

**DETERMINACION DE COBRE EN ACEROS Y FUNDICIONES
POR ESPECTROMETRIA DE ABSORCION ATOMICA**

Tco. Qco. Rodolfo Iasi

Ing. Qco. Omar Rolla

Tco. Qco. Raúl H. Pérez

Tco. Qco. Carlos Alí

SERIE II, N° 305

INTRODUCCION

Son numerosos los métodos para la determinación de cobre en aceros comunes y aleados, por la vía analítica clásica que figuran en la bibliografía. Todos ellos se basan en técnicas laboriosas que insumen muchas horas de trabajo. Uno de los métodos instrumentales modernos, que en los últimos años ha tenido un gran desarrollo aportando soluciones a problemas analíticos complejos, es la espectrometría por absorción atómica.

La absorción atómica es muy específica para diversos elementos y las radiaciones que son absorbidas por cada uno de ellos tienen una longitud de onda bien definida; de ahí que la posibilidad de que dos elementos lo hagan en la misma longitud de onda es muy remota. Estas técnicas son generalmente reconocidas como libres de interferencia espectral. Sin embargo, la respuesta de un elemento en su longitud de onda de resonancia muchas veces depende de otros componentes presentes en la disolución de la muestra. Este efecto se conoce como interferencia química.

El propósito de este trabajo es encontrar por esta vía, un método rápido y suficientemente exacto para la determinación de cobre en aceros y fundiciones, determinación que frecuentemente se efectúa en el laboratorio, debido a que este elemento es incorporado por su incidencia como inhibidor de la corrosión.

PARTE EXPERIMENTAL

Equipo empleado y condiciones de trabajo

Se utilizó un equipo de absorción atómica Jarrel Ash modelo 82-519 provisto de una lámpara de multicátodo hueco de Cu - Pb - Zn - Ag.

Las condiciones de medida del instrumental del aparato fueron las siguientes:

Corriente de la lámpara	4 mA
Longitud de onda de resonancia	3 247 Å
Atenuación del instrumento	2
Ganancia	4
Altura del mechero de flujo laminar	
Hetco de 10 cm de ranura	5
Presión de aire	21
Presión de acetileno	7
Abertura de entrada	100 μ
Abertura de salida	150 μ

Reactivos

a) Solución patrón de cobre de 1 000 ppm. Se preparó a partir de cobre electrolítico, disolviendo este material en ácido nítrico concentrado; se evaporó a sequedad y el residuo fue tomado con 20 ml de ácido clorhídrico. Se repitió tres veces la evaporación a efectos de eliminar completamente el ácido nítrico; el residuo se disolvió con 20 ml de ácido clorhídrico y luego se llevó a volumen en un matraz aferado de 1 000 ml, completando con agua destilada.

b) Solución patrón de hierro de 10 000 ppm. Se obtuvo por disolución de 10,00 g de hierro en polvo exento de cobre en 50 ml de ácido clorhídrico concentrado, adicionando 5 ml de ácido nítrico para favorecer la disolución y oxidación del hierro. Se llevó a seco y el residuo fue disuelto en 50 ml de ácido clorhídrico y trasvasado a un matraz aforado por 1 000 ml, completándose con agua destilada hasta el entase.

c) Soluciones patrón de cobre de 20 y 40 ppm. Se prepararon por dilución de la solución madre de 1 000 ppm.

Preparación de la curva calibrada

Se preparó a partir de soluciones cuyas concentraciones equivalen a la disolución de un gramo de muestra de acero en 250 ml.

En la tabla I figuran las condiciones de preparación de las soluciones patrón para la construcción de la curva calibrada.

Se prepararon además cuatro soluciones a partir de aceros patrones del National Bureau of Standards cuya certificación del contenido de cobre y su identificación figuran en la tabla II.

Dado que la respuesta del cobre en su longitud de onda de resonancia depende de los otros componentes presentes en la disolución de la muestra de acero y que esencialmente el componente mayoritario es el hierro, éste fue añadido a las soluciones patrones en cantidad similar, ya que este elemento es quien deprime la absorción del cobre en su longitud de onda de resonancia. Este efecto es compensado cuando se agrega hierro en las soluciones patrones utilizadas en la obtención de la curva calibrada.

Forma de realización del ensayo

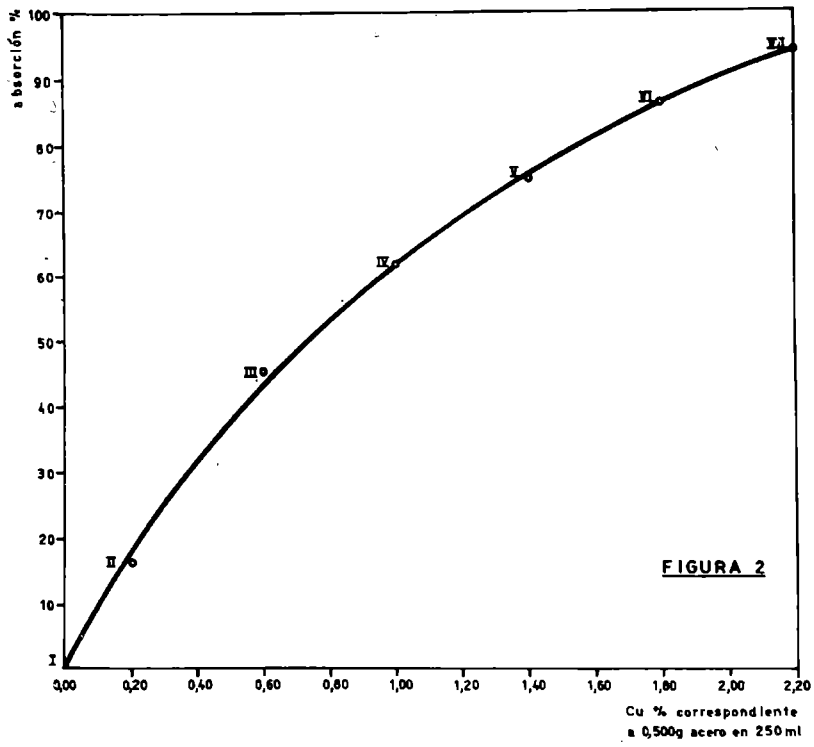
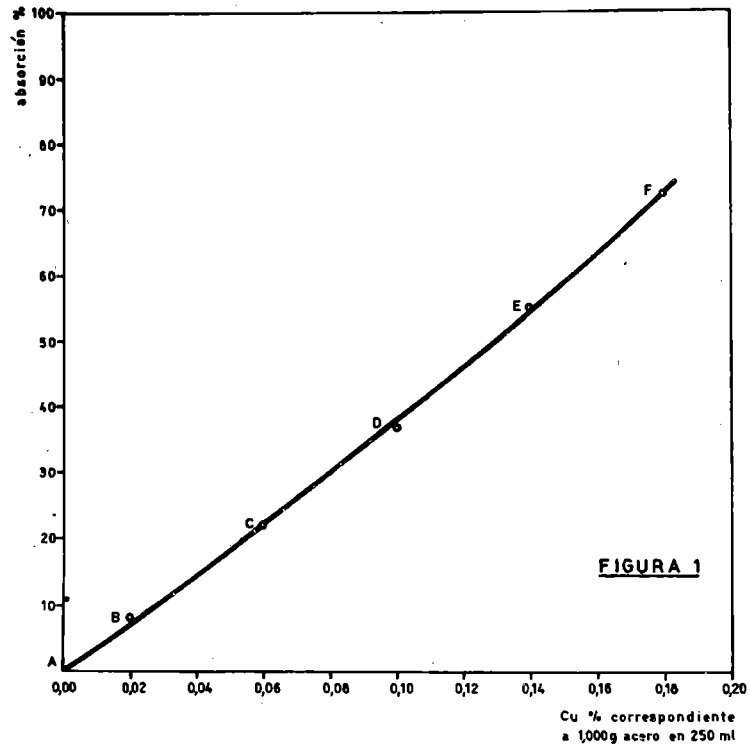
Se aspiran en la llama las soluciones identificadas como A, B, C, D, E y F de la curva patrón para producir la vaporización de la solución y la subsiguiente disociación atómica, midiendo la absorción del cobre. Del mismo modo se procede con las correspondientes a los aceros del National Bureau of Standards. Con estos valores que son presentados en la tabla III, se construyó la curva de la figura 1.

Los resultados comparativos de la tabla III muestran que el apartamiento de los valores encontrados con relación al contenido de cobre de las muestras del NBS, medidos en relación a la curva patrón calibrada, difieren en porcentajes apreciablemente pequeños.

ENSAYO DE ACEROS CUYO CONTENIDO DE COBRE SUPERA EL 0,20 %

En este caso se recurre a la preparación de una nueva curva calibrada en la que el porcentaje alcance como valor máximo 2,00 %, ya que normalmente este elemento se encuentra dentro de estos valores en aceros comunes y fundiciones.

La construcción de la curva calibrada patrón identificada



da con los números I a VII queda resumida en la tabla IV.

Cada punto de la misma representa la disolución de 500 mg de acero en un volumen de 250 ml, variando solamente la concentración de cobre desde cero hasta 2,20 %.

Se disolvieron muestras de aceros que fueron analizadas según método ASTM que se indica en la bibliografía, fijando un resultado promedio de tres análisis sucesivos. Dichas muestras fueron identificadas con los números 301 al 305 respectivamente, con el siguiente contenido de cobre por cientos:

Identificación de las muestras patrones	Cobre %
301	1,96
302	0,48
303	1,57
304	1,41
305	1,53

Se realizaron las medidas de la absorción del cobre en las soluciones de la curva calibrada patrón y de las muestras, obteniéndose los resultados que se presentan en la tabla V; con estos valores se construyó el gráfico de la figura 2. La diferencia entre los valores hallados y el contenido porcentual de cobre analizado químicamente oscila entre -0,03 y +0,05 en valores absolutos; ello representa un error relativo entre 1,0 y 6,2 %.

Es conveniente destacar que la precisión puesta de manifiesto en este trabajo es suficientemente satisfactoria, en relación a la rapidez que significa el empleo de esta técnica instrumental.

ENSAYO DE MUESTRAS SINTETICAS

Dada la gran variedad de aceros aleados que poseen cobre en

su composición, los elementos de aleación podrían producir una interferencia química similar a la que produce el hierro sobre la absorción de la longitud de onda de resonancia del cobre. Ello se debe a que en algunos casos, elementos que forman parte de la aleación (cromo, níquel, molibdeno, vanadio, etc.) afectan la exactitud de la medida. Por ese motivo se procedió a hacer un estudio de interferencia, el que consistió en preparar dos curvas calibradas en las que el contenido de cobre permanece constante en los valores medios, variando la concentración de los elementos mencionados para alcanzar una composición tipo de aceros especiales.

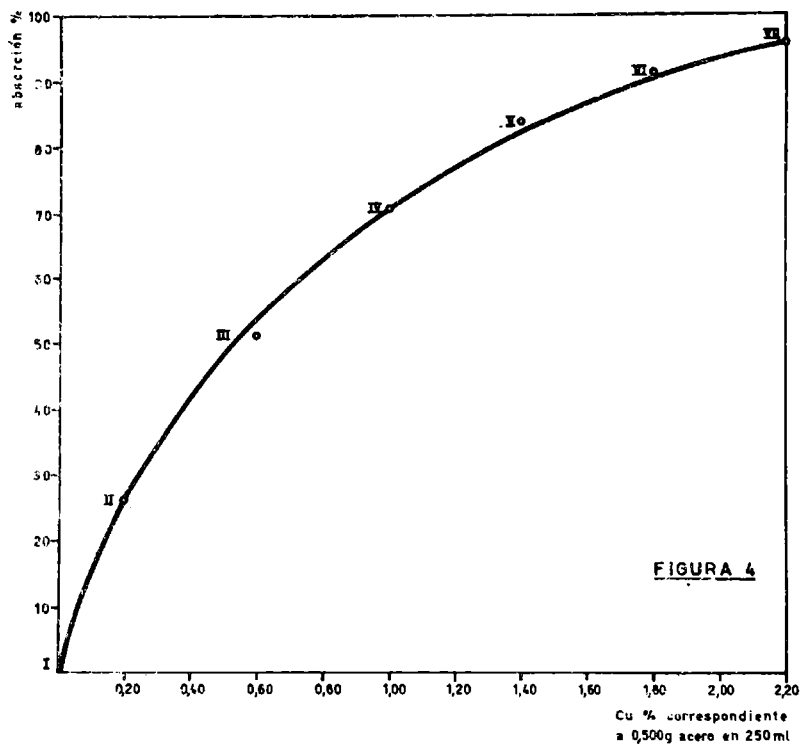
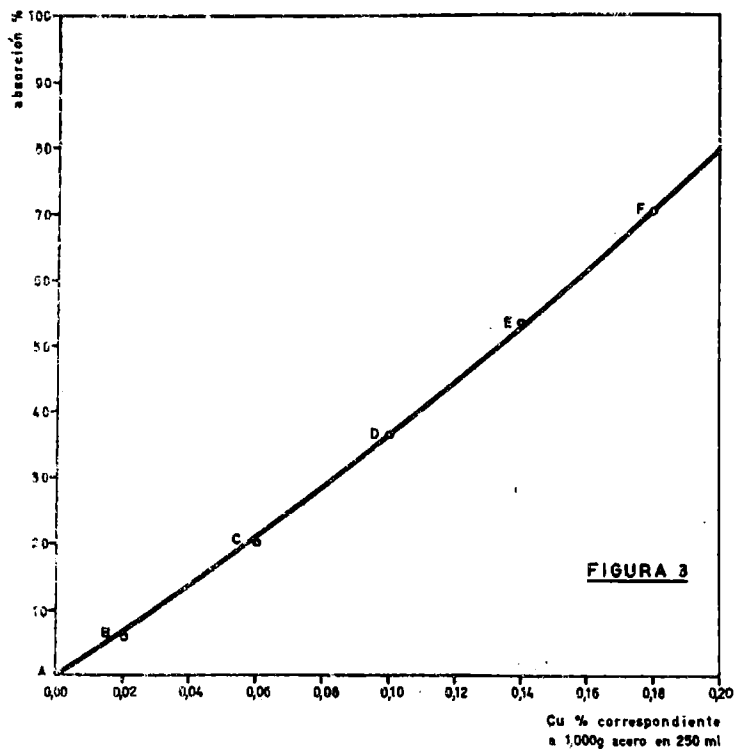
El estudio de interferencia por parte de los elementos que normalmente se encuentran en aceros especiales, se realizó preparando soluciones en las que la concentración media de cobre es constante, variando la composición centesimal de los elementos que forman parte de dichas aleaciones especiales. La composición de los patrones sintéticos se indica en las tablas VI y VII, respectivamente.

Las medidas de la absorción por parte del cobre de las soluciones que figuran en las tablas VI y VII se realizaron comparativamente contra las curvas patrones calibradas, empleadas para la determinación de cobre en muestras cuyo contenido no supera el 0,20 % y la empleada para aquellos aceros que contienen hasta un 2,00 % respectivamente.

Los valores obtenidos de las mediciones se resumen en las tablas VIII y IX, respectivamente (figuras 3 y 4).

CONCLUSIONES

1. La incorporación de hierro en las curvas patrones tiene como principal objetivo la compensación de la interferencia producida en la absorción de la longitud de onda de resonancia del cobre. El hierro es agregado en aproximadamente igual cantidad a la que correspondería a la disolución de 1,000 o 0,500 gramos respectivamente, de aceros según el contenido de cobre en la muestra.



2. Las medidas realizadas sobre los patrones sintéticos revelan que el máximo apartamiento en relación al contenido exacto de cobre se produce en aquellas muestras que contienen otros elementos de aleación, tales como níquel, cromo y vanadio en alto porcentaje.

3. Las ventajas que se ponen de manifiesto con esta técnica instrumental incluyen, entre otras, la simplicidad tanto en el ataque como en la preparación de las muestras, el escaso tiempo que demandan las mediciones y la posibilidad de realizar en forma consecutiva una serie de muestras. Además es un método simple y suficientemente preciso, sin necesidad de realizar engorrosas separaciones, y el error cometido no supera el 0,13 por ciento en valor absoluto, principalmente en aquellas muestras de más alta concentración de cobre.

REFERENCIAS

1. Cooke, P. - Atomic Absorption Spectrophotometry. Pye Unicam Ltd., 2nd. Ed., December 1969.
2. Slavin, W. - Atomic Absorption Spectroscopy. The Perkin Elmer Corporation.
3. Ramírez Muñoz, J. - Atomic Absorption Spectroscopy and Analysis by Atomic Absorption Flame Photometry.
4. ASTM Book of Standards. - Practice for Atomic-Absorption Spectrometry. 1972.

TABLA I

Curva sinté- tica patrón	Cu %	ml sol. Cu 40 ppm	ml sol. Fe 10 000 ppm
A	0,00	0	100
B	0,02	5	100
C	0,06	15	100
D	0,10	25	100
E	0,14	35	100
F	0,18	45	100

TABLA II

Muestras Patrones	% Cu (NBS)
130 A	0,027
100 B	0,064
125 A	0,084
3 A	0,121

TABLA III

Curva patrón	Absorción %	Cu %
A	0	0,00
B	8	0,02
C	22	0,06
D	37	0,10
E	55	0,14
F	72	0,18

Muestras patrones (NBS)	Absorción %	Cu encontrado %
130 A	9	0,026
100 B	23	0,064
125 A	30	0,082
3 A	48	0,125

Muestras (NBS)	Cu encontrado %	Contenido de Cu % (NBS)	Δ Cu %
130 A	0,026	0,027	- 0,001
100 B	0,064	0,064	0,000
125 A	0,082	0,084	- 0,002
3 A	0,125	0,121	+ 0,004

TABLA IV

Curva calibrada patrón	Cu %	ml sol. Cu 200 ppm	ml sol. Fe 10 000 ppm
I	0,00	0	50
II	0,20	5	50
III	0,60	15	50
IV	1,00	25	50
V	1,40	35	50
VI	1,80	45	50
VII	2,20	55	50

El volumen final resulta 250 ml, conservando una acidez clorhídrica 1 molar por el agregado de 20 ml de ácido concentrado

TABLA V

Curva patrón calibrada	Absorción %
I	0
II	16
III	45
IV	62
V	75
VI	86
VII	94

Muestras patrones	Absorción %
301	90
302	36
303	81
304	76
305	80

Cu % en las muestras patrones	Cu % encontrado	Δ Cu %	
301	2,00	1,96	+ 0,04
302	0,45	0,48	- 0,03
303	1,62	1,57	+ 0,05
304	1,44	1,41	+ 0,03
305	1,58	1,53	+ 0,05

TABLA VI

Muestras patrones	Cu %	Ni %	Cr %	V %	Mo %	Fe %
101	0,10	5,0	5,0	2,0	2,0	86,0
102	0,10	10,0	10,0	5,0	2,0	73,0
103	0,10	15,0	18,0	5,0	2,0	60,0
104	0,10	-	-	-	-	99,9
105	0,10	10,0	-	-	-	90,0
106	0,10	-	10,0	-	-	90,0
107	0,10	-	-	5,0	-	95,0
108	0,10	-	-	-	2,0	98,0

Nota.- La concentración de los componentes de estas soluciones corresponde a la disolución de 1,000 g de acero en un volumen de 250 ml, conservando una acidez en ácido clorhídrico 1 molar

TABLA VII

Muestras patrones	Cu %	Ni %	Cr %	V %	Mo %	Fe %
201	1,50	5,0	5,0	2,0	2,0	84,5
202	1,50	10,0	10,0	5,0	2,0	71,5
203	1,50	15,0	18,0	5,0	2,0	58,5
204	1,50	-	-	-	-	98,5
205	1,50	10,0	-	-	-	88,5
206	1,50	-	10,0	-	-	88,5
207	1,50	-	-	5,0	-	93,5
208	1,50	-	-	-	2,0	96,5

Nota.- La concentración de los componentes de estas soluciones corresponde a la disolución de 0,500 g de acero en un volumen de 250 ml, conservando una acidez en ácido clorhídrico 1 molar

TABLA VIII

Curva sintética patrón	Cu %	Absorción %
A	0,00	0
B	0,02	6
C	0,06	20
D	0,10	36
E	0,14	53
F	0,18	70

Muestras sintéticas patrones	Absorción %	Cu encontrado %	Cu agregado %	Cu %
101	39	0,109	0,100	+ 0,009
102	42	0,116	0,100	+ 0,016
103	42	0,116	0,100	+ 0,016
104	37	0,103	0,100	+ 0,003
105	38	0,108	0,100	+ 0,008
106	36	0,100	0,100	0,000
107	40	0,110	0,100	+ 0,010
108	36	0,100	0,100	0,000

Nota.- Ensayos para aceros que contienen menos de 0,2 % de cobre, y que corresponden a la figura 3.

TABLA IX

Curva sintética patrón	Cu %	Absorción %
I	0,00	0
II	0,20	21
III	0,60	51
IV	1,00	71
V	1,40	84
VI	1,80	91
VII	2,20	96

Muestras sintéticas patrones	Absorción %	Cu encontrado %	Cu agregado %	Δ Cu %
201	86	1,52	1,50	+ 0,02
202	87	1,58	1,50	+ 0,08
203	88	1,63	1,50	+ 0,13
204	85	1,48	1,50	- 0,02
205	87	1,58	1,50	+ 0,08
206	87	1,58	1,50	+ 0,08
207	85	1,48	1,50	- 0,02
208	85	1,48	1,50	- 0,02

Nota.- Ensayos para aceros que contienen desde 0,20 % hasta 2,00 % de cobre, y que corresponden a la figura 4.

**CRITERIOS DE EVALUACION DE SUELOS ACTIVOS
Y SU POSIBLE CORRELACION**

Ing. Luis M. Fossa

Tco. Oscar R. Arrechea

SERIE II, Nº 306

GENERALIDADES

Es conocido que las características físicas y mecánicas de los suelos están directamente vinculadas al comportamiento de la fracción fina de los mismos, entendiéndose por fracción fina la que queda librada por el tamiz 40, constituida por arena fina, limo, arcilla y coloides.

Cuando la granulometría del suelo es tal que pasa el cien por ciento sobre el tamiz 40, estamos en presencia de los llamados suelos finos y si en ellos predomina la fracción arcilla, a los mismos se los identifica como arcillosos. La arcilla puede identificarse mineralógicamente dentro de los siguientes grupos: montmorillonita, illita y caolinita, por mencionar sólo los más importantes, pudiendo aparecer en el suelo sólo uno de ellos o lo que es más común, en mezclas de variadas proporciones.

Dentro de la provincia de Buenos Aires, existen grandes zonas con predominio de estos tipos de suelos arcillosos, principalmente en toda la zona nordeste y este; esta última, que bordea el Río de la Plata y el Océano Atlántico, posee índices de plasticidad que oscilan entre medianos y elevados.

Su comportamiento ante la acción de las cargas, está influenciado grandemente por las variaciones que puedan experimentar en su contenido natural de humedad.

Su capacidad de soporte se reduce en forma significativa por la misma circunstancia, pero una situación que resulta más desfavorable que dicha condición, es la propiedad que poseen de experimentar cambios apreciables de volumen ante dicha variación en su contenido de humedad, lo que origina como consecuencia tensiones de expansión o de contracción, que en muchos casos superan con amplitud a las que le transmite la estructura sobre ellos apoyada.

Los suelos que así se comportan son los llamados suelos activos. Su actividad es función directa de las características mineralógicas de la fracción arcilla y coloides.

La acción sobre las estructuras sobre ellos construidas, cuando se los desconoce, han dado origen a grandes perjuicios sobre las mismas, originando deterioros de costosa reparación y en algunos casos irreparables.

Esta situación ha hecho necesario poderlos identificar, determinándose sus características, a fin de tomar las providencias necesarias que permitan anular o disminuir al máximo su acción perniciosa, sobre las estructuras que sobre ellos se construyan.

Para identificar estos suelos existen determinaciones, que de una u de otra forma permiten poner en evidencia su posible actividad. Algunas de dichas determinaciones son de técnicas más o menos simples, factibles de realizar en campaña y otras de técnicas más rigurosas, que obligan a su ejecución en laboratorio.

OBJETO DEL ESTUDIO

La razón del presente estudio, es realizar una serie de determinaciones, sobre distintas muestras de suelos de variada potencialidad activa.

Para ello se programó la extracción de muestras de suelos de índices de plasticidad que oscilan entre medianos y altos, del Partido de La Plata, a fin de practicar sobre los mismos, las siguientes determinaciones: límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, límite de contracción, análisis granulométrico, identificación mineralógica del tipo de arcilla, capacidad de intercambio iónico (valor "T"), expansión libre (free swell test) y presión de expansión a volumen constante.

Los estudios realizados corresponden a 21 muestras de suelos.

Los resultados obtenidos en las determinaciones prac-

T A B L A I

CONSTANTES FISICAS

Muestra nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Límite líquido	92,9	42,6	62,2	44,7	36,4	108,7	29,3	69,3	63,0	58,3	43,7
Límite plástico	30,2	22,6	29,1	20,6	19,6	32,8	18,7	29,0	26,0	27,0	26,4
Índice plástico	62,7	19,7	33,1	24,1	16,8	75,9	10,6	40,3	37,0	31,3	17,3
Límite de contracción	12,5	15,4	15,8	15,6	15,3	20,0	16,6	16,9	20,0	15,0	13,3
% pasa el tamiz nº 200 ...	97,0	97,0	94,0	87,0	96,0	99,0	79,0	98,0	98,0	96,0	98,2
Clasificación unificada...	CH	CL	CH	CL	CL	CH	CL	CH	CH	CH	CL
Clasificación H.R.B.	A7-5	A7-6	A7-6	A7-6	A7-6	A7-6	A6	A7-5	A7-6	A7-6	A7-6
Muestra nº	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Límite líquido	58,8	49,1	58,6	64,2	43,3	45,9	53,8	41,8	79,8	111,1	
Límite plástico	30,0	26,4	34,1	37,0	25,3	28,9	33,7	27,0	41,6	39,0	
Índice plástico	28,8	22,7	24,5	27,2	18,0	17,0	19,9	14,8	38,2	72,1	
Límite de contracción	13,3	9,8	12,4	13,5	17,6	14,5	15,7	20,3	16,6	7,7	
% pasa tamiz nº 200	98,2	97,7	98,4	97,8	98,0	96,0	98,5	97,4	98,5	99,5	
Clasificación unificada ..	CL	CL	MH-OH	MH-OH	CL	ML-OL	MR-OH	ML-OL	MH-OH	CH	
Clasificación H.R.B.	A7-5	A7-6	A7-5	A7-5	A7-6	A7-6	A7-5	A7-6	A7-5	A7-6	

ticadas, se transcriben en las tablas I y II.

En la tabla I se expresan los valores de límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, límite de contracción, granulometría por lavado sobre el tamiz 200, clasificación unificada de Casagrande y clasificación según Highway Research Board.

En la tabla II se transcriben los resultados obtenidos en las siguientes determinaciones practicadas sobre las muestras estudiadas: granulometría, con determinación de porcentajes de arena fina, limo, arcilla y coloides; expansión libre (free swell test); cationes de intercambio expresado como valor "T"; presión de expansión a volumen constante e identificación mineralógica.

También se adjuntan cinco gráficos, en los que se relacionan entre sí los valores obtenidos en las determinaciones practicadas y que fueran mencionados precedentemente.

En la figura 1 se representan los valores del ensayo de expansión libre (free swell test), en función del límite líquido. La horizontal trazada para una ordenada correspondiente al valor 50 del límite líquido involucra que los suelos ubicados en el gráfico por encima de dicha horizontal, deben considerarse potencialmente activos.

En la figura 2 se representan los mismos valores de expansión libre, en función ahora del índice plástico, se ha trazado una horizontal para la ordenada correspondiente al valor 20 de índice de plasticidad, la que demostraría que los suelos con índice de plasticidad mayor de 20, serían suelos potencialmente activos.

En la figura 3 se indican los valores correspondientes a la capacidad de intercambio, valor "T", en función del índice de plasticidad. La vertical trazada para la abscisa coincidente con el valor "T" igual a 25, determinaría que todos los suelos ubicados a la derecha de dicha vertical, corresponderían a suelos potencialmente activos.

En la figura 4 se expresan los valores de la presión de expansión a volumen constante, en función de la expansión libre (free swell test). En dicho gráfico se ha trazado una horizontal para la ordenada correspondiente al valor 75 de la expansión libre, queriendo significar que los sue-

TABLA II

Muestra nº	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11
Arena fina, %	6,7	12,8	3,7	8,6	3,6	10,1	5,9	5,3	1,2	1,4
Limo, %	49,4	59,2	59,0	54,9	31,1	61,2	52,5	70,4	59,0	59,2
Arcilla, %	8,6	8,0	8,0	8,4	13,8	9,0	22,1	10,7	13,5	14,5
Coloides, %	35,3	20,0	20,0	28,0	49,5	23,2	19,5	13,6	26,3	25,1
Expansión libre (free swell test)	125,8	58,1	83,6	49,4	143,3	68,2	94,4	98,3	81,8	81,0
Valor "T"	32,1	22,6	25,5	16,6	28,4	14,0	29,1	25,4	25,9	27,3
Presión de expansión, kg/cm ²	6,430	0,450	--	--	7,850	--	11,630	9,050	1,960	2,440
Identificación mineralógica	I-C M	I-C M	I M	I M	I M C	I-M C	I M	I M	M I C	M I C

Muestra nº	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Arena fina, %	1,3	1,0	5,4	5,2	5,5	11,5	1,8	3,2	1,4	0,5
Limo, %	46,4	48,5	62,8	63,8	89,8	83,7	70,1	69,4	47,1	30,0
Arcilla, %	12,3	12,3	21,9	21,8	2,1	2,6	6,7	13,7	27,3	32,8
Coloides, %	40,0	38,2	9,9	9,2	2,6	2,1	21,4	13,7	24,2	36,7
Expansión libre (free swell test)	94,8	81,7	100,0	119,3	67,7	71,3	60,3	48,3	94,0	168,4
Valor "T"	29,4	27,2	33,4	28,4	20,2	19,5	21,8	19,0	26,5	25,2
Presión de expansión, kg/cm ²	2,800	1,330	2,890	2,330	1,420	1,050	1,100	0,270	1,730	6,100
Identificación mineralógica	M I C	M I C	I M C	I M C	I M C	I M C	I M C	I M C	I M C	I M C

Nota: I Illite
C Caolinita
M Montmorillonite

los ensayados que quedan ubicados por encima de dicha horizontal, denotan ser potencialmente activos.

Finalmente en la figura 5 se representan los valores de la capacidad de intercambio iónico (valor "T"), en función de la expansión libre. En este gráfico se han trazado dos rectas, una horizontal en correspondencia con la ordenada del valor "T" igual a 25 y una vertical para la abscisa coincidente con el valor 75 de la expansión libre. Se interpreta que todos los suelos ubicados en el cuadrante superior derecho demuestran ser potencialmente activos.

Del estudio realizado se infiere que resulta posible determinar la existencia de suelos potencialmente activos, en base a las determinaciones de límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, expansión libre (free swell test), capacidad de intercambio iónico (valor "T") y presión de expansión a volumen constante.

Las cuatro primeras determinaciones son ensayos simples, posibles de realizar en laboratorios de campaña, con lo que en primera instancia se evita recurrir a los dos últimos de técnica más rigurosa, por lo que se requiere su determinación en laboratorios centrales.

Se ha encontrado una correlación entre los valores obtenidos en las determinaciones practicadas, ya que todos los suelos estudiados manifiestan actividad potencial cuando su límite supera el valor 50, su índice de plasticidad resulta mayor de 20, coincidente con un valor de la expansión libre (free swell test) superior a 75 y un valor "T" mayor de 25.

CONCLUSIONES

De lo precedentemente informado se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. La determinación del límite líquido, índice de plasticidad y el ensayo de expansión libre, permite en primera instancia detectar la actividad potencial de un suelo; determinaciones éstas de ejecución rápida y practicables en.

laboratorios de campaña.

2. Se ha verificado que valores de límite líquido mayor de 50; índice de plasticidad mayor de 20 y expansión libre mayor de 75, son características determinantes de la actividad potencial del suelo.

3. Dichos valores resultarían concordantes con un valor de capacidad de intercambio iónico (valor T) mayor de 25.

4. La determinación real de la presión de hinchamiento a volumen constante debe ser determinada en laboratorio con el equipo correspondiente.

BIBLIOGRAFIA

1. Fossa L. "Consideraciones sobre estudio de suelos para pavimentos". Anales del primer RAMSIF. La Plata, 1964.
2. Trevisán S. "El tratamiento de la cimentación de pequeñas viviendas sobre arcillas firmes expansivas". Serie II, n° 93, Lemit, 1963.
3. Hotz W. G. and H. J. Gibbs. "Engineering properties of expansive clays". Proceedings American Society of Civil Engineers. Illinois. 1964. Separata n° 516, V. 80.

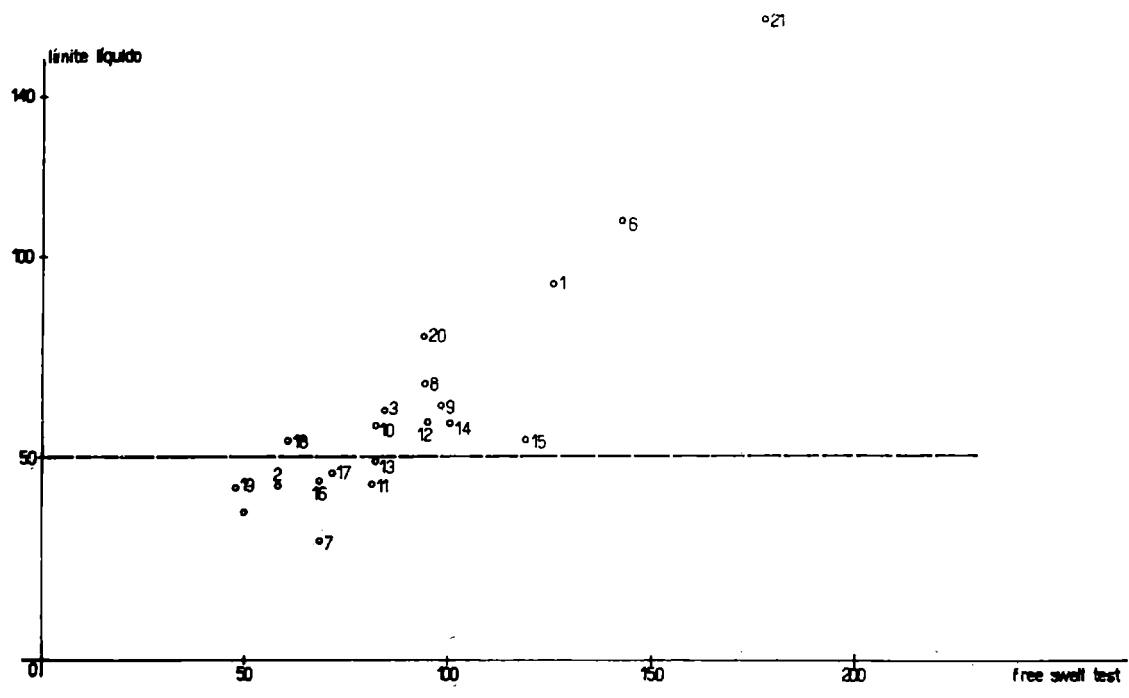


Figura 1

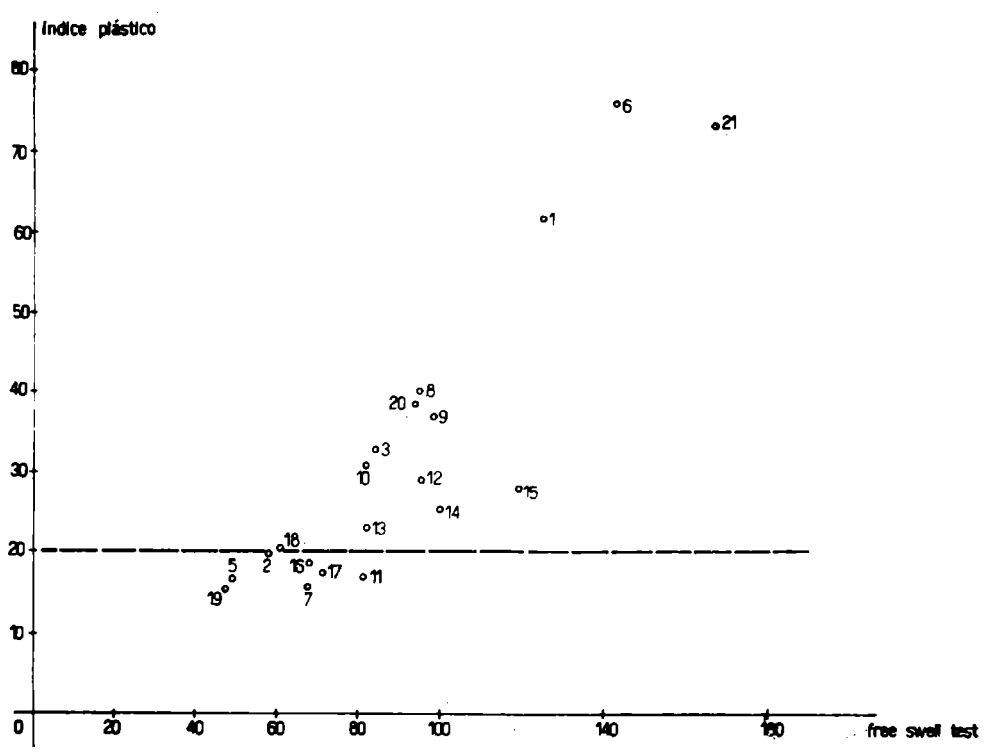


Figura 2

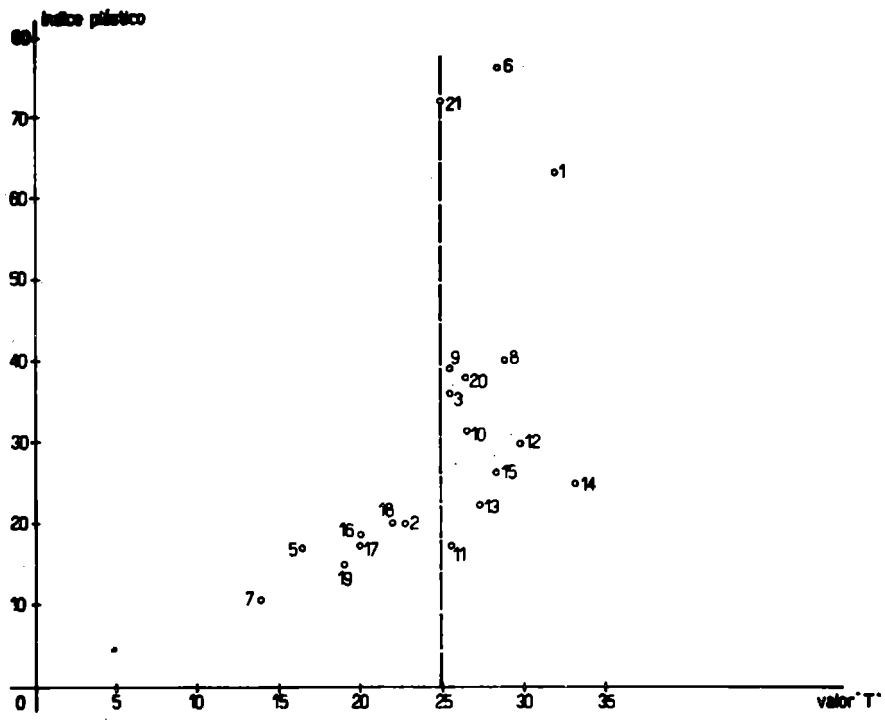


Figura 3

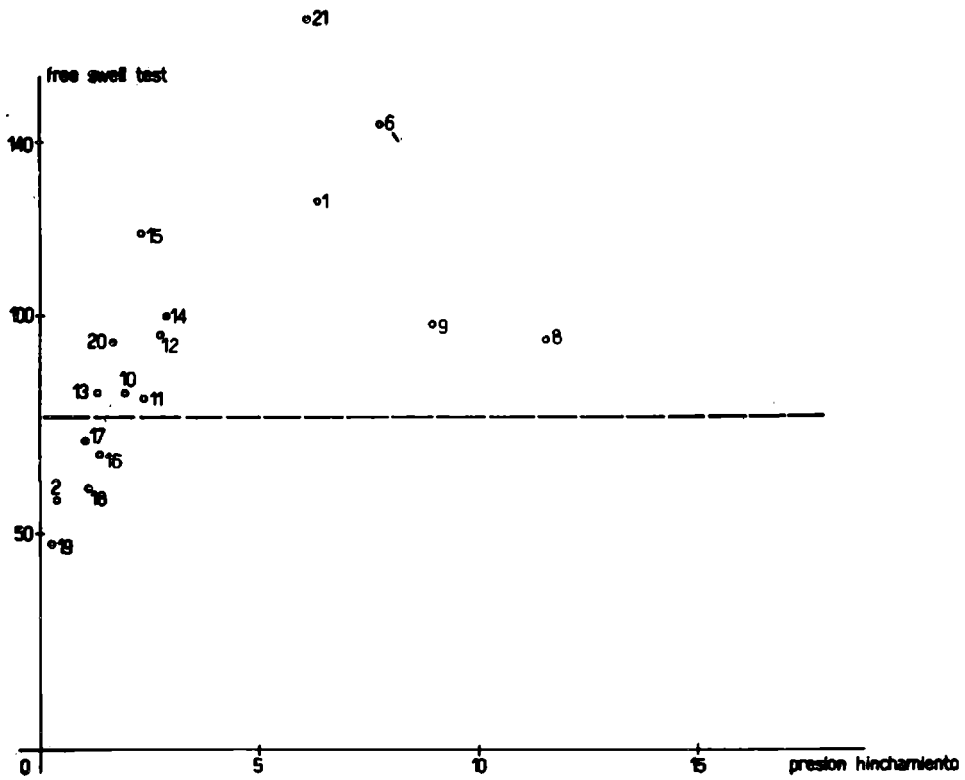


Figura 4

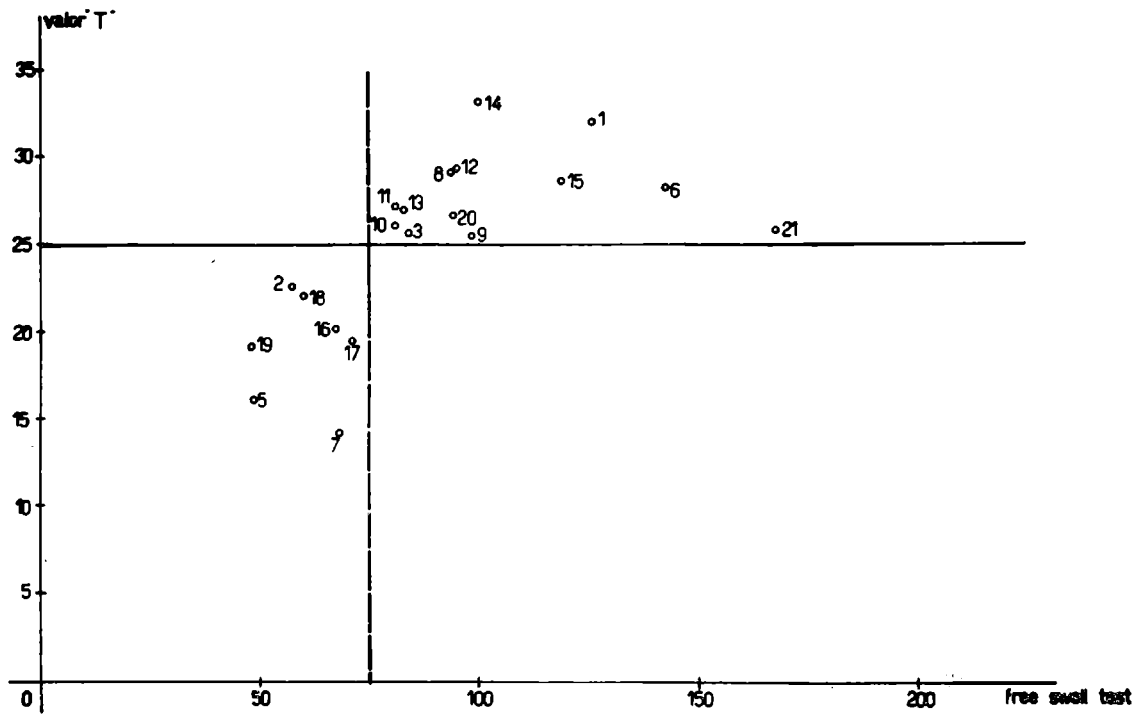


Figura 5