

## Annex D – Resultats

### ÍNDEX

<b>D.1. ANÀLISIS PRELIMINARS</b>	<b>3</b>
D.1.1. Aigües residuals .....	3
<b>D.2. PRECIPITACIÓ</b>	<b>4</b>
D.2.1. Separació de crom (VI).....	4
D.2.1.1. Proves preliminars .....	4
D.2.1.2. Determinació de les concentracions òptimes .....	5
D.2.2. Reducció a crom trivalent .....	6
D.2.3. Obtenció de $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ .....	6
<b>D.3. BESCANVI IÒNIC</b>	<b>8</b>
D.3.1. Proves en discontinu .....	8
D.3.1.1. Resines aniòniques .....	8
D.3.1.2. Resines catiòniques.....	9
D.3.2. Determinació de les concentracions òptimes.....	10
D.3.2.1. Resines aniòniques .....	10
D.3.2.2. Resines catiòniques.....	10
D.3.3. Experiment en continu.....	11
D.3.3.1. Resines catiòniques.....	11
D.3.3.2. Resines aniòniques .....	21
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>24</b>





## D.1. Anàlisis preliminaris

### D.1.1. Aigües residuals

A continuació es presenta una taula amb els resultats experimentals de la mostra inicial per tal de tenir una referència en aquest mateix annex.

	pH	[Cu] ppm	[Zn] ppm	[Pb] ppm	[Ni] ppm	[Cd] ppm	[Sn] ppm	[Sr] ppm	[Ba] ppm	[Fe] ppm	[Cr] ppm
<b>Mostra inicial</b>	1-2	153,7	72,6	4,0	9,9	0,1	2,3	1,86	1,34	404,0	13400

Taula D.1. Característiques químiques de les aigües residuals del procés de la galvanotècnia. Obtingut mitjançant ICP masses



## D.2. Precipitació

### D.2.1. Separació de crom (VI)

#### D.2.1.1. Proves preliminars

A continuació es mostren els resultats obtinguts en les proves preliminars de precipitació corresponents a l'apartat 8.1.1 de la memòria del present projecte:

[Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ]	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Sn (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Fe (ppm)	Cr (g/l)
0,339 M	41,2	6,2	< 0,1	0,8	<0,01	0,36	1,67	0,96	24,5	12,6
0,943 M	6,5	8,9	< 0,1	3,5	<0,01	0,32	1,28	0,24	3,7	13,11

[MgO]	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Sn (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Fe (ppm)	Cr (g/l)
0,993 M	2,4	15,8	< 0,1	5,6	0,02	0,32	4,17	0,47	3,7	11,7
1,49 M	2,1	1,8	< 0,1	0,2	<0,01	0,32	4,14	0,23	4,0	12,63
1,985 M	2,4	6,0	< 0,1	3,7	<0,01	0,32	4,88	0,25	4,2	12,63
2,48 M	2,1	1,7	< 0,1	0,2	<0,01	0,32	3,24	0,24	3,4	10,77

[Ca(OH) <sub>2</sub> ]	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Sn (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Cr (g/l)
0,5 M	8,4	188,0	0,96	<1	0,05	0,36	<10	<3	13,3
1,0 M	8,4	98,3	0,90	<1	0,05	0,36	<10	<3	7,4



1,5 M	8,3	32,8	0,89	<1	0,05	0,36	<10	<3	3,5
2,5 M	8,3	0,9	0,89	<1	0,05	0,35	<10	<3	2,9

Taula D.2. Resultats de composició de les proves preliminars per precipitació per als tres agents.

### D.2.1.2. Determinació de les concentracions òptimes

Els resultats corresponents a l'apartat 8.1.2 són els que tot seguit s'indiquen a la taula D.3:

[MgO]	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppb)	Sn (ppm)	Fe (ppm)	Cr (g/l)	Mg (ppm)
1,6 M	<0,02	<0,07	<0,005	<0,005	<0,8	<0,002	<0,7	12,6	4782,4
1,7 M	<0,02	<0,07	<0,005	<0,005	<0,8	<0,002	<0,7	12,3	4667,7
1,8 M	<0,02	<0,07	<0,005	<0,005	<0,8	<0,002	<0,7	10,8	4776,0
1,9 M	<0,02	<0,07	<0,005	0,9	<0,8	<0,002	<0,7	12,5	4967,8

[Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ]	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Sn (ppm)	Fe (ppm)	Cr (g/l)	Mg (ppm)
1,5 M	82,1	15,3	<0,005	0,4	0,02	<0,002	41,0	12,7	<0,03
1,7 M	81,4	12,2	<0,005	0,2	0,03	<0,002	24,9	12,5	<0,03
2,0 M	100,9	21,4	0,1	0,4	0,02	<0,002	42,2	12,3	2,1

Taula D.3. Resultats de composició de concentracions òptimes per precipitació.



### D.2.2. Reducció a crom trivalent

A continuació es mostra la taula D.4, en la qual podem veure les composicions dels diferents  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  que s'obtenen a partir de  $\text{MgO}$  i  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , respectivament.

$\text{Cr}(\text{OH})_3$ de $\text{MgO}$	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppb)	Sn (ppm)	Fe (ppm)	Cr (g/l)	Mg (ppm)
1	3,2	0,3	0,3	<0,01	0	1,1	<0,7	12,0	734,8
2	3,8	2,4	0,4	0,9	0,004	1,1	<0,7	9,0	934
3	3,2	0,4	0,3	<0,01	0	1,1	<0,7	12,5	684

$\text{Cr}(\text{OH})_3$ de $\text{Na}_2\text{CO}_3$	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppb)	Sn (ppm)	Fe (ppm)	Cr (g/l)
1	3,3	2,0	0,8	1,5	0,02	1,3	127,6	5,9
2	3,2	2,6	0,7	1,6	0,03	1,3	<0,7	4,9
3	3,2	2,4	0,7	1,4	0,02	1,3	<0,7	6,5

Taula D.4. Resultats de composició de  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  obtingut mitjançant precipitació amb  $\text{MgO}$  i  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

### D.2.3. Obtenció de $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$

Tot seguit es mostra una taula (taula D.5) on es poden observar les diferents concentracions dels metalls en la sal final:



<b>Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub></b>	<b>Cu (ppm)</b>	<b>Zn (ppm)</b>	<b>Pb (ppm)</b>	<b>Ni (ppm)</b>	<b>Cd (ppb)</b>	<b>Sn (ppm)</b>	<b>Fe (ppm)</b>	<b>Cr (g/l)</b>
<b>A partir de MgO</b>	3,2	0,5	0,3	1,5	0	1,5	1,12	11,2
<b>A partir de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	5,5	1,1	0,3	1,6	<0,002	1,1	6,3	3,2

Taula D.5. Resultats de composició de Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> obtingut mitjançant precipitació amb MgO i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>



## D.3. Bescanvi iònic

### D.3.1. Proves en discontinu

#### D.3.1.1. Resines aniòniques

Tot seguit s'indiquen els resultats obtinguts en la prova en discontinu que es va realitzar segons l'indicat a l'apartat 9.2.1 de la memòria del present projecte:

	g resina	V H <sub>2</sub> O (ml)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Sn (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Fe (ppm)	Cr (g/l)
<b>A1</b>	0,1	15	155,7	85,7	0,64	10,2	0,15	1,40	2,78	1,63	513,8	12,78
<b>A2</b>	0,2	15	148,3	95,5	0,62	10,0	0,11	1,44	2,70	1,52	464,6	12,78
<b>A3</b>	0,3	15	137,8	88,6	0,36	9,4	0,10	1,18	2,69	1,59	420,7	11,52
<b>A4</b>	0,4	15	152,2	93,0	0,59	10,6	0,19	1,38	2,82	1,59	461,6	10,00
<b>A5</b>	0,5	15	150,1	87,4	0,25	10,3	0,11	1,13	2,80	1,81	444,4	8,12
<b>A6</b>	0,6	15	157,0	103,9	0,64	19,1	0,12	1,22	2,82	1,73	439,8	8,76
<b>A7</b>	0,7	15	140,8	79,1	0,81	9,7	0,12	1,13	2,74	4,39	404,8	8,03
<b>A8</b>	0,8	15	146,5	82,7	0,73	10,1	0,11	1,20	2,69	1,52	414,5	6,93
<b>A9</b>	0,9	15	149,0	81,8	0,35	10,1	0,11	0,63	2,69	1,76	410,9	6,26
<b>A10</b>	1	15	151,1	79,2	0,28	10,3	0,11	0,49	2,70	1,61	406,4	5,38

Taula D.6. Resultats de composició resines aniòniques proves en discontinu





### D.3.1.2. Resines catióniques

De la mateixa manera, a continuació s'expressen els resultats obtinguts per a les resines catióniques:

	g resina	V H <sub>2</sub> O (ml)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Sn (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Fe (ppm)	Cr (g/l)
<b>C1</b>	0,1	15	128,9	81,1	1,56	9,1	0,09	1,71	2,13	0,69	358,5	13,57
<b>C2</b>	0,2	15	127,6	72,2	1,04	9,1	0,09	1,52	1,84	0,50	305,2	14,51
<b>C3</b>	0,3	15	113,0	80,6	0,65	8,3	0,08	1,36	1,58	0,40	229,4	14,29
<b>C4</b>	0,4	15	103,9	64,2	0,39	7,6	0,07	1,55	1,36	0,37	167,9	13,35
<b>C5</b>	0,5	15	92,7	56,3	0,24	6,8	0,07	1,69	1,21	0,42	127,9	13,93
<b>C6</b>	0,6	15	82,2	46,5	< 0,1	6,0	0,07	1,38	1,07	0,25	95,3	13,72
<b>C7</b>	0,7	15	69,3	45,7	< 0,1	5,1	0,06	1,53	1,01	0,24	68,1	12,70
<b>C8</b>	0,8	15	59,9	38,5	< 0,1	4,4	0,05	1,56	0,93	0,22	51,0	12,44
<b>C9</b>	0,9	15	56,7	37,5	< 0,1	4,2	0,06	1,29	0,91	0,24	46,5	13,64
<b>C10</b>	1	15	50,2	35,6	< 0,1	3,7	0,06	1,35	0,88	0,22	38,3	12,09

Taula D.7. Resultats de composició resines catióniques proves en discontinu



## D.3.2. Determinació de les concentracions òptimes

### D.3.2.1. Resines aniòniques

	g resina	V H <sub>2</sub> O (ml)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Sn (ppm)	Fe (ppm)	Cr (g/l)	Mg (ppm)
<b>A11</b>	1,5	15	124,6	69,8	<0,005	6,2	0,12	<0,002	91,0	<3,3	1,7
<b>A12</b>	2,0	15	8,0	19,4	1,4	2,4	0,06	0,02	67,3	1,1	<0,03
<b>A13</b>	2,5	15	<0,02	10,6	<0,005	1,8	0,03	<0,002	3,6	<3,3	<0,03
<b>A14</b>	3,0	15	<0,02	2,2	<0,005	1,3	0,01	<0,002	<0,7	<3,3	<0,03

Taula D.8. Resultats de composició resines aniòniques en determinació concentració òptima

### D.3.2.2. Resines catiòniques

	g resina	V H <sub>2</sub> O (ml)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Sn (ppm)	Fe (ppm)	Cr (g/l)	Mg (ppm)
<b>C11</b>	1,5	15	39,1	42,2	<0,005	2,0	0,06	0,79	29,6	<3,3	<0,03
<b>C12</b>	2,0	15	28,9	30,4	<0,005	1,4	0,06	0,79	20,2	11,8	<0,03
<b>C13</b>	2,5	15	29,4	33,8	<0,005	1,5	0,06	0,83	20,4	12,0	<0,03
<b>C14</b>	3,0	15	25,3	26,8	<0,005	1,2	0,05	1,00	14,3	11,5	<0,03

Taula D.9. Resultats de composició resines catiòniques en determinació concentració òptima



### D.3.3. Experiment en continu

#### D.3.3.1. Resines catióniques

A continuació es mostra la taula D.10, on es poden observar les concentracions dels diferents metalls al llarg de tot l'experiment. Posteriorment es mostren les figures corresponents a les corbes de retenció dels diferents metalls a la resina C150. Primer es mostra la figura D.1, amb tots els metalls, i després la figura D.2 cada metall per separat.

Mostra	[Cu]	[Zn]	[Pb]	[Ni]	[Cd]	[Fe]	[Sn]	[Cr]	t (min)
CAT5	4,0	0,9	0,4	1,1	0,034	1,3	3,9	9130,7	0
CAT10	4,1	1,5	0,4	1,1	0,034	1,3	5,9	10381,5	100
CAT15	4,0	1,1	0,4	1,1	0,034	1,3	-	10287,8	200
CAT20	4,1	3,8	0,4	1,1	0,034	1,3	3,9	9957,9	300
CAT25	4,3	1,5	0,5	1,1	0,034	1,3	6,5	10331,4	400
CAT30	5,7	-	0,6	1,6	-	1,5	-	10987,4	500
CAT35	4,1	0,9	0,4	1,1	0,034	1,3	1,1	10649,2	600
CAT40	4,1	0,9	0,4	1,1	0,034	1,3	1,2	10614,8	700
CAT45	5,4	-	0,6	1,5	0,007	1,5	-	10219,8	800
CAT50	5,8	-	0,7	1,7	-	1,6	-	10517,3	900
CAT55	6,4	-	0,8	1,9	-	1,6	-	10549,1	1000
CAT60	3,9	1,4	0,4	1,1	0,034	1,4	1,1	10254,6	1100
CAT65	3,2	1,4	0,3	-	0,007	-	1,1	10675,3	1200
CAT70	3,1	1,4	0,3	-	0,001	-	1,1	10441,5	1300
CAT75	3,1	1,4	0,3	-	0,001	-	1,1	10226,7	1400
CAT80	3,2	1,6	0,3	-	0,001	-	1,1	9549,5	1500
CAT85	3,2	1,4	0,3	-	0,001	-	1,1	10281,6	1600
CAT90	3,2	1,6	0,3	-	0,001	-	1,1	10488,4	1700
CAT95	3,4	1,6	0,3	-	0,004	-	1,1	10719,6	1800
CAT100	3,4	1,7	0,3	-	0,003	-	1,1	10504,5	1900
CAT105	152,3	86	0,3	10	0,034	-	3,7	6888,3	2000
CAT110	153	86,5	0,3	9,5	0,093	19,4	3,4	10977,1	2100
CAT115	152,1	87,2	0,3	10	0,107	68,6	2,4	10083,3	2200
CAT120	152	88,4	0,3	10,1	0,104	136,8	1,9	-	2300
CAT125	151	88,5	0,3	10	0,104	254,6	1,9	-	2400
CAT130	152,2	88,5	0,3	9,9	0,102	373,2	1,7	-	2500
CAT135	152,2	88,5	0,3	9,9	0,108	436,3	1,7	-	2600
CAT140	152,3	88,5	0,3	9,9	0,109	441,2	1,8	-	2700
CAT145	152,3	87	0,3	9,9	0,105	442,1	1,7	-	2800
CAT150	152,3	87,1	0,3	9,9	0,096	443	1,7	-	2900

Taula D.10 Evolució concentracions C150 (unitats en mg/l)



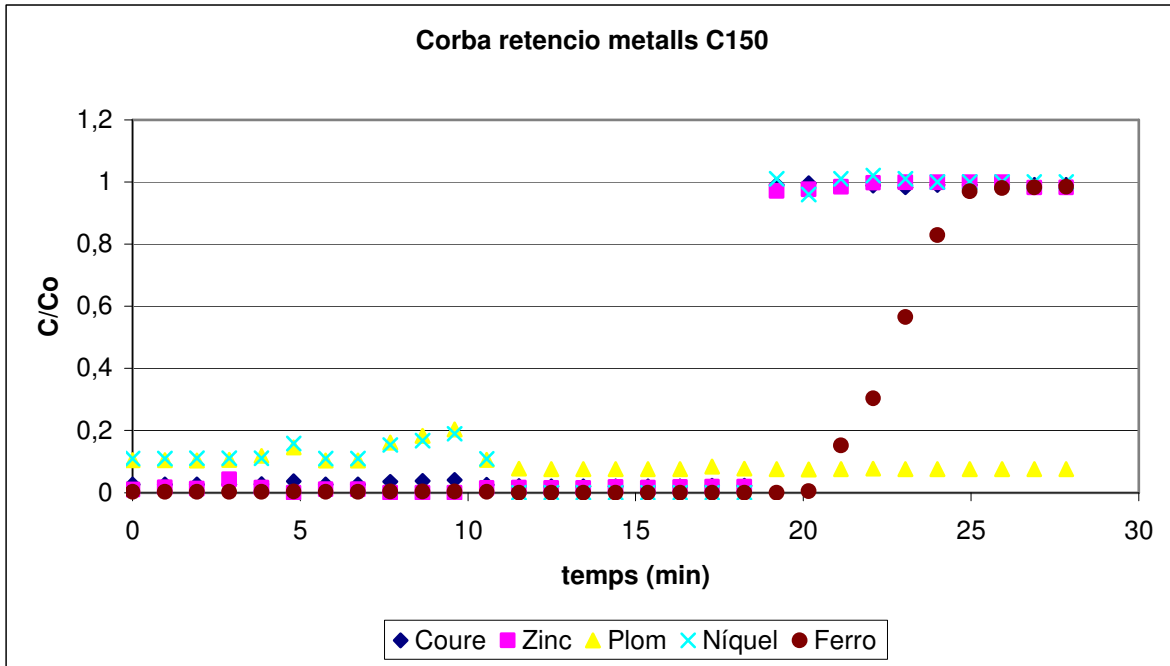
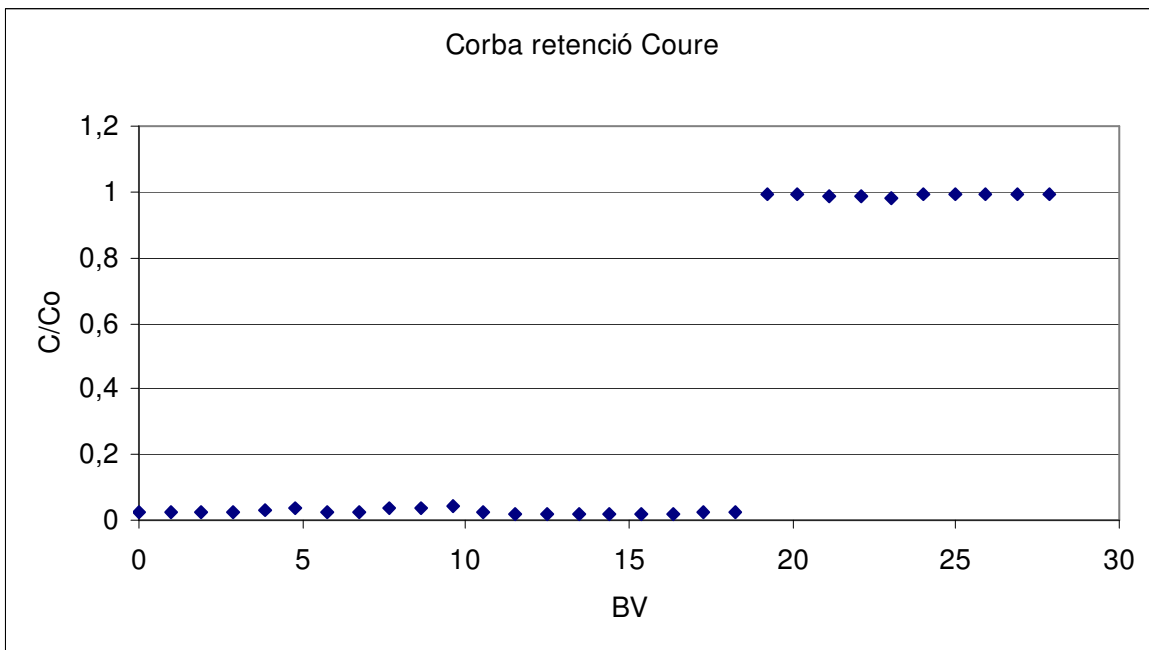
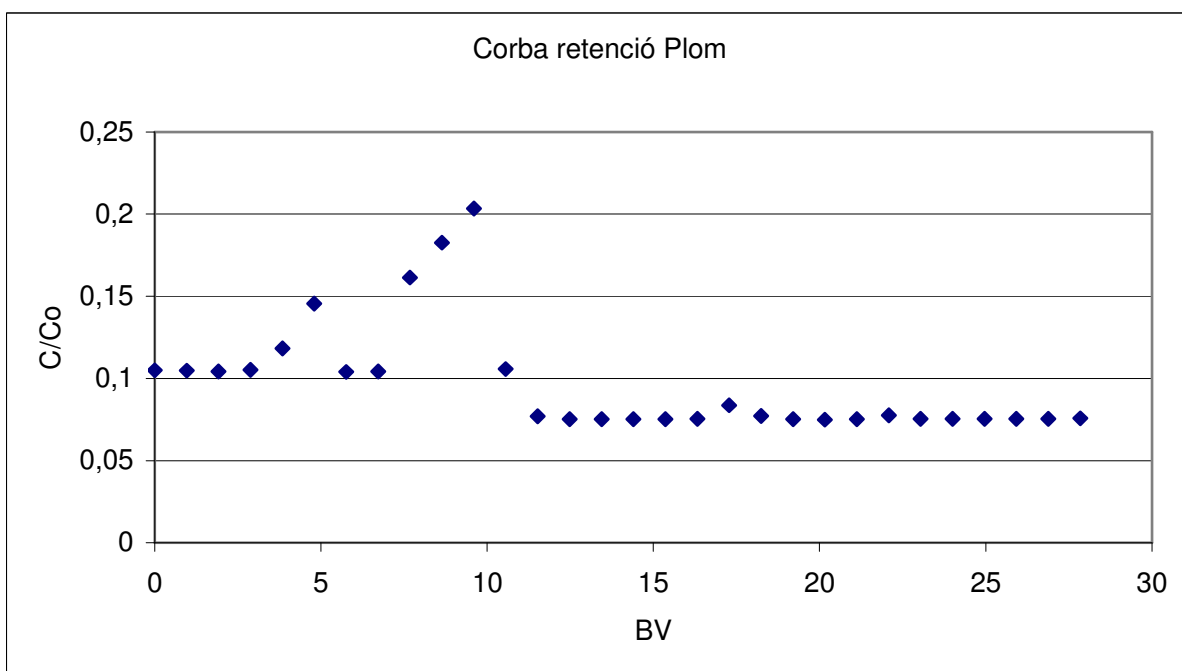
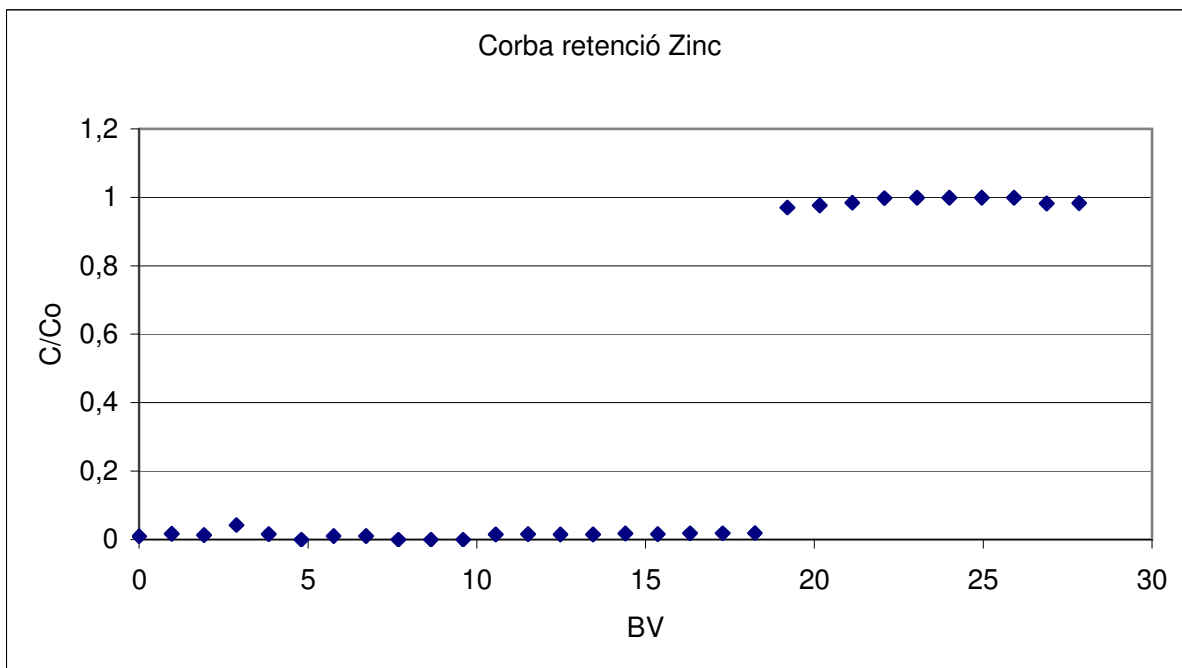
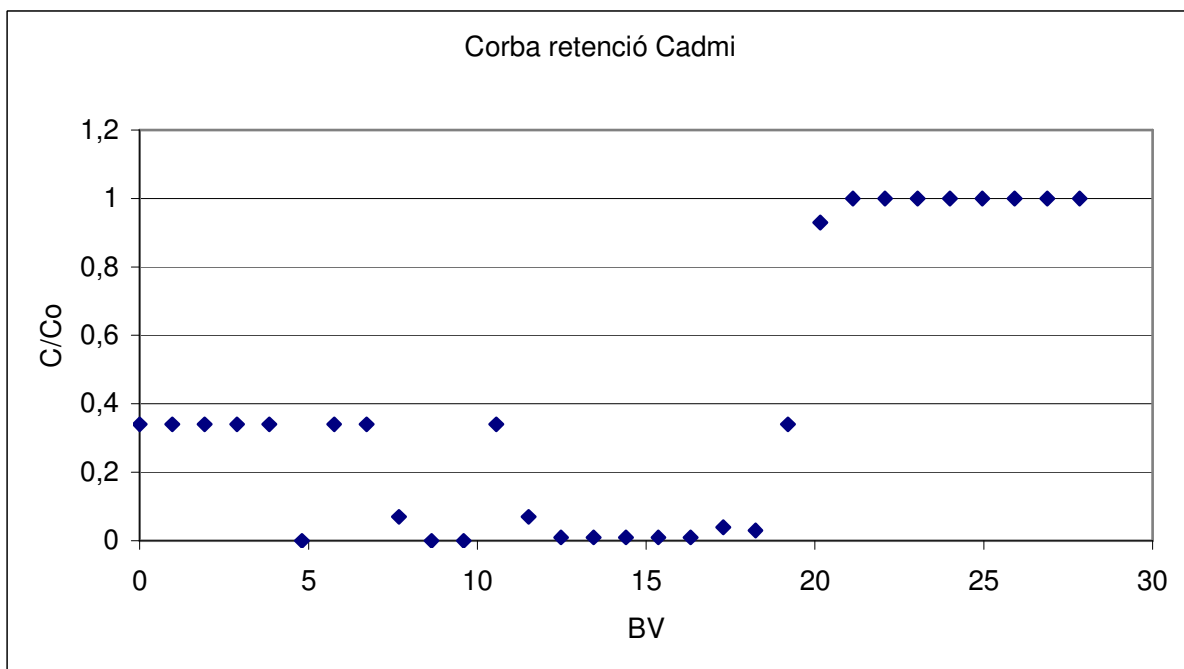
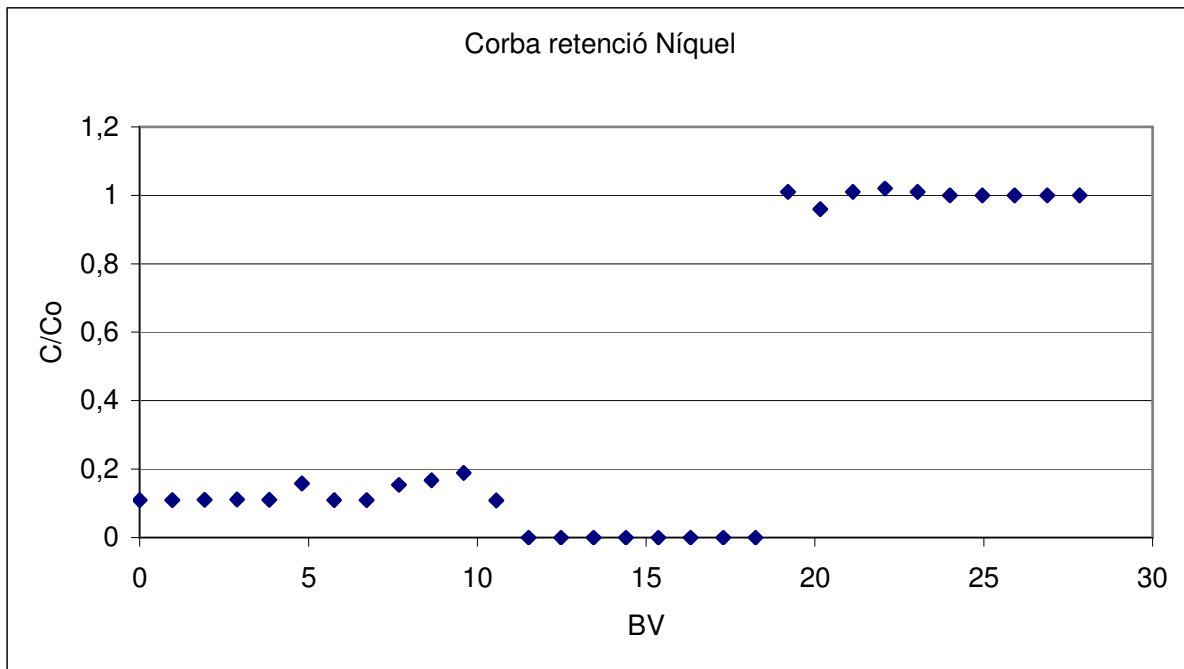
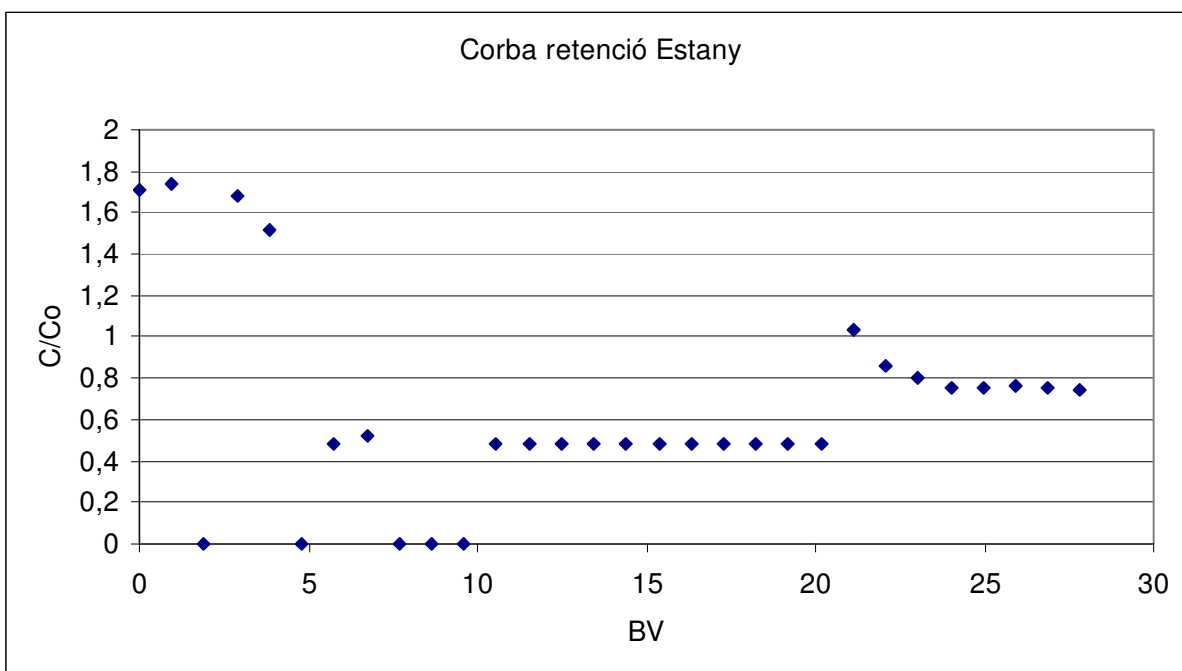
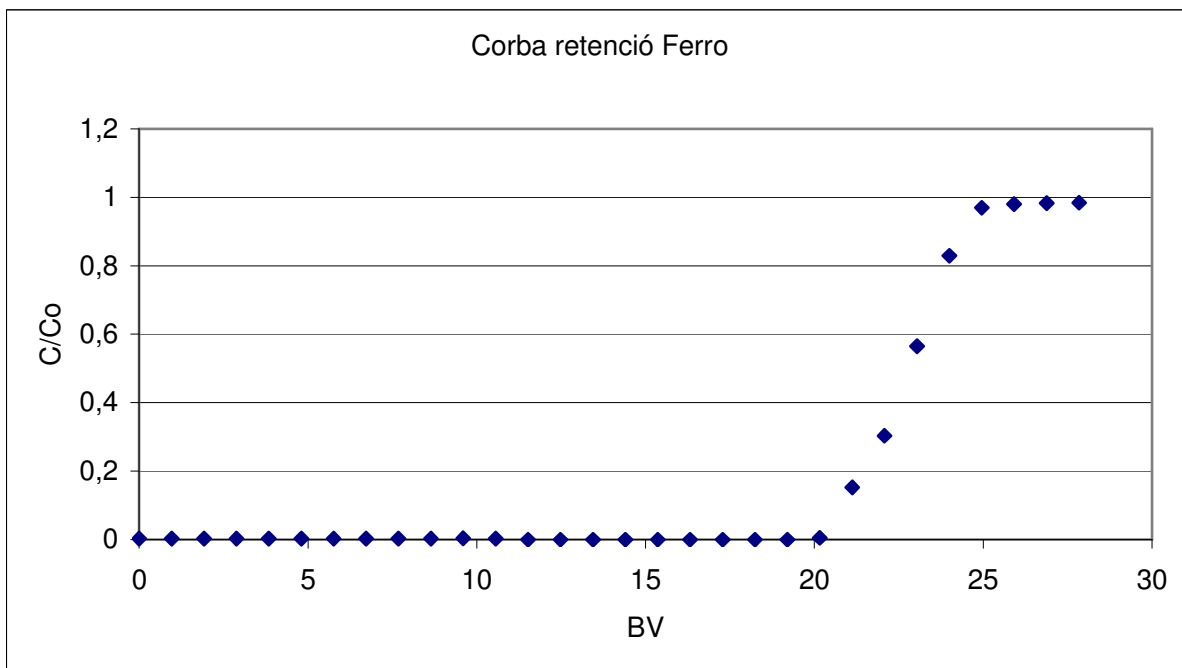


Fig. D.1. Corba de retenció metalls C150









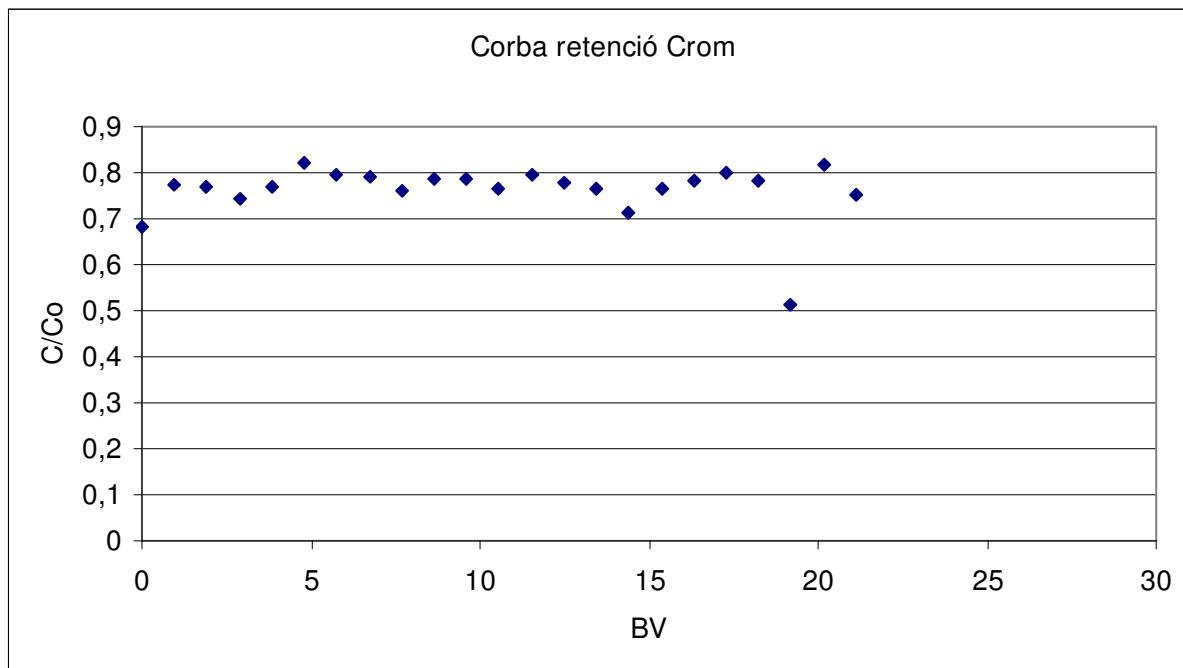


Fig. D.2. Corba de retenció metalls C150

Posteriorment s'ha realitzat l'el·lució de les resines. A continuació es mostra la taula D.11, amb les diferents concentracions obtingudes. Posteriorment es mostren les gràfiques corresponents.

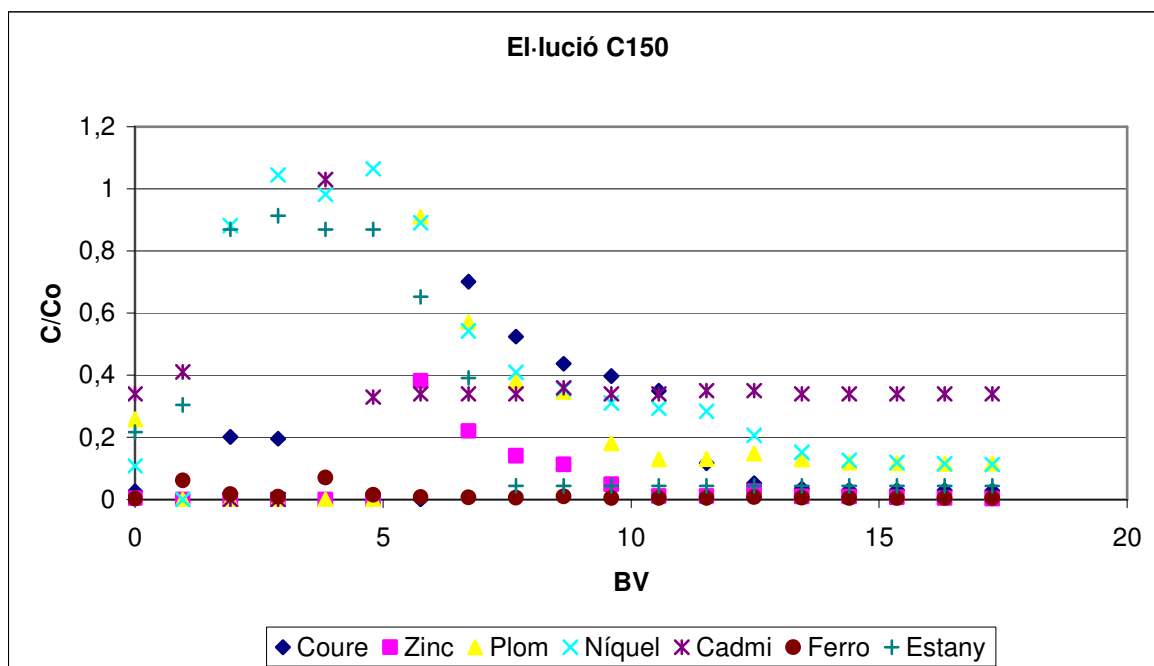
Mostres El·lucio	[Cu]	[Zn]	[Pb]	[Ni]	[Cd]	[Fe]	[Sn]
CAT E 5	4,1	0,4	1,0	1,1	0,0	1,3	0,5
CAT E 10					0,0	27,7	0,7
CAT E 15	31,0			8,7	0,0	7,6	2,0
CAT E 20	30,0			10,3	0,0	3,7	2,1
CAT E 25				9,7	0,1	31,8	2,0
CAT E 30				10,5	0,0	6,9	2,0
CAT E 35		33,9	3,6	8,8	0,0	3,6	1,5
CAT E 40	107,8	19,5	2,3	5,4	0,0	3,1	0,9
CAT E 45	80,6	12,5	1,5	4,1	0,0	2,7	0,1
CAT E 50	67,1	10,1	1,4	3,5	0,0	4,5	0,1
CAT E 55	61,1	4,3	0,7	3,1	0,0	2,5	0,1
CAT E 60	53,9	1,0	0,5	2,9	0,0	2,3	0,1
CAT E 65	17,9	1,0	0,5	2,8	0,0	2,5	0,1
CAT E 70	8,1	2,4	0,6	2,1	0,0	3,6	0,1
CAT E 75	5,4	0,9	0,5	1,5	0,0	2,5	0,1

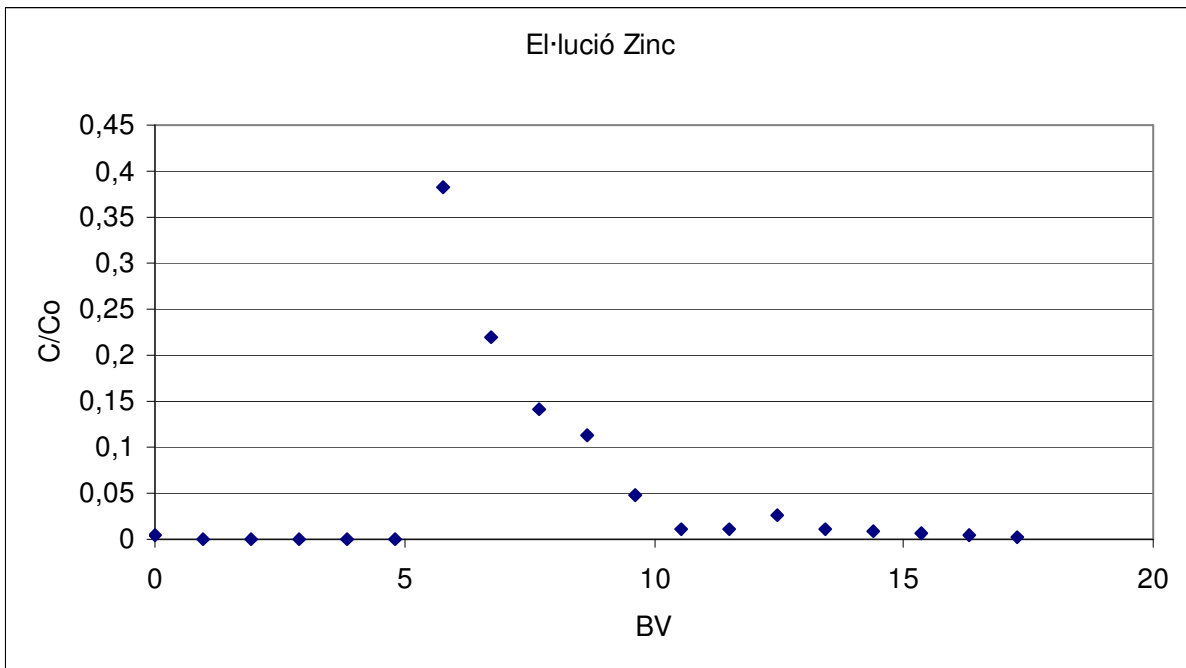
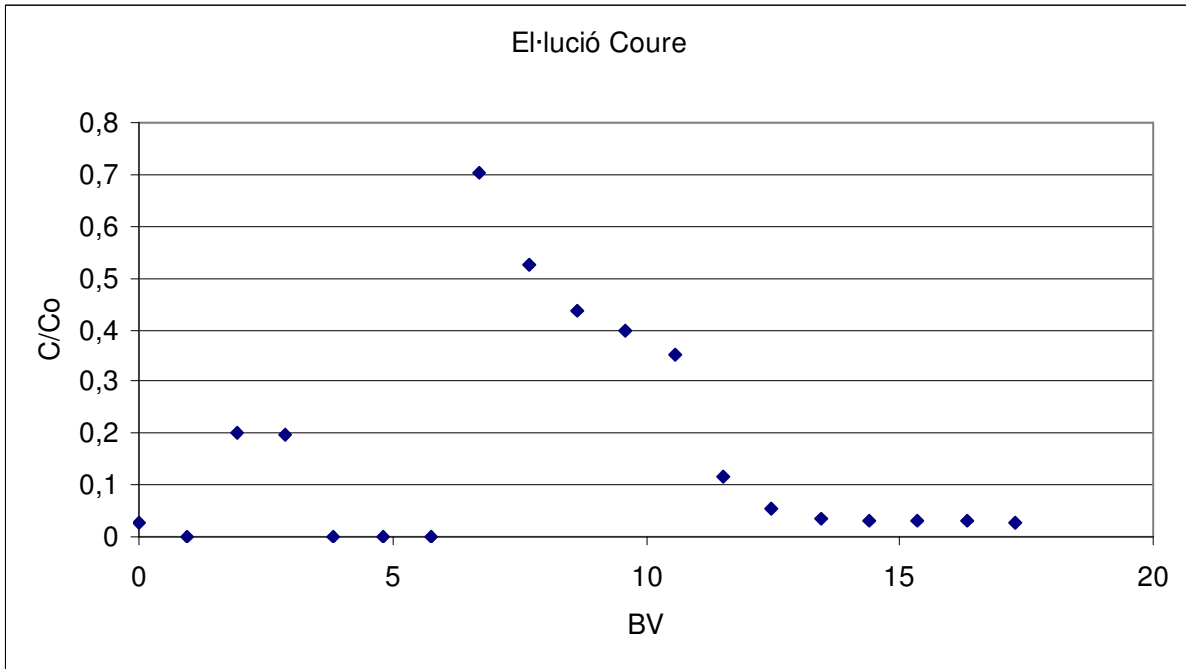


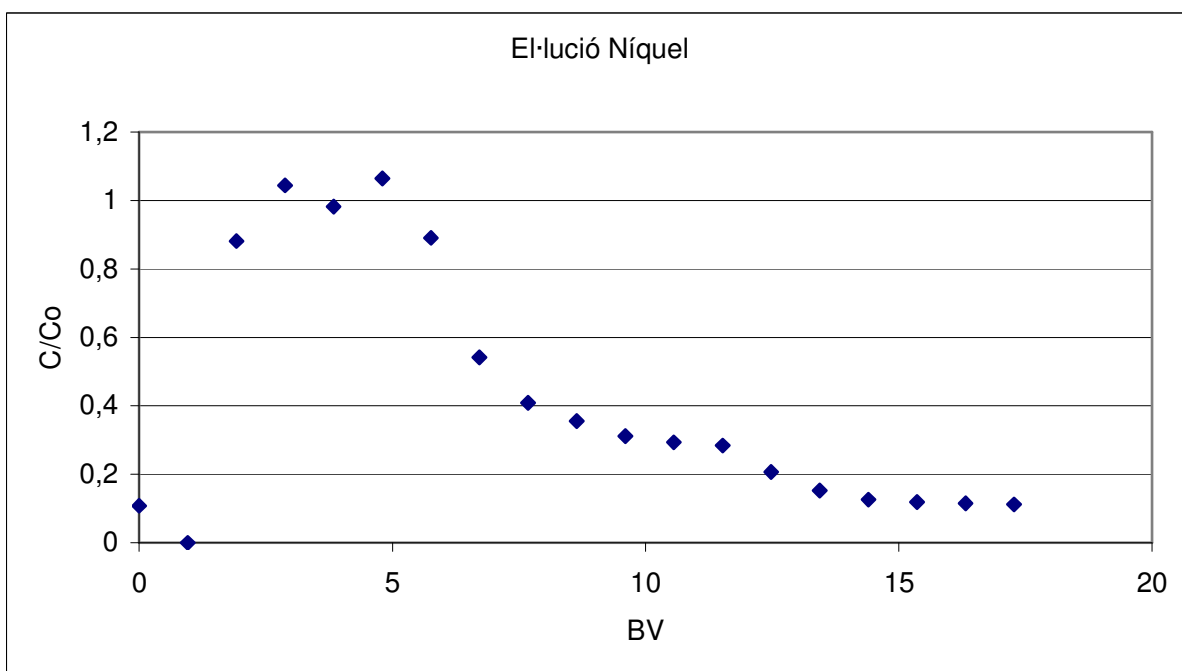
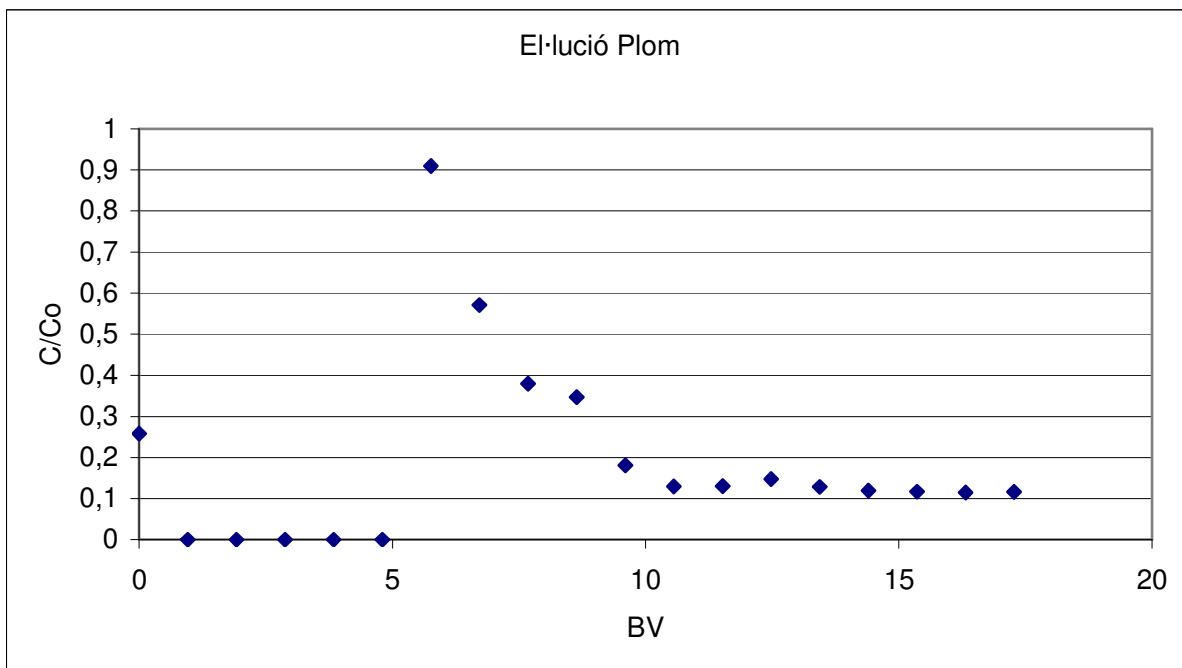


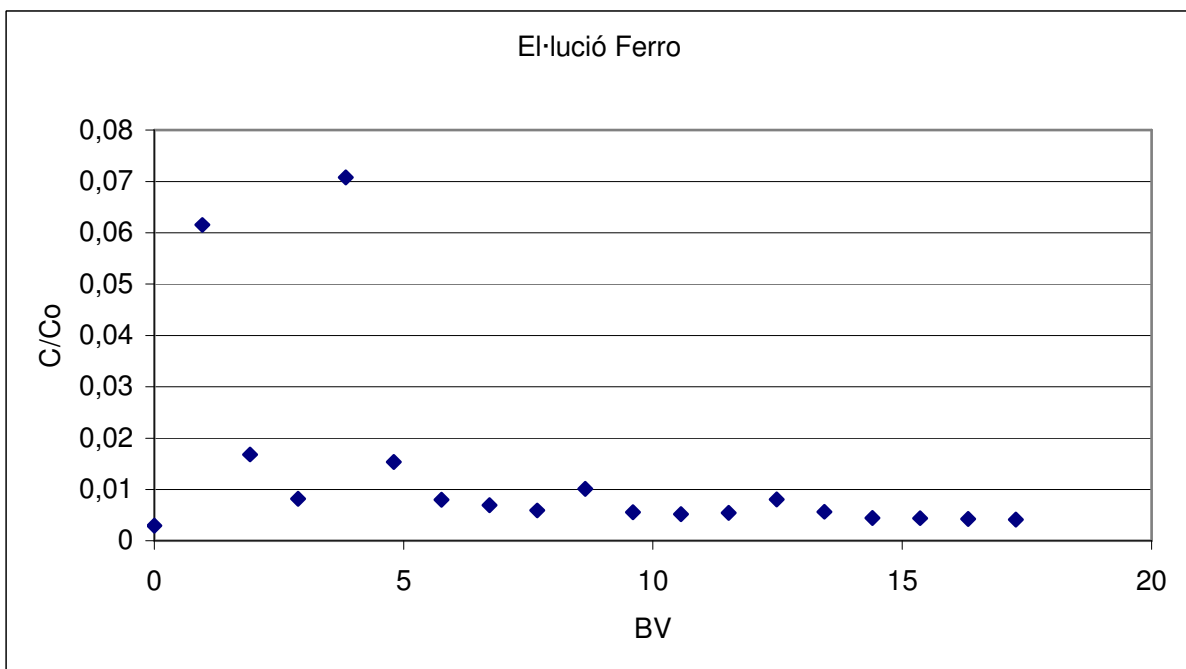
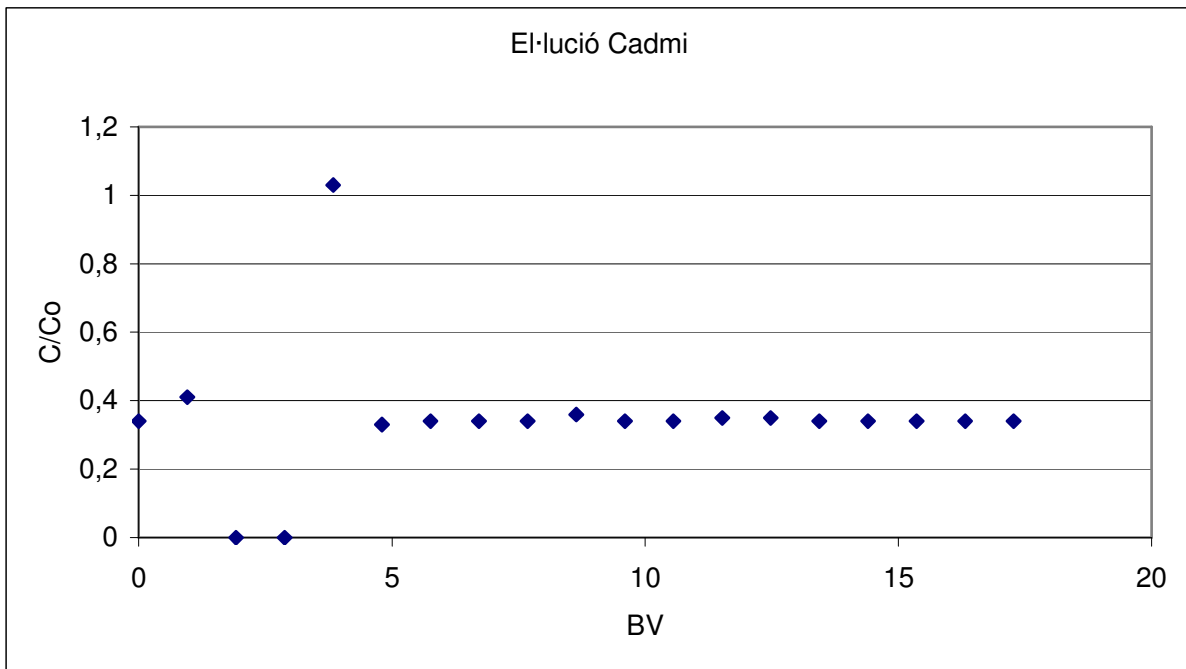
CAT E 80	4,7	0,8	0,5	1,2	0,0	2,0	0,1
CAT E 85	4,6	0,6	0,5	1,2	0,0	2,0	0,1
CAT E 90	4,5	0,4	0,5	1,1	0,0	1,9	0,1
CAT E 95	4,4	0,2	0,5	1,1	0,0	1,9	0,1

Taula D.11 Evolució concentracions el·lució C150 (unitats en mg/l)









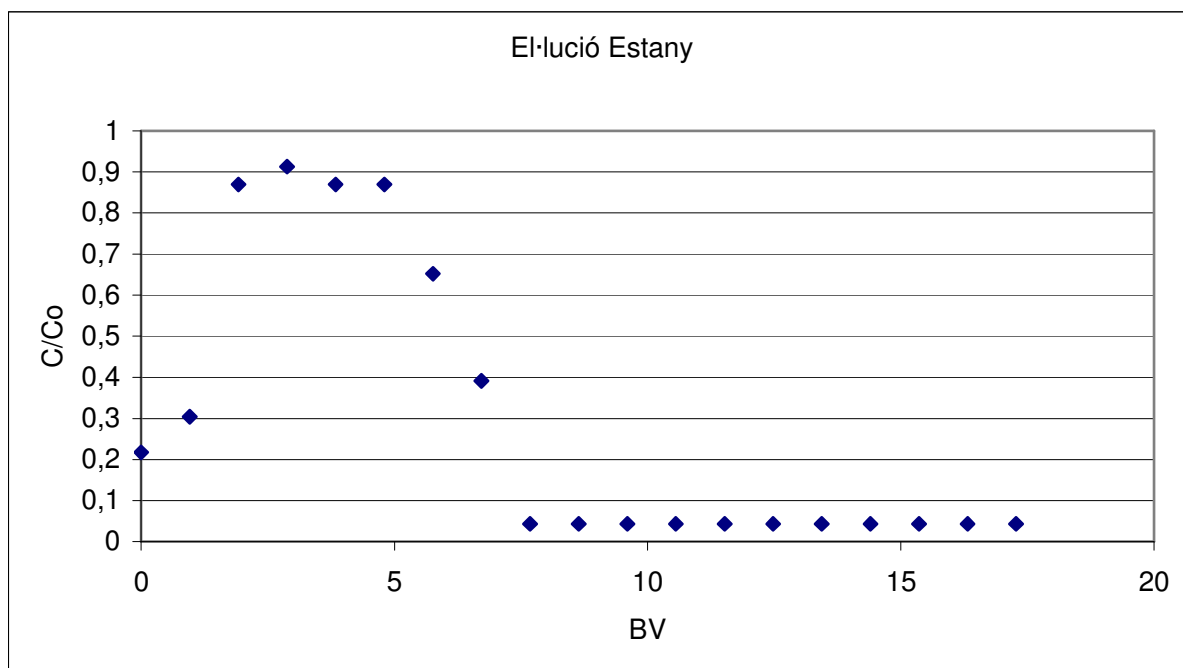


Fig. D.3. Corba d'el·lució dels metalls a la resina C150

### D.3.3.2. Resines aniòniques

De la mateixa manera que amb les resines catióniques, es mostra la taula D.12, corresponent a la composició dels diferents metalls durant l'experiment en continu. Posteriorment es mostra la figura D.4, corresponent a la corba de retenció del crom a la resina A100.

Mostra	Concentració real (g/l)	t (min)
1	0	0
2	0	20
3	0	40
4	-	60
5	0,0	80
6	0,1	100
7	0,3	120
8	0,8	140
9	6,5	160
10	7,8	180
11	10,4	200



12	11,2	220
13	12,0	240
14	12,4	260
15	12,5	280
16	13,0	300
17	13,1	320
18	13,2	340
19	13,4	360
20	13,4	380

Taula D.12. Resultats de composició de les resines aniòniques en continu

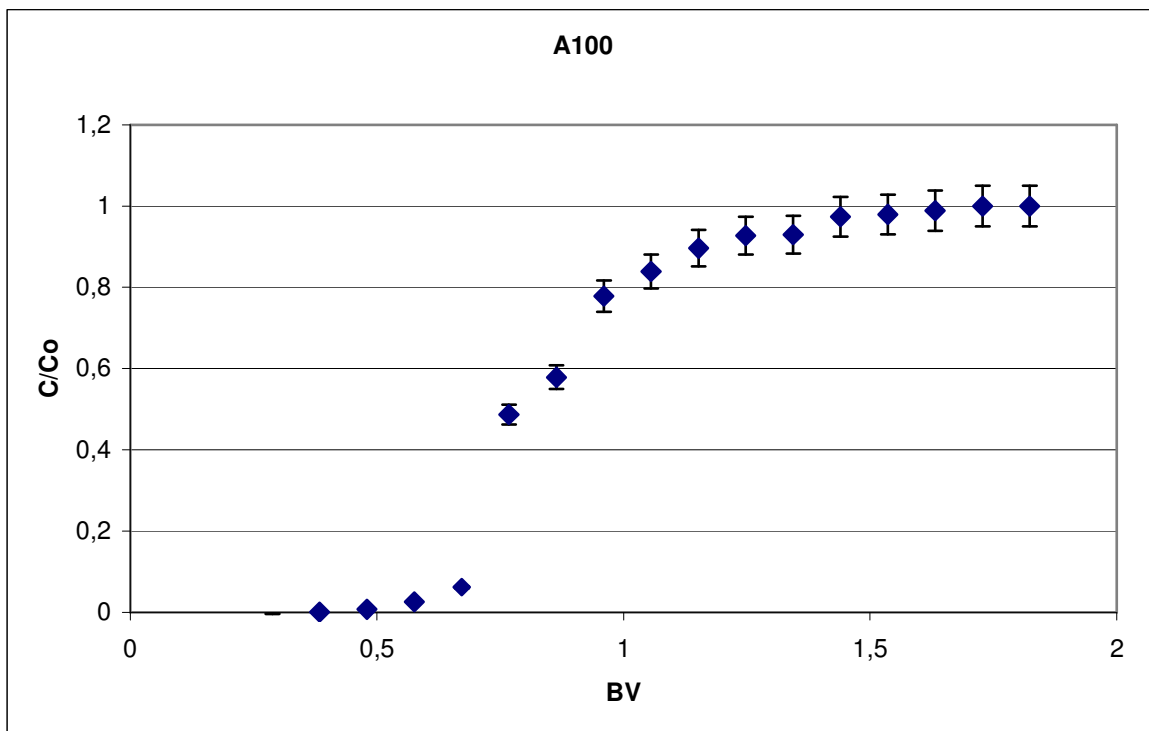


Fig. D.4. Corba de retenció ions a la resina A100

Finalment es mostra la taula D.13, on es pot veure la composició de crom a l'el·lució de la resina A100. A continuació d'aquesta taula es troba la figura D.5, corresponent a aquesta el·lució.



Mostres Elucio	[Cu]	[Zn]	[Pb]	[Ni]	[Cd]	[Fe]	[Sn]	[Cr]	t (min)
A E 4	4,0	-	0,4	1,1	0,0	1,3	2,7	2.813,6	0
A E 5	4,0	0,3	0,4	1,1	0,0	1,4	-	9.841,7	20
A E 6	4,0	1,2	0,4	1,1	0,0	1,5	2,9	35.623,4	40
A E 7	4,0	1,1	0,4	1,1	0,0	1,5	1,1	34.290,1	60
A E 8	4,0	0,8	0,4	1,1	0,0	1,8	-	17.863,9	80
A E 9	4,0	0,8	0,4	1,1	0,0	1,8	-	14.407,8	100
A E 10	4,0	0,7	0,4	1,1	0,0	1,8	7,2	12.845,1	200
A E 15	4,0	0,4	0,4	1,1	0,0	1,5	1,0	8.909,8	300
A E 20	4,0	0,2	0,4	1,1	0,0	1,5	-	7.811,7	400
A E 25	4,0	0,4	0,4	1,1	0,0	1,5	3,4	6.981,2	500

Taula D.13. Resultats de composició d'el·lució de les resines anòniques en continu (resultats en mg/l)

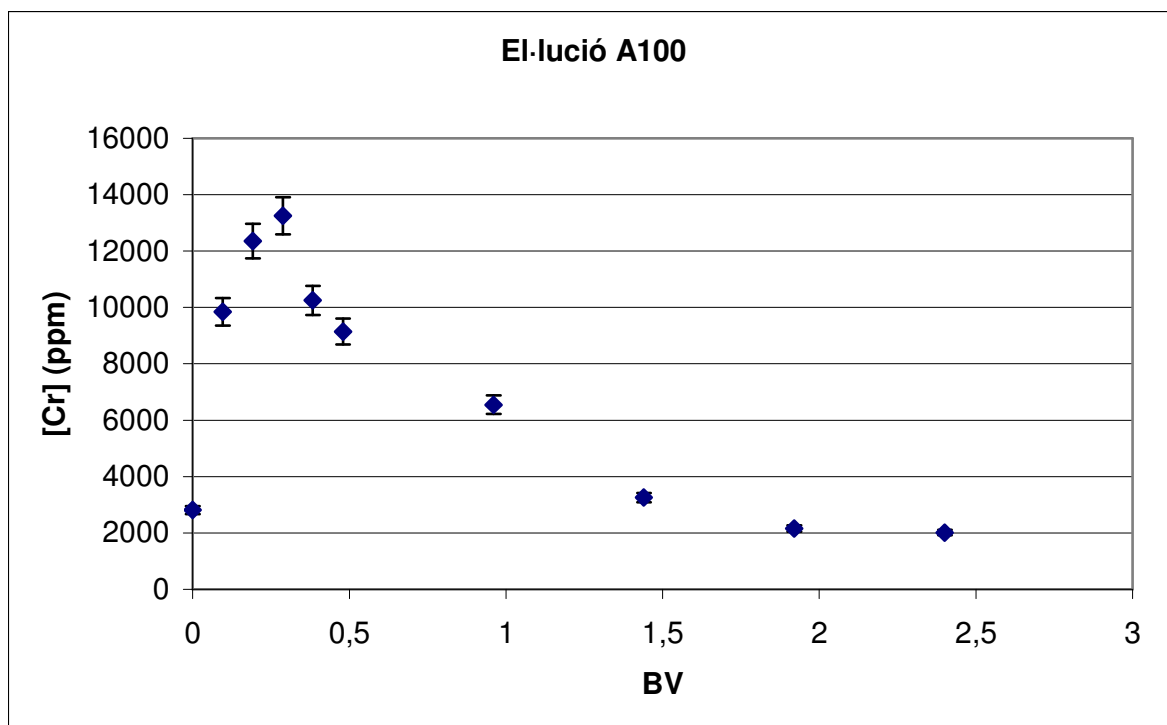


Fig. D.5. Corba d'el·lució de l'ió cromat a la resina A100 en continu



## Bibliografia

No s'ha fet servir cap bibliografia per a la realització d'aquest annex.

