después de eso, esta dispersión se mezcló en un mezclador *Eirich* durante 2 minutos en seco y 2 minutos más con agua y aglutinantes. A continuación, se obtuvieron las briquetas.

20 [0030] Después del briqueteado, se determinó el contenido de buenas briquetas. La humedad de dichas briquetas también se determinó mediante el secado de 10 briquetas a una temperatura de 110°C durante una hora.

25 [0031] El resistencia mecánica (a la compresión) se determinó mediante el sometimiento de treinta briquetas verdes a cargas de compresión usando un equipo de prueba de compresión. La prueba de resistencia a la compresión se llevó a cabo teniendo en cuenta la dimensión más pequeña de la briqueta.

[0032] Se llevó a cabo otra prueba de resistencia a la compresión en briquetas curadas a temperatura ambiente durante siete días.

30 [0033] El 50% de las briquetas buenas se secaron/curaron en un horno a una temperatura de 150°C hasta conseguir una humedad inferior al 1%. A continuación, se analizaron 30 briquetas en una prensa de Kratos.

35 [0034] Se llevó a cabo otra prueba de resistencia a la compresión después de un ensayo en un horno radiante a 1250°C en una atmósfera de N₂. Los fragmentos generados después de estas pruebas se analizaron para obtener el grado de metalización.

[0035] En la tabla a continuación se puede observar que el aumento de la resistencia a la compresión se confirmó usando nanotubos de carbono y silicato de sodio como agente aglutinante:

		Referencia	005N	01N	025N	05N	1N
Briquetas verdes	% briquetas buenas	96,5	73,2	74,7	90,1	86,1	85,5
	Humedad (%)	9,0	9,4	9,7	8,5	8,8	8,8
	Resistencia a la compresión de las verdes (Kgf)	4,1	4,8	5,4	5,5	5,7	5,2
	Densidad en masa (g/cm ³)	2,4	2,2	2,1	2,3	2,1	2,4
Briquetas secadas/curadas	Humedad (%)	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
	Resistencia a la compresión de las secadas (Kgf)	53,8	51,3	52,7	76,6	83,7	72,1

[0036] Es posible concluir que la adición de 0,25%/0,5% de nanotubos de carbono en silicato de sodio causó el aumento de la resistencia a la compresión del 42 y 56%, respectivamente. Este aumento se puede convertir en la reducción de la dosis de aglutinante y por consiguiente en la reducción de los costes de aglomerados.

Evaluación de la adición de nanotubos de carbono en silicato de sodio alcalino - prueba 02

[0037] Se analizaron dos formulaciones utilizando diferentes tipos de agentes aglutinantes y diferentes procedimientos para preparar las mezclas de agentes aglutinantes con nanotubos de carbono.

Formulación A

[0038]

Agentes aglutinantes	Nanotubos de carbono (%)	Detalles del mezclado	Muestras
4% de silicato (con respecto a la base seca del material) Silicato de sodio (SiO ₂ /Na ₂ O = 2,15)	0	Los nanotubos de carbono se dispersaron en silicato utilizando un procesador de ultrasonidos	Referencia
	0,1		01N
	0,25		025N
	0,5		05N
	1,0		1N

Formulación B

[0039]

Agentes aglutinantes	Nanotubos de carbono (%)	Detalles del mezclado	Muestras
4% de silicato + 1% de almidón (con respecto a la base seca del material) Silicato de sodio (SiO ₂ /Na ₂ O = 2,15)	0	Los nanotubos de carbono se dispersaron en silicato utilizando un procesador de ultrasonidos	Referencia
	0,1		025N
	0,25		05N
	0,5		1N

[0040] Después de preparar dichas mezclas, las muestras se sometieron a una etapa de granulación que da lugar a gránulos con un diámetro medio de 10 a 12 mm o minigránulos con un diámetro inferior a 6 mm. A continuación, se secaron las muestras.

[0041] Las muestras se sometieron a caracterización física a través de la prueba de abrasión, la resistencia a la compresión de gránulos secos y húmedos utilizando la prensa Kratos y resistencia a la compresión a altas temperaturas utilizando un horno radiante.

[0042] Las pruebas de resistencia a la compresión de gránulos secos muestran que las muestras de la formulación A mostraron un aumento de la resistencia de hasta el 52% (con 0,1% de nanotubos) tal como se muestra en las figuras 2a y 2b.

[0043] Las pruebas de resistencia a la compresión de gránulos secos muestran que las muestras de la formulación B mostraron un aumento de la resistencia de hasta el 63% tal como se muestra en las figuras 3a y 3b.

[0044] En la siguiente etapa de esta prueba, se sumergieron cinco gránulos de cada muestra en agua durante cinco minutos. Inmediatamente después de esto, las muestras se sometieron a una prueba de resistencia a la compresión. Los resultados se ilustran en la figura 4. Se puede observar en la figura 4 que el resultado de la resistencia a la compresión lograda con gránulos húmedos es menor en comparación con los gránulos secos, sin embargo, la resistencia mecánica sigue siendo alta.

Evaluación de la adición de nanotubos de carbono en silicato de sodio alcalino - prueba 03

[0045] Se analizaron dos formulaciones para preparar gránulos de mena de hierro utilizando diferentes cantidades de nanotubos de carbono.

Componente	Formulación A
Mena de hierro	200 kg
Microsílice	0,7%
Almidón pregelatinizado	1,5%
Piedra caliza	0,96%

Silicato de sodio ($\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 2,40$)	3%
---	----

Cantidad de nanotubo de carbono en relación al contenido de aglutinante de silicato (%)	Muestras de formulación A
0	Referencia
0,1	010N
0,2	02N
0,35	035N
0,5	05N

Componente	Formulación A
Mena de hierro	200 kg
Bentonita	0,4%
Silicato de sodio ($\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 2,40$)	0,4%

5

Cantidad de nanotubo de carbono en relación al contenido de aglutinante de silicato (%)	Muestras de formulación B
0	Referencia
0,15	015N
0,35	035N

10 [0046] Los nanotubos de carbono se añadieron al silicato de sodio, en el que se dispersaron a través de un procesador de ultrasonidos con 55% de amplitud y con una sonda sólida durante 20-40 min, a intervalos de 5 minutos. El silicato de sodio utilizado tiene una relación molar de $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 2,40$.

15 [0047] Después de esto, esta dispersión se mezcló en un mezclador *Eirich* durante 2 minutos en seco y 2 minutos más con agua y aglutinantes. A continuación, se produjeron los gránulos en el disco de granulación, se tamizaron y se secaron en el horno durante dos horas a 120°C. Después del secado, se determinó la resistencia a la compresión en una prensa de Kratos.

[0048] Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión relacionados con la formulación A se muestran en la siguiente tabla:

Muestras de formulación A	Resistencia a la compresión (daN/p)	Incremento de la resistencia (%)
Referencia	46	0
010N	42,6	-7,2
02N	35,3	-23,2
035N	91,3	98,7
05N	83	80,6

20

[0049] Se puede verificar que los mejores resultados se lograron utilizando concentraciones más altas de nanotubos de carbono. Este aumento se puede convertir en la reducción de la dosis de aglutinantes y por consiguiente en la reducción de los costes de aglomerados.

25

REIVINDICACIONES

1. Aplicación de nanotubos de carbono sobre aglomerados de partículas finas de mena de mineral para aumentar la resistencia mecánica, que comprende:
- 5 dispersar nanotubos de carbono en una matriz mediante mezclado mecánico o utilizando un procesador de ultrasonidos;
llevar a cabo un mezclado mecánico con la mena de mineral; y
aglomerar.
- 10 2. Procedimiento para la preparación de aglomerados de mena de mineral que tiene una resistencia mecánica elevada, que comprende:
dispersión de nanotubos de carbono en una matriz;
preparación de dicha mezcla;
granulación o briquetado o extrusión;
- 15 cribado de los gránulos/briquetas;
secado; y
cribado.
- 20 3. Procedimiento, según la reivindicación 2, en el que la matriz comprende al menos un agente aglutinante.
4. Procedimiento, según la reivindicación 3, en el que el agente aglutinante es silicato de sodio líquido.
5. Procedimiento, según la reivindicación 2, en el que la dispersión de los nanotubos de carbono se lleva a cabo mediante mezclados mecánicos o utilizando un equipo de procesadores de ultrasonidos, la granulación se lleva a
- 25 cabo mediante disco o tambor, y el secado se realiza en un horno de cinta transportadora entre temperaturas alrededor de 150 a 200°C.
6. Procedimiento, según la reivindicación 2, en el que los nanotubos de carbono se incorporan en el silicato en proporciones que pueden variar hasta el 5%.
- 30 7. Procedimiento, según la reivindicación 3, en el que la matriz comprende aditivos, tales como almidón de mandioca y maíz y microsílíce.
8. Producto aglomerado que comprende partículas finas de mena de mineral, un agente aglutinante y nanotubos de
- 35 carbono.
9. Utilización de nanotubos de carbono para aglomerar partículas finas de mena de mineral con el objetivo de aumentar la resistencia mecánica de las mismas.
- 40 10. Utilización, según la reivindicación 9, en la que las partículas finas de mena de mineral se seleccionan entre partículas finas de menas de hierro, partículas finas de menas de níquel, partículas finas de menas de manganeso y mezclas de las mismas.

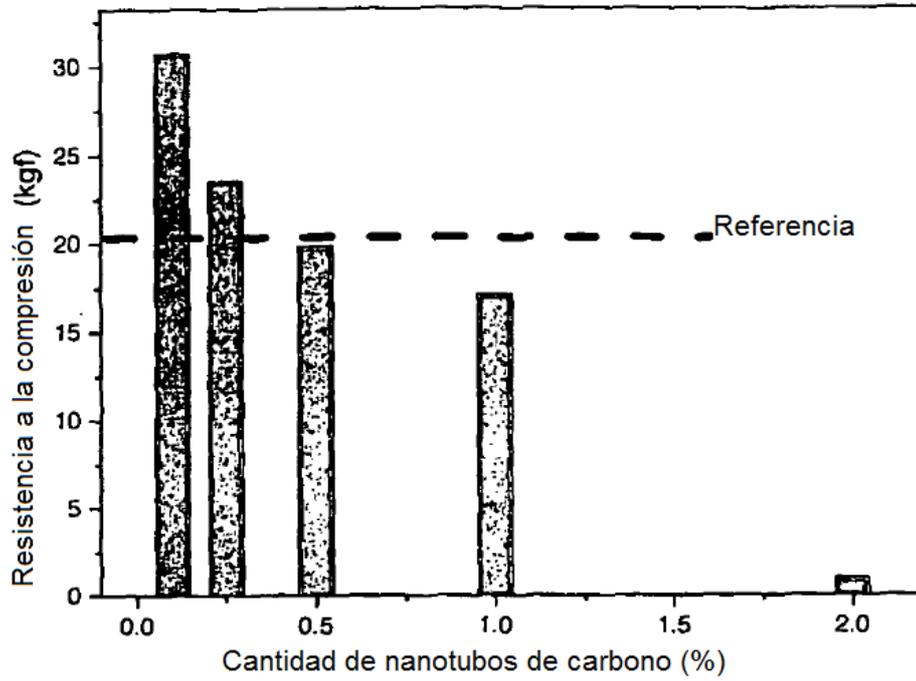


Figura 1

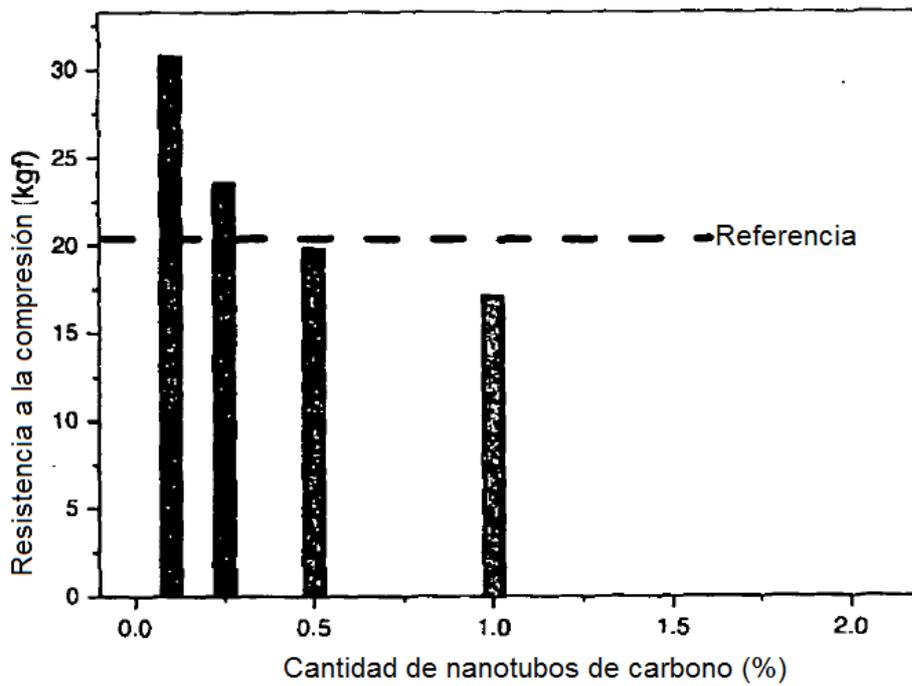


Figura 2a

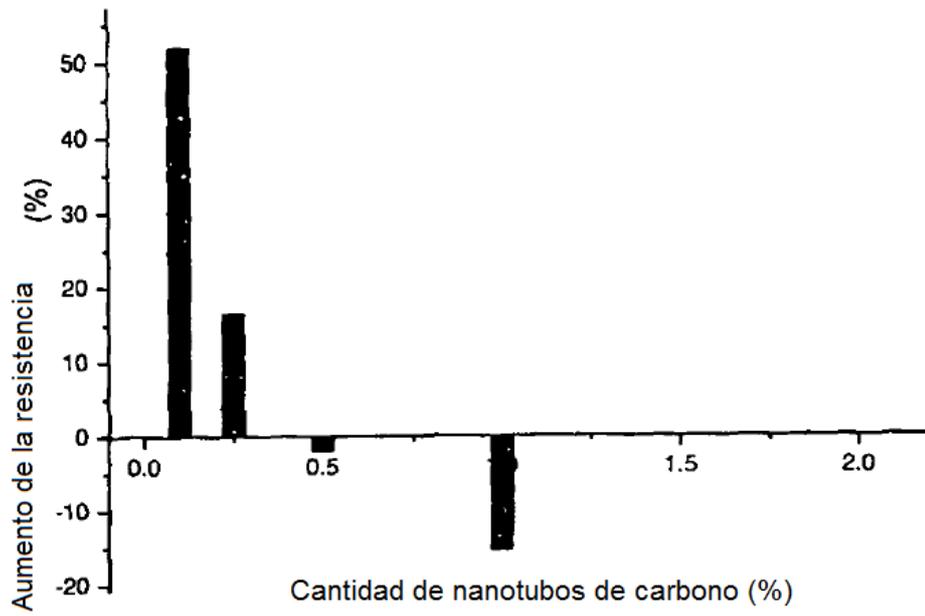


Figura 2b

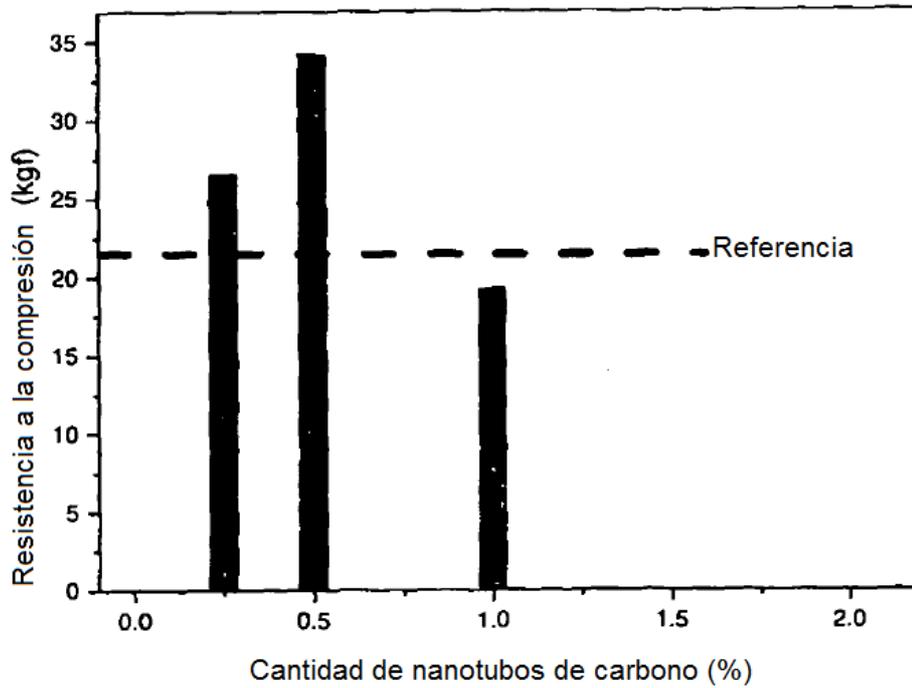


Figura 3a

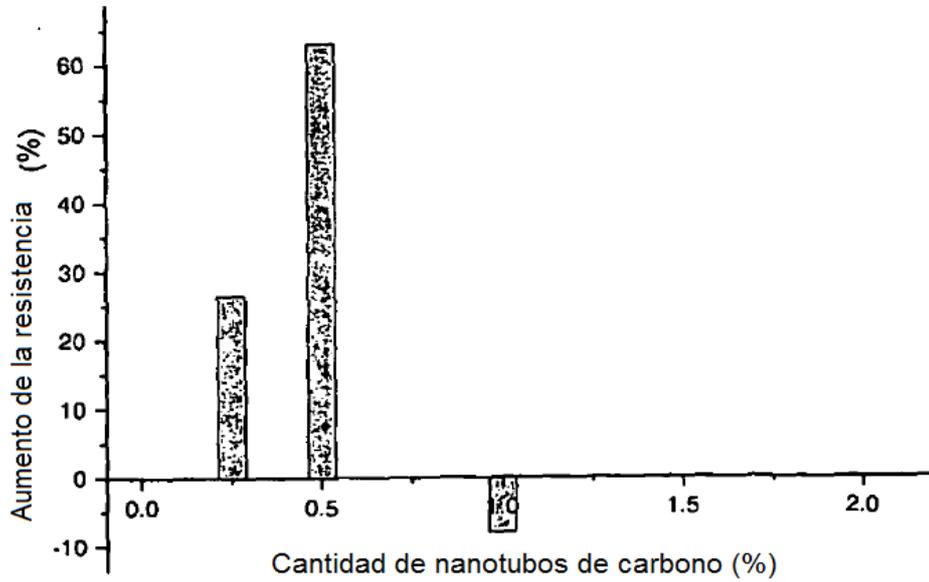


Figura 3b

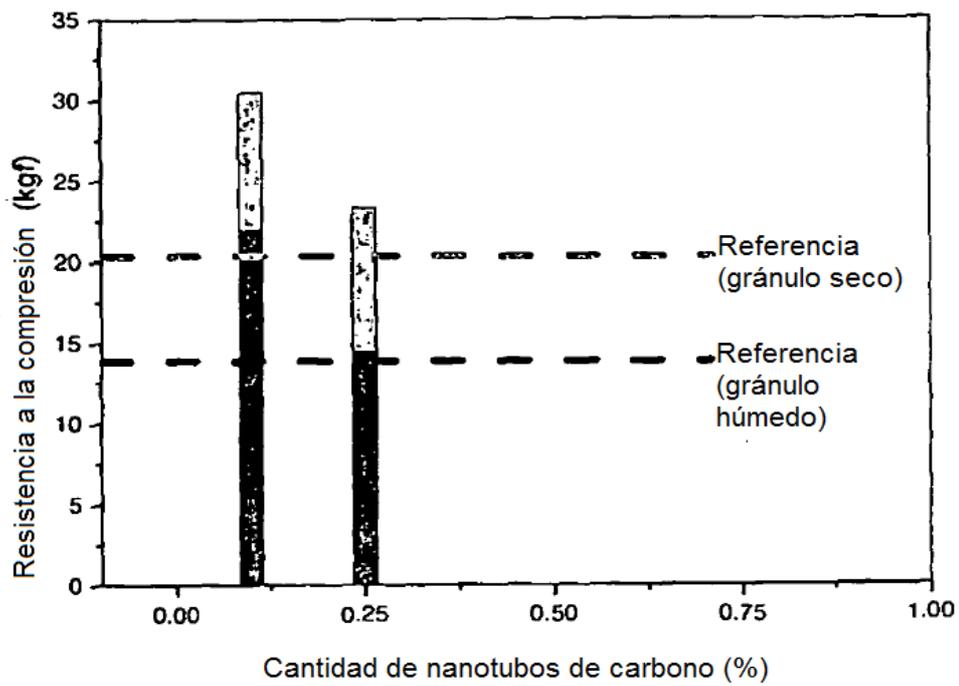


Figura 4