



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

19	4	10	7486	10	A 1
20		FECHA DE PRESENTACION			
		- 6 FEB. 1979			

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:		
31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
78 04193	8 de Febrero de 1.978	Francia
47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	C25C/H01F/H05K	
64 TITULO DE LA INVENCION		
PROCEDIMIENTO DE REDUCCION DE LAS PERTURBACIONES MAGNETICAS EN LAS SERIES DE CUBAS DE ELECTROLISIS DE ELEVADA INTENSIDAD.		
71 SOLICITANTE (S)		
ALUMINIUM PECHINEY		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
28, rue de Bonnel, 69.433 LYON CEDEX 3 (Francia)		
72 INVENTOR (ES)		
Paul MOREL, Ing., Jean-Pierre DUGOIS, Ing.		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE		
D. JOSE MIGUEL GOMEZ-ACEBO y POMBO		

La presente invención se refiere a un nuevo procedimiento para reducir las perturbaciones magnéticas en las series de cubas de electrólisis en sentido longitudinal, de elevada intensidad, destinadas a la producción de aluminio por electrólisis de alúmina disuelta en criolita fundida. Se aplica a la reducción de las perturbaciones debidas al campo propio creado por cada cuba y por sus adyacentes de la misma fila y de la fila adyacente cuando ésta se encuentra a una distancia relativamente próxima de la fila considerada.

Se sabe que, para reducir los gastos de inversión y aumentar los rendimientos, la tendencia es aumentar la potencia de las cubas que, alimentadas con 100.000 amperios, hace 20 años alcanzan ahora 200.000 amperios. Igualmente se sabe que las cubas dispuestas en sentido transversal con respecto al eje de la fila, presentan, a igualdad de dimensiones, efectos magnéticos menores que en las cubas dispuestas en sentido longitudinal, a pesar de la complicación de las condiciones de explotación y el deterioro de las condiciones de trabajo que así resultan. Desde este punto de vista, las cubas en sentido longitudinal no presentan estos inconvenientes, y la finalidad de la invención es un procedimiento que permita llevar los efectos magnéticos de las cubas en sentido longitudinal a un nivel inferior al de las cubas en sentido transversal, de ahí que surjan economías de energía considerables considerando a la vez las ventajas de explotación debidas a la disposición en sentido longitudinal.

En todos lo que sigue, se designará, según las convenciones habituales, por B_x , B_y y B_z las componentes del campo magnético según los ejes Ox , Oy y Oz , en un triedro rectángulo directo cuyo centro O es el centro del plano catódico de la cuba, Ox es el eje longitudinal en el sentido de la fila, Oy el -

eje transversal y Oz el eje vertical dirigido hacia arriba.

Según la convención habitual, se designan las posiciones anterior y posterior por referencia al sentido convencional de la corriente en la serie.

5 La figura 1 representa, en sección vertical transversal, pasando por el punto O, una cuba de electrólisis en sentido longitudinal.

10 La figura 2 representa, en sección horizontal esquemática, pasando por el punto O, una cuba de electrólisis en sentido longitudinal.

La figura 3 es un diagrama del campo B_z a lo largo de un lado mayor de la cuba.

La figura 4 representa la forma de la intercara metal-electrolito según la repartición del campo B_z de la figura 3.

15 La figuras 5 y 6 esquematizan dos disposiciones posibles para la alimentación de las cubas en sentido longitudinal: por una cabeza y unas subidas centrales (figura 5) ó por las dos cabezas (figura 6).

20 Las figuras 7, 8, 9 y 10 muestran la posición del conductor negativo según la invención, en función del coeficiente α fracción de corriente que alimenta la cabeza anterior.

La figura 11 explica la influencia del campo de la fila próxima sobre el campo total de una cuba dada en su eje menor Oy.

25 La figura 12 muestra la posición de los conductores de compensación del campo de la fila adyacente en una sala de electrólisis que incluye dos filas relativamente próximas.

Las figuras 13, 14 y 15 muestran la posición del conductor negativo en función del coeficiente α cuando se tiene en cuenta la influencia de la fila adyacente.

EXPOSICION DEL PROBLEMA

La patente francesa nº 1.143.879, depositada el 28 de
Febrero de 1.956, a nombre de "PECHINEY" ha dado las condiciones
a respetar para reducir los efectos magnéticos en las cubas en
sentido longitudinal, y la mayoría de las cubas construidas en
el mundo, desde esta época, han utilizado las disposiciones de
los conductores preconizados, a fin de satisfacer la doble condi-
ción:

$$\left. \begin{aligned} B_{y^0} &= 0 \\ \frac{dB_{y^0}}{dz} &= \text{pequeño} \end{aligned} \right\} \text{ en el centro de la cuba}$$

en la que B_{y^0} es la componente horizontal del campo magnético se-
gún el eje Oy (eje horizontal perpendicular al eje de la fila) y
 $\frac{dB_{y^0}}{dz}$ es el gradiente de este potencial según el eje vertical en
en el centro de la cuba.

En todo lo que sigue, se hará referencia al esquema -
de una cuba de electrólisis, tal como aparece en la figura 1 en
sección transversal.

Pero las condiciones preconizadas en la patente fran-
cesa nº 1.143.879 no se refieren más que al campo horizontal y
no tenían acción alguna sobre el campo vertical cuyo valor es -
prácticamente proporcional a la intensidad que atraviesa la cuba.

Ahora bién, todos los estudios recientemente realiza-
dos ponen de manifiesto la importancia de este campo vertical. -
Es el responsable, en particular, de una deformación "en domo" -
de la capa de aluminio líquido, domo asimétrico, cuyo vértice es-
tá desviado hacia la cabeza posterior de la cuba, y que correspon-
de a un desnivel que puede sobrepasar 4 cm con respecto al plano

de referencia.

Las fuerzas, denominadas fuerzas de Laplace, que se desarrollan en el metal son la sede de la deformación de la intercara baño-metal.

5 Fuerzas según el eje Ox: $f(x) = j_y B_z - j_z B_y$

Fuerzas según el eje Oy: $f(y) = j_z B_x - j_x B_z$;

Siendo B_x , B_y y B_z las tres componentes del campo magnético B según los ejes Ox, Oy, Oz, siendo j_x , j_y y j_z las tres componentes de la densidad de corriente en el metal.

10 La exposición de la solución que aporta la invención al problema de los efectos magnéticos se facilitará mediante un análisis de las diferentes componentes de estas fuerzas.

Se considera la sección horizontal de una cuba en sentido longitudinal, figura 2, a la altura del punto central O que se divide en cuatro cuartos por los ejes Ox y Oz, y se determina en primer lugar las fuerzas longitudinales según las paralelas a Ox.

El conjunto de las fuerzas $f_1(x)$ sobre una paralela a Ox (abecisa y) en el primer cuarto es:

20
$$F_1(x) = \int_{-b}^0 f_1(x) dx = j_y \int_{-b}^0 B_z \cdot dx - j_z \int_{-b}^0 B_y \cdot dx$$

ya que j_y es constante en virtud de la disposición habitual de las barras catódicas de salidas transversales; lo mismo ocurre con j_z .

25 Ocurrirá lo mismo en el segundo cuarto:

30
$$F_2(x) = \int_0^{+b} f_2(x) dx = j_y \int_0^{+b} B_z \cdot dx - j_z \int_0^{+b} B_y \cdot dx$$

Si $F_1(x) = -F_2(x)$, las fuerzas en cada paralela a Ox serán iguales y opuestas. Basta, para ello que:

5

$$\int_{-b}^0 B_z \cdot dx = - \int_0^{+b} B_z \cdot dx$$

y que

10

$$\int_{-b}^0 B_y \cdot dx = - \int_0^{+b} B_y \cdot dx$$

Estas dos condiciones se realizan si las curvas de B_z y B_y son anti-simétricas con respecto al eje Oy.

Caso del campo vertical B_z : en una cuba en sentido longitudinal, la curva de B_z en cada paralela a Ox es antisimétrica con respecto a su valor en su punto medio como se vé en la figura 3. Basta por tanto hacer B_z nula en el eje Oy, para que el conjunto de B_z sea antisimétrico con respecto a Oy. En el centro O de la cuba, $B_z(0)$ es entonces nula por simétria. B_z es máxima en la paralela a Ox que pasa por el borde exterior del sistema anódico y si se anula B_z en el punto M, la curva de las B_z máximas será, igualmente, antisimétrica.

15

20

Si $B_z(M)$ y $B_z(0)$ son nulas, el valor de B_z en el eje Oy no sobrepasa 2 a $3 \cdot 10^{-4}$ Tesla, para una cuba de 100.000 amperios, lo que es despreciable.

Por tanto, los valores de B_z en todos los puntos situados simétricamente con respecto a Oy tienen valores iguales y de signo inverso, y las curvas de B_z en cada paralela a Ox serán antisimétricas.

Caso del campo horizontal B_y : se conserva la condición B_y (en el punto central O) = 0 ya enunciada en la patente francesa n° -

30 1.143.879. Se comprueba que, cuando $B_y(0) = 0$, los valores de B_y

en los ejes paralelos a Oy son mínimos y muy débiles. La curva de B_y en cada eje es entonces igualmente antisimétrica.

En total, cuando las dos condiciones $B_z (M)$ y $B_y (o) = 0$ se realizan, se vé que en cada paralela a Ox:

5

$$F_1 (x) = - F_2 (x)$$

y

$$\sum F_1 (x) \text{ en el primer cuarto de la cuba;}$$

$$= - \sum F_2 (x) \text{ en el segundo cuarto de la cuba.}$$

10

La igualdad de las fuerzas conduce a una intercara baño-metal en forma de domo simétrico cuya flecha es mínima.

15

La figura 4 representa, en el caso de una cuba clásica de 115.000 amperios, y en correspondencia con la figura 3: con trazo lleno, la forma en domo disimétrico, y flecha importante (hasta 4 cm) en el caso de una curva B_z disimétrica (trazo lleno) y la forma en domo simétrico con poca flecha (aproximadamente 1 cm) en el caso en que B_z es antisimétrica con respecto al eje Oy, es decir después de la realización práctica de la invención.

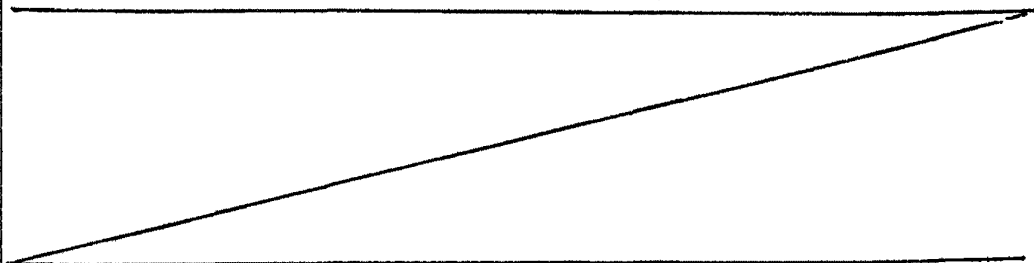
20

La fuerza disimétrica procede, en el primer caso, por el hecho de que el conjunto de las fuerzas positivas de R a P, $F_1 (x)$ es aproximadamente tres veces mayor que el conjunto de las fuerzas negativas $- F_2 (x)$, de P a S.

25

Ahora se determinan las fuerzas transversales según las paralelas a Oy con las mismas convenciones que para $F (x)$, se tiene:

30



$$F_1(y) = \int_{+a}^0 j_z B_x dy - \int_{+a}^0 j_x B_z dy$$

$$F_4(y) = \int_0^{-a} j_z B_x dy - \int_0^{-a} j_x B_z dy$$

5

Estas fuerzas transversales son mucho menores que las fuerzas longitudinales $F(x)$ ya que se ejercen sobre longitudes más cortas (anchura de la cuba).

10

j_x , en una cuba perfectamente construida es nula,
 j_z , es constante

En una cuba en sentido longitudinal, cuyos conductores habitualmente están dispuestos simétricamente con respecto al plano xOz , B_x es antisimétrica con respecto a Ox . Resulta pues que:

15

$$F_1(y) = -F_4(y)$$

y que $\sum F_1(y)$ en el primer cuarto de la cuba = $-\sum F_4(y)$ en el cuarto cuarto de la cuba.

Se llega a la conclusión de que si se construye una cuba en la que:

20

$$B_y(0) \text{ y } B_z(M) = 0$$

1) Se disminuye el valor de los campos máximos que, para B_z y B_y están situados en la periferia de la cuba.

2) Las fuerzas de Laplace serán mínimas, iguales y opuestas con respecto a los ejes Ox y Oy .

25

3) Resulta así una superficie de la intercara electrolito-napa de aluminio líquido, estable y prácticamente horizontal.

Igualmente puede ser ventajoso obtener la realización de una condición suplementaria, relativa a la componente B_y en el centro, que es:

$$\frac{dB_y}{dz} (\text{centro}) = 0$$

Aunque este gradiente en general sea bastante débil, se puede buscar en la medida en que las diferentes condiciones son compatibles entre sí, hacerlo lo más próximo posible de cero, lo que de hecho viene a anular B_y en todo el espesor de la napa de metal líquido, que es reducido y que no varía más que algunos centímetros con respecto a su nivel medio.

EXPOSICION DE LA INVENCION

El problema a resolver al ser así planteado, el objeto de la invención es un procedimiento para realizar las dos condiciones $B_y(0)$ y $B_z(M) = 0$ y eventualmente la tercera condición $\frac{dB_y}{dz} = 0$, que se caracteriza por una disposición particular de los conductores de conexión entre las diferentes cubas de una serie en la que se disponen en sentido longitudinal, teniendo en cuenta además, la influencia del campo magnético de una fila próxima cuando las dos filas están situadas a una distancia suficientemente reducida para que ya no se pueda despreciar esta influencia. La invención se aplica a las cubas en sentido longitudinal alimentadas ó bien por las dos cabezas ó bien por la cabeza anterior y al menos una subida lateral en cada lado.

De un modo general, los conductores negativos (conductores de conexión entre las cubas) están dispuestos simétricamente con respecto al plano medio xOz . Con referencia a la figura 1, se designará por Y y Z las coordenadas de estos conductores en el plano xOz .

El procedimiento se caracteriza entonces porque los conductores negativos están dispuestos paralelamente al eje Ox y pasan sensiblemente por puntos cuyas coordenadas Y y Z satisfacen un primer sistema de ecuación, permitiendo realizar las dos

condiciones $B_y (0) = 0$, y $B_z (M) = 0$, ó lo que es lo mismo, B_z (M) antisimétrica con respecto al eje Oy; igualmente se caracteriza porque se hace lo posible para que las coordenadas Y y Z - satisfagan, al menos aproximadamente una tercera ecuación, que
5 permite realizar las condición suplementaria $\frac{dB_y}{dz} = 0$ ó al menos, acercarse a ella lo más posible en la medida $\frac{dB_y}{dz}$ en que sean compatibles entre sí las soluciones.

Finalmente se caracteriza porque además de las condiciones anteriores; el campo de la fila adyacente es compensado
10 por medio de un conductor auxiliar dispuesto a lo largo de cada fila por el que se hace circular una corriente continua de sentido inverso al de la corriente que circula por la fila, y cuya intensidad es proporcionada por la resolución de un sistema de ecuación que tiene en cuenta diversas influencias magnéticas en
15 cada cuba.

Se examinará sucesivamente el caso de una serie que - comprende dos filas de tubos suficientemente alejadas para no introducir efecto de fila adyacente, y después el caso en que -
20 haya un efecto de fila adyacente, y en ambos casos, se distinguirá las cubas clásicas alimentadas por las dos cabezas y las cubas alimentadas por la cabeza anterior y por subidas centrales, tales como se han descrito anteriormente en el arte, cuya estructura es evocada en la figura 5, en el caso de una subida central a cada lado.

25 Conviene llamar α la fracción de corriente que alimenta la cabeza anterior A y $(1 - \alpha)$ la fracción de corriente que alimenta la cabeza posterior B ó las subidas laterales, según el caso (figuras 5 y 6).

Ahora se determinará la posición de los conductores -
30 negativos, función del parámetro α .

A fin de simplificar los cálculos, se intenta que la intensidad sea constante, en un conductor, que colocado en lugar de la cruceta por una parte, y de cada colector negativo por otra, crearía el mismo campo magnético que ellos. Entonces las intensidades denominadas equivalentes que figuran en el cuadro I siguiente, son válidas solamente para puntos situados en el plano medio yOz.

CUADRO I

Intensidad equivalente en:	Cubas de subidas centrales (figura 5) I en cabeza A (1 - α) en subidas central	Cubas clásicas (figura 6) I en cabeza A (1 - α)I en cabeza B
Cruceta	0,5 α I	(α - 0,5) I
Colector negativo	(0,5 - 0,25 α) I	(0,75 - 0,5α) I

A/ CASO DE UNA SERIE QUE COMPRENDE UNA SOLA FILA O DOS FILAS SUFICIENTEMENTE ALEJADAS PARA QUE NO HAYA ALTERACION MAGNETICA ENTRE ELLAS.

Caso nº 1: Cubas alimentadas por una cabeza y subidas centrales (figura 5)

1º) Realización de la condición $B_{y_0} = 0$

$$B_{y_0} \text{ debido a la cruceta: } \frac{2 \times 0,5 \alpha I \cdot k_1}{h} = \frac{\alpha I \cdot k_1}{h}$$

fórmula en la que K_1 es un coeficiente experimental que tiene en cuenta que el hecho de que la cruceta está formada, en la práctica, por dos ramas y por la discontinuidad debida al intervalo entre las crucetas de cada cuba de una fila. k_1 es casi siempre próxima de 0,9 y se conservará este valor a continuación. h es la altura de la cruceta por encima del plano de referencia xOy.

b_{y^0} debido al colector negativo 1 = b_{y^0} debido al colector negativo 2 =

$$\frac{2(0,5 - 0,25\alpha) I}{\sqrt{Y^2 + Z^2}} \times \frac{Z}{\sqrt{Y^2 + Z^2}} = \frac{(1 - 0,5\alpha) I \cdot Z}{Y^2 + Z^2}$$

5 B_{y^0} es igual a : b_{y^0} (cruceta) + b_{y^0} (colector 1) + b_{y^0} (colector 2) y debe ser igual a 0.

es decir: $\frac{(1 - 0,5\alpha) I \cdot Z}{Y^2 + Z^2} + \frac{0,9 \alpha I}{2h} = 0$

de donde se saca:

$$Y^2 + Z^2 = - \frac{(1 - 0,5\alpha) \cdot 2h}{0,9 \alpha} Z$$

10

Poniendo $\mu = \frac{(1 - 0,5\alpha) 2h}{0,9 \alpha}$ (1)

Se tiene: $Y^2 + Z^2 + \mu Z = 0$ (2)

2ª) Realización de la condición $B_z (M) = 0$

$b_z (M)$ debido a la cruceta=

15

$$\frac{2 \cdot 0,5\alpha \cdot I \cdot k_1}{\sqrt{a^2 + h^2}} \times \frac{a}{\sqrt{a^2 + h^2}} = \frac{0,9 \alpha \cdot I \cdot a}{a^2 + h^2}$$

$b_z (M)$ debido al colector 1:

$$- \frac{2(0,5 - 0,25\alpha) I}{\sqrt{(Y-a)^2 + Z^2}} \times \frac{Y-a}{\sqrt{(Y-a)^2 + Z^2}} = \frac{-(1 - 0,5\alpha) I (Y-a)}{(Y-a)^2 + Z^2}$$

20

$b_z (M)$ debido al colector 2:

$$\frac{2(0,5 - 0,25\alpha) I}{(Y-a)^2 + Z^2} \times \frac{Y+a}{(Y+a)^2 + Z^2} = \frac{(1 - 0,5\alpha) I (Y+a)}{(Y+a)^2 + Z^2}$$

La condición $B_z (M) = 0$ se escribe:

$b_z (M)$ cruceta + $b_z (M)$ colector 1 + $b_z (M)$ colector 2 = 0

25

es decir:

$$I (1 - 0,5\alpha) \left[- \frac{Y-a}{(Y-a)^2 + Z^2} + \frac{Y+a}{(Y+a)^2 + Z^2} \right] = - \frac{0,9 \alpha I a}{a^2 + h^2}$$

ó efectuando:

$$\frac{Z^2 - Y^2 + a^2}{(Z^2 + Y^2 - a^2)^2 + 4a^2 Z^2} = \frac{-0,9 \alpha}{2(a^2 + h^2)(1 - 0,5\alpha)} \quad (3)$$

30

Se observará que I ha desaparecido, lo que prueba que la solución será independiente de la intensidad que atraviesa la cuba.

Poniendo
$$\gamma = \frac{-0,9 \alpha}{(a^2 + h^2) (1 - 0,5 \alpha)} \quad (4)$$

se tiene también
$$\gamma = \frac{z^2 - Y^2 + a^2}{(z^2 + Y^2 - a^2)^2 + 4a^2 z^2}$$

Utilizando el valor de Y^2 extraído de la ecuación 2, se obtiene la ecuación del segundo grado: en Z

$$(\mu^2 \gamma + 4a^2 \gamma - 2) - \mu(I - 2a^2 \gamma) Z + a^2 (\gamma a^2 - 1) = 0 \quad (5)$$

que permite obtener el valor de Z que se lleva a la ecuación 2 para obtener el valor de Y.

3ª) Realización de la condición:
$$\frac{dB_{y^0}}{dz} = 0$$

Se tiene: B_{y^0} debido a la cruceta:
$$\frac{\alpha I k_1}{h} = \frac{0,9 \alpha I}{h}$$

$$\frac{dB_{y^0}}{dz} = \frac{0,9 \alpha I}{h^2}$$

$$b_{y^0} = 2 \times 2 \times (0,5 - 0,25 \alpha) I \cdot \frac{z}{z^2 + Y^2} - \frac{z - dz}{(z - dz)^2 + Y^2}$$

$$= (2 - \alpha) I \times \frac{dz (Y^2 - z^2)}{(Y^2 - z^2)^2}$$

Se debe tener: db_y (cruceta) + 2 db_y (colector) = 0

es decir:
$$\frac{0,9 \alpha I}{h^2} - (2 - \alpha) I \frac{(Y^2 - z^2)}{(Y^2 + z^2)^2} = 0$$

$$\delta \frac{Y^2 - z^2}{(Y^2 + z^2)^2} = \frac{0,9 \alpha}{(2 - \alpha) h^2}$$

Teniendo, como anteriormente
$$\mu = \frac{(2 - \alpha) h}{0,9 \alpha}$$

La condición se escribe:
$$\frac{Y^2 - z^2}{(Y^2 + z^2)^2} = \frac{1}{h \mu}$$

Ha de hacerse notar que:

$1 - \mu \gamma$ y γ son funciones del parámetro α , definido más arriba. Se obtiene por tanto las soluciones, es decir los valo-

res de Z e Y bajo forma de una curva que es el lugar geométrico de la posición de los conductores negativos, que realizan las condiciones planteadas de partida.

2 - Las ecuaciones 5 y 6 son independientes de la intensidad, en la medida que a y h que intervienen en μ y γ son constantes. En efecto, "h" altura de la cruceta no depende del tamaño de las cubas y "a" semi-anchura del sistema anódico puede no variar si se procede al aumento del tamaño de las cubas por simple alargamiento del sistema anódico según Ox. En la práctica, "a" varía muy poco, y vale, por ejemplo 1,20 metros para una cuba de 100000 amperios y 1,50 metros para una cuba de 200.000 amperios más allá, por razones tecnológicas, ya no se aumenta "a".

EJEMPLOS DE REALIZACIONES PRACTICAS

EJEMPLO 1

Se han aplicado los resultados anteriores a una serie de cubas de 100.000 amperios, con subidas centrales, para la que h (altura de la cruceta por encima del plano xOy) = 1,77 m y a (semi-anchura del sistema anódico) = 1,175 y que comprende en cada lado mayor, 11 barras de salidas catódicas. En ciertas condiciones, λ no puede por tanto variar más que por fracción de 1/11. Pero también se puede considerar variaciones continuas del valor de λ jugando con la resistencia eléctrica de los conductores de conexión.

Se han considerado seis valores de α : 2/11 (0,182), 3/11 (0,273), 4/11 (0,364) 5/11 (0,455), 6/11 (0,545) y 7/11 (0,636).

La aplicación de las fórmulas 1 a 5 da los siguientes resultados:

CUADRO 2

α	Cota $\pm Y$ en m	Cota Z en m
0,182	6,00	- 2,04
0,273	4,38	- 1,80
0,364	3,38	- 1,57
0,455	2,68	- 1,35
0,546	2,14	- 1,11
0,636	1,66	- 0,81

N.B: El signo \pm significa que esta cota es válida para los conductores negativos dispuestos a cada lado de la cuba.

Estos valores han sido llevados sobre el diagrama, figura 7, que de hecho, es una semi-sección transversal de una cuba en sentido longitudinal, pasando por el punto central O. Las líneas bordeadas de rayas indican el volúmen ó espacio exterior del recipiente de la cuba.

Se comprueba que para valores de α superiores a 0,55, los conductores deberían encontrarse en el interior de la cuba.

Por consideraciones económicas y de espacio, se puede por tanto elegir entre 0,35 y 0,55.

Ahora se vá a intentar realizar simultáneamente:

1^a - Las condiciones $\frac{dB_y}{dy} = 0$ y $B_{y0} = 0$

2^a - Las condiciones $B_z (M) = 0$ y $B_{y0} = 0$

y ver si las soluciones son compatibles entre sí, al menos de forma aproximada, y si las tres condiciones pueden realizarse simultáneamente:

La condición $B_{y0} = 0$ implica

$$Z^2 + Y^2 + \mu Z = 0 \quad \text{ó} \quad Y^2 = -\mu Z - Z^2 \quad (6 A)$$

llevando el valor de Y^2 en (6), ocurre que:

$$\frac{-\mu Z - Z^2 - Z^2}{(-\mu Z)^2} = \frac{1}{\mu h}$$

es decir resolviendo:

$$Z = \frac{-\mu h}{\mu + 2 h} \quad (7)$$

5

Introduciendo este valor de Z en (6A), se encuentra Y.

Se podrá por tanto trazar, sobre un diagrama, las curvas $(Y, Z) = f(\alpha)$ que satisfacen por una parte $\frac{dB_{y'}}{dz} = 0$ y $B_{y'} = 0$ y por otra $B_z(M) = 0$ y $B_{y'} = 0$ y ver si su intersección dá, para la posición del conductor, un valor aceptable.

10

EJEMPLO 2

Se intenta de realizar simultáneamente las tres condiciones:

$$\frac{dB_{y'}}{dz} = 0, B_{y'} = 0, B_z(M) = 0$$

15

Se añade al cuadro I, para facilitar el trazado de la curva, $Y, Z = f(\alpha)$ que satisface $B_z(M) = 0$ y $B_{y'} = 0$, un valor de $\alpha = 0,6$ que dá $Y = 1,86$ y $Z = -0,98$.

Después se traza la curva $Y, Z = f(\alpha)$ que satisface las dos ecuaciones $\frac{dB_{y'}}{dz} = 0$ y $B_{y'} = 0$. Se tiene:

CUADRO 3

20

α	$\pm Y$	Z
0,182	5,22	- 1,49
0,273	3,91	- 1,38
0,364	3,10	- 1,26
0,456	2,53	- 1,16
0,546	2,10	- 1,06
0,6	1,86	- 0,98
0,636	1,77	- 0,96

30

Se vé que las dos curvas se cortan en un punto de coordenadas $Y = 1,96$, $Z = -1,01$.

Este punto corresponde a una posición del conductor en el interior del receptáculo de cuba, pero en la práctica, se puede tomar un punto próximo; al exterior; las dos curvas solamente se separan de forma muy lenta y la solución es todavía aceptable.

EJEMPLO 3

Se han aplicado los mismos resultados a una cuba de 200.000 amperios, para la que $h = 1,77$ m, $a = 1,50$ m que posee igualmente 11 barras catódicas en el lado mayor. Se encuentran los siguientes valores:

CUADRO 4

α	$\pm y$	z
0,182	6,36	- 2,34
0,273	4,58	- 2,01
0,364	3,48	- 1,70
0,455	2,69	- 1,36
0,546	1,99	- 0,91

En el diagrama, figura 9, se comprueba que las curvas de Y , $Z = f(\alpha)$ son muy próximas para 100.000 amperios y 200.000 amperios, pero que el valor $\alpha = 0,546$ conduce a una imposibilidad geométrica.

Las dos curvas estarían además en coincidencia si el alimento de intensidad fuese obtenido por el único alargamiento del cátodo. En la realidad, también se han ensanchado los ánodos (factor "a"). De otro modo a ser a y h constantes, ocurriría lo mismo para μ y γ al ser la ecuación 5 independiente de la intensidad, las curvas Y , $Z = f(\alpha)$ serían idénticas.

Caso nº 2: Cubas clásicas (figura 6) alimentadas por las dos cabezas de la cruceta. No existe fila adyacente. La cabeza A (anterior) recibe una intensidad αI , y la cabeza B (posterior) recibe $(1 - \alpha) I$.

5 El cálculo es idéntico pero las intensidades equivalentes (ver cuadro I) de la cruceta y de los colectores negativos son diferentes, por lo que los nuevos valores de μ' y γ' son los siguientes:

10
$$\mu' = \frac{(1,5 - \alpha) \cdot 2 h}{k_1 (2\alpha - 1)} \delta, \text{ con } k_1 = 0,9; \mu' = \frac{(1,5 - \alpha) 2h(8)}{0,9 (2\alpha - 1)}$$

$$\gamma' = \frac{-(2\alpha - 1) k_1}{2 (a^2 + h^2) (1,5 - \alpha)} \delta \text{ con } k_1 = 0,9; \gamma' = \frac{-0,9 (2\alpha - 1)}{2(a^2 + h^2)(1,5 - \alpha)} \quad (9)$$

Las ecuaciones 10 y 11 son por tanto idénticas a 2 y 5, es decir:

15
$$Y^2 + Z^2 + \mu' Z = 0 \quad (10)$$

$$(\mu'^2 \gamma' + 4 a^2 \gamma' - 2) Z^2 - \mu' (1 - 2 a^2 \gamma') Z + a^2 (\gamma' a^2 - 1) = 0 \quad (11)$$

EJEMPLO 4

20 En función del resultado anterior, se ha determinado la posición de los conductores negativos para una cuba clásica de 100.000 amperios, con cruceta alimentada por las dos cabezas con $h = 1,77$ m y $a = 1,175$ m y que comprende igualmente 11 barras de salida catódicas en cada lado mayor.

CUADRO 5

25

α	cota $\frac{1}{2}$ Y en m	cota Z en m
6/11 = 0,546	9,44	- 2,29
7/11 = 0,636	4,38	- 1,80
0,7	3,07	- 1,48
8/11 = 0,725	2,68	- 1,34
0,8	1,86	- 0,95
9/11 = 0,818	1,66	- 0,81

30

Estos valores son llevados sobre el diagrama, figura 10; se comprueba que $\alpha = 0,8$ conduce a una imposibilidad, y que por razones económicas, se está obligado a elegir entre 0,65 y 0,75.

5 B) CASO DE UNA SERIE QUE COMPRENDE DOS FILAS PROXIMAS EN UN MISMO EDIFICIO.

En la práctica, la solución económica es instalar las dos filas de cubas en la misma planta ó edificio.

10 Se introduce entonces un campo vertical debido a la fila adyacente, bastante uniforme en valor y de idéntico signo. - Si se llama b_z (cuba) el campo vertical de la cuba con su fila, y b_z (fila adyacente) el campo vertical inducido por la fila adyacente, se vé en el diagrama de la figura 11, que es imposible obtener simultáneamente:

15
$$B_z (M) = b_z (M) /cuba) + b_z (M) (fila próxima) = 0$$

y

$$B_z (N) = b_z (N) (cuba) + b_z (N) (fila próxima) = 0$$

ya que $b_z (M) \text{ cuba} = - b_z^{(N)} \text{ cuba}$, puesto que b_z es antisimétrica - con respecto a Oy, mientras que $b_z (M) (fila próxima)$ es sensible
20 mente igual a $b_z (N) (fila próxima)$ y de igual signo.

Sobre esta figura 11, la cuba 1 representa la variación de b_z (cuba) sin fila adyacente, a lo largo de M.O.N, la curva 2 representa la variación de b_z (fila adyacente) a lo largo de M.O.N, y la curva 3 representa la variación de B_z (cuba + fila adyacente) a lo largo de M.O.N.
25

Es preciso por tanto compensar el efecto de la fila adyacente.

Para ello ya se ha propuesto anteriormente un cierto número de soluciones, por ejemplo, las que recurren a las patentes francesas nº 1.079.131, depositada el 7 de Abril de 1.953 (Compañía
30

PECHINEY), en la que se propone crear un bucle eléctrico alrededor de la cuba, nº 1.185.548 depositada el 29 de Octubre de - 1.957 (Elektrokemisk A.S.) en la que se procede a una alimentación disimétrica de las cabezas A y B, al igual que en la patente francesa nº 1.586.867 depositada el 28 de Junio de 1.968 - (Vsesojuzny Nauchnoissledovatel'sky i Proektny Institut Alumini-voi) ó en la patente francesa nº 2.333.060, depositada el 28 de Noviembre de 1.975 (Aluminium Pechiney) donde se propone posicionar diferencialmente los colectores negativos a cada lado de la cuba.

Estas dos últimas soluciones disminuyen sensiblemente el efecto de fila adyacente, pero no uniformemente sobre el conjunto de la cuba. De otro lado b_y (cuba) y b_z (cuba) no son ya antisimétricos con respecto a Ox . Por este motivo se crea una disimetría de las fuerzas de Laplace en F_y .

El método que se vá a describir ahora utiliza un conductor de compensación recorrido por una corriente $-i$ que circula en sentido inverso de la corriente I de la serie situado del lado exterior de las dos filas de cubas, y colocado a una distancia mínima del receptáculo de cuba, compatible con la seguridad eléctrica.

Un método similar ya se ha descrito en la patente americana US 3.616.317. Sin embargo conviene hacerla compatible con las condiciones planteadas anteriormente, y en particular con la obtención de $B_y = 0$ y de $B_z (M) = 0$. La figura 12 es una sección esquemática de una sala de electrólisis 1 que comprende dos filas adyacentes, de las que únicamente se han representado los sistemas anódicos 2 y 3, y en las que las cubas están dispuestas en sentido longitudinal. Los conductores de compensación están en 4 y 5. Los conductores de conexión de las cubas han sido omitidos

para no sobrecargar el dibujo. Las flechas redondeadas esquemati-
tizan los sentidos del campo magnético creado por cada conductor
de compensación. Se denomina:

- a): la semi-anchura del sistema anódico
- 5 d₂: la distancia del conductor de compensación al bor
de exterior del ánodo
- l : la distancia entre los bordes interiores de los
sistemas anódicos de las dos filas de cubas.
- E : el campo producido por el conductor de compensa-
ción en M (lado interior)
- 10 F : el campo producido por el conductor de compensa-
ción en N (lado exterior)
- e : el campo de la fila adyacente en M
- f : el campo de la fila adyacente en N
- 15 m : el campo bz de la cuba sin efecto de fila adyacen-
te.

Se tiene, habida cuenta de los dos conductores de com-
pensación:

$$E = -2 i \frac{2 d + 4a + l}{d^2 + d (4a + l) + 4a^2 + 2al} \quad (12a)$$

$$F = -2 i \frac{2 d + 4a + l}{d^2 + d (4a + l)} \quad (12b)$$

De lo que se deduce una relación K

$$K = \frac{E}{F} = \frac{d^2 + d (4a + l)}{d^2 + d (4a + l) + 4a^2 + 2al} \quad (12c)$$

25 y d son valores fijados por construcción y prácticamente inde-
pendientes del tamaño de las cubas.

30 K varia con "a" pero de forma muy débil, como lo de-
muestra la ecuación (12c). Para una serie de cubas cuya distan-
cia entre ánodos l = 7,40 m y cuya distancia entre el conductor
de compensación y el borde exterior del ánodo d = 1,80 m, se tie

ne:

Para una cuba de 100.000 amperios, donde $a = 1,175$, idéntica a la de los ejemplos 1 y 3. $K = 0,52$.

5 Para una cuba de 200.000 amperios, donde $a = 1,5$, idéntica a la del ejemplo 2, $K = 0,47$.

Se puede por tanto basarse en un valor de $K = 0,5$.

Ahora se elegirá un esquema de cuba para la que el valor del campo vertical b_z (sin fila adyacente) sea m en el punto M , y por tanto $-m$ en el punto M .

10 Se determina M por las ecuaciones:

$$m + e + KF = 0$$

$$-m + f + F = 0$$

De donde los valores

$$m = \frac{Kf - e}{1 + k} \quad (13a)$$

15
$$F = - \frac{(e + f)}{1 + k} \quad (13b)$$

$$E = - \frac{(e + f) K}{1 + k} \quad (13c)$$

siendo e y f directamente proporcionales a i , y los valores de m , E y F serán por tanto igualmente proporcionales a i . Se puede por tanto definir tres características:

20

$$m' = \frac{M}{I}$$

$$F' = \frac{F}{I}$$

$$E' = \frac{E}{I}$$

25 válidas para todas las cubas dispuestas en sentido longitudinal tomando I , por comodidad, expresada en kilo-amperios.

Al ser K próximo de $0,5$, las ecuaciones pueden escribirse en la práctica:

30

$$m = \frac{0,5 f - e}{1,5}$$

$$F = - \frac{(e + f)}{1,5}$$

$$E = - \frac{(e + f)}{3}$$

APLICACIONES PRACTICAS

EJEMPLO 5

5 Para una serie de cubas de 100.000 amperios, idénticas a las de los ejemplos 1 y 2, los valores del campo vertical debidos a la fila adyacente en M y N, con

$l = 7,40$ m y $d = 1,80$ m son respectivamente (valores medidos):

$$e = 24,4 \cdot 10^{-4} \text{ Tesla}$$

$$f = 18,9 \cdot 10^{-4} \text{ Tesla}$$

10 Se tiene:

$$K = 0,522 \quad - \text{según la ecuación (12c)}$$

$$m' = 0,0955 \cdot 10^{-4} T / 1000 \text{ A} \quad - \text{según la ecuación (13a)}$$

$$F' = 0,284 \cdot 10^{-4} T / 1000 \text{ A} \quad - \text{según la ecuación (13b)}$$

$$E' = 0,149 \cdot 10^{-4} T / 1000 \text{ A} \quad - \text{según la ecuación (13c)}$$

15 De donde i' , intensidad en el conductor de compensación, según la ecuación (12a) ó (12b) = 226 A/1000 A

es decir 22,6 % de I.

Se verifica que en los puntos M y N se tiene perfectamente:

$$20 \quad B_z (M) = B_z (N) = 0$$

$$\text{En M} = - 9,6 \cdot 10^{-4} T - 15 \cdot 10^{-4} T + 24,4 \cdot 10^{-4} T = 0$$

$$\text{En N} = + 9,6 \cdot 10^{-4} T - 28,4 \cdot 10^{-4} T = 0$$

EJEMPLO 6

25 Con las mismas cubas que los ejemplos 1 y 3, se ha reducido la distancia d a 1,20 m (esta reducción solo es posible - si la disposición de las cubas lo permite). Resulta pues una disminución importante de la intensidad i en el conductor de compensación.

30 Se tiene:

$$K = 0,41$$

$$m' = - 0,1184 \cdot 10^{-4} T / 1000 \text{ A}$$

$$F' = - 0,307 \cdot 10^{-4} T / 1000 \text{ A}$$

$$E' = - 0,126 \cdot 10^{-4} T / 1000 \text{ A}$$

5 $i' = 169 \text{ A} / 1000 \text{ A}$ es decir 16,9 %.

Se verifica que en los puntos M y N, se tiene perfectamente $B_z (M) = B_z (N) = 0$

$$\text{En M} = - 11,8 - 12,6 + 24,4 = 0$$

$$\text{En N} = + 11,8 - 30,7 + 18,9 = 0$$

10 En conclusión:

Si se realiza una cuba cuyo campo m' por 1.000 amperios en el punto M es igual a $\frac{0,5 f - e}{1,5 \cdot I (ka)}$ en $10^{-4} T$, se obtendrá un campo total B_z nulo utilizando un conductor de compensación recorrido por una corriente i que será función de su distancia al borde exterior del ánodo.

15

Cuando se transforma una serie antigua, por razones de seguridad eléctrica y de espacio, d será próxima de 1,80 metros y la intensidad i del conductor de compensación será en este caso de 22,6 % de la corriente I de la serie.

20

En el caso de una serie nueva d podrá ser menor ya que se situará en un canalón independiente aislado de la serie. Para $d = 1,20$ la corriente de compensación ya no será más que de 16,9 % de la corriente I .

25

Este método permite por tanto minimizar el costo de inversión, y el consumo del conductor de compensación.

Este método de compensación ahora será combinado con el método anteriormente descrito, tratando de hacer $B_z (m)$ y $B_y (o)$ nulos.

30

Caso nº 3: Cubas con subida central (figura 5), alimentación de la cruceta por la cabeza A con una intensidad

α i y por las subidas centrales con una intensidad -
(1 - α). Se tiene en cuenta fila adyacente.

En este caso, la condición $B_y = 0$ no cambia puesto que la fila adyacente y el conductor de compensación están sensible-
mente en el plano del metal, y por tanto no tienen acción sobre B_y . Se tiene por tanto las mismas ecuaciones que 2 y 5 del caso nº 1.

$$z^2 + y^2 + \mu z = 0 \quad (14)$$

$$\text{con } \mu_1 = \mu = \frac{(1 - 0,5\alpha) 2h}{k_1 \alpha} \quad \delta = \frac{(1 - 0,5\alpha) 2h}{0,9 \alpha} \quad (15)$$

Por el contrario la condición B_z (M) es modificada:

Se tiene:

$$b_z \text{ (M) cruceta} + b_z \text{ (M) colector 1} + b_z \text{ (M) colector 2} = m.$$

Tomando, el mismo cálculo que en el caso nº 1, se tiene:

$$m' = \frac{k_1 a}{a^2 + h^2}$$

$$\frac{z^2 - y^2 + a^2}{(z^2 + y^2 + a^2)^2 + 4a^2 z^2} = \frac{1}{(1 - 0,5\alpha)} \times \frac{1}{2a}$$

Poniendo:

$$m' = \frac{k_1 a}{(a^2 + h^2)}$$

$$m' = \frac{0,9\alpha \cdot a}{(a^2 + h^2)}$$

$$\sqrt{1} = \frac{1}{(1 - 0,5\alpha) 2a} \quad \text{es decir con } k_1 = 0,9\alpha \quad \frac{1}{(1 - 0,5\alpha) 2a}$$

$$\text{Se tiene: } \frac{z^2 - y^2 + a^2}{(z^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2 z^2} = \sqrt{1}$$

Extrayendo el valor de Y^2 de la ecuación 14, se obtiene la ecuación de segundo grado:

$$(\mu_1^2 \sqrt{1} + 4 a^2 \sqrt{1} - 2) z^2 - \mu_1 (1 - 2a^2 \sqrt{1}) z + a^2 (\sqrt{1} a^2 - 1) = 0 \quad (16)$$

esta ecuación es idéntica a la ecuación 5 del caso nº 1, sin fila

adyacente, con un nuevo coeficiente $\sqrt{1}$. Permite calcular Z que se lleva a la ecuación 14 para obtener Y.

EJEMPLO 7

5 Se consideran cubas de 100.000 amperios idénticas a las de los ejemplos 1 y 3, dispuestas en dos filas por edificio 6 planta, con una distancia entre ánodo $l = 7,40$ m y un conductor de compensación colocado a una distancia $d = 1,80$ m como en el ejemplo 4.

10 Se calcula del mismo modo y con las mismas convenciones para α :

CUADRO 6

α	$\pm Y$ en m	Z en m
0,182	3,83	- 0,78
0,273	3,26	- 0,92
0,364	2,76	- 0,96
0,455	2,31	- 0,92
0,546	1,90	- 0,81

20 En la figura 13, la curva 1 con trazo punteado corresponde a la solución del caso nº 1 y la curva 2 con trazo lleno, corresponde a la solución que tiene en cuenta la fila adyacente. Se comprueba que, por razones prácticas y económicas, se elegirá α comprendida entre 0,35 y 0,50.

25 EJEMPLO 8

30 Se consideran cubas de 200.000 amperios, idénticas a las de los ejemplos 1 y 3, pero dispuestas en dos filas por edificio 6 planta, con una distancia entre ánodos $l = 7,40$ m y un conductor de compensación colocado a una distancia de 1,80 m como en el ejemplo 5.

Se obtiene del mismo modo, los valores de y y z que son llevados sobre el diagrama, figura 14.

GUADRO 7

5

	\pm Y en m	Z en m
0,091	5,01	- 0,62
0,182	4,24	- 0,92
0,273	3,54	- 1,10
0,364	2,92	- 1,10
0,455	2,35	- 0,96

10

Caso nº 4: Cubas clásicas (figura 6) que comprenden una cruceta de alimentación por la cabeza anterior A con una intensidad α I y por la cabeza posterior B, con una intensidad $(I - \alpha) I$.

15

Se tiene en cuenta fila adyacente.

El cálculo es idéntico al del caso nº 1, pero las intensidades equivalentes de la cruceta y de los colectores negativos son diferentes, por lo que se tendrán nuevos valores para los coeficientes μ y γ .

20

Realización de la condición $B_y(o) = 0$ (17)

$$\mu'_1 = \frac{(1,5 - \alpha) 2 h}{K_1 (2\alpha - 1)} \text{ ó } \frac{(1,5 - \alpha) 2 h}{0,9 (2\alpha - 1)}$$

B_y no queda influenciada por la fila adyacente, ni por el conductor de compensación situado en el plano xOy, del metal y se tiene:

25

$$y^2 + z^2 + \mu'_1 z = 0 \quad (18)$$

Realización de la condición $B_z(M) : 0$

El nuevo valor de γ'_1 es:

30

$$m' = \frac{(2\alpha - 1) k_1 a}{a^2 + h^2}$$

$$m' = \frac{0,9 (2\alpha - 1) a}{a^2 + h^2}$$

$$\gamma'_{11} = \frac{\dots}{(1,5 - \alpha) 2a} \text{ es decir (con } k_1=0,9\text{): } \frac{\dots}{(1,5 - \alpha)2a}$$

La ecuación 19 que dá z es la misma que 16 con los nuevos valores de μ'_{11} y γ'_{11} :

$$(\mu'_{11} \gamma'_{11}{}^2 + 4 a^2 \gamma'_{11} - 2) z^2 - \mu'_{11} (1 - 2 a^2 \mu'_{11}) z + a^2 (\mu'_{11} a^2 - 1) = 0 \quad (19)$$

EJEMPLO 9

Se consideran cubas clásicas (figura 6) de 100.000 amperios, idénticas a las del ejemplo 4, colocadas en dos filas, en el mismo edificio de planta, con una distancia entre ánodos $l = 7,40$ m y un conductor de compensación colocado a una distancia $d = 1,80$ m (como en el ejemplo 5).

Se obtiene del mismo modo que en los casos anteriores, los valores de Y y Z:

CUADRO 8

α	$\pm Y$	Z
0,546	4,50	- 0,50
0,636	3,33	-- 0,97
0,727	2,36	- 0,97

que son llevados sobre el diagrama, figura 15.

CONCLUSION

De estos diferentes ejemplos surge habida cuenta de las consideraciones prácticas y económicas que conducen a no hacer pasar los conductores a una distancia exagerada de la cuba ni en contacto directo, que para la realización práctica de la invención se elegirá el coeficiente α de repartición de la corriente: igual ó inferior a 0,55 en el caso de cubas alimentadas

por una cabeza y al menos una subida central a cada lado, y preferentemente comprendido entre 0,45 y 0,55, igual ó inferior a 0,75 en el caso de cubas clásicas alimentadas por ambas cabezas, y preferentemente comprendido entre 0,75 y 0,65.

5 . Descrita suficientemente la naturaleza del invento, - así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse - constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.

10

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de reducción de las perturbaciones magnéticas en las series de cubas de electrólisis de elevada intensidad, para la producción de aluminio, dispuestas en sentido longitudinal, siendo alimentada cada cuba de corriente a partir de la que la precede a la vez por la cabeza anterior con una fracción α de la intensidad, y por al menos otro punto dispuesto entre la cabeza anterior y la cabeza posterior inclusive, con la fracción $(1 - \alpha)$ de la intensidad, caracterizado porque se anula la componente horizontal longitudinal B_y del campo magnético en el centro de la cuba y porque se hace antisimétrica la componente vertical B_z del campo magnético con respecto al eje Oy disponiendo los conductores negativos de forma que sean paralelos al eje Ox y pasen sensiblemente por los puntos de coordenadas Y y Z satisfaciendo las dos relaciones:

$$Y^2 + Z^2 + \mu Z = 0$$
$$(\mu^2 \gamma + 4 a^2 \gamma - 2) Z^2 - \mu (1 - 2a^2 \gamma) Z + a^2 (\gamma a^2 - 1) = 0$$

en las que μ y γ son coeficientes independientes de la intensidad y que dependen únicamente de la semi-anchura a del sistema anódico, de la altura h de la cruceta por encima del plano catódico de referencia xOy, y de la función α de la intensidad que alimenta la cabeza anterior de cada cuba.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se anula, además, el gradiente vertical de la componente horizontal del campo magnético en el centro de la cuba, - $\frac{dB_y}{dz}$ determinando las coordenadas Y y Z de los conductores negativos de modo que satisfagan, al menos aproximadamente, una tercera relación:

$$\frac{Y^2 - Z^2}{(Y^2 + Z^2)^2} = \frac{1}{\mu h}$$

3.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque para una cuba alimentada de corriente por las dos cabezas, recibiendo la cabeza anterior una fracción α de la corriente total, los coeficientes μ y γ que permite fijar la posición de los conductores negativos, son determinados por las relaciones:

$$\mu = \frac{(1,5 - \alpha) 2 h}{0,9 (2\alpha - 1)}$$

$$\gamma = \frac{-0,9 (2\alpha - 1)}{2 (a^2 + h^2) (1,5\alpha)}$$

4.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque para una cuba alimentada de corriente por la cabeza anterior y al menos una subida central, a cada lado, recibiendo la cabeza anterior una fracción α de la corriente total, los coeficientes μ y γ que permiten fijar la posición de los conductores negativos, son determinados por las relaciones:

$$\mu = \frac{(1, -0,5\alpha) 2 h}{0,9 \alpha}$$

$$\gamma = \frac{-0,9 \alpha}{2 (a^2 + h^2) (1 - 0,5\alpha)}$$

5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se elige el coeficiente α de repartición de la corriente:

- igual ó inferior a 0,55 y preferentemente comprendido entre 0,45 y 0,55 en el caso de cubas alimentadas por la cabeza anterior y al menos una subida central a cada lado,

- igual ó inferior a 0,75 y preferentemente comprendido entre 0,75 y 0,65 en el caso de cubas clásicas alimentadas por las dos cabezas.

6.- Procedimiento de reducción de las perturbaciones magnéticas en las series de cubas de electrólisis de elevada in-

tensidad; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, e ilustrado en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de 31 hojas escritas a máquina por una sola cara.

- 6 FEB. 1979

Madrid,

ALUMINIUM PECHINEY.

J. M. GONZALEZ AGUIRRE Y POMEBA
p. p. Firmado: J. Suarez Diaz

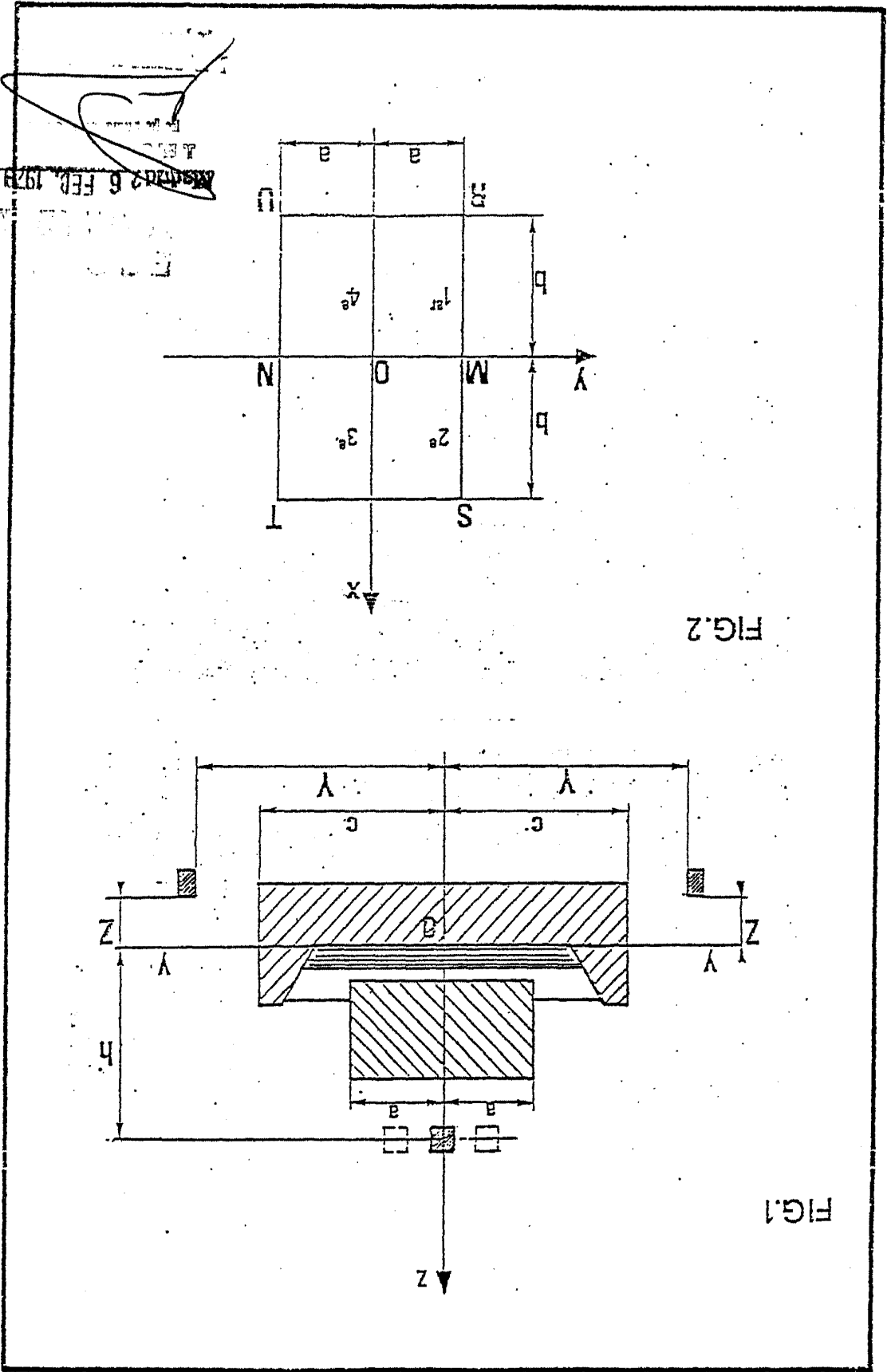


FIG. 2

FIG. 1

REGISTERED 6 FEB. 1979

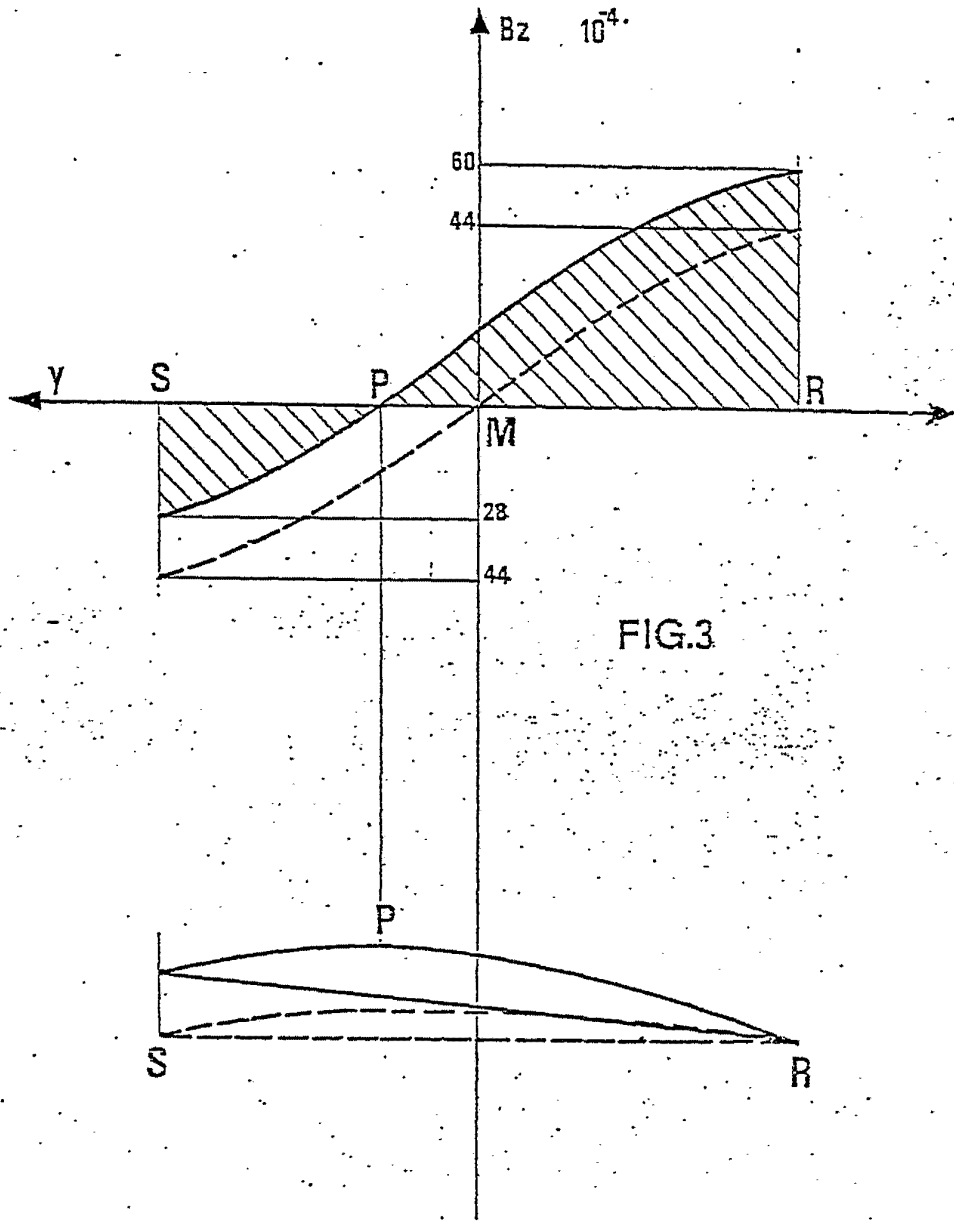


FIG.3

FIG.4

ESCALA
VARIABLE

6 FEB. 1979

J. L. ...
[Signature]

FIG.5

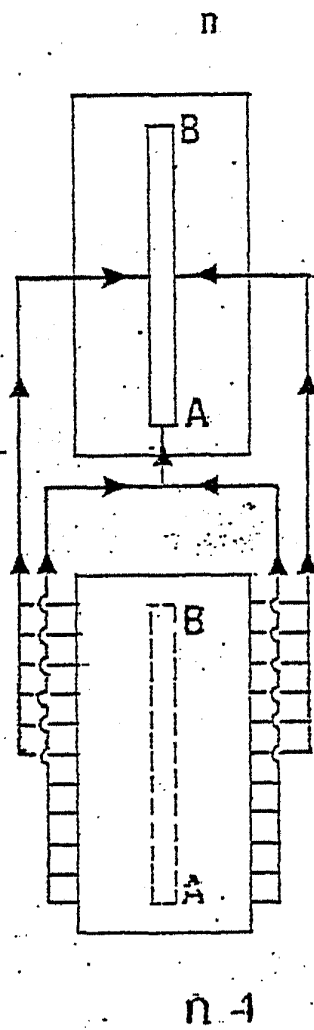
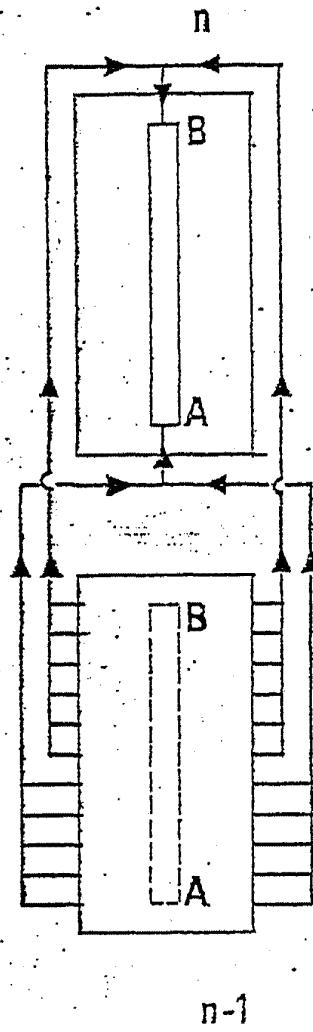


FIG.6



ESCALA
VARIABLE
7 5 FEB. 1979

MCA
I. PECHINEY S.A. DE DORSIGNY

ESCALA VARIABLE
 6 FEB. 1979
 H. L. C. ... Y P...

FIG. 8

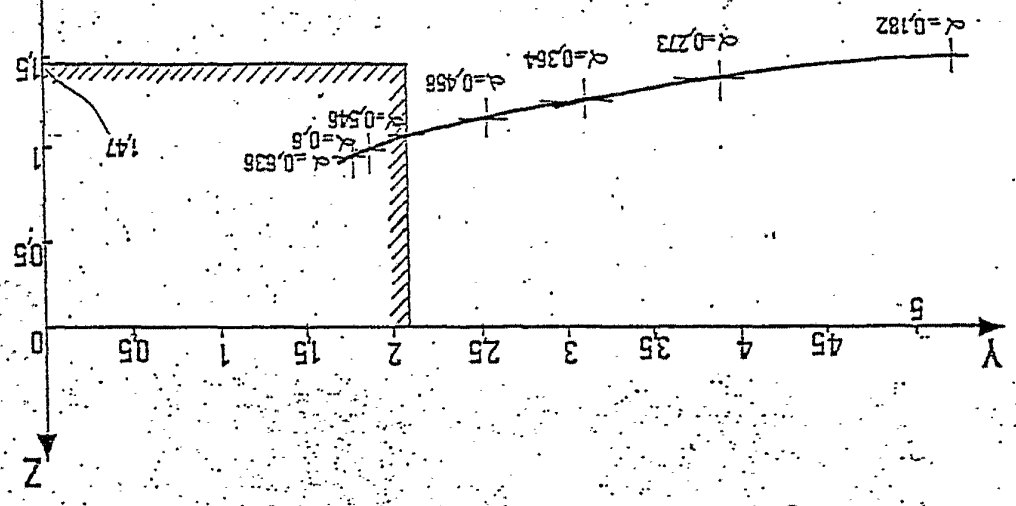
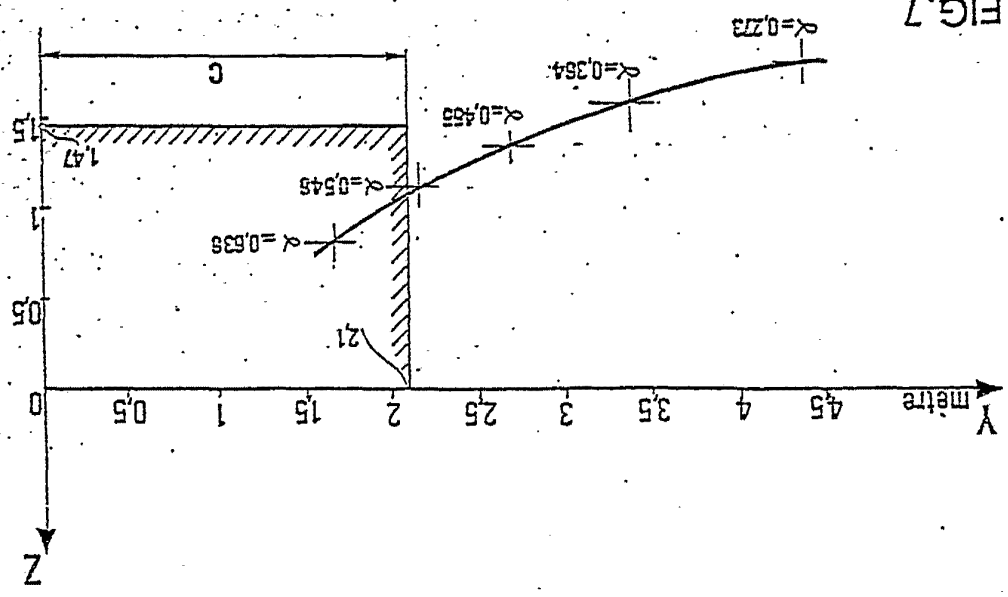


FIG. 7



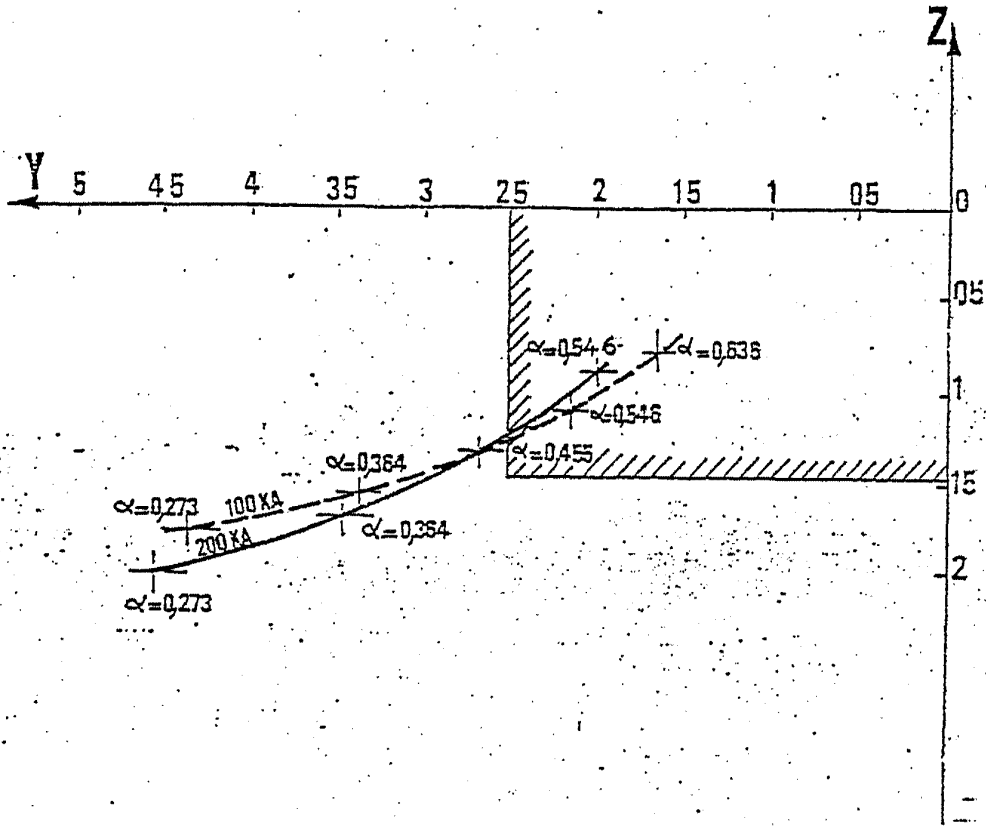


FIG.9

ESCALA
VARIABLE

~~Madrid, 6 FEB 1979~~

A EL C. DE DISEÑO Y PUNTO

de la Empresa de Estudios de

FIG.10

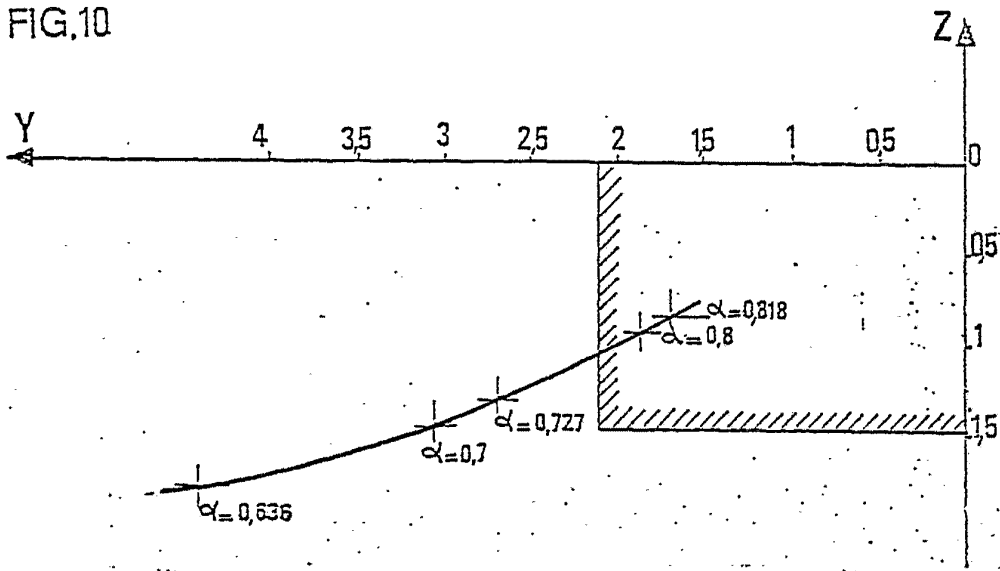
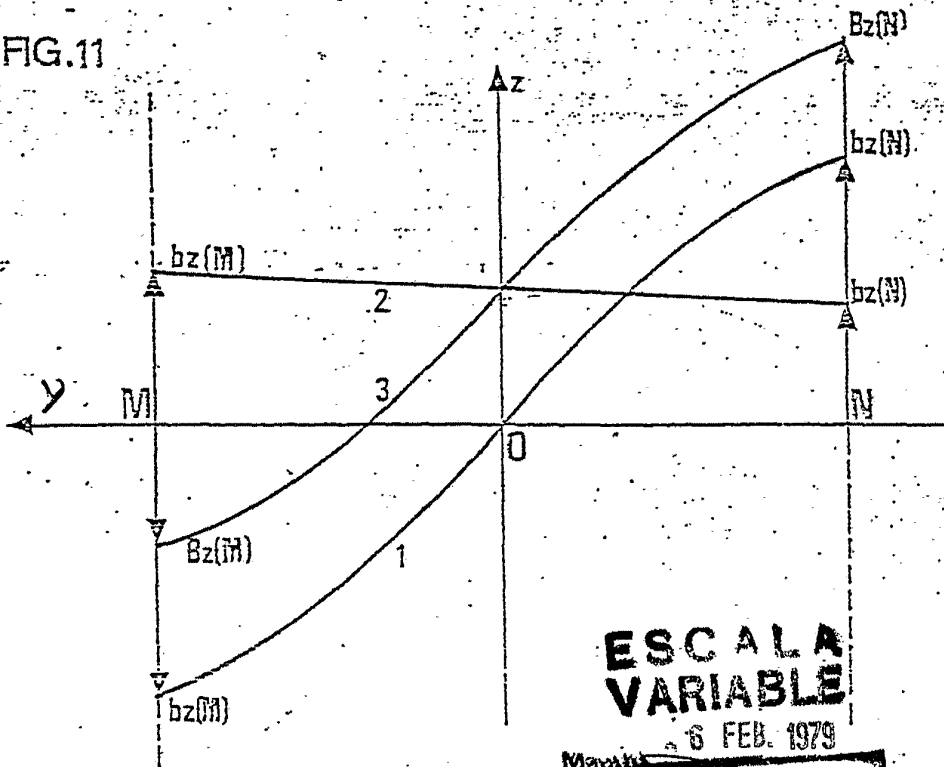


FIG.11



ESCALA VARIABLE

6 FEB. 1979

Mazate

J. M. GARCÍA Y POBES
p. p. J. S. García

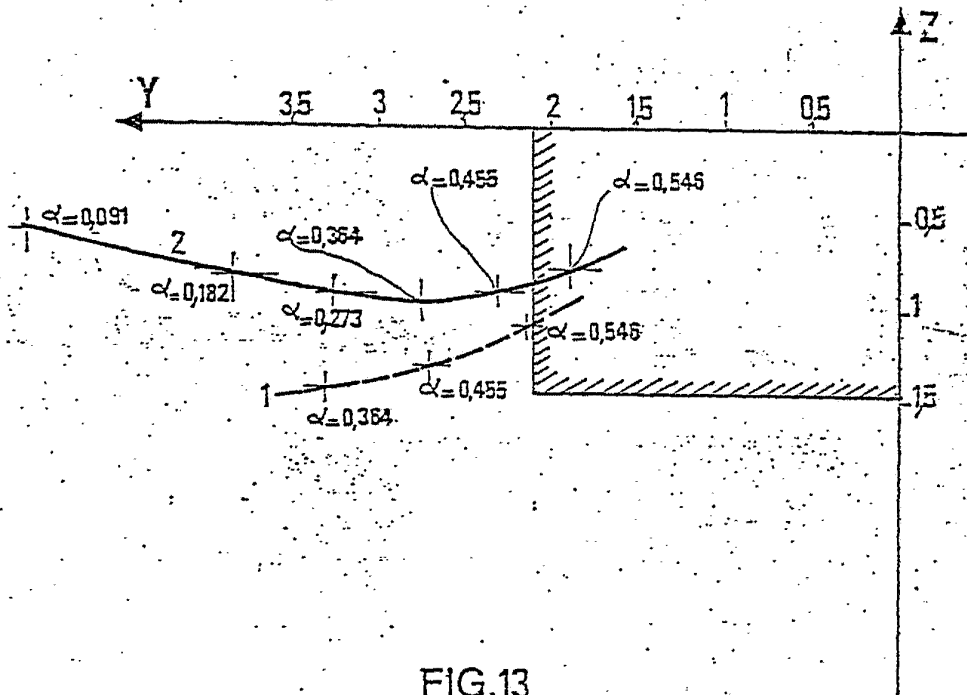


FIG.13

**ESCALA
VARIABLE**

26 FEB 1979

J. M. GOMEZ ADESSO Y POMBO
p. p. Firmador J. Suarez Diaz