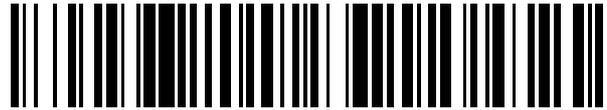


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 696**

51 Int. Cl.:

**C22B 1/242** (2006.01)

**C21C 5/54** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2005 E 05253382 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.10.2014 EP 1659190**

54 Título: **Una composición de acondicionador de escoria y procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

**17.11.2004 US 990678**

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

**14.01.2015**

73 Titular/es:

**ISM INC. (100.0%)  
115 VIP DRIVE SUITE 210  
WEXFORD PA 15090, US**

72 Inventor/es:

**STEIN, JOSEPH L.;  
STEIN, BRIAN J.;  
BEATTY, JOHN y  
BOGAN, ROBERT S.**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 526 696 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

Una composición de acondicionador de escoria y procedimiento para su fabricación

5 La presente invención se refiere a una composición útil para la fabricación de acero, y más particularmente a una composición de acondicionador de escoria, un método para producir dicho acondicionador de escoria y un método de fabricación de acero que incluye acero inoxidable, en un horno eléctrico utilizando dicho acondicionador de escoria.

El documento KR 2003-0053401, describe un material de revestimiento para un convertidor de fabricación de acero, en donde el material de revestimiento se fabrica con polvo de óxido de magnesio calcinado ligero, carbón antracita y material aglutinante y tiene la forma de pellet o briqueta.

10 **Campo de la invención**

15 Antes de 1960, se utilizaba comúnmente ladrillo de sílice en forros refractarios de hornos para fabricar acero, tales como los hornos de solera abierta o los eléctricos. La escoria producida en el procedimiento de fabricación de acero tenía un alto contenido de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), comúnmente conocido como sílice. La escoria era ácida para lograr compatibilidad química con el ladrillo de sílice del forro refractario y asegurar una vida útil razonable del forro. La exigencia de mejorar la calidad y aumentar la producción de acero al inicio de los años sesenta, dio lugar a un incremento de las temperaturas de funcionamiento de los hornos más allá de los límites razonables con respecto a la temperatura de funcionamiento del ladrillo de sílice en el forro refractario y, por tanto, se redujo la vida útil del forro refractario.

20 Los forros de sílice químicamente ácidos, en hornos de fabricación de acero de solera abierta o eléctricos fueron reemplazados por forros químicamente básicos, fabricados a partir de materiales basados en óxido de magnesio,  $\text{MgO}$ , y óxido de calcio,  $\text{CaO}$ . Los forros estaban principalmente en forma de ladrillos, morteros y otras formas granulares de materiales de mantenimiento. Incluso los nuevos hornos Linz-Donawitz o de oxígeno básico de finales de los años cincuenta, comenzaron a producir acero en hornos con forros básicos de  $\text{MgO}$  y  $\text{CaO}$ . Los materiales de forro de temperatura superior y químicamente básicos, se componían de dolomita calcinada y/o magnesita sinterizada, en las que el principal compuesto es óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) con algún nivel de impurezas naturales. El símbolo químico  $\text{MgO}$  como se utiliza en la presente memoria, se refiere a productos recuperados tras calcinar el mineral de magnesita natural en un horno, un producto denominado magnesita calcinada ligera que debe su nombre al procedimiento común de calcinar el mineral a una temperatura de aproximadamente  $1.093^\circ\text{C}$  ( $2.000^\circ\text{F}$ ) durante un período deseado de tiempo y un segundo producto llamado magnesita sinterizada que debe su nombre al procedimiento común de calcinar el mineral a una temperatura de aproximadamente  $1.649^\circ\text{C}$  ( $3.000^\circ\text{F}$ ) durante un período deseado de tiempo. El compuesto de  $\text{MgO}$  tras sinterizarlo desarrolla un cristal observable, periclasa, que es químicamente resistente a la escoria de horno que contiene ( $\text{CaO}$ ) con alto contenido en cal. También fue útil el mineral de cromo en composiciones de ladrillo refractario basado en  $\text{MgO}$ , el cual se añadió para aumentar la resistencia al choque térmico de los forros de horno de arco eléctrico y de solera abierta. La técnica de usar forros químicamente básicos, causó un cambio químico en la flotación de la escoria sobre el acero. El cambio químico fue un mayor contenido en cal ( $\text{CaO}$ ) en la escoria para lograr una compatibilidad química con los materiales de forro refractarios. Además, el alto contenido en  $\text{CaO}$  de la escoria básica mejoró una función metalúrgica necesaria de recolección de las impurezas indeseadas del baño de acero líquido. Entre estas impurezas mejor retiradas por escoria básica están azufre, fósforo y silicio dependiendo de la calidad de acero producida.

40 A comienzos de los años sesenta, cuando la vida útil del forro de horno de oxígeno básico (BOF, del inglés basic oxygen furnace) se situaba frecuentemente en el intervalo de 400 a 1.200 hornadas, se observó que la escoria al final del procedimiento de fabricación de acero tenía entre 5% y 7% de componente de óxido de magnesio. Los expertos en la técnica de fabricación de acero eran conscientes de la implicación de la composición de escoria con respecto a la vida útil de los refractarios. Se sabe a partir de diagramas de fase, que el óxido de magnesio es soluble en escoria líquida basada en silicato de calcio y que el nivel de solubilidad depende principalmente de la relación de  $\text{CaO}$  a  $\text{SiO}_2$  ("C/S"), comúnmente denominada relación cal/sílice. Cuando la relación cal/sílice en la composición de escoria al final de una hornada fue superior a 1/2, se encontró que la escoria tenía un desequilibrio químico a satisfacer que requería aproximadamente 7% de  $\text{MgO}$ . Existe una relación entre el desgaste del material de forro y el contenido en  $\text{MgO}$  de la escoria. Los materiales de mantenimiento de forro de horno tienen un alto contenido en  $\text{MgO}$  y se convirtieron en donantes sacrificados de las deficientes cantidades de  $\text{MgO}$  disolvente en la escoria, limitando el daño al forro el período de trabajo del recipiente entre 400 y 1.200 hornadas. Los fabricantes de acero, que añadían piedra caliza calcinada como componente de  $\text{CaO}$  en la escoria básica, comenzaron a añadir dolomita calcinada o una mezcla de piedra caliza calcinada y dolomita calcinada, para suministrar no sólo  $\text{CaO}$  sino también  $\text{MgO}$  como una adición de escoria, para satisfacer la demanda de  $\text{MgO}$  en la escoria. La vida útil del forro refractario aumentó, pero el desgaste permaneció como un problema continuo que requería frecuente emparchado del forro refractario, lo que interrumpida la producción de acero.

En los años ochenta, se mejoró la vida útil de los recipientes de tipo BOF cambiando la composición de la escoria para las operaciones de producción de acero al aumentar el contenido en  $\text{MgO}$ , lo que hizo que la escoria fuera más viscosa. Esa escoria viscosa combinada con la capacidad de soplado de gas del BOF, dieron como resultado una

técnica denominada salpicadura de escoria. Un revestimiento de la escoria viscosa refractaria soplada sobre las paredes del horno, protegía el forro del recipiente de un desgaste excesivo y se practicaba después de casi todos los calentamientos. El procedimiento de fabricación de acero podía llevarse a cabo, utilizando el renovado revestimiento de escoria sobre el forro refractario después de cada hornada. Este procedimiento de revestimiento de escoria prolongaba la vida útil del forro, en algunos casos a más de 10.000 hornadas en hornos de tipo BOF y se realizaron intentos de aplicar un concepto similar de un procedimiento de revestimiento de escoria a hornos de arco eléctrico. El documento U.S. n° 6.514.312, expedida el 4 de febrero de 2003, contiene una descripción de la técnica de salpicadura de escoria sobre un recipiente de tipo BOF.

Aunque la dolomita era una fuente común para proporcionar MgO a la escoria, la vida útil del forro del horno siguió siendo corta y la velocidad de consumo del material de mantenimiento de horno era relativamente alta. A finales de los años noventa, la magnesita sinterizada reemplazaba cierta cantidad de cal dolomítica como fuente de MgO en ciertos hornos de escoria. Se añadió magnesita sinterizada a la carga de horno como un material relativamente grueso, típicamente de 15 x 3 mm, para minimizar el polvo generado durante la manipulación y carga del material. Se consideró que era ineficaz y costoso introducir partículas más finas de magnesita sinterizada, debido a que las pequeñas partículas volarían fuera del horno con los gases de escape.

Con el fin de revestir el forro de horno para darle una vida útil más larga y para duplicar la prolongada vida útil del forro en el recipiente de tipo BOF, sería necesaria alguna forma de salpicadura para impulsar la escoria espesa sobre las paredes del horno. Una fuente de gas para salpicar las paredes de horno fue oxígeno bombeado al interior de la interfase baño-escoria con un sólido de material fino que contiene carbono, usualmente coque de petróleo, carbón vegetal o coque. Se supuso que el carbono reaccionaría con el oxígeno (quemado u oxidado) o que reaccionaría con FeO en la escoria, para crear CO y CO<sub>2</sub>. Los gases formados por estas reacciones produjeron el efecto de liberar burbujas de aire en el interior de la escoria, lo que causa que la escoria aumente su volumen y produzca lo que ahora se denominada escoria espumosa. Hasta cierto punto, la escoria espumosa ayuda a revestir las paredes de horno y evita el avance del desgaste del forro. Se reconocieron ciertas mejoras y se consideraron rentables en muchas acerías.

Sin embargo, incluso con estas mejoras, la vida útil del forro de ladrillo refractario pocas veces excedió las 4 a 8 semanas. Se necesitó un extenso emparchado durante el período de trabajo del horno. El material para reparar del fondo y orillas, usualmente en forma de gránulos de magnesita sinterizada, se consumió a velocidades de 0,9 a 4 kilogramos (2 a 8 libras) por tonelada de acero colado. Además, los carísimos materiales de mantenimiento aplicados con pistola, también basados en magnesita sinterizada y periclusa sintética de pureza aún mayor, se consumieron a velocidades de 0,9 a 4 kilogramos (de 2 a 8 libras) por tonelada de acero colado.

Pese a que su consumo se redujo, los materiales de mantenimiento, tales como mezclas para aplicar con pistola basadas en MgO, materiales en grano para orilla y fondo, continuaron siendo necesarios para el funcionamiento de los hornos y continuaron representando un importante coste para el fabricante de acero. Se necesitaron mejoras adicionales debido a que el procedimiento de fabricación de acero, podía verse interrumpido varias veces al día para aplicar los materiales de mantenimiento, reduciendo así la productividad y la producción.

Existía un especial problema con los hornos de arco eléctricos que usaban hierro reducido directo, que era una fuente principal de hierro para el procedimiento de fabricación de acero. Después de cargar el hierro reducido directo y cualquier chatarra e introducir energía eléctrica a los electrodos, el calentamiento del arco comenzó a fundir la chatarra y el hierro reducido directo con una carga asociada de impurezas minerales atrapadas. Las primeras composiciones de material para fundir con el metal son silicatos de baja temperatura de fusión, con relaciones de cal a sílice relativamente bajas. Estos líquidos poseen un nivel de solubilidad de MgO que es relativamente alto, hasta del 20%, como se determinó según los puntos de fusión de compuestos formados por los óxidos reactivos disponibles.

Puesto que el MgO es un componente principal de los materiales de forro refractario, cualquier MgO disponible se incorpora en disolución a la escoria producida al inicio del procedimiento de fabricación de acero. Esto explica un desgaste frecuentemente observado del forro de horno, que incluye la pared lateral inferior y el fondo del horno de fabricación de acero. Se requiere una mejora sumamente necesaria para hornos de fabricación de acero hechos funcionar con cargas de alto contenido en hierro, debido al desgaste inaceptablemente elevado del forro de horno y a los numerosos requisitos de mantenimiento.

En años recientes, el óxido de magnesio sinterizado, típicamente calidad de MgO 90% a 93% en agregado grueso, de aproximadamente 15 x 3 mm, se introdujo para competir con la técnica que utiliza cal y cal dolomítica. El agregado de tamaño parcial 15 x 3 mm, fue lo suficientemente grande para permanecer en el horno durante la carga, al tiempo que suministra la mayor parte del MgO necesario para la escoria pero a un mayor coste de flujo. Sin embargo, una mejor espumación de la escoria producía frecuentemente una reducción limitada en los costes de los refractarios, lo que en algunos casos compensaba el coste de flujo añadido. La técnica de espumación de escoria contemplada en algunas operaciones de fabricación de acero, adoptó un cambio a la técnica de cargar óxido de magnesio sinterizado mientras que en otras operaciones de fabricación de acero se siguió sin la convicción de las ventajas económicas y se continuó con la técnica de introducir cal, o cal y cal dolomítica, o una mezcla de los dos materiales como un flujo en la técnica de producción de escoria.

En los intentos para producir un material más económico para reemplazar el óxido de magnesio sinterizado y/o la cal dolomítica como adición en la escoria con una forma de MgO de menor coste, se utilizó magnesita calcinada ligera, a veces denominada "MgO cáustico", como material base para una adición de flujo. El óxido de magnesio calcinado ligero tiene un coste relativamente bajo y se obtiene a partir de la magnesita, un mineral que se produce de manera natural, que es abundante y fácil de extraer de la mina. El mineral de magnesita se calcina a baja temperatura, es decir, a 1.093°C (2.000F), con combustible de bajo coste, para retirar el carbonato de la magnesita, cuyo componente principal es carbonato de magnesio, y producir partículas de MgO fáciles de triturar y moler hasta un tamaño fino según se desee. La magnesita calcinada ligera se mezcló con agua, hasta formar una masa moldeable que se prensó en una máquina para fabricar briquetas y se dejó secar o curar. El agua formó un enlace con la magnesita calcinada ligera, y la briqueta resultante era lo suficientemente fuerte para transportarse. Los aglomerados resultantes contenían aproximadamente 65% de MgO, aproximadamente 28% de agua químicamente mantenida como hidróxido, y ceniza procedente del mineral de magnesita. Los aglomerados de magnesita calcinada ligera se usaron en ensayos en un acería para obtener escoria. Los operarios siderúrgicos confirmaron la presencia de MgO en las composiciones de escoria, pero no observaron ningún otro beneficio en la composición de escoria, espumación o revestimientos de horno para considerar el ensayo un éxito, ni tan siquiera económico, como para continuar.

Todos los intentos conocidos para enriquecer la escoria producida durante el procedimiento de fabricación de acero con MgO, mediante la adición de magnesita calcinada ligera en forma de aglomerado o briqueta, no tuvieron éxito. Se produjo otro material de la misma manera, basado en magnesita calcinada ligera y la adición de carbono en forma de coque, conteniendo la composición resultante aproximadamente 20% de carbono y 60% de MgO. Los ensayos de este material no tuvieron más éxito que los ensayos de los aglomerados de magnesita calcinada ligera sola, es decir, sin la adición de carbono. Aunque se detectó un contenido de MgO en las composiciones de escoria acabadas, la escoria falló en aumentar la viscosidad, lo que se describe comúnmente en la técnica de fabricación de acero como que desarrolla una textura cremosa, y también falló en mejorar la característica deseada de espumación de la escoria, si se compara con la anterior técnica de añadir partículas gruesas de 15 x 3 mm de óxido de magnesio sinterizado a la escoria.

Se añadió magnesita cruda a la magnesita calcinada ligera, carbono y agua para formar una composición aglutinada que contenía aproximadamente 8% de carbono, 60% de MgO, 7% de carbonato y 20% de hidróxido. Aunque esta composición contribuyó aportando MgO a la composición de escoria y produjo un aumento menor de la espumación de la escoria en algunos períodos en el procedimiento de fabricación de acero, debido a la evolución del gas producido por la descomposición de la magnesita cruda, la composición sometida a ensayo falló en espesar la escoria de manera que se produjera o mantuviera una escoria espumosa estable. En estos ensayos, la escoria no proporcionó un revestimiento útil sobre las paredes de horno.

No se obtuvieron ventajas aparentes del uso del MgO calcinado ligero más reactivo y fino con cualquier composición, con o sin carbono, con o sin magnesita cruda, como sustituto de la técnica que emplea óxido de magnesio sinterizado o cal dolomítica. Aunque se detectó MgO en la escoria, los ensayos de materiales basados en magnesita calcinada ligera como material base, fueron un fracaso.

La anterior investigación sobre técnicas de condicionamiento de escoria anteriores, formó las bases para evaluar nuevos materiales en una serie de ensayos diseñados a mejorar la composición de la escoria en hornos eléctricos, aunque persistieron muchos problemas serios y condiciones de coste elevado. Los forros continuaron desgastándose muy rápido. El desgaste no era uniforme en la escoria y los forros sufrieron un serio corte por parte de las composiciones de escoria corrosivas, causando que los forros de horno fallaran prematuramente. Se desarrollaron puntos calientes producidos por llamarada del arco causando un sobrecalentamiento, choque térmico y craqueo, y la pérdida de masa del ladrillo en estas áreas fue otra de las causas para emparchar o reemplazar prematuramente los forros.

Asimismo, cuando se utilizó carbón vegetal o coque como elevador del carbono, la cantidad utilizada de carbón vegetal excedió la cantidad calculada a añadir al baño de acero. Cuando se utilizaron finos de carbón vegetal, coque o coque de petróleo como material inyectable para espumar la escoria, parecieron ser necesarias cantidades inusualmente grandes para sostener una condición de escoria espumosa. Los hornos con alto poder de transformación no pudieron funcionar consistentemente a la máxima potencia, debido a la inestabilidad del arco y al daño resultante de las paredes de horno. Los tiempos de calentamiento y de encendido permanecieron largos. El uso excesivo de oxígeno para reducir el tiempo de calentamiento, oxidó o calcinó demasiado hierro y los niveles de FeO en la escoria permanecieron muy altos y se produjo muy poco acero. Incluso con materiales, tales como óxido de magnesio sinterizado y/o cal dolomítica que aparentemente añadían MgO a la escoria, los materiales de mantenimiento siguieron consumiéndose a una velocidad excesiva. Los costes de energía y electrodos representaron una parte significativa del coste de fabricación del acero. Los hornos eran extremadamente ruidosos y molestos para los operarios, incluso cuando utilizaban equipo de seguridad relacionado con la audición. La industria del acero estaba bajo continua presión para reducir costes y seguir siendo competitiva, con respecto a productores extranjeros. Eran necesarios cambios y mejoras.

En consecuencia, es un objeto de la presente invención mejorar la composición de escoria para aumentar la eficacia, reduciendo también el tiempo y reduciendo la energía requerida para fundir y refinar el acero producido en un horno de arco eléctrico.

5 Es un objeto adicional de la presente invención, proporcionar una composición acondicionadora de escoria útil para neutralizar o, por lo menos, compensar un desequilibrio químico adverso de una escoria basada en silicato de calcio producido en un procedimiento de fabricación del acero, de manera de extender significativamente la vida útil del forro al transformar la escoria en menos reactiva y corrosiva, para los materiales de forro de horno durante el procedimiento de fabricación de acero.

10 Otro objeto de la presente invención, es producir un aditivo útil de escoria para proporcionar un constituyente útil a la escoria y mejorar así la compatibilidad con el medioambiente encontrado en un procedimiento específico de fabricación de acero.

15 Otro objeto de la presente invención, es alterar una composición de escoria en un horno de fabricación de acero mediante la adición de una cantidad seleccionada de óxido de magnesio, para crear de manera más económica útiles propiedades de escoria que incluyen velocidad aumentada, textura cremosa, y una aumentada facilidad de espumación, útil para proporcionar un revestimiento protector sobre las paredes de horno para prolongar la vida útil del forro.

Otro objeto de la presente invención, es proporcionar un aditivo de escoria operativo para permitir una reducción de la carga de carbono, al tiempo que, se proporciona una retención mejorada del nivel de carbono en el producto de acero acabado al colarlo desde un horno de fabricación de acero.

20 Otro objeto de la presente invención, es proporcionar un aditivo de escoria operativo para reducir el nivel de ruido y llamarada del arco, durante el funcionamiento de un horno eléctrico de fabricación de acero.

Otro objeto de la presente invención, es proporcionar un aditivo de escoria operativo para mejorar la producción de cromo, silicio y otros metales de aleación valiosos en el procesamiento de aceros inoxidables al colarlos desde un horno de fabricación de acero.

25 Otro objeto de la presente invención, es proporcionar un aditivo de escoria operativo para reducir el consumo de carbono de inyección en forma de carbón de antracita, coque de petróleo y similares, al tiempo que se mantiene o incluso se mejora la espumación de la escoria durante o al final de los períodos de calentamiento.

30 Otro objeto de la presente invención, es proporcionar un aditivo de escoria operativo para mejorar la técnica de utilización de escoria en hornos eléctricos usados para refinar acero utilizando fuentes de hierro, tales como arrabio, hierro termofundido, briquetas de hierro caliente, y hierro reducido directo.

### **Compendio de la invención**

35 Según la presente invención, se proporciona el acondicionador de escoria según la reivindicación independiente 1 y el método para producir el acondicionador de escoria según la reivindicación independiente 19. Las reivindicaciones dependientes especifican características preferidas aunque opcionales. Por lo tanto, se describe un acondicionador de escoria que comprende, en peso, una mezcla y de 2% a 25% de aglutinante para aglutinar aglomerados o partículas de mayor tamaño de la mezcla, comprendiendo la mezcla: de 20% a 90% de agregados calcinados inferiores a 8 mm, de los cuales al menos el 30% son de 0,2 mm o superior y que contiene entre 35% y 94% de óxido de magnesio, hasta 50% de aditivo carbonoso formador de escoria y hasta 50% de magnesita calcinada ligera.

40 Se describe un acondicionador de escoria carbonado de magnesia que incluye, en peso, una mezcla de agregados clasificados por tamaño y de 2% a 30% de aglutinante para aglutinar los agregados, comprendiendo la mezcla: de 40% a 80% de magnesita sinterizada, hasta 40% de magnesita calcinada ligera, de 5% a 50% de carbono seleccionado del grupo que consiste en carbón vegetal, coque, grafito y coque de petróleo.

45 También, se describe un método para producir un acondicionador de escoria que incluye las etapas de, seleccionar por peso una mezcla de agregados clasificados por tamaño y de 2% a 30% de aglutinante para aglutinar los aglomerados, comprendiendo la mezcla de 40% a 80% de magnesita sinterizada, hasta 40% de magnesita calcinada ligera y de 5% a 50% de carbono seleccionado del grupo que consiste en carbón vegetal, coque, grafito y coque de petróleo, y compresión de la mezcla bajo una presión lo suficientemente elevada como para producir formas resultantes de por lo menos 30 x 30 x 10 mm.

50 Se describe un método para fabricar acero en un horno eléctrico, en donde el método incluye las etapas de producir una escoria de silicato de calcio con alto contenido en cal durante un periodo de fusión y un período de refinación de calentar una carga productora de acero en un horno eléctrico de fabricación de acero, introducir un acondicionador de escoria que comprende, en peso, una mezcla de 2% a 25% de aglutinante para aglutinar aglomerados o partículas de mayor tamaño de la mezcla, comprendiendo la mezcla de 20% a 90% de agregados calcinados inferiores a 8 mm, de los cuales por lo menos el 30% son de 0,2 mm o superiores y que contienen entre 35% y 94% de óxido de magnesio, hasta 50% de aditivos carbonosos formadores de escoria, y hasta 50% de magnesita

calcinada ligera, a dicho horno eléctrico de fabricación de acero en la cantidad necesaria para elevar el nivel de MgO en la escoria de silicato de calcio de alto contenido en cal a entre 5% y 14% y de este modo impartir una textura cremosa de escoria, sin lixiviación de MgO soluble, producir espuma para aumentar el volumen de escoria y revestir para proteger las paredes laterales refractarias del horno eléctrico de fabricación de acero.

5 Se describe un método para la fabricación de acero que incluye las etapas de, cargar un metal ferroso con alto contenido en silicio en un horno eléctrico, calentar el horno eléctrico durante un periodo de tiempo suficiente para fundir y descarburar la carga de hierro y formar una capa superficial de escoria silícea, calcular el peso total de un acondicionador de escoria suficiente para producir un contenido en MgO superior a 5% en la capa protectora superficial de escoria en el momento de terminar la refinación de la carga de hierro en el horno eléctrico,  
 10 comprendiendo dicho acondicionador de escoria, en peso, una mezcla de 2% a 25% de aglutinante para aglutinar los aglomerados o las partículas de mayor tamaño de la mezcla, comprendiendo la mezcla de 20% a 90% de agregados calcinados inferiores a 8 mm, de los cuales al menos el 30% son de 0,2 mm o superiores y que contienen entre 35% y 94% de óxido de magnesio, hasta 50% de aditivo carbonoso formador de escoria y hasta 50% de magnesita calcinada ligera, compensar una afinidad con el MgO por la composición de escoria silícea formada  
 15 durante la fusión y descarburación de la carga de hierro, introducir el peso calculado del acondicionador de escoria en el horno eléctrico durante la fusión y descarburación de la carga de hierro para formar una escoria protectora enriquecida en MgO, y espumar la escoria protectora enriquecida en MgO para revestir en modo de proteger las paredes del horno eléctrico.

20 Se describe un método para la fabricación de acero que incluye las etapas de cargar un metal ferroso con alto contenido en silicio en un horno eléctrico, calentar el horno eléctrico durante un periodo suficiente para fundir y descarburar la carga de hierro y formar una capa superficial de escoria silícea, calcular el peso total de un acondicionador de escoria suficiente para producir un contenido en MgO superior a 5% en la capa protectora superficial de escoria en el momento de terminar la refinación de la carga de hierro en el horno eléctrico,  
 25 comprendiendo dicho acondicionador de escoria, en peso, una mezcla de 2% a 30% de aglutinante para aglutinar los agregados, comprendiendo la mezcla de 40% a 80% de agregados calcinados, hasta 40% de magnesita calcinada ligera, de 5 a 50% de carbono seleccionado del grupo que consiste en carbón vegetal, carbón de antracita, coque, grafito y coque de petróleo, compensar una afinidad con el MgO por la composición de escoria silícea formada durante la fusión y descarburación de la carga de hierro introduciendo el peso calculado del acondicionador de escoria en el horno eléctrico durante la fusión y descarburación de la carga de hierro, para formar una escoria protectora enriquecida en MgO, y espumar la escoria protectora enriquecida en MgO para revestir en modo de  
 30 proteger las paredes del horno eléctrico.

También, se describe un método para la fabricación de acero inoxidable que incluye las etapas de, refinar parcialmente una carga de acero que tiene materiales de aleación seleccionados en un horno de arco eléctrico, transferir la carga parcialmente refinada de acero a un recipiente de descarburación por argón y oxígeno, poner en funcionamiento el recipiente de descarburación para lograr una refinación final de la carga de acero que incluye  
 35 introducir un acondicionador de escoria que comprende, en peso, una mezcla y de 2% a 25% de aglutinante para aglutinar aglomerados o partículas de mayor tamaño de la mezcla, comprendiendo la mezcla de 20% a 90% de agregados calcinados que contienen al menos 35% de óxido de magnesio, hasta 50% de aditivo carbonoso para fabricar escoria y hasta 50% de magnesita calcinada ligera.

#### 40 **Breve descripción de las diferentes vistas de las figuras**

La presente invención se entenderá mejor al leer la siguiente descripción teniendo en cuenta las figuras anexas, en las cuales:

La Figura 1, es una ilustración esquemática de una operación de fabricación de acero que incorpora la presente invención;

45 La Figura 2, es un juego de curvas que representan un reducido mantenimiento de forro por la adición de briquetas de MgO y la adición de dolomita calcinada.

La Figura 3, es un juego de curvas que representan el volumen de escoria obtenido por la adición de briquetas de MgO y la adición de dolomita calcinada.

50 La Figura 4, es un juego de curvas que representan el contenido de MgO en la escoria fundida obtenido por la adición de briquetas de MgO y la adición de dolomita calcinada.

La Figura 5, es un juego de curvas que representan el espesor del revestimiento de escoria sobre la pared de horno obtenido por la adición de briquetas de MgO, la adición de briquetas de MgO trituradas y la adición de dolomita calcinada.

55 La Figura 6, es un juego de curvas que representan la vida útil del forro refractario, obtenida por la adición de briquetas de MgO y la adición de dolomita calcinada.

La Figura 7, es un juego de curvas que representan la reducción del carbono de carga requerido, obtenida por la adición de briquetas de MgO, la adición de MgO sinterizado y la adición de dolomita calcinada.

La Figura 8, es un juego de curvas que representan la reducción del carbono inyectado para espumar la escoria, obtenida por la adición de briquetas de MgO, la adición de MgO sinterizado y la adición de dolomita calcinada; y

- 5 La Figura 9, ilustra mediante gráfico de barras las categorías de ahorros de coste y ahorro total de coste, como consecuencia del uso del acondicionador de escoria de la presente invención.

#### Descripción detallada de la invención

10 La composición acondicionadora de escoria según la presente invención, puede incorporar fracciones de diferentes tamaños de materiales y formulaciones de agregados, para suministrar MgO en forma cristalina de tamaño adecuado. Un descubrimiento subyacente de la presente invención, son cristales de tamaño pequeño e intermedio de óxido de magnesio que se pueden añadir al horno en forma de aglomerado y entrar eficazmente en reacciones químicas con la escoria en fase de líquida, sin pérdida perjudicial de los tamaños inferiores de los cristales de óxido de magnesio, debido a los gases de escape durante el procedimiento de fabricación de acero. El suministro de MgO a la escoria por medio del acondicionador de escoria, evitará la erosión del MgO de los muy costosos forros de ladrillo refractario, la aplicación de mezclas con pistola, y mezclas preparadas granulares para reparar el fondo de los forros de horno. Un contenido adecuado de MgO en la escoria, también facilita el uso de cantidades relativamente pequeñas de materiales que comprenden carbono, con el fin de producir espumación de la escoria para proteger el forro de horno refractario y mejorar el funcionamiento del horno de fabricación de acero. Según se usa en la presente invención, la magnesita sinterizada comúnmente denominada MgO DB (del inglés dead burned) es una fuente económica de MgO en forma cristalina, formado por agregados de cristales de periclasa, predominantemente cristales grandes. Estos cristales son químicamente conocidos como óxido de magnesio, MgO. La magnesita calcinada ligera comúnmente denominada MgO LB (del inglés light burned) es también una fuente de MgO, aunque los cristales de óxido de magnesio derivados de la magnesita calcinada ligera son más pequeños y se disuelven con mayor facilidad en la escoria líquida que los cristales de óxido de magnesio de magnesita sinterizada. El constituyente de MgO en la escoria, debe ser suficiente para saturar la escoria con MgO y así prevenir la absorción de MgO por parte de otras fuentes presentes en el horno. Sin embargo, las cantidades de MgO en exceso de la cantidad estequiometría deben estar presente en forma de suspensión sólida cristalina, con el fin de que sirva como un agente espesante para aumentar la viscosidad de la escoria e impartir la textura cremosa deseada a la escoria. El MgO mantenido en suspensión, se suministra de manera más eficaz mediante los cristales relativamente mayores de MgO, derivados de la magnesita sinterizada o de la dolomita sinterizada.

30 Como se muestra en la Figura 1, según la presente invención, el acondicionador de escoria incluye una mezcla cargada en una tolva 10 de 20% a 90%, en peso, de agregados calcinados que comprenden partículas inferiores a 8 mm, de las cuales al menos el 30% son de 2 mm o superiores y contienen entre 35% y 94% de MgO, hasta 50% de aditivo para fabricar escoria, y hasta 50% de magnesita calcinada ligera. El aditivo para fabricar escoria también se introduce en la tolva 10, en peso, puede ser carbonoso, preferiblemente con un contenido en carbono entre 78% y 99,8% y/o el aditivo puede ser una carga compatible para fabricar escoria, seleccionada del grupo que consiste en carburo de silicio, ferrosilicio, ferrocromo, ferrosiliciomanganeso, óxido de hierro, mineral de cromo, mineral de hierro, cascarilla de laminación, piedra caliza, dolomita, magnesita cruda. Cuando el aditivo para fabricar escoria es carbonoso, es útil un tamaño de partículas inferior a 6 mm y puede ser un fracción de tamaño de 5 x 0 mm, o una fracción de menor tamaño de 3 x 0 mm, aunque la fracción de tamaño más pequeño es de 0 x 1 mm. El aditivo carbonoso se puede seleccionar del grupo que comprende carbón vegetal, carbón de antracita, coque metalúrgico, grafito y coque de petróleo. Se carga una tolva 12 con 2% a 25% en peso de aglutinante para aglutinar aglomerados o partículas de mayor tamaño de la mezcla en la tolva 10. La cantidad pesada de aglutinante puede ser un líquido, tal como agua o seleccionarse del grupo que consiste en silicato de sodio, lignosulfonato, disoluciones de lignosulfonato, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, cloruro de magnesio, sulfato de magnesio, melazas, brea, alquitrán, asfalto, bentonita, arcillas y resinas, cada una con suficiente líquido para formar una mezcla moldeable. Los aglutinantes alternativos para reducir o esencialmente eliminar el aglutinante de hidróxido formado como producto de la reacción de agua con el componente de MgO cáustico del acondicionador, no jugará un papel importante en la fabricación de escoria o acero, excepto por actuar como un aglutinante temporal de las partículas aglomeradas, en un caso, de óxido de magnesio sinterizado y carbón vegetal. Los aglutinantes orgánicos que utilizan 6% o menos de agua son útiles para fabricar briquetas en composiciones de esta invención. Los aglutinantes de baja pérdida de ignición, permiten un porcentaje en peso superior de materiales útiles para la fabricación de acero, es decir, unidades de MgO y carbono. Otra ventaja del uso de aglutinantes de baja pérdida de ignición, es que la energía requerida para descomponer hidróxidos y/o carbonatos de los acondicionadores de escoria en el procedimiento de fusión se minimiza, si no se elimina del todo. El acondicionador de escoria en forma de briketa, se puede diseñar para que tenga una pérdida de ignición lo suficientemente baja como para que sea exotérmica y así no agotará la energía del horno de fabricación de acero. Otra ventaja del uso de aglutinantes, es que la magnesita calcinada ligera necesaria como fuente de MgO puede reemplazarse con finos de óxido de magnesio sinterizados, que son más resistentes a la hidratación, lo que hace que la vida útil de las briquetas de acondicionador de escoria sea más larga durante el almacenamiento. El uso de acondicionadores orgánicos proporciona otra ventaja. Los aglutinantes pueden seleccionarse de manera que contengan poca o ninguna cantidad agua. En este caso, se pueden emplear materiales alternativos sensibles a la hidratación en los acondicionadores de escoria, en los mismos intervalos de

tamaños de partículas. Esos materiales alternativos incluyen, pero no se limitan a, dolomita calcinada y dolomita sinterizada. En composiciones basadas en dolomita calcinada en lugar de óxido de magnesio sinterizado, las partículas intermedias aportan fuentes reactivas de MgO y CaO, siendo ambos óxidos útiles en la escoria de fabricación de acero, para producir resultados útiles similares a los de composiciones basadas en óxido de magnesio sinterizado. Algunas formulaciones de acondicionadores de escoria de la presente invención, hacen posible que los agregados calcinados estén presentes en cantidades entre 40% y 80% y, que en dicha formulación, la cantidad de magnesita calcinada ligera sea de hasta 40%, y de aglutinante entre 2% y 25%.

El agregado calcinado de la tolva 10, puede comprender partículas inferiores a 8 mm de magnesita sinterizada, que contiene preferiblemente entre 80% y 94% de MgO. El intervalo de tamaños de las partículas que comprenden el agregado sinterizado, se define adicionalmente por un tamaño de partículas de 6 x 0 mm, en donde al menos 30% es superior a 0,2 mm, preferiblemente los tamaños de partículas están en el intervalo de 5 x 0 mm, lo más preferiblemente una fracción de tamaño 3 x 0 mm, aunque también es adecuada una fracción de tamaño 1 x 0 mm y que incluye finos. El constituyente de MgO de la magnesita sinterizada y de la magnesita calcinada ligera, puede reemplazarse por agregado de dolomita calcinada. Los cristales más pequeños de MgO se producen en partículas de magnesita calcinada ligera y comprenden al menos 80% y no más de 97% de MgO en partículas de magnesita inferiores a 149 µm (100 mallas), preferiblemente inferiores a 74 µm (200 mallas), para potenciar una mayor facilidad de disolución en el baño de escoria, que tiene lugar a lo largo de la refinación de una hornada de acero. El agregado sinterizado puede consistir en dolomita sinterizada y la mezcla de acondicionador de escoria incluye además dolomita calcinada ligera, proporcionando cada una fuentes de componentes CaO y MgO a la composición química de la escoria, para reducir el contenido en azufre del acero fundido refinado.

Del 20% a 90% de los agregados calcinados de la tolva 10, está formado por dos partes constituyentes, la primera parte está en una fracción de tamaño inferior a 8 mm siendo al menos 30% de los agregados de 0,2 mm o superiores y contienen de 35% a 94% de MgO, preferiblemente entre 80% y 94% de MgO y los agregados de la segunda parte son de una fracción de tamaño de hasta 50% de la magnesita calcinada ligera que contiene más de 85% de MgO y tienen un tamaño de partículas inferior a 149 µm (100 mallas), y en particular aproximadamente 80% o más de las partículas son inferiores a 74 µm (200 mallas). Las dos partes constituyentes se miden de forma separada en peso, y luego se cargan al interior de la tolva 10. Los finos de óxido de magnesio sinterizado se pueden utilizar de forma beneficiosa para disminuir la pérdida de ignición y reemplazar la magnesita calcinada ligera, como componente en un acondicionador de escoria en forma de briqueta.

El carbono de los aglomerados densos o briquetas de esta invención, o partículas derivadas de dichos aglomerados, reaccionan de manera más eficaz durante el procedimiento de fabricación de acero en un horno eléctrico, que incluye una muy eficaz reducción de los componentes de la escoria para aumentar la producción de metal, tal como el hierro procedente de óxidos de hierro que se encuentra normalmente en la escoria de hierro. El aditivo para fabricar escoria puede ser carbonoso, teniendo preferiblemente un contenido de carbono entre 78% y 99,8%, y/o el aditivo puede ser una carga compatible para fabricar escoria. Las cantidades medidas de agregado calcinado y de aditivo de escoria en la tolva 10 y el aglutinante en la tolva 12, se cargan en un mezclador adecuado 14, tal como un mezclador muller, de cinta ribbon, o de tornillo sin fin auger. El mezclador 14 se hace funcionar durante al menos dos minutos, hasta que los agregados y el aglutinante se dispersen de manera uniforme y se templen para formar una masa moldeable. A continuación, la masa templada se carga en una máquina aglomeradora 16, tal como una prensa de briqueta a alta presión, para producir briquetas sólidas cuadradas de 60 mm y entre 30 a 40 mm de grosor. Las briquetas de acondicionador de escoria de la presente invención se pueden formar en otros tamaños, tales como 30 x 30 x 10 mm, 40 x 40 x 20 mm, 60 x 40 x 20 mm, 70 x 50 x 40 mm. Otras formas adecuadas de máquinas 16 para formar aglomerados son una prensa mecánica, una prensa hidráulica, una prensa de tornillo por fricción, una prensa giratoria, un disco peletizante inclinado y una extrusora, todos *per se* bien conocidos en la técnica. Las briquetas desarrollan una adecuada resistencia a la manipulación tras el curado y secado parcial en una habitación de almacenamiento 18, mantenida a una temperatura adecuada para potenciar la adherencia por acción del aglutinante y evaporación del agua residual, cuando el aglutinante es acuoso, por ejemplo durante aproximadamente tres días. La densidad de las briquetas excede típicamente 1,8 g/cc y alcanza una fuerza de trituración medida según los métodos del ensayo ASTM modificada para cubos de 2 cm, para exceder los 9.765 kilogramos por metro cuadrado (2.000 libras por pie cuadrado). Los aglomerados resultantes son adecuados para cargarse en un horno eléctrico 20 con materiales que comprenden hierro y flujos tales como de cal calcinada, para alterar la composición química de la escoria que tiene lugar durante el procedimiento de fabricación de acero. Las briquetas acondicionadoras de escoria con un contenido en humedad superior a 3%, como las adquiridas fuera de almacenamiento, aumentarán significativamente el consumo de energía en hornos grandes de corriente continua (DC del inglés direct current) de alta potencia, aunque las briquetas se pueden usar sin aparente pérdida de potencia en hornos de menor potencia más lentos debido a que las briquetas tienen la ocasión de secarse en presencia de los gases residuales calientes, antes de que tenga lugar el procedimiento de fusión.

El material que contiene hierro puede comprender una o más cargas de chatarra procedentes de un cargador de chatarra 22, acero líquido o arrabio procedente de un alto horno 24, hierro reducido directo (DRI, del inglés direct reduced iron) procedente de un horno 26, y otras fuentes de hierro, tales como finos de polvo de gases de escape procedentes del contenedor de almacenamiento 28. Es común fabricar acero a partir de chatarra de acero. En localizaciones donde la chatarra de acero es de mala calidad, escasa o muy costosa, se utiliza hierro preparado como carga de metal. El hierro es preferido como fuente de metal, con el fin de convertir el acero de calidad en

calidades especiales de acero que requieran bajos contenidos de elementos críticos tales como, cobre, níquel y estaño. Una fuente de metal con alto contenido en hierro son los pellets de hierro reducido directo o briquetas de hierro caliente, fabricadas a partir de mineral de hierro reducido en un procedimiento con gas natural. Otras formas más puras de hierro pueden ser arrabio o hierro de alto horno. Cuando la carga de hierro tiene un alto contenido en silicio, la escoria inicial también tiene un alto contenido en sílice y es conocida por ser muy corrosiva sobre forros refractarios y materiales de mantenimiento básicos o basados en MgO.

Durante el funcionamiento del horno eléctrico 20, la carga de hierro se acompaña con una carga de flujo procedente del contenedor 29 y una carga de briquetas o agregados acondicionadores de escoria de la presente invención, para mantener el contenido de MgO deseado en la escoria a lo largo del procedimiento de fabricación del acero. La apariencia de la escoria que muestra una textura cremosa es un indicador fiable de un excedente de cristales de MgO sólidos, que aumentan la viscosidad aparente de la escoria líquida. La espumación de la escoria mediante la inyección de cantidades sorprendentemente inferiores de carbono, es suficiente para producir una reacción con el oxígeno soplado al interior del horno o mediante la reacción con FeO en la escoria, para liberar los gases CO y CO<sub>2</sub> que causan la espumación de la escoria. Sin embargo, cuando las partículas de carbono se suministran mediante briquetas, el carbono se altera hasta alcanzar forma de partículas densas que penetran profundamente en el baño de escoria, de manera que la reacción con FeO u oxígeno crea gas en disposición de espumar mejor la escoria. El papel del componente de carbono de las briquetas de esta invención, cuando se usa en conjunción con tipos y tamaños correctos de materiales fuentes de MgO, se asocia con una partícula de alta densidad de la briqueta. Incluso cuando las briquetas se trituran e inyectan como finos, el carbono se asocia con partículas densas, aunque más finas. Lo más inesperado, es que el carbono asociado con partículas de mayor densidad procedentes de las composiciones de briqueta, se consume de manera muy eficaz durante el procedimiento de fabricación de acero. Como se muestra en la Figura 4, las briquetas de esta invención proporcionaron con frecuencia cantidades entre 8,5% y 12% de MgO a la escoria, mientras que el contenido en MgO de la escoria era normalmente de un máximo de 8%, utilizando cal dolomítica u óxido de magnesio sinterizado, de tamaño 15 x 3 mm.

A modo de ejemplo, se podría mencionar una composición acondicionadora de escoria que contiene 25% de carbón vegetal, con tamaños de partículas de aproximadamente 3 mm e inferiores, que produce 20% de carbono en el agregado. En esta composición, el aglomerado es una briqueta, preferiblemente con un tamaño de 40 x 40 x 25 mm. Cuando este componente de carbono es parte de la briqueta, el carbono se transporta al interior del baño de escoria o interfase con el acero, debido a la alta densidad aparente del aglomerado o briqueta. El coque pesa entre 288 y 481 kilogramos por metro cúbico (entre 18 y 30 libras por pie cúbico). La densidad aparente de la briqueta es superior a 1.121 kilogramos por metro cúbico (70 libras por pie cúbico). Los aglomerados y/o partículas de los aglomerados penetran hasta una posición profunda en la escoria o en la interfase metal-escoria, donde el suministro de carbono aumenta el carbono en el baño de acero hasta el nivel deseado. El carbono de esta forma densa, aumenta el contenido en carbono del acero mucho más eficazmente que el carbono procedente de otras fuentes convencionales, tales como carbono procedente de carga de carbón vegetal grueso, carbono procedente de carga de coque metalúrgico grueso, carbono procedente de carbono de inyección en forma de carbón vegetal, carbón de antracita, coque de petróleo y similares. Esencialmente, el carbono de las briquetas proporciona carbono al acero de manera 2 a 4 veces más eficaz que otras formas de carbono. Las burbujas de gas, en conjunción con la escoria más densa y cremosa, saturada con MgO y partículas sólidas de MgO intermedio, forman una espuma sorprendentemente mejor, más alta y duradera que en técnicas anteriores, en las que se sopla carbono de inyección al interior del horno, presumiblemente en la escoria o en la interfase baño de acero-escoria. Otra ventaja del uso de briquetas según esta invención, es el control del desgaste de los forros de horno por la optimización de la espumación y estabilidad de la escoria saturada con MgO y los revestimientos formados sobre las paredes de horno y, en algunos casos, sobre el techo, debido a la formación y espumación de la escoria viscosa y cremosa. El gráfico de la Figura 3, sirve para mostrar que la profundidad aumentada de la escoria espumosa, que es una escoria espumosa mejor y más duradera a un volumen aumentado de escoria, sube durante esencialmente todo el tiempo de encendido durante la hornada. El resultado es proteger el electrodo o electrodos y dirigir el arco al interior del baño de acero, minimizando el tiempo durante el cual el arco arde sin control ("llamarada") rebotando, sobrecalentando y produciendo un choque térmico en el ladrillo de la pared refractaria. Durante este período de máxima espumación de la escoria, el horno puede estar funcionando a la máxima potencia o casi a la potencia máxima, y es relativamente silencioso en comparación con hornos que funcionan sin una escoria espumosa buena.

Al final de cada hornada, las paredes están fuertemente revestidas con una capa refractaria estable. La Figura 5, ilustra las líneas de gráfico para obtener la escoria de espesor superior usando, o bien briquetas o bien briquetas trituradas, en comparación con dolomita calcinada. En la siguiente hornada, a medida que se forma la escoria inicial, si hay una insuficiencia de MgO en la escoria, se suministra la escoria inicial con el nivel requerido de MgO procedente del revestimiento sacrificado así formado, en las paredes del horno de la hornada anterior. Por lo tanto, el espesor del revestimiento de escoria es una consideración importante y no controlada por la técnica anterior que utiliza dolomita calcinada, como se muestra en la Figura 5. Al final del procedimiento de fabricación de acero, el vaciado del acero líquido se realiza por la tubería 30 y la escoria residual se retira por la tubería 32. Como se muestra en la Figura 6, cuando se hace funcionar un horno de esta manera, el desgaste refractario se reduce significativamente, lo que incluye el forro de ladrillos así como los materiales de mantenimiento. A aproximadamente 11 kilogramos (25 libras) de briquetas por tonelada de acero, se logra el máximo beneficio de la vida útil del forro,

superando los seis meses, una mejora significativa de la vida útil del forro de horno al reemplazar dolomita calcinada con el acondicionador de escoria según la presente invención.

La Figura 7, ilustra el beneficio del carbón retenido en el baño de metal que se eleva por el carbono del acondicionador de escoria de manera que el carbono de carga, añadido normalmente en forma de carbón vegetal grueso, se podría reducir hasta el 50%. Debido a la escoria espumosa mejor y más duradera, el carbono de inyección también se podría reducir. En uno de los ensayos, el carbono de inyección se redujo desde más de 11 kilogramos (25 libras) por tonelada de acero colado, a menos de 5 kilogramos (10 libras).

Como se muestra en la Figura 2, el consumo de materiales de mantenimiento, gránulos de MgO para fondos y orillas y mezclas para aplicar con pistola basadas en MgO para paredes y puntos calientes, se redujo significativamente en algunos casos en 50%. La línea del gráfico indicada como Técnica Anterior en la Figura 2, sirve para enfatizar la necesidad de un gasto continuado para revestir el horno de fabricación de acero.

Una composición experimental de acondicionador de escoria A para aglomerados se compone de: 50% de óxido de magnesio sinterizado con un tamaño de partículas en el intervalo de 3 x 0 mm, 60% de las partículas superiores a 0,2 mm, que contiene entre 90% y 92% de óxido de magnesio; 25% de óxido de magnesio calcinado ligero; 25% de carbono en forma de carbón vegetal, de tamaño 1 x 0 mm; y de 12% a 16% de agua como aglutinante. La composición se procesó de la misma manera que la descrita antes e identificada en la Figura 1. Se realizaron ensayos en una acería. Se añadieron las briquetas al horno eléctrico durante el período de carga de chatarra. Los beneficios observados en los ensayos, confirmaron que la composición acondicionadora de escoria produjo el constituyente de MgO deseado en la escoria, escoria espumosa estable, buen revestimiento de las paredes de horno, redujo el carbono de carga e inyección y mejoró la vida útil de los refractarios. Adicionalmente, se llevaron a cabo dos ensayos en hornos funcionando para colar acero a temperaturas muy elevadas superiores a 1.704°C (3.100°F) tras un largo soplado de oxígeno. En un ensayo se utilizó un horno de 8,5 metros de diámetro (28 pies) y en el segundo ensayo se utilizó un horno de menor diámetro. Los resultados demostraron que todos los beneficios de los ensayos anteriores tuvieron lugar.

Se llevaron a cabo ensayos adicionales en hornos eléctricos, donde la escoria producida durante la fusión y refinación de calidades de acero inoxidable era tradicionalmente difícil, por no decir imposible, de espumar. Además, la escoria acabada tenía una baja relación de CaO a SiO<sub>2</sub> con respecto a las etapas de reducción finales donde agentes reductores fuertes, tales como carburo de silicio se introducen en la escoria para reducir luego el óxido de cromo en modo de maximizar la recuperación de metal de cromo en el metal. La escoria que se forma en el procedimiento de fabricación de acero, tiene típicamente una baja relación de CaO a SiO<sub>2</sub>, normalmente con apariencia muy plana, muy fluida, y corrosiva para los forros y materiales de mantenimiento de horno. La fabricación de acero a partir de un metal de carga que contiene hierro con un alto contenido en silicio, tal como metal con alto contenido en óxido de silicio, en un horno eléctrico con un forro refractario basado en MgO. Una capa superpuesta de escoria silícea se forma después de calentar el metal de carga en el horno eléctrico, durante un periodo de tiempo suficiente para fundir y descarburar la carga de hierro. Un peso total calculado de un acondicionador de escoria suficiente para producir un contenido de MgO superior a 5%, preferiblemente entre 7% y 14%, en la capa protectora superpuesta de escoria en el momento de terminar la refinación de la carga que contiene hierro, se añade al horno eléctrico para compensar una afinidad con el MgO por la composición de escoria silícea formada durante los períodos de fusión y descarburación, dando lugar a una escoria protectora enriquecida en MgO. El metal de carga que contiene hierro puede seleccionarse del grupo que consiste en: chatarra, hierro fundido, hierro reducido directo, arrabio y finos de polvo de combustión. Cuando adicionalmente el horno se carga con materiales de aleación para producir una calidad deseada de acero inoxidable, se añade el peso total calculado de acondicionador de escoria para producir un contenido en MgO entre 12% y 21% y una relación final de CaO a SiO<sub>2</sub> inferior a 1,8. El carbono del acondicionador es suficiente para mejorar la producción de metales de cromo y silicio en el acero al reducir los óxidos de cromo y silicio.

La cal dolomítica es cal calcinada rica en magnesio y en la técnica anterior se añadía tradicionalmente a la escoria inicial durante la hornada para proporcionar unidades de MgO. Se podían observar grandes trozos de cal dolomítica / cal calcinada flotando sobre la escoria líquida durante hasta diez minutos de la hornada. Los trozos sólidos de cal dolomítica, obviamente, no entraban completamente en la composición de escoria líquida en esta etapa de la hornada. A modo de comparación, en el ensayo donde se utilizó la composición A, las briquetas no crearon la misma condición de trozos secos en la escoria y se consideró que reaccionaba antes según lo necesario para neutralizar la escoria. Estas observaciones se sustentaban en la observación de que la escoria se espumó durante la hornada hasta una profundidad de aproximadamente 0,3 metros (un pie), y que el forro de horno parecía estar revestido durante la mayor parte de la hornada. Se observó que la vida útil de los forros era más larga y se redujo significativamente, el uso de materiales de mantenimiento de forro de horno. El ensayo de la composición A en un horno para producir acero inoxidable, fue la primera vez que una escoria sobre acero inoxidable se había espumado exitosamente y revestido las paredes de horno. El ahorro total compensó con creces el elevado coste de los flujos, si se compara con la técnica anterior de adición de cal dolomítica.

En otro ensayo en un horno de fabricación de acero a partir de hierro, se encontraron condiciones especiales. En ensayos donde el hierro reducido directo y/o el hierro de briquetas caliente fueron los materiales de carga, las briquetas según esta invención, la composición A, se añadieron al horno para reemplazar, o bien a la cal dolomítica

o bien al óxido de magnesio sinterizado, si esa era la técnica en aquel tiempo. Se observó que se necesitaba un menor peso de briquetas del calculado, para proporcionar el MgO necesario para satisfacer los requerimientos de la escoria. La escoria se espumó antes y revistió el horno. Como se muestra en los gráficos de las figuras 7 y 8, los carbonos de carga y de inyección se redujeron hasta en 50%, el consumo de los materiales de mantenimiento refractarios se redujo en 25% y los forros duraron más. En efecto, las briquetas según esta invención neutralizaron la escoria silíceica inicial y mejoraron las condiciones económicas del procedimiento de fabricación de acero.

Una composición acondicionadora de escoria experimental B compuesta por: 0% de óxido de magnesio calcinado ligero, 50% de óxido de magnesio sinterizado con un tamaño de partículas de 6 x 0 mm, 70% de partículas superiores a 0,2 mm, 25% de finos de óxido de magnesio sinterizado, de 149  $\mu\text{m}$  (100 mallas), 25% de carbono en forma de carbón vegetal, de 1 x 0 mm de tamaño, 8% de agua añadida como plastificante para hacer que la mezcla fuera moldeable, y 7% de lignosulfonato como aglutinante orgánico. La composición se procesó de la misma manera que antes, excepto que las briquetas se secaron con aire templado a aproximadamente 40°C durante un período de tres días. El análisis del producto final fue 68% de MgO y 18% de carbono con una pérdida de ignición de 8%. Las briquetas se utilizaron en ensayos en los que se empleó un horno de fabricación de acero con un diámetro de 8,5 (28 pies) que se hizo funcionar a temperaturas de colado inusualmente altas y donde previamente el revestimiento de escoria fue insatisfactorio. En un caso, se cargó una cantidad calculada de 1.814 kilogramos (4.000 libras) de briquetas en cada hornada de chatarra, para proporcionar un contenido en MgO diana en la escoria de 10% mínimo. Se obtuvieron los niveles de MgO deseados en la escoria. La escoria se espumó muy bien y al tiempo que mantenía una consistencia cremosa, revestía las paredes laterales en una extensión que las juntas de los ladrillos no se podían apreciar. Se mantuvieron todas las demás mejoras, como la reducción del carbono de carga y de inyección, según se muestra en las figuras 7 y 8. A modo de ejemplo adicional, un horno tipo "precalentador" horno DC de alimentación continua y vaciado periódico, se hizo funcionar utilizando cal dolomítica como la fuente de MgO. En una técnica modificada, parte de la cal dolomítica se reemplazó por briquetas trituradas con un tamaño de partículas de 5 x 0 mm, donde menos del 10% de las partículas eran inferiores a 0,1 mm y 95% eran inferiores a 5 mm. Este material granulado se introdujo en el horno a través de un equipo neumático de inyección a una velocidad de 590 kilogramos (1.300 libras) por hornada, incluyendo durante los diez últimos minutos de la hornada antes del vaciado. Como cabe esperar según el gráfico de la Figura 5, la escoria era extremadamente cremosa y se espumó hasta muy alto, cubriendo las copas sobre la cara de paneles refrigerados por agua, donde la escoria se observa con frecuencia. Tras el vaciado del acero, se observó que las paredes del horno mantenían el revestimiento de escoria y el revestimiento estaba completo en las paredes laterales, en las paredes laterales superiores y sobre las paredes de los paneles refrigerados por agua. En este caso, el horno se hizo funcionar de forma continua durante un turno sin el mantenimiento que se requiere usualmente. Después de una semana de funcionamiento, el horno sólo requirió un mantenimiento mínimo. Esto demostró la utilidad de una forma granulada, que es igualmente útil para suministrar MgO y material de carbono mediante la composición acondicionadora de escoria B, y los sorprendentes e inesperados resultados derivados de la aplicación de briquetas y material triturado según esta invención.

Como se muestra en las figuras 7 y 8, en una técnica anterior, se necesitaba una adición de entre 7,7 y 8,2 kilogramos (17 y 18 libras) de carbón vegetal o coque por tonelada de acero, totalizado típicamente a 907 kilogramos (2.000 libras) o más de carbono de carga, para elevar el contenido final en carbono del acero en el momento del vaciado. A modo de ejemplo, si el contenido normal de carbono al vaciar era de 0,07%, siendo el óxido de magnesio sinterizado la fuente de MgO, luego tras las hornadas de ensayo con las briquetas compuestas por cualquiera de las composiciones acondicionadoras de escoria de esta invención, el contenido en carbono estaba entre 0,08% y 0,10%. Esta concentración de carbono no es necesaria e incluso, a veces, no es aceptable en el acero acabado, causando una reducción del carbono de carga, típicamente de 907 kilogramos (2.000 libras) a menos de 567 kilogramos (1.250 libras) o incluso menos, para producir algunas calidades de acero. Este descubrimiento demostró que las briquetas aportaron carbono al baño de metal más eficazmente que el carbono de carga. Se determinó que la cantidad de MgO en la escoria podría lograrse con menos del peso requerido calculado de briquetas, y que la cantidad de carbono en el acero podría mantenerse con el carbono procedente del peso reducido de las briquetas. En muchos casos, la adición de briquetas se redujo, haciendo posible un ahorro adicional de los costes de flujo. Los sorprendentes resultados dieron lugar a que fueran posibles las posteriores mejoras y ahorro relacionado.

Teniendo en cuenta la observación de que, tanto el MgO como el carbono, se estaban proporcionando al procedimiento de fabricación de acero de manera más eficaz a través del uso del aglomerado de materiales más finos en forma de briketa, se descubrió que la pureza de la fuente de MgO, el tamaño de partículas y la densidad de los gránulos son factores importantes para controlar la solubilidad de las unidades de MgO en la escoria. Por lo tanto, el óxido de magnesio sinterizado utilizado en los acondicionadores de escoria de esta invención, debería tener una pureza inferior a 94% y una densidad aparente de gránulo o gravedad específica aparente inferior a 2,25 g/cc. Esta observación explica por qué el ladrillo refractario triturado, en especial el ladrillo que contiene MgO fusionado de cualquier tamaño, no proporciona los beneficios esperados de los acondicionadores de escoria, incluso cuando se compara la con cal dolomítica, óxido de magnesio calcinado de 15 x 3 mm.

Las composiciones de escoria se diseñaron para contener incluso partículas de óxido de magnesio sinterizado aún más gruesas. El óxido de magnesio sinterizado de la misma pureza de MgO de 90% a 92% es útil, pero se criba para lograr una fracción de tamaño de partícula de 3 x 0 mm, en donde 50% a 90% de las partículas son retenidas en un tamiz de 0,2 mm, y aproximadamente de 20% a 50% o más de las partículas inferiores a 3 mm son retenidas

en un tamiz de 1 mm. Las briquetas producidas con 50% de óxido de magnesio sinterizado de 3 x 0 mm y 25% de finos de MgO calcinado ligero, con 25% de carbón vegetal y una adecuada cantidad de agua añadida como aglutinante, se aglomeraron en una prensa de briquetas y se curaron de la misma manera, que las mezclas aglomeradas descritas antes en la presente memoria. Las briquetas que contienen estas partículas de óxido de magnesio sinterizado más gruesas, se utilizaron como aditivos acondicionadores de escoria y produjeron los mismos beneficios que añadir MgO a la escoria y carbono al acero. Adicionalmente, la escoria se espumó aún mejor y se mantuvo espumada durante más tiempo y revistió las paredes de horno mejor, incluso creando un revestimiento arriba sobre los paneles de refrigeración por agua, encima de las paredes laterales refractarias y partes del techo.

Como se muestra en la Figura 8, se cree que las partículas finas de carbono inyectadas en hornos de fabricación de acero según la técnica anterior para espumar escoria, son forzadas a salir del horno en cierta medida, por el tiro de aspiración o gases de escape a alta velocidad existentes. Además, las partículas finas de carbono son ligeras, con un peso tan bajo como de 320 a 481 kilogramos por metro cúbico (de 20 a 30 libras por pie cúbico) y flotan por encima o se calcinan o combustionan sobre la escoria, en contraposición a entrar en el baño de escoria o interfase metal-escoria, en donde la oxidación libera gases que también contribuirán a la espumación de la escoria. Por lo tanto, inyectar grandes cantidades de carbón vegetal o de coque de petróleo como en la técnica anterior, es una práctica muy costosa e ineficaz.

Con referencia a la Figura 9, el uso del acondicionador de escoria según esta invención en la fabricación de acero, proporciona beneficios inesperados al funcionamiento de hornos de fabricación de acero, que incluyen un ahorro en costes superiores a 5,00 \$ por tonelada de acero. Muchos factores del funcionamiento de hornos de fabricación de acero contribuyen a este ahorro de costes. Los elementos de materiales consumibles reducidos típicamente en más de 50% por tonelada de acero son, el coste de proporcionar carbono de carga que se redujo de 1,10 \$ a 0,44 \$, carbono de inyección de 1,65 \$ a 0,83 \$, forro refractario de 1,19 \$ a 0,47 \$, mezcla para aplicar con pistola de 0,61 \$ a 0,26 \$, mezcla para fondo y orillas de 0,60 \$ a 0,23 \$, adiciones de cal de 3,28 \$ a 1,76 \$ y consumo de electrodo de 4,25 \$ a 4,00 \$. El elemento restante es el coste de la energía eléctrica, que se redujo de 15,20 \$ a 14,40 \$.

La Figura 4, demuestra que con menos unidades de MgO requeridas aún se produce el mismo nivel de MgO en la escoria. Se puede reducir el peso de la carga de material de briketa. Por lo tanto, se reduce el peso de unidades de MgO añadidas al horno, al tiempo que se obtiene la misma concentración de MgO en la escoria. Las briquetas también permitieron una reducción de la cal calcinada añadida al horno. Esto a su vez, disminuyó el CaO y, por lo tanto, la relación de CaO a SiO<sub>2</sub>. Se sabe que una escoria líquida en una menor relación de CaO a SiO<sub>2</sub> favorece la presencia de menor cantidad de FeO. En consecuencia, se podría convertir más hierro en acero aumentando así la producción de acero colado. El acondicionador de escoria se puede introducir en el horno eléctrico de fabricación de acero, en una cantidad necesaria para aumentar la concentración de MgO en la escoria de silicato de calcio alta en cal, hasta 5% y 14%, aunque hasta 18% es útil, por lo cual se imparte una textura cremosa a la escoria, sin lixiviación para MgO soluble, se produce espuma para aumentar el volumen de escoria y revestir en modo de proteger las paredes laterales refractarias del horno eléctrico de fabricación de acero. El acondicionador de escoria se introduce en un horno eléctrico, en cantidades suficientes para elevar la concentración de MgO en una escoria de silicato de calcio alta en cal hasta el 22% cuando la relación de CaO a SiO<sub>2</sub> es inferior a 1,5. En caso de fallar el desarrollo de una textura cremosa de escoria y la escoria tenga una apariencia delgada con textura o consistencia similar al agua y además la escoria no se espume bien, la cantidad de acondicionador de escoria introducida se selecciona en cantidad suficiente para elevar la concentración de MgO en una escoria de silicato de calcio con alto contenido en cal hasta 14%, añadiendo más cal calcinada para aumentar la relación de CaO a SiO<sub>2</sub> entre 1,8 y 2,1. La alimentación del horno puede incluir cargar un metal que contiene hierro en dos intervalos diferentes de tiempo y entre 20% y 80% del acondicionador de escoria, se carga durante un primero de dos intervalos de tiempo y entre 20% a 80% del acondicionador de escoria se carga durante un segundo de dos intervalos de tiempo. Típicamente, por lo menos el 20% del acondicionador de escoria calculado se carga durante el tiempo de calentar el metal que contiene hierro en el horno. Asimismo, un objeto es combinar otros aditivos compatibles en el acondicionador de escoria en briketa con o sin carbono, para proporcionar eficazmente materiales más finos y más reactivos al acero o a la escoria.

Los aditivos introducidos de esta manera pueden incluir carburo de silicio y ferrosilicio, para reducir otros óxidos valiosos a metal, tal como óxido crómico a metal de cromo en la fabricación de acero inoxidable. Alternativamente, se puede añadir dolomita calcinada para proporcionar partículas más finas y más reactivas de CaO y MgO. Al incorporar materiales más finos en forma de briketa, se asegura que los materiales alcancen la interfase baño-escoria y reaccionen eficazmente.

Los tiempos hornada en términos de tiempo de encendido se acortan y, por lo tanto, el consumo de energía y uso de electrodo disminuyen proporcionando un ahorro adicional. Se sabe que hornos de arco eléctrico o de corriente continua muy grandes, de más de 7,9 o 8,5 metros (26 o 28 pies) de diámetro, son difíciles de revestir con escoria. El uso de briquetas con partículas incluso más grande de óxido de magnesio sinterizado, hasta de 6 mm de tamaño, en una briketa con carbono procedente de carbón vegetal, mejorará significativamente los revestimientos de escoria sobre dichas paredes laterales de horno.

Se realizaron ensayos en un recipiente de descarburación con argón y oxígeno conocido como AOD (del inglés argon oxygen decarburization), para la refinación de acero inoxidable. Los resultados probaron que las unidades de cromo y silicio reducidas químicamente a partir de óxidos de la escoria, aumentaron en el metal final, aumentado por tanto la eficacia del procedimiento. Una carga parcialmente refinada de acero con materiales de aleaciones seleccionados en un horno de arco eléctrico, se transfiere a un recipiente de descarburación con argón y oxígeno, y se añade un acondicionador de escoria según la presente invención para lograr las reducciones químicas de los óxidos de cromo y silicio.

El uso de los acondicionadores de escoria según esta invención, también facilita la producción de acero de mayor calidad. Cuando el uso del acondicionador de escoria según la presente invención produce una reducción del carbono de carga, que es una fuente importante de azufre, un beneficio concurrente es la evasión de una adición de azufre al acero, lo que constituye una ventaja de calidad. Cuando el nitrógeno es un factor crítico en la especificación para elaborar una calidad de acero, la acción de espumación mejorada de la escoria llenará más el volumen del horno y dirigirá el arco eléctrico hacia abajo al interior del acero y lejos de la atmósfera superior del horno. Esta protección del arco minimiza la producción de nitrógeno concentrado a partir del aire del horno, obteniéndose como resultado menores niveles de nitrógeno en ciertas calidades de acero, que necesitan producirse dentro de especificaciones estrictas.

En otra composición para producir una briqueta de acondicionador de escoria, se utiliza 46% de óxido de magnesio sinterizado, 18% de MgO calcinado ligero, 28% de carbón vegetal y 8% de agua. Se mezclaron los ingredientes hasta formar una mezcla templada para una máquina para fabricar briquetas de 40 x 30 mm. Las observaciones fueron que el carbono de las briquetas, reemplazó más de tres veces el carbono de carga procedente de carbón grueso. El carbono en el baño permaneció en la misma concentración. Inesperadamente, el carbón de carga (907 kilogramos (2.000 libras) por hornada, se eliminó exitosamente a coste de flujo. Además, el MgO proporcionado de las briquetas produjo más MgO en la escoria acabada que el MgO del óxido de magnesio sinterizado en partículas gruesas de 15 x 13 mm usado en la técnica anterior.

El aumento de la resistencia de las briquetas se consigue usando una mezcla de 38% de óxido de magnesio sinterizado de 3 x 0 mm, 25% de MgO calcinado ligero, 25% de carbón vegetal y 12% de agua. Después de mezclar, la composición resultante se procesó en una máquina para fabricar briquetas y las briquetas resultantes contenían 62% de MgO y 20% de carbón vegetal con 10% de pérdida de ignición.

Un ensayo en un horno diseñado para colar 130 TN de acero por hornada, confirmó que 1.306 kilogramos (2.880 libras) de briquetas podrían reemplazar a 2.400 toneladas de material de óxido de magnesio sinterizado en partículas gruesas de 15 x 13 mm, y a un coste menor. Mediante otra medida más directa, 783,8 kilogramos (1.728 libras) de unidades de MgO procedentes de briquetas reemplazaron a 1.002 kilogramos (2.208 libras) de unidades de MgO procedentes de óxido de magnesio sinterizado en partículas gruesas.

En casos donde el carbono no es una adición valiosa o importante para el procedimiento de acero o escoria, las briquetas se pueden fabricar a partir de óxido de magnesio sinterizado en partículas gruesas de 3 x 0 mm, con MgO calcinado ligero de aproximadamente 74  $\mu$ m (200 mallas) con agua para formar la unión. Estas briquetas serán aplicables a algunos hornos eléctricos, aunque más aplicables a los recipientes BOF donde todavía se requiere MgO y se usa cal, y cal más cal dolomítica. Estas briquetas tienen un componente de MgO de aproximadamente 65% pero proporcionan partículas de MgO muy finas y MgO de tamaño intermedio, que actúan como partículas discretas para aumentar la viscosidad aparente de la escoria. En este caso, una composición de briqueta de 30 a 85% de óxido de magnesio sinterizado de 3 x 0 mm de tamaño, se puede mezclar con 20% a 70% de magnesia calcinada ligera de 74  $\mu$ m (200 mallas) y suficiente agua, de 8% a 30%, para fijar el material actuando como aglutinante. La briqueta resultante se someterá a ensayo a aproximadamente 60% a 70% de MgO, para determinar la pérdida de ignición de equilibrio y cenizas procedentes de las impurezas en la materia prima de partida de magnesita.

Una composición experimental de acondicionador de escoria C, que comprendía 50% de óxido de magnesio sinterizado, de 3 x 0 mm, 25% de óxido de magnesio calcinado ligero, 25% de carbón vegetal de 3 x 0 mm se mezcló con aproximadamente 12% en peso de agua. La mezcla se templó mezclando, para crear una masa moldeable y, a continuación, se comprimió en una máquina para fabricar briquetas. La composición final contenía aproximadamente 62% de MgO, de 18% a 20% de carbono, y aproximadamente 12% de pérdida de peso tras el coqueo. Se llevó a cabo un ensayo en una acería, en la que se utilizó dolomita calcinada para proporcionar MgO a la escoria y se añadió carbono de carga para aumentar el contenido de carbono en el metal al vaciar a aproximadamente 0,06%. Se cargó un peso de 1.497 kilogramos (3.300 libras) de briquetas en un horno para reemplazar toda la cal dolomítica. El contenido de MgO en la escoria, se mantuvo a 10% y el contenido de carbono en el metal fue de aproximadamente 0,08%. El mayor contenido en carbono de las briquetas, permitió la reducción de 1.361 kilogramos (3.000 libras) de carbono de carga, en forma de carbón vegetal grueso. Adicionalmente, se produjo una reducción del carbono de inyección. El ahorro neto derivado del uso de las briquetas fue significativo.

Se realizó un posterior ensayo en una acería con una técnica habitual de añadir óxido de magnesio sinterizado, de 15 x 3 mm para los valores de MgO, y en una técnica normal, se utilizaron 11 kilogramos (25 libras) de carbono de inyección por tonelada de acero, para espumar adecuadamente la escoria para la protección del horno. Durante las hornadas donde se utilizó el acondicionador de escoria en briquetas según esta invención, el carbono de inyección,

en este caso finos de carbón de antracita, se introdujo a una velocidad que se redujo a menos de 4,5 kilogramos (10 libras) por tonelada de acero, más de un 60% de reducción, dando lugar a un ahorro adicional e inesperado. La escoria espumosa revistió las paredes del horno, al mismo tiempo que, el horno se hizo funcionar a máxima potencia durante casi toda la hornada.

- 5 Se añadió una carga de 1.134 kilogramos (2.500 libras) de briquetas en el horno para proporcionar parte del MgO necesario que requiere la escoria. Después de observar que la cantidad de MgO en la escoria era un 11% superior a lo requerido, se recortó la cal dolomítica a 1.361 kilogramos (3.000 libras) desde un peso normal de 4.082 kilogramos (9.000 libras) que es lo que se añade normalmente. Se cargaron 1.497 kilogramos (3.300 libras) de briquetas en el horno para reemplazar todo el MgO suministrado por la dolomita quemada. Asimismo, la hornada se coló a una temperatura más elevada y el oxígeno fue mayor al deseado, lo que indicaba que el tiempo de encendido y el tiempo de soplado de oxígeno eran excesivos y se podrían reducir. Los resultados obtenidos de mejor espumación de la escoria, mejor revestimiento de pared de horno, mejor producción de carbono, mejor disolución de MgO en la escoria, se obtuvieron mediante el uso de las briquetas y reducción de la cal dolomítica. Se redujo el tiempo de hornada entre 1 y 2 minutos, y se recortó el consumo de oxígeno. El ahorro significativo fue debido al uso de las briquetas en esta operación de horno.

La composición experimental de acondicionador de escoria D, que comprende 52% de óxido de magnesio sinterizado, de 6 x 0 mm, 25% de óxido de magnesio sinterizado de 75  $\mu$ m (200 mallas), 22% de carbón vegetal de 3 x 0 mm, se mezcló con aproximadamente 6% en peso de agua y 5% en peso de una disolución de aglutinante de lignosulfonato. La mezcla se templó para crear una masa moldeable y, a continuación, se comprimió en una máquina para fabricar briquetas a alta presión. La composición final contenía aproximadamente 68% de MgO, de 16% a 18% de carbono, y aproximadamente 6% de pérdida de peso tras el coqueo. Se llevó a cabo un ensayo en una acería, donde se utilizó óxido de magnesio sinterizado para proporcionar MgO a la escoria y se añadió carbono de carga para aumentar el contenido de carbono en el metal al colar hasta aproximadamente 0,06%. Se cargó un peso de 1.814 kilogramos (4.000 libras) de briquetas en un horno para reemplazar todo el óxido de magnesio sinterizado. El contenido en MgO de la escoria se mantuvo a 10% y el contenido en carbono del metal fue de aproximadamente 0,04%. El mayor contenido en carbono de las briquetas, permitió la reducción de 484 kilogramos (1.000 libras) de carbono de carga en forma de carbón vegetal grueso.

Aunque la presente invención se ha descrito con respecto a las realizaciones preferidas de las diversas figuras, se entiende que pueden utilizarse otras realizaciones similares o que pueden hacerse modificaciones y adiciones a las realizaciones descritas, para realizar la misma función de la presente invención sin desviarse de la misma. Por lo tanto, la presente invención no debería limitarse a una sola realización, sino que más bien debería interpretarse en extensión y alcance según lo descrito en las reivindicaciones anexas.

**REIVINDICACIONES**

- 5 **1.** Un acondicionador de escoria que comprende, en peso, una mezcla y de 2% a 25% de aglutinante para aglutinar aglomerados o partículas de mayor tamaño de dicha mezcla, comprendiendo dicha mezcla: de 20% a 90% de agregados calcinados compuestos por partículas inferiores a 8 mm, de las cuales al menos el 30% son de 0,2 mm o superiores y que contienen entre 35% y 94% de MgO, hasta 50% de aditivo carbonoso para fabricar escoria, y hasta 50% de magnesita calcinada ligera con un tamaño de partículas inferior a 149 µm (100 mallas); en donde dicho agregado calcinado comprende magnesita sinterizada, dolomita sinterizada, o dolomita calcinada ligera.
- 10 **2.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1, que incluye, en peso, una mezcla de agregados clasificados por tamaño y de 2% a 25% de aglutinante para aglutinar los agregados, comprendiendo dicha mezcla: de 40% a 80% de agregados de magnesita sinterizada compuestos por partículas inferiores a 8 mm, de las cuales, al menos, el 30% son de 0,2 mm o superiores y que contienen entre 35% y 94% de MgO, hasta 40% de magnesita calcinada ligera con un tamaño de partículas inferior a 149 µm (100 mallas), de 5% a 50% de carbono seleccionado del grupo que consiste en: carbón vegetal, carbón de antracita, coque, grafito y coque de petróleo.
- 15 **3.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde dicho agregado calcinado comprende magnesita sinterizada, que contiene entre 80 % y 94% de MgO.
- 4.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde dicho agregado calcinado comprende dolomita sinterizada, que contiene más de 35 % y menos de 50% de MgO.
- 5.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1, en donde dicho aditivo carbonoso para fabricar escoria tiene un contenido en carbono entre 78% y 99,8%.
- 20 **6.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1, en donde dicho aditivo carbonoso para fabricar escoria tiene un tamaño de partículas de 6 mm o menos.
- 7.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde dicho aglutinante incluye agua.
- 25 **8.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde dicha magnesita calcinada ligera tiene un tamaño de partículas inferior a 100 mallas y contiene más de 85% de MgO, y en donde dicho aglutinante incluye de 5% a 30% de agua, formando una unión útil que consiste principalmente en hidróxido de magnesio, como un producto de la reacción con dicha magnesita calcinada ligera.
- 9.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde dicha magnesita calcinada ligera está compuesta por aproximadamente 80% o más de partículas de un tamaño inferior a 74 µm (200 mallas).
- 30 **10.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1, en donde dicho aditivo carbonoso para fabricar escoria se selecciona del grupo que comprende: carbón vegetal, carbón de antracita, coque metalúrgico, coque de petróleo y grafito.
- 35 **11.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde dicho aglutinante es agua o se selecciona del grupo que consiste en: silicato de sodio, lignosulfonato, disoluciones de lignosulfonato, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, cloruro de magnesio, sulfato de magnesio, melazas, brea, alquitrán, asfalto, bentonita, arcillas y resinas, incluyendo dicho aglutinante suficiente líquido para formar una mezcla moldeable.
- 12.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde dicho aglutinante incluye aglutinantes orgánicos.
- 13.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde dicho aglutinante es químicamente reactivo con uno o más componentes de dicha mezcla.
- 40 **14.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde la magnesita calcinada ligera comprende al menos 80 % y no más de 97% de MgO.
- 45 **15.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1, en donde los agregados calcinados están compuestos por dos partes constituyentes, la primera parte está en una fracción de tamaño inferior a 8 mm de las cuales al menos el 30% son de 0,2 mm o superiores y contienen entre 35% y 94% de MgO, y la segunda parte son de una fracción de tamaño de hasta 50% de la magnesita calcinada ligera que contiene más de 85% de MgO y tienen un tamaño de partículas inferior a 149 µm (100 mallas).
- 50 **16.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1, en donde los agregados calcinados están compuestos por dos partes constituyentes, la primera parte está en una fracción de tamaño inferior a 8 mm siendo al menos el 30% de 0,2 mm o superiores y contienen entre 35% y 94% de MgO, y la segunda parte son finos de óxido de magnesio sinterizado.
- 17.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 1 o reivindicación 2, que comprende además un material de carga compatible.

**18.** El acondicionador de escoria según la reivindicación 17, en donde el material de carga compatible se selecciona del grupo que consiste en: carburo de silicio, ferrosilicio, ferrocromo, ferrosiliciomanganeso, óxido de hierro, mineral de cromo, mineral de hierro, cascarilla de laminación, piedra caliza, dolomita y magnesita cruda.

**19.** Un método para producir un acondicionador de escoria que incluye las etapas de:

5 seleccionar en peso una mezcla y de 2% a 25% de aglutinantes para aglutinar los aglomerados o las partículas de mayor tamaño de dicha mezcla, comprendiendo la mezcla de 20% a 90% de agregados calcinados compuestos por partículas inferiores a 8 mm, de las cuales, al menos el 30% son de 0,2 mm o superiores y contienen entre 35% y 94% de MgO, hasta 50% de aditivo carbonoso para fabricar escoria y hasta 50% de magnesita calcinada ligera, con un tamaño de partículas inferior a 149  $\mu\text{m}$  (100 mallas); y,

10 comprimir dicha mezcla bajo una presión suficientemente alta para producir una briqueta, en donde dicho agregado calcinado comprende magnesita sinterizada, dolomita sinterizada o dolomita calcinada ligera.

**20.** El método para producir un acondicionador de escoria según la reivindicación 19, en donde la mezcla contiene agregados clasificados por tamaño y de 2% a 25% de aglutinante utilizado para aglutinar dichos agregados, comprendiendo dicha mezcla: de 40% a 80% de agregados de magnesita sinterizada compuestos por partículas inferiores a 8 mm, de las cuales el 30% son de 0,2 mm o superiores, y que contienen entre 35% y 94% de MgO, hasta 40% de magnesita calcinada ligera con un tamaño de partículas inferior a 149  $\mu\text{m}$  (100 mallas), de 5% a 50% de carbono seleccionado del grupo que consiste en carbón vegetal, carbón de antracita, coque, grafito y coque de petróleo.

**21.** El método para producir un acondicionador de escoria según la reivindicación 19 o la reivindicación 20, en donde dicho método además incluye las etapas de:

mezclar una cantidad seleccionada de dicha mezcla en un mezclador, y seleccionar una máquina capaz de formar briquetas compuestas por dicha mezcla, mediante un grupo de aparatos que consiste en: prensa mecánica, una prensa hidráulica, una prensa de tornillo por fricción, una prensa giratoria, un disco peletizante inclinado y una extrusora para formar aglomerados a partir de una mezcla recuperada de dicho mezclador.

25

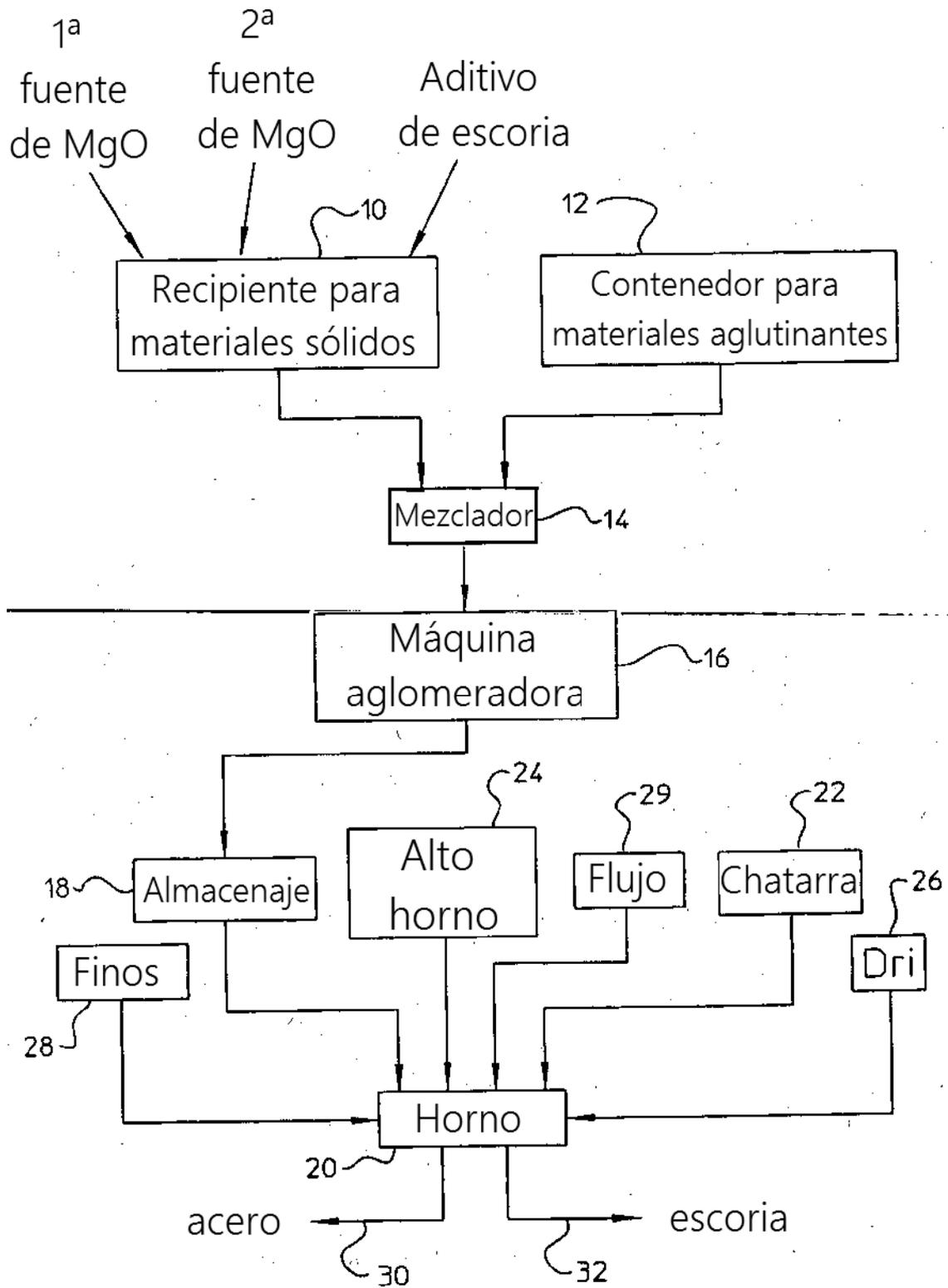


FIGURA 1

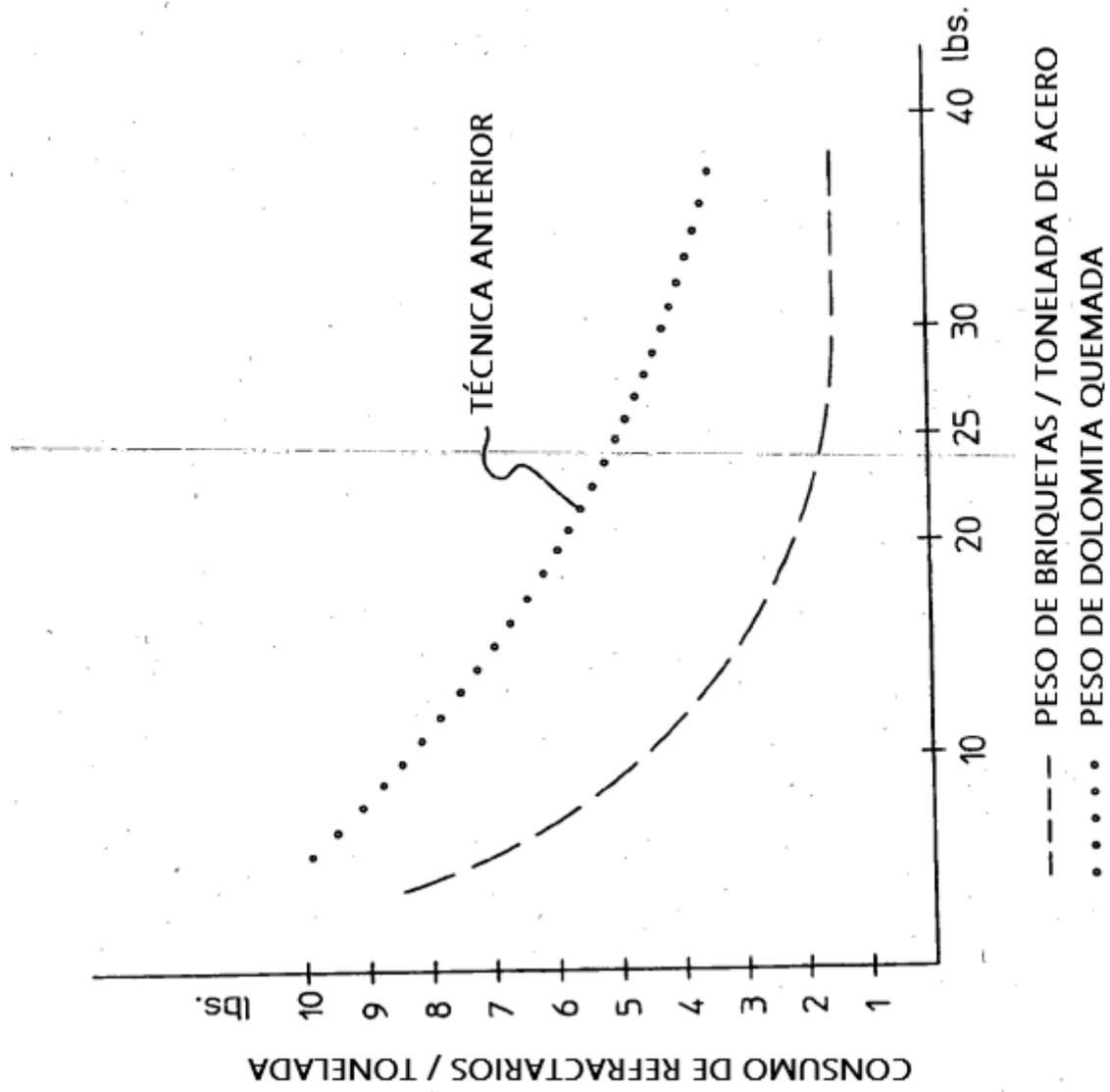


FIGURA 2

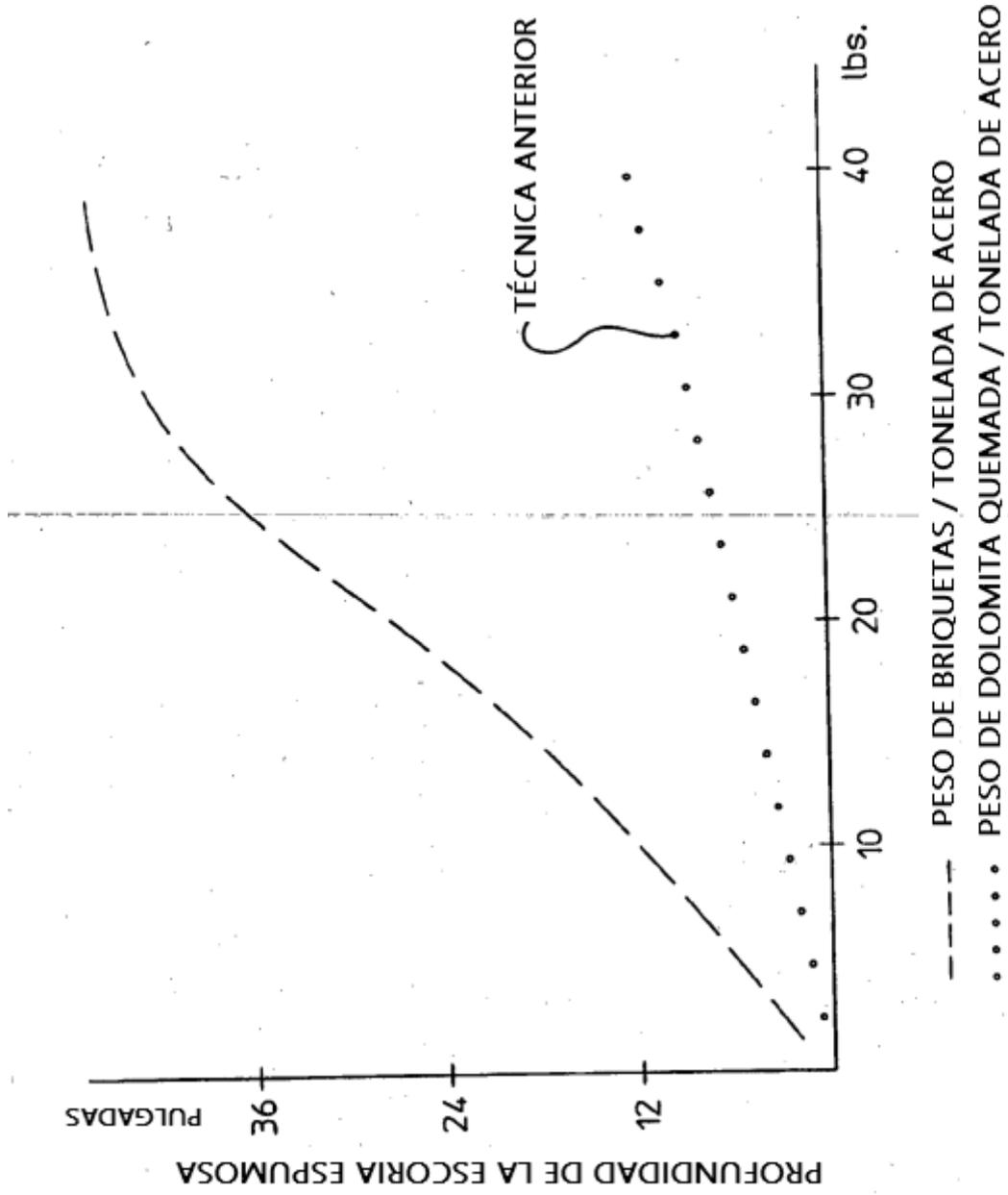


FIGURA 3

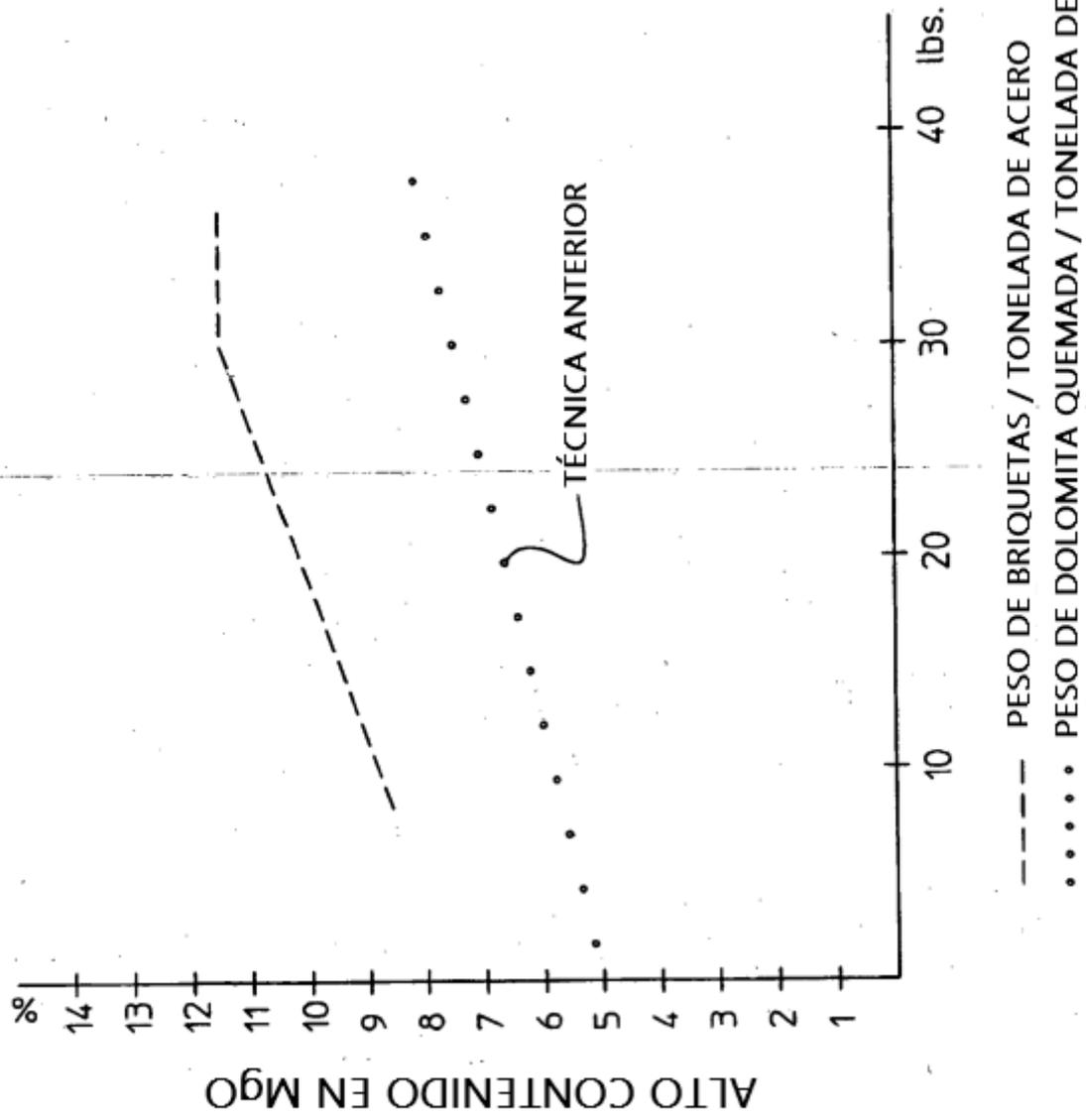


FIGURA 4

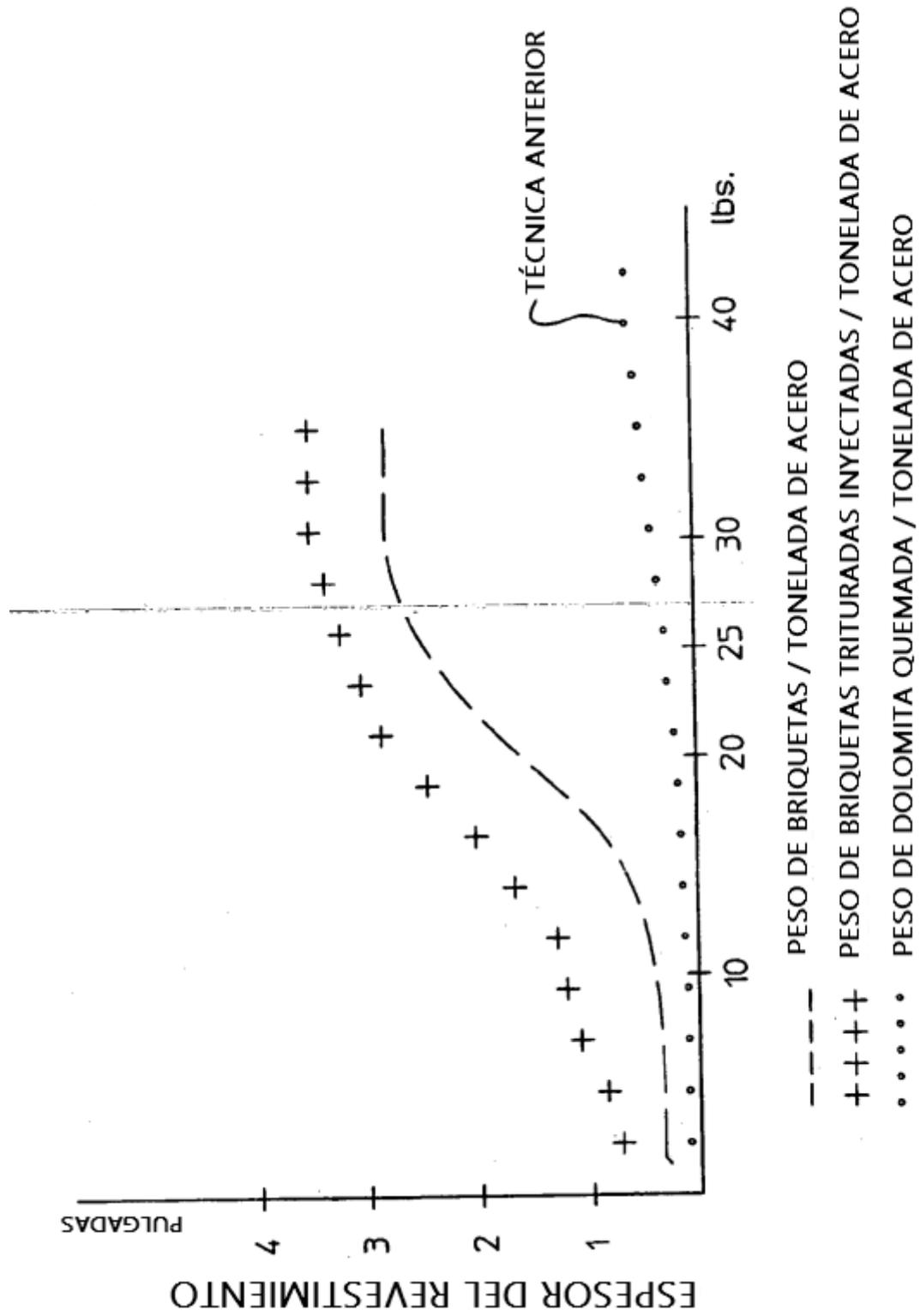


FIGURA 5

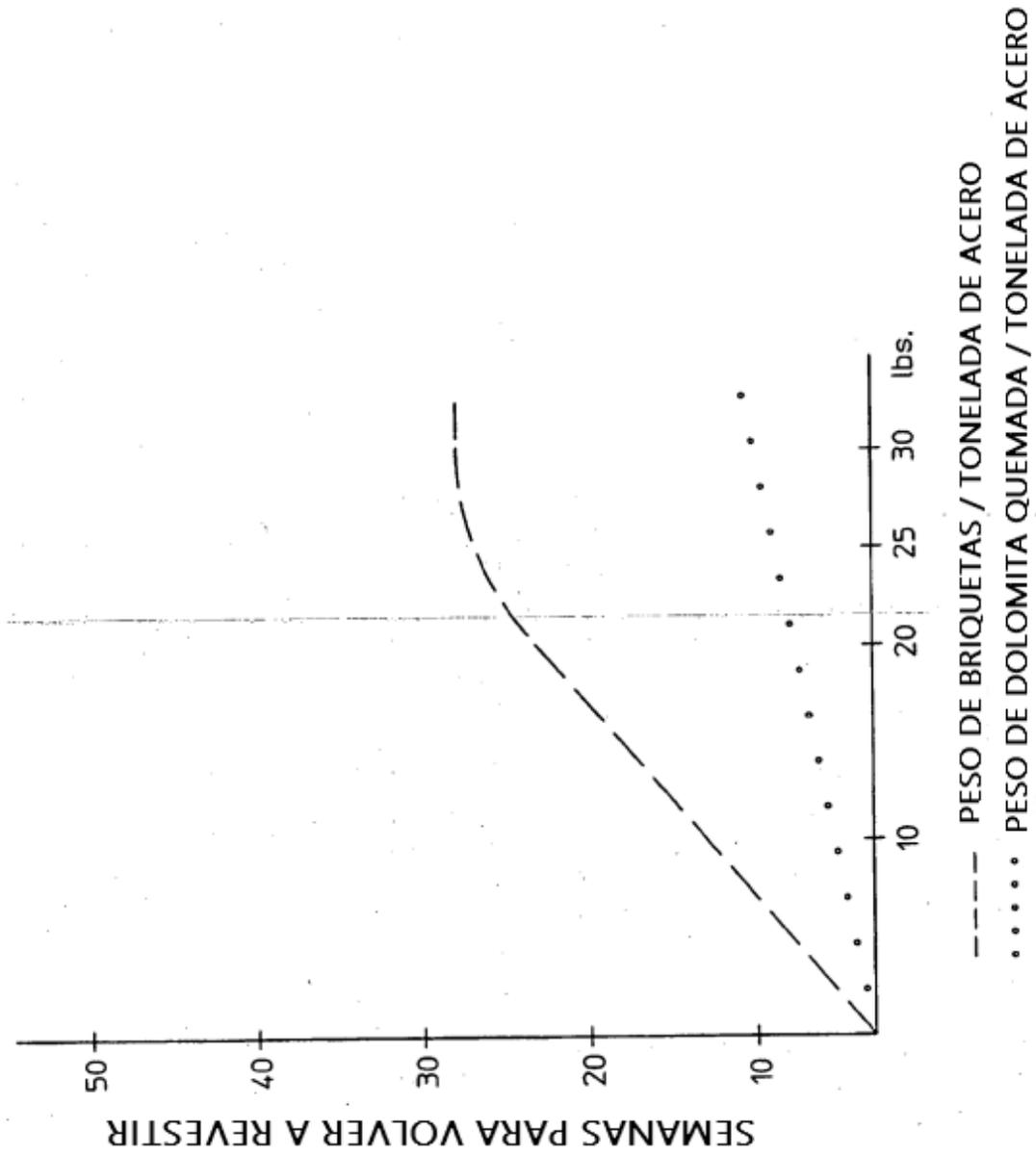


FIGURA 6

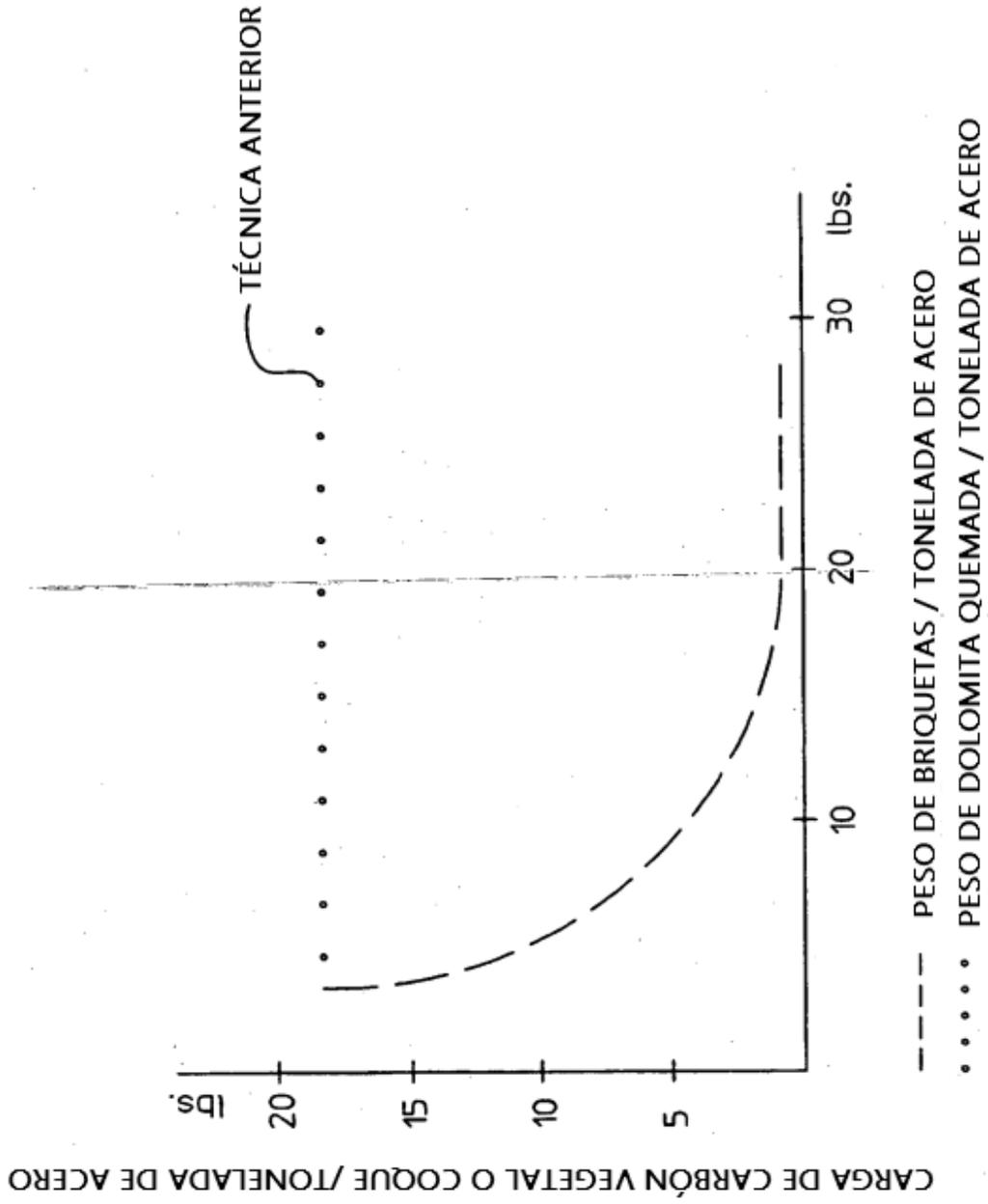


FIGURA 7

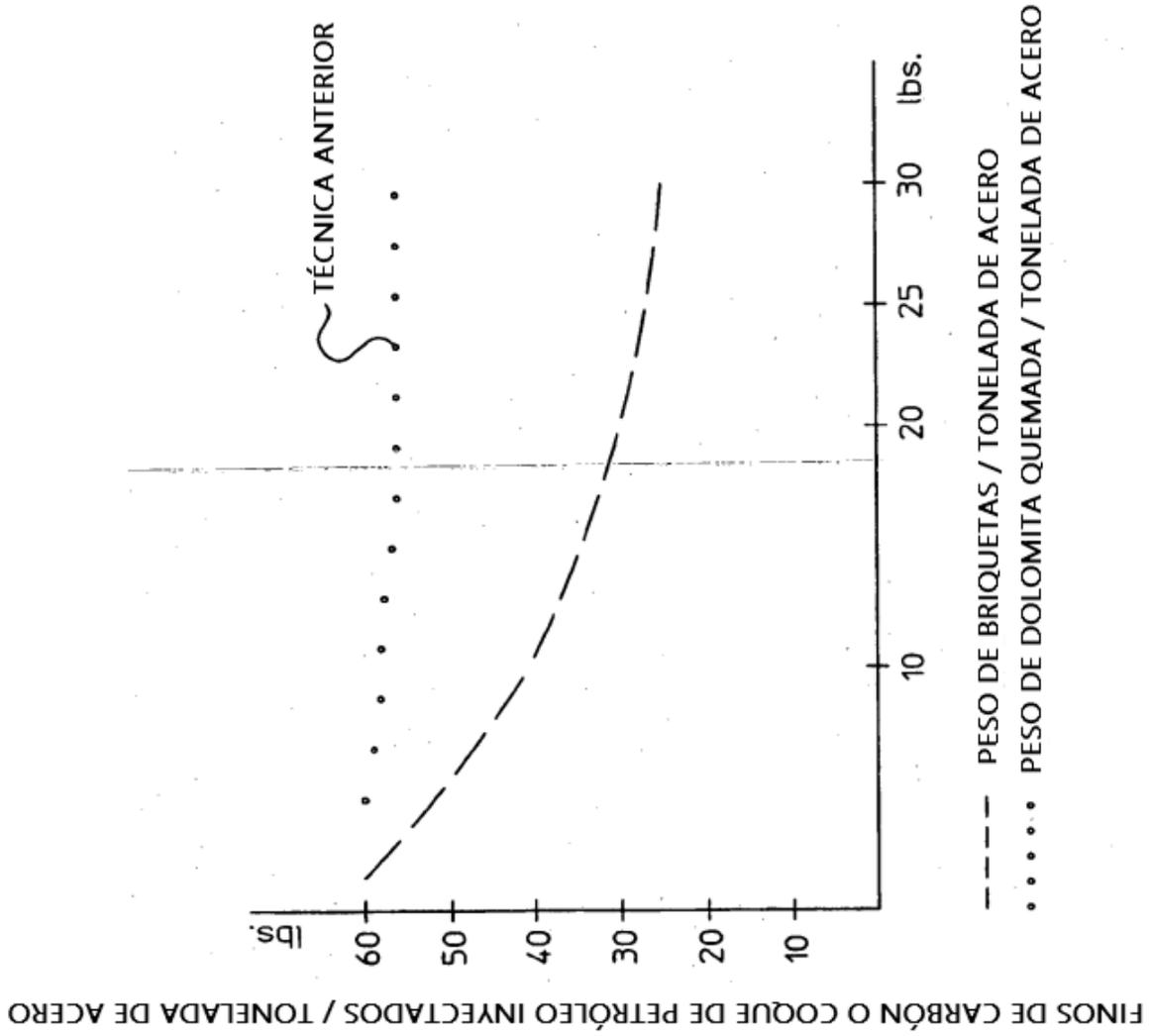


FIGURA 8

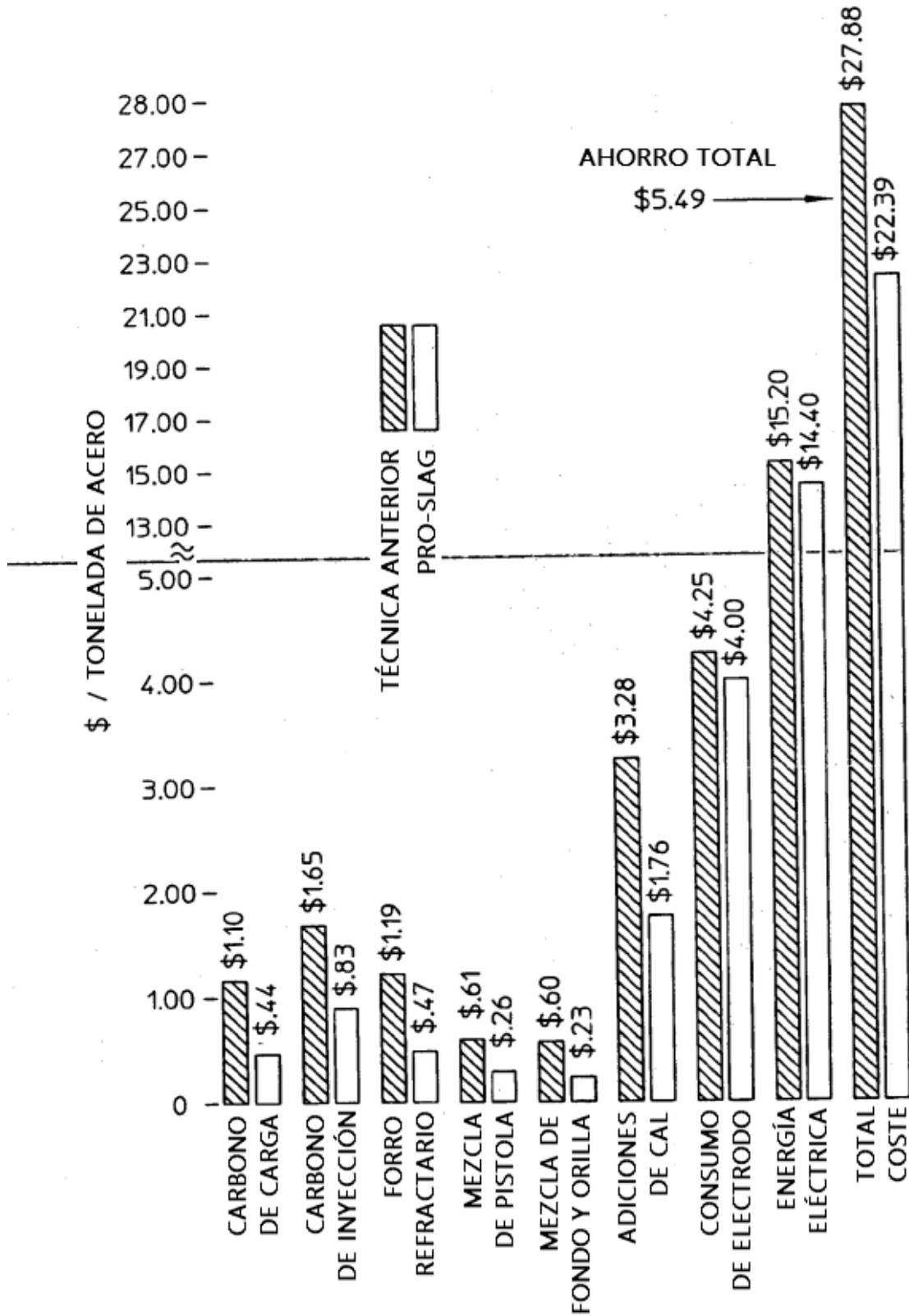


FIGURA 9