

## 5.1. INTRODUCCIÓ

Aquesta part experimental consta d'una sèrie d'assaigs de lixiviació que permeten conèixer l'eficàcia de l'estabilització/solidificació de diferents metalls pesants en el si de diferents matrius.

D'entre tots els assaigs existents, s'han escollit aquests per tal d'estudiar els diversos factors que són decisius en la lixiviació dels contaminants estudiats ( $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  i  $\text{Pb}^{2+}$ ).

1. Test Normatiu
2. Test de fracció màxima mobilitzable
3. Test de d'equilibri

Tal com diu l'EPA i l'Environment Canadà a l'any 1.991, per estudiar el comportament i l'evolució dels residus solidificats cal la realització de varis tests per tal de garantir la reproductibilitat dels resultats tant a nivell inter com intralaboratori.

Així s'ha fet en aquest estudi, tot i que els assaigs practicats no són els mateixos esmentats per l'EPA i l'Environment Canadà, sinó que s'han realitzat els assaigs abans esmentats.

## 5.2. PREPARACIÓ DE LA DISSOLUCIÓ DE METALLS PESANTS

Per tal de poder estudiar els contaminants esmentats, s'ha preparat una dissolució d'un litre de volum que contenia aquestes espècies químiques per tal de poder veure com seria a la realitat.

- Quantitat de  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  per obtenir 15 g de  $\text{Cr}^{3+}$  en 1 L

$$15 \text{ g Cr} \cdot \frac{1 \text{ mol Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ mol Cr}} \cdot \frac{1 \text{ mol Cr}}{51,996 \text{ g}} \cdot \frac{400,15 \text{ g}}{1 \text{ mol Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}} = 115,44 \text{ g de Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$$

- Quantitat de  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  per obtenir 15 g de  $\text{Ni}^{2+}$  en 1 L

$$15 \text{ g Ni} \cdot \frac{1 \text{ mol Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}}{1 \text{ mol Ni}^{2+}} \cdot \frac{1 \text{ mol Ni}^{2+}}{58,71 \text{ g Ni}^{2+}} \cdot \frac{290,81 \text{ g Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}}{1 \text{ mol Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}} = 74,1 \text{ g Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$$

- Quantitat de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  per obtenir 30 g de  $\text{Pb}^{2+}$  en 1 L

$$30 \text{ g Pb} \cdot \frac{1 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2}{1 \text{ mol Pb}} \cdot \frac{1 \text{ mol Pb}}{207,2 \text{ g}} \cdot \frac{331,21 \text{ g}}{1 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2} = 47,95 \text{ g Pb}(\text{NO}_3)_2$$

- Quantitat de  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  per obtenir 30 g de  $\text{Zn}^{2+}$  en 1 L

$$30 \text{ g Zn} \cdot \frac{1 \text{ mol Zn}(\text{NO}_3)_2}{1 \text{ mol Zn}} \cdot \frac{1 \text{ mol Zn}}{65,38 \text{ g Zn}} \cdot \frac{297,46 \text{ g}}{1 \text{ mol Zn}(\text{NO}_3)_2} = 136,49 \text{ g Zn}(\text{NO}_3)_2$$

Una vegada obtingudes totes les quantitats necessàries de les sals corresponents, el que s'ha fet és posar-les en un matròs aforat i enrassar fins a un volum total d'un litre, amb la qual cosa es té una solució de 15 g/l de  $\text{Cr}^{3+}$  i  $\text{Ni}^{2+}$  i de 30 g/l de  $\text{Pb}^{2+}$   $\text{Zn}^{2+}$ .

### 5.3. PREPARACIÓ DE LES MATRIUS ESTABILITZADES/SOLIDIFICADES

Per tal d'elaborar les mostres sòlides, és a dir, per tal d'aconseguir la inertització dels contaminants, s'ha fet mitjançant diferents mesclades:

**Matriu 1:** 20 g de magnèsia + X ml de solució contaminant

**Matriu 2:** 5 g de CaO + 5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + X ml de solució contaminant

**Matriu 3:** 5 g de MgO + 5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + X ml de solució contaminant

**Matriu 4:** 7 g Cendres Volants de Cercs + 3 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + X ml de solució contaminant

**Matriu 5:** 4 g Cendres Volants de Narcea + 3 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 3 g de MgO + X ml de solució contaminant

**Matriu 6:** 4 g Cendres Volants de Narcea + 3 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 3 g de CaO + X ml de solució contaminant

Els X ml de solució contaminant, és un paràmetre variable que per a cada test la quantitat utilitzada ha estat diferent, però no massa distant entre ells. La causa d'aquesta variació, es deu al fet que es formen sals hidratades amb diferent contingut d'aigua.

### **Procediment**

En tots els casos, les matrius s'han preparat barrejant els reactius en un recipient de plàstic totalment net i després s'han agitat per tal que quedessin les mescles ben homogènies.

Per a cada test, tret del primer, la quantitat de reactius utilitzada ha estat la mateixa, l'única cosa que ha variat ha estat la quantitat de solució contaminant consumida.

Un cop agitats els reactius dins del recipient de plàstic, s'ha addicionat la solució contaminant molt a poc a poc, tot barrejant amb una vareta de vidre, fins que la mescla ha assolit una aparença totalment homogènia i compacte.

La mostra es deixa assecar fins a la seva màxima duresa (15 dies).

A partir de les mostres E/S ja es poden desenvolupar els diferents tests de lixiviació i mirar i comparar els seus resultats, per tal de decidir després la seva disposició i, en conseqüència, el seu efecte en el medi que l'envolta.

Per estudiar com es comporta la lixiviació de diferents grandàries de partícules, es procedeix de la següent manera:

## **5.4 TEST NORMATIU**

### **Introducció**

Els tests normatius són els que s'utilitzen per tal de decidir si els residus són acceptables en un determinat tipus d'abocador o si necessiten un tractament previ. Han de ser ràpids i segurs.

Ràpids pel fet que cal donar als residus un destí segur amb una certa celeritat, donat que els laboratoris acreditats per a realitzar les anàlisis necessàries son escassos i els residus que es van produint son molts i molt variats.

Es pot pensar que el fet de realitzar les proves de forma tan ràpida pot comprometre la fiabilitat de la prova realitzada. Això pot ser cert en part, però per tal d'evitar els problemes que es podrien derivar per les decisions preses a partir d'aquestes mesures, el que es fa és introduir uns límits admissibles més baixos, per tal de donar un marge de seguretat adient.

El test normatiu que s'utilitza en aquest treball, és una variació de l'assaig europeu DIN-38414-S4 en el que s'agita el sòlid amb una grandària de partícula per sota de 9 mm amb aigua desionitzada durant 24 h. La relació líquid/sòlid és de 10. La variació principal que s'ha introduït aquí, és una mida de partícula més petita, la qual cosa es fa, bàsicament, per tal de poder treballar amb mostres més petites sense perdre reproduïbilitat en els resultats.

### **Material**

Vasos de precipitats de 50 i 100 ml  
Tamís de 0,5 mm de llum de malla  
Morter d'àgata  
Balança de precisió  
Pots de plàstic d'un volum de 250 ml  
Tubs d'assaig de plàstic  
Provetes de plàstic  
Agitador  
Espàtula  
Pipeta Pasteur  
Vidres de rellotge

### **Procediment**

Mitjançant el morter d'àgata es procedeix a triturar la mostra, de manera que s'aconsegueixi una mida de partícula per sota de 0,5 mm de diàmetre. Per aconseguir-ho es passa pel tamís adient el material triturat.

Es tara un vidre de rellotge i es pesa una submostra de 10 g. Tot seguit, aquesta submostra es posa en un pot de plàstic de 250 ml de capacitat per tal de ser col·locada

a l'agitador. Seguidament s'hi afegeixen 100 ml d'aigua destil·lada. En aquest test la relació L/S és de 10.

Es col·loca a l'agitador, que es posa en marxa a una velocitat angular de 5 rpm.

A les 24 hores es para l'agitador i es deixa sedimentar, quan es veuen les dues fases clarament separades es posa un microfiltre d'acetat de cel·lulosa de porus de 0,45 µm en una xeringa i s'extreuen 1,5 ml de la solució. Aquesta solució es posa en un tub d'assaig i se li afegeix una gota d'àcid nítric per tal d'acidificar-la, llavors ja estarà preparada per tal de ser analitzada en l'ICP-MS.

Per tal d'extreure una nova mostra, es torna a posar la mescla a l'agitador durant una setmana, passada la qual es tornarà a repetir el mateix procés.

Aquest procediment es repeteix per cada una de les sis matrius.

A continuació es detallen per aquest assaig la quantitat de solució contaminant que ha estat consumida per cada matriu.

**Matriu 1:** 20 g de magnèsia + 7 ml de solució contaminant

**Matriu 2:** 5 g de CaO + 5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 7,5 ml de solució contaminant

**Matriu 3:** 5 g de MgO + 5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 7 ml de solució contaminant

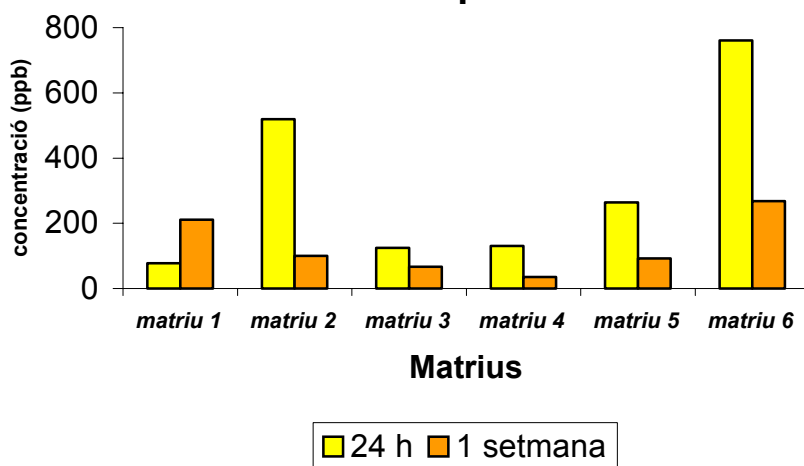
**Matriu 4:** 7 g Cendres Volants de Cercs + 3 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 3,5 ml de solució contaminant

**Matriu 5:** 4 g Cendres Volants de Narcea + 3 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 3 g de MgO + 5,5 ml de solució contaminant

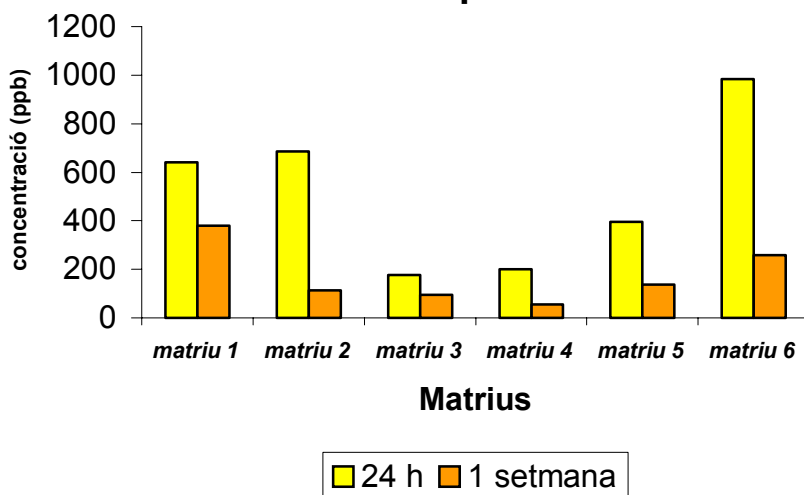
**Matriu 6:** 4 g Cendres Volants de Narcea + 3 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 3 g de CaO + 4,2 ml de solució contaminant

**Resultats**

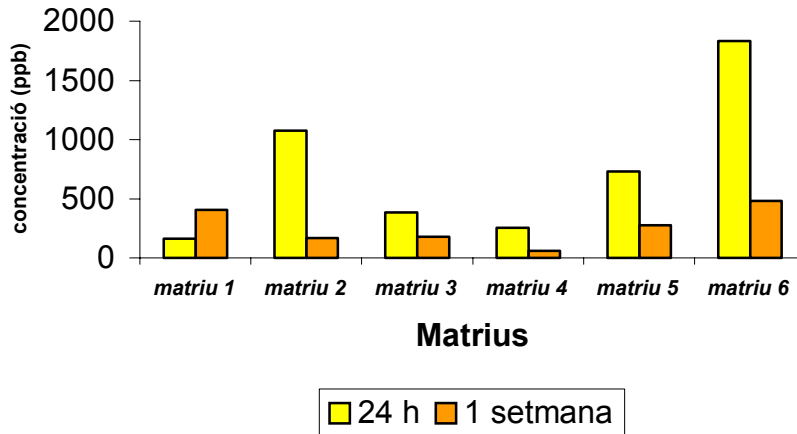
**Variació de la concentració de Ni en el temps**



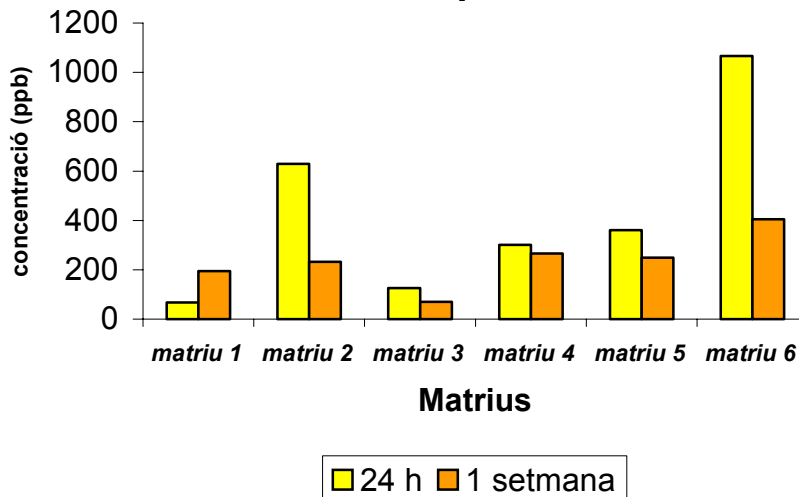
**Variació de la concentració de Zn en el temps**



### Variació de la concentració de Pb en el temps



### Variació de la concentració de Cr en el temps



## 5.5 TEST DE FRACCIÓ MÀXIMA MOBILITZABLE

### **Introducció**

Aquest assaig es basa en el contacte del material triturat amb aigua desmineralitzada en una relació L/S de 100. Es tracta d'un test que utilitza una relació L/S molt gran i una grandària de partícula molt petita. Aquests dos fets fan que l'extracció sigui més ràpida. L'anàlisi dels eluats permet determinar els valors màxims lixiviables que es podran obtenir en condicions normals.

### **Material**

Vasos de precipitats de 50 i 100 ml  
Tamís de 0,5 mm de llum de malla  
Morter d'àngata  
Balança de precisió  
Pots de plàstic d'un volum de 250 ml  
Tubs d'assaig de plàstic  
Provetes de plàstic  
Agitador  
Espàtula  
Pipeta Pasteur  
Vidres de rellotge

### **Procediment**

Mitjançant el morter es procedeix a triturar la mostra, de manera que s'aconsegueixi de manera que s'aconsegueixi una mida de partícula per sota de 0,25 mm de diàmetre.

Es tara un vidre de rellotge i es pesa una submostra de 2 g. Tot seguit, aquesta submostra es posa en un pot de plàstic de 250 ml de capacitat per tal de ser col·locada a l'agitador. Seguidament s'hi afegeixen 200 ml d'aigua destilada. En aquest test la relació L/S és de 100.

Es posa l'agitador en marxa a 5 rpm.

A les 24 hores es para l'agitador i es deixa sedimentar, quan es veuen les dues fases clarament separades es posa un microfiltre de cel·lulosa de porus de 0,45 µm en una xeringa i s'extreuen 1,5 ml de la solució.



Aquesta solució es posa en un tub d'assaig i se li afegeix una gota d'àcid nítric per tal d'acidificar-la, llavors ja estarà preparada per tal de ser analitzada en l'ICP-MS.

Per tal d'extreure una nova mostra, es torna a posar la mescla a l'agitador durant una setmana, passada la qual es tornarà a repetir el mateix procés.

Aquest procediment es repeteix per cada una de les sis matrius.

A continuació es detallen per aquest assaig la quantitat de solució contaminant que ha estat consumida per cada matriu.

**Matriu 1:** 20 g de magnèsia + 9 ml de solució contaminant

**Matriu 2:** 5 g de CaO + 5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 7 ml de solució contaminant

**Matriu 3:** 5 g de MgO + 5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 7 ml de solució contaminant

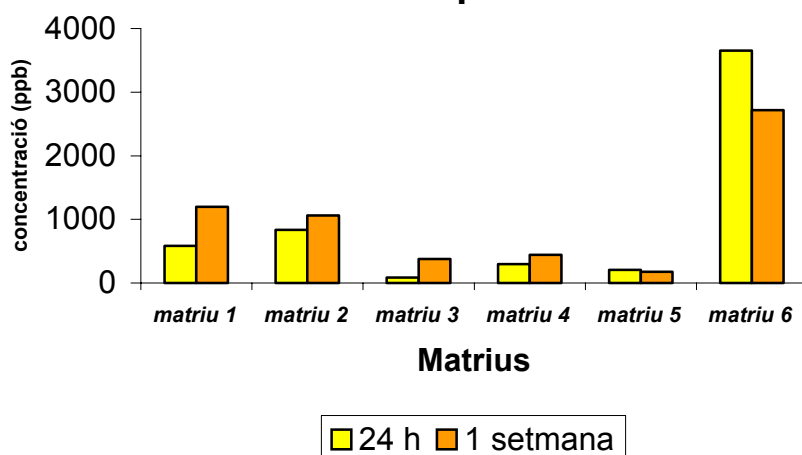
**Matriu 4:** 7 g Cendres Volants de Cercs + 3 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 2,7 ml de solució contaminant

**Matriu 5:** 4 g Cendres Volants de Narcea + 3 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 3 g de MgO + 5,9 ml de solució contaminant

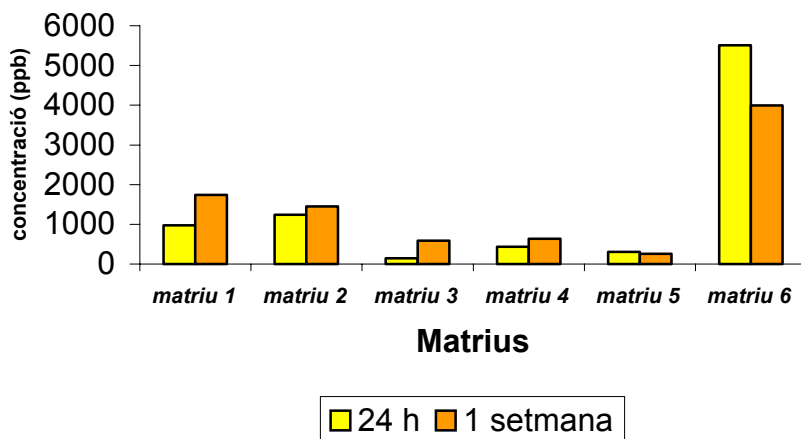
**Matriu 6:** 4 g Cendres Volants de Narcea + 3 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 3 g de CaO + 5,2 ml de solució contaminant

## Resultats

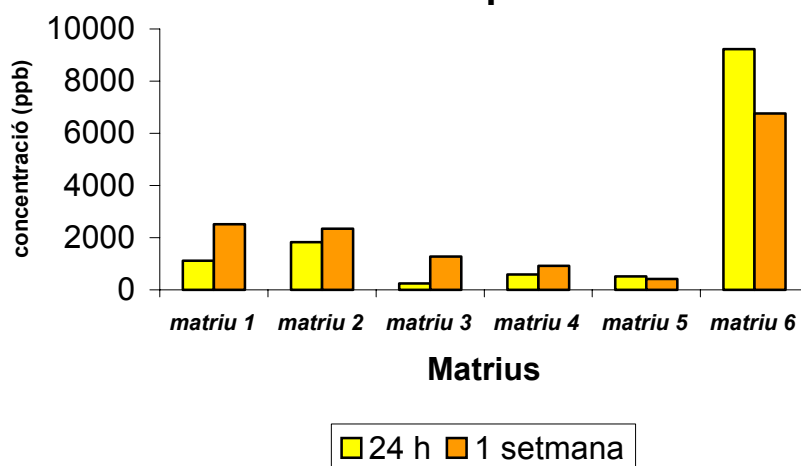
### Variació de la concentració de Ni en el temps

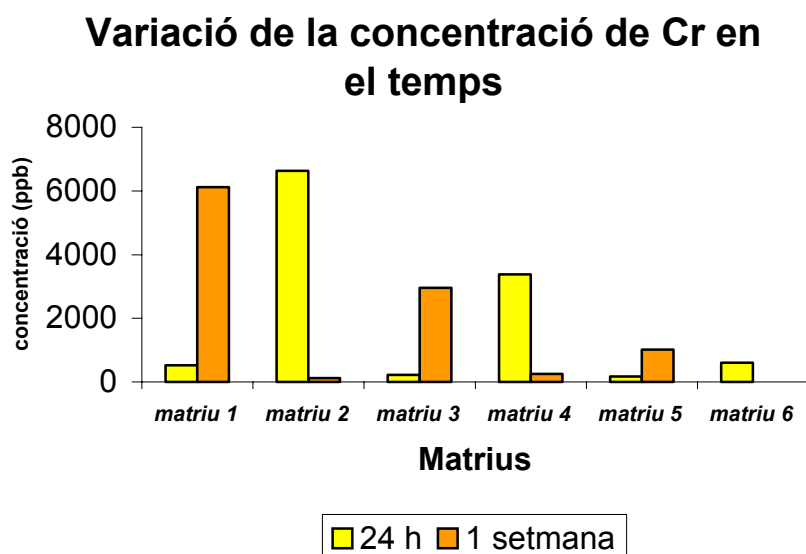


### Variació de la concentració de Zn en el temps



### Variació de la concentració de Pb en el temps





## 5.6 TEST D'EQUILIBRI

### Introducció

Aquest assaig es basa principalment en tenir una relació L/S de 4, és a dir petita i una grandària de partícula també petita, per facilitar que s'arribi el més aviat possible a l'equilibri.

### Material

Vasos de precipitats de 50 i 100 ml  
 Tamís de 0,5 mm de llum de malla  
 Morter d'àngata  
 Balança de precisió  
 Pots de plàstic d'un volum de 250 ml  
 Tubs d'assaig de plàstic  
 Provetes de plàstic  
 Agitador  
 Espàtula

Pipeta Pasteur  
Vidres de rellotge

### **Procediment**

Mitjançant el morter es procedeix a triturar la mostra, de manera que s'aconsegueixi una mida de partícula per sota de 0,25 mm de diàmetre.

Es tara un vidre de rellotge i es pesa una submostra de 10 g. Tot seguit, aquesta submostra es posa en un pot de plàstic de 250 ml de capacitat per tal de ser col·locada a l'agitador. Seguidament s'hi afegeixen 40 ml d'aigua destil·lada ja que en aquest test la relació L/S és de 4.

Es posa l'agitador en marxa a 5 rpm.

A les 24 hores es para l'agitador i es deixa sedimentar, quan es veuen les dues fases clarament separades es posa un microfiltre de cel·lulosa de porus de 0,45 µm en una xeringa i s'extreuen 1,5 ml de la solució.

Aquesta solució es posa en un tub d'assaig i se li afegeix una gota d'àcid nítric per tal d'acidificar-la, llavors ja estarà preparada per tal de ser analitzada en l'ICP-MS.

Per tal d'extreure una nova mostra, es torna a posar la mescla a l'agitador durant una setmana, passada la qual es tornarà a repetir el mateix procés.

Aquest procediment es repeteix per cada una de les sis matrius.

A continuació es detallen per aquest assaig la quantitat de solució contaminant que ha estat consumida per cada matriu.

**Matriu 1:** 20 g de magnèsia + 8 ml de solució contaminant

**Matriu 2:** 5 g de CaO + 5 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + 7,5 ml de solució contaminant

**Matriu 3:** 5 g de MgO + 5 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + 7 ml de solució contaminant

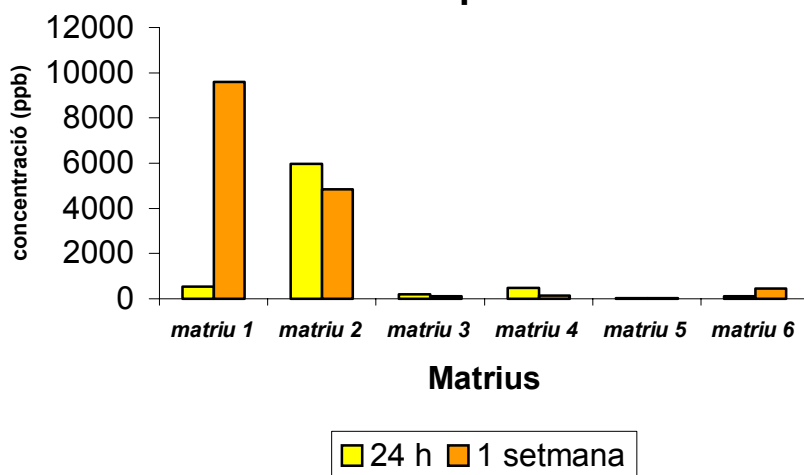
**Matriu 4:** 7 g Cendres Volants de Cercs + 3 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + 6 ml de solució contaminant

**Matriu 5:** 4 g Cendres Volants de Narcea + 3 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + 3 g de MgO + 6 ml de solució contaminant

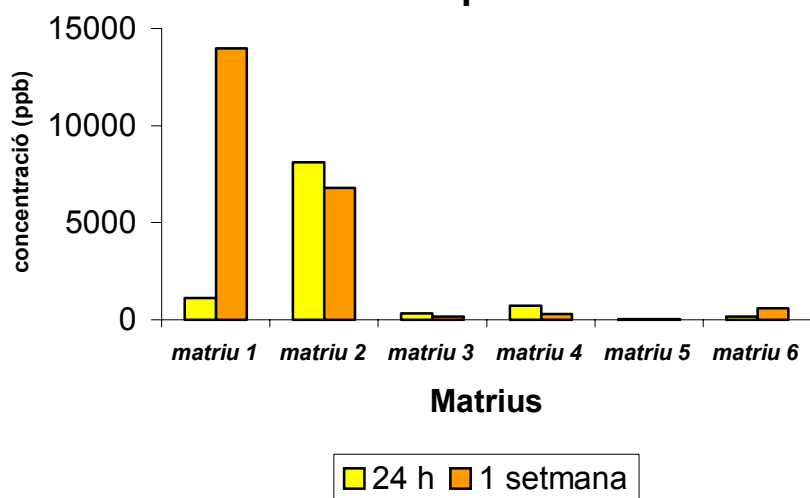
**Matriu 6:** 4 g Cendres Volants de Narcea + 3 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + 3 g de CaO + 7 ml de solució contaminant

**Resultats**

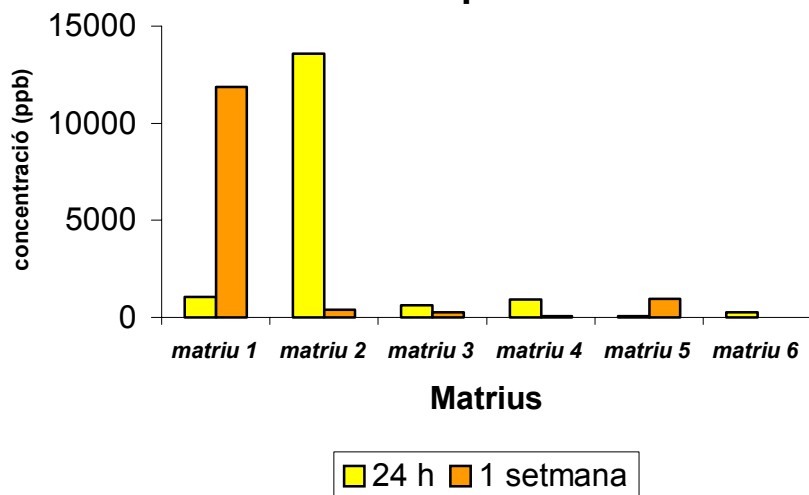
**Variació de la concentració de Ni en el temps**



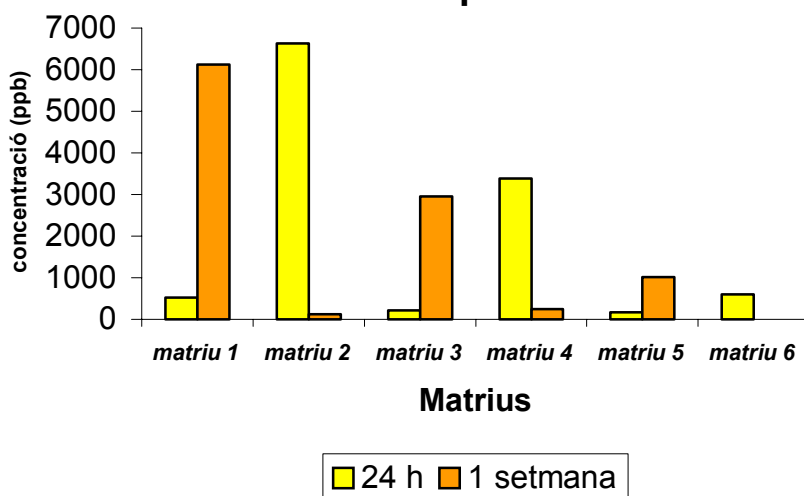
**Variació de la concentració de Zn en el temps**



### Variació de la concentració de Pb en el temps



### Variació de la concentració de Cr en el temps



## 5.7 RESULTATS

A partir dels resultats obtinguts, es pot observar que, en ocasions, els valors de concentració al cap d'una setmana són més elevats que els que s'han obtingut a les 24 hores, indica que la substància que allibera la matriu fonamentalment s'està dissolent. Per tant, es pot pensar que en aquell medi no es troben grups fosfat o hidroxil o bé d'altres mecanismes que facin precipitar el metall, per tant, cada vegada se'n troba més a la solució.

Si pel contrari, la concentració obtinguda a les 24 hores és més gran que la obtinguda als 7 dies, indica la presència de grups o mecanismes de precipitació, amb la qual cosa el catió no es segueix dissolent en la solució, sinó que queda en forma de precipitat fent disminuir la concentració d'aquest metall.

En la majoria dels gràfics, cal destacar el comportament anòmal de la matriu 1 en la seva funció com a segrestant, doncs tal i com es veu, a les 24 hores lixivia molt poc, però en canvi al cap d'una setmana la quantitat de contaminant alliberada és molt més alta.

Si analitzem les concentracions obtingudes de cada metall per separat i també per a cada test, es pot observar que pel test normatiu, els valors de concentració obtinguts per a les diferents matrius i per cadascun dels contaminants ha estat:

### Níquel

matriu 1	matriu 2	matriu 3	matriu 4	matriu 5	matriu 6	
0,775	5,191	1,248	1,303	2,643	7,609	µg/g (24 h)
2,107	1,000	0,663	0,353	0,922	2,676	µg/g (7 d)
77,497	519,08	124,772	130,27	264,327	760,904	µg/l (24 h)
210,696	100,025	66,291	35,262	92,225	267,586	µg/l (7 d)

### Zinc

matriu 1	matriu 2	matriu 3	matriu 4	matriu 5	matriu 6	
6,397	6,845	1,778	1,998	3,945	9,832	µg/g (24 h)
3,786	1,142	0,945	0,565	1,359	2,596	µg/g (7 d)
639,697	684,491	177,709	199,824	394,523	983,219	µg/l (24 h)
378,634	114,16	94,521	56,469	135,9	259,616	µg/l (7 d)

### Plom

matriu 1	matriu 2	matriu 3	matriu 4	matriu 5	matriu 6	
1,632	10,775	3,865	2,530	7,316	18,331	µg/g (24 h)
4,067	1,694	1,803	0,602	2,764	4,824	µg/g (7 d)
163,161	1077,531	386,477	253,405	731,558	1833,099	µg/l (24 h)
406,703	169,409	180,284	60,221	276,407	482,413	µg/l (7 d)

### Crom

matriu 1	matriu 2	matriu 3	matriu 4	matriu 5	matriu 6	
0,671	6,296	1,258	3,010	3,602	10,670	µg/g (24 h)
1,940	2,319	0,699	2,661	2,496	4,053	µg/g (7 d)
67,064	629,61	125,8	301,041	360,182	1067,015	µg/l (24 h)
194,009	231,936	69,97	266,088	249,558	405,349	µg/l (7 d)

Podent concloure que només en el cas de la matriu 6 pel plom i amb el lixiviat corresponent a les 24 hores es supera en 0,8 ppm la quantitat establerta per la norma DIN, i que cap dels altres metalls superen els paràmetres establerts per la norma citada anteriorment (**taula 4,7**, segons norma DIN 38414-S4 Decret 34/1996 de 9 de gener), per tant els residus que continguin aquests contaminants amb aquestes concentracions es poden considerar com a no especials.

Pel que fa al test de fracció màxima mobilitzable, els valors obtinguts són:

### Níquel

matriu 1	matriu 2	matriu 3	matriu 4	matriu 5	matriu 6	
58,596	83,376	8,643	29,564	20,589	365,402	µg/g (24 h)
119,970	106,006	37,637	44,185	17,531	271,561	µg/g (7 d)
585,963	833,758	86,431	295,635	205,891	3654,02	µg/l (24 h)
1199,708	1060,056	376,372	441,856	175,31	2715,605	µg/l (7 d)



### Zinc

matriu 1	matriu 2	matriu 3	matriu 4	matriu 5	matriu 6	
97,815	123,651	14,110	43,864	30,916	550,735	µg/g (24 h)
173,720	144,571	58,760	63,723	25,399	399,687	µg/g (7 d)
978,153	1236,513	141,098	438,642	309,156	5507,351	µg/l (24 h)
1737,201	1445,708	587,604	637,232	253,987	3996,871	µg/l (7 d)

### Plom

matriu 1	matriu 2	matriu 3	matriu 4	matriu 5	matriu 6	
111,672	170,234	24,976	58,957	51,788	922,307	µg/g (24 h)
251,125	234,694	35,209	92,040	41,507	675,895	µg/g (7 d)
1116,716	1824,668	249,762	589,569	517,884	9223,072	µg/l (24 h)
2511,249	2346,937	1280,703	920,397	415,068	6758,953	µg/l (7 d)

### Crom

matriu 1	matriu 2	matriu 3	matriu 4	matriu 5	matriu 6	
56,500	82,231	8,532	46,104	20,299	396,023	µg/g (24 h)
118,771	104,198	35,210	63,478	19,136	298,708	µg/g (7 d)
565	822,313	85,316	461,045	202,994	3960,232	µg/l (24 h)
1187,714	1041,985	352,096	634,783	191,364	2987,081	µg/l (7 d)

Per aquest segon test, tal i com es preveia, els valors de les diferents concentracions són més alts que en el test normatiu degut a que la grandària de partícula és més petita i per tant la quantitat que lixivia és més gran. Segons els paràmetres establerts (**taula 4,7**, segons norma DIN 38414-S4 Decret 34/1996 de 9 de gener), els residus que contenen aquests contaminants amb aquestes concentracions es poden considerar com a especials.

Pel que fa al test d'equilibri, els valors obtinguts són:

### Níquel

matriu 1	matriu 2	matriu 3	matriu 4	matriu 5	matriu 6	
2,108	23,910	0,817	1,972	0,106	0,505	µg/g (24 h)
38,365	19,408	0,418	0,588	0,093	1,792	µg/g (7 d)
527,045	5977,543	204,245	493,041	26,53	126,187	µg/l (24 h)
9591,204	4851,914	104,518	147,082	23,255	448,111	µg/l (7 d)

### Zinc

Matriu 1	matriu 2	matriu 3	matriu 4	matriu 5	matriu 6	
4,503	32,451	1,271	2,883	0,156	0,709	µg/g (24 h)
55,872	27,164	0,640	0,640	0,156	0,709	µg/g (7 d)
1125,803	8112,691	317,793	720,82	39,024	177,221	µg/l (24 h)
13967,892	6790,94	160,152	287,295	35,076	599,475	µg/l (7 d)

### Plom

matriu 1	matriu 2	matriu 3	matriu 4	matriu 5	matriu 6	
4,178	54,290	2,495	3,722	0,324	1,061	µg/g (24 h)
80,689	47,531	1,553	24,749	0,324	1,061	µg/g (7 d)
1044,471	13572,549	623,672	930,455	80,937	265,182	µg/l (24 h)
20172,213	11882,847	388,329	269,575	64,827	946,414	µg/l (7 d)

### Crom

matriu 1	matriu 2	matriu 3	matriu 4	matriu 5	matriu 6	
2,080	26,539	0,884	13,524	0,686	2,428	µg/g (24 h)
40,956	24,477	0,492	35,762	0,686	2,428	µg/g (7 d)
520,055	6634,701	220,966	3380,924	171,42	607,007	µg/l (24 h)
10239,124	6119,274	122,881	2959,883	249,672	1012,934	µg/l (7 d)

Respecte aquest tercer test, igual que en l'anterior, els valors de les diferents concentracions són més alts que en el test normatiu degut a que el grandària de partícula és més petit i per tant la quantitat que lixivia és més gran. Segons els paràmetres establerts (**taula 4,7**, segons norma DIN 38414-S4 Decret 34/1996 de 9 de gener), els residus que contenen aquests contaminants amb aquestes concentracions es poden considerar com a especials.

## 5.8 CONCLUSIONS

A partir dels resultats obtinguts, es pot concloure que s'ha aconseguit una notable disminució en la mobilitat dels contaminants. Això ha estat possible gràcies a tres tipus de mecanismes diferents:

- Una disminució de la superfície de contacte per formació d'un sòlid
- Per la formació de sals poc solubles
- A través de l'adsorció dels contaminants sobre la superfície del sòlid

També es pot observar, que com més petita és la relació líquid/sòlid, s'arriba de manera més ràpida a l'equilibri. Quan aquesta relació és elevada, el que té lloc, és que la solució no es satura, permetent així que tot el contaminant que ha de sortir de la matriu ho pugui fer i que sigui acceptat per la solució.

Per tal d'afavorir l'equilibri, el que es fa és reduir la matriu a una grandària de partícula el més petita possible ja que així s'augmenta la superfície de contacte. Es pot comprovar, que com més gran és aquesta grandària de partícula, menys superfície de contacte hi ha entre el solut i el dissolvent, i per tant lixiviarà menys. En canvi, com més petita és la partícula, més gran és el contacte entre les dues fases i per tant el contaminant pot ser més fàcilment dissolt pel dissolvent.

Es pot observar també, l'alta capacitat cimentant de les cendres volants de Cercs, això és degut a l'elevat percentatge (42,6% CaO) que contenen en d'òxid de Calci. Aquestes cendres, han estat utilitzades com a una opció de valorització d'un residu que es genera en aquesta central, la qual cosa implica poder substituir l'òxid de calci pur (d'elevat cost econòmic) utilitzat en aquest tipus d'assaigs, per un reactiu molt bo per a la inertització dels residus contaminants i amb un cost zero.

Per altra banda, cal destacar també la duresa aportada per les cendres volants utilitzades de la central de Narcea, la qual és deguda a l'alt contingut en al·luminosilicats (54,3% de SiO<sub>2</sub> i 23% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Els materials porosos massics obtinguts en l'estabilització/solidificació dels residus, permeten identificar els paràmetres que influeixen en la lixiviació quan són exposats al medi natural amb l'ajuda d'un mètode d'avaluació ambiental.