

ñas magnitudes entre σ ($m = 0,952$ y $0,72$) ($K = 57 \times 10^3$ y $43,7 \times 10^3$) y ambos casos, la comparación con valores de m y K de [6] se aprecia que este mineral presenta características similares a los minerales oxidados de la planta de Inguliet, Krivoi Rog, URSS.

Analizando los resultados obtenidos en el circuito cerrado de molienda en los diversos ensayos podemos considerar que la carga circulante óptima oscila entre 2,55 y 3 es decir 255 % 300 % .

Por la importancia que tienen muchos de los indicadores aquí obtenidos como son efectividad de la trituración y la molienda, potencia útil consumida en ambas operaciones carga circulante óptima y otros, recomendamos sean tomados en consideración para la proyección de la futura planta de preparación mecánica que procese estos minerales, pues orientativamente se puede saber como se comportan estos parámetros en la instalación.

REFERENCIAS

1. AKKERMAN, U. E. y OTROS: Manual de beneficio de los minerales. Tomo I. Moscú, Editorial Nedra, 1982.
2. ANDREIEV, S. E. y OTROS: Trituración, desmenuzamiento y cribado. Moscú, Editorial Mir, 1980.
3. BOGDANOV, O. S. y OTROS: Manual de beneficio de los minerales. Tomo I. Moscú, Editorial Nedra, 1974.
4. EVANS, C. E. y JOSE FALCON H.: "Trituración y molienda de los minerales de hierro de Mina Chiquita", en Revista Minería y Geología No. 1985.
5. IZQUIERDO I., R. y A. GUTIERREZ: "Estudio de los parámetros básicos de la molienda a escala semi-industrial de hierro de Santiago de Cuba".

CDU: 66 - 971: 66. 06

CONSIDERACIONES SOBRE LA TERMODINAMICA DEL PROCESO DE LIXIVIACION CARBONATO-AMONIACAL. PRIMERA PARTE

Ing. Antonio Chang C., y Armín Mariño P., Instituto Superior Minero Metalúrgico.

RESUMEN

En la primera parte del presente trabajo se calculan los potenciales standards de 47 reacciones redox de los complejos amoniacales a partir de diferentes metales y sus iones en solución por dos métodos diferentes, con la obtención de los parámetros termodinámicos relacionados con este cálculo.

Se preevalúa la prioridad termodinámica de oxidación de los metales e iones con el oxígeno disuelto en la solución, y el papel que desempeñan los iones complejos en el proceso de lixiviación. En el mismo se establecen las bases para un análisis más completo del proceso incluyendo el mecanismo de las reacciones que se tratará en la segunda parte.

ABSTRACT

In the first part of this work, the standard potentials of 47 redox reactions of ammonia complexes from different metals, and their ions in solution, are computed by two different methods; obtaining as a result the thermodynamic parameters related to this computation.

The thermodynamic priority of oxidation of metals and with the oxygen present in the solution, as well as, the role played by complex ions in the leaching process are both pre-evaluated.

This work, also paves the way for a more comprehensive analysis of the process, including the mechanism of reactions, which will be dealt with in the second part of this work. (the second part is likely to appear in another issue of this magazine).

INTRODUCCION

Las investigaciones en el campo de la electroquímica desde el punto de vista termodinámico permiten enriquecer los conocimientos sobre el proceso de lixiviación carbonato-amoniaca de los minerales oxidados de níquel previamente reducidos, e incluso pueden ser empleados para el caso de otros minerales o materia prima.

El presente trabajo tiene como objetivos fundamentales; determinar los potenciales standards de las reacciones redox de los complejos amoniacales a partir de sus metales e iones en solución. Al mismo tiempo, basado en estos potenciales se pre- evalúa la prioridad de oxidación de los metales e iones con el oxígeno disuelto en la solución y el papel de los iones complejos en el proceso.

En esta primera parte del artículo se sientan las bases del análisis integral del proceso de lixiviación carbonato-amoniaca y del mecanismo de las reacciones que se concluirá en la segunda parte.

DESARROLLO

CALCULO DEL POTENCIAL (E^0) DE LAS REACCIONES REDOX

Para el cálculo del trabajo útil realizado por la reacción total de formación de cada amoniaca son necesarios los datos sobre sus constantes de estabilidad general [8] los cuales se sustituyen en la conocida expresión:

$$A_{p,298}^0 = - \Delta G_{298}^0 = \frac{R \cdot T}{1000} \ln K_x \quad \text{Kj.mol}^{-1} \quad (1)$$

La finalidad fundamental del presente cálculo es la determinación de

los potenciales standards (E^0) de diferentes procesos electroquímicos. Teniendo en cuenta que la mayoría de los mismos no se ofrecen en la literatura, se incluirá la mayor cantidad de reacciones posibles, entre las cuales se pueden encontrar datos confiables del E^0 para diferentes sistemas electroquímicos (Me^Z/Me^{Z-1}). Además, se desarrollarán dos métodos de cálculo, cuya comparación permitirá darles la fiabilidad al mismo a través de una gran cantidad de procesos electroquímicos.

Todos los cálculos que se ofrecen en el trabajo se realizaron por la programación en las minicomputadoras electrónicas NEC PC- 9 801 F.

El resumen de los cálculos sobre el trabajo de formación de los amoniacatos se representan en la tabla 1.

Debido a que el trabajo máximo útil que realiza el elemento galvánico (o las reacciones electroquímicas) conlleva al incremento de la energía de Gibbs del sistema, estos se encuentran en correlación con E^0 por la ecuación:

$$A_{p,298}^0 = \Delta G_{298}^0 = \frac{Z \cdot F \cdot E^0}{1000} \text{ compl. ,} \quad \text{Kj.mol}^{-1}$$

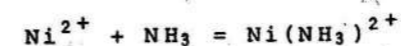
El cálculo por la expresión (2) está relacionado con la selección de determinado convenio de signo; en el presente trabajo se tomó el europeo.

Los pasos a seguir para la determinación del $E^0_{\text{compl.}}$ son: obtener los valores tipos de ΔG_{298}^0 de cada ión complejo en solución, apoyándose en los datos termodinámicos [10] y en la tabla 1. Por ejemplo:

Por la tabla 1:

$$A_R = - \Delta G_{298}^0 = 15,240 \text{ 3 Kj.mol}^{-1}$$

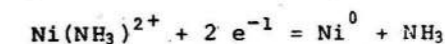
para la reacción



por tanto:

$$\begin{aligned} \Delta G_{Ni(NH_3)^{2+}}^0 &= A_{Ni(NH_3)^{2+}}^0 = \\ &= A_R + A_{Ni^{2+}} + \\ &+ A_{NH_3} = 15,240 \text{ 3} + \\ &+ 48,311 + 26,648 = \\ &= 90,199 \text{ 3 Kj.mol}^{-1} \end{aligned}$$

Por cuanto el proceso electroquímico analizado es:



Su trabajo máximo será:

$$\begin{aligned} A_R &= 0 + 26,648 - 90,199 \text{ 3} = \\ &= - 63,551 \text{ 3 Kj.mol}^{-1} \end{aligned}$$

y su potencial standard;

$$E^0_{\text{compl.}} = \frac{- 63,551 \text{ 3}}{2 \cdot 96,485} = 0,329 \text{ 3 V}$$

Los resultados del cálculo de los parámetros antes descritos se reflejan en la tabla 2.

En el caso de los metales que poseen más de una valencia en solución se emplea la regla de Luther para determinar $E^0_{\text{compl.}}$ empleando los datos de la tabla 2.

Los resultados obtenidos para estos casos se resumen en la tabla 3

CALCULO DE LOS POTENCIALES ANODICOS Y CATERDICOS STANDARS POR LA ECUACION DE NERTS

Hasta el momento se empleó una metodología de cálculo basada en los datos termodinámicos de ΔG_{298}^0 con resultados satisfactorios, la cual se denominará método I. Sin embargo, para aumentar la confiabilidad de todos los procesos electroquímicos analizados es conveniente compararlos con los resultados obtenidos por otro método de mayor exactitud, como es el fundamento en los valores publicados sobre las constantes de estabilidad de los amoniacatos y considerando la variedad de los valores de los potenciales standards, que para cada sistema

(Me^{z+}/Me^{z-1}) se han publicado. Este método basado en el análisis de la ecuación de Nernst para cada sistema en particular se denominará método II.

Para lograr una correcta organización del trabajo y conexión con la parte II dividamos condicionalmente el análisis en dos procesos: anódicos y catódicos.

PROCESOS ANODICOS

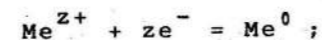
Se denominará proceso anódico de disolución de los metales en la solución carbonato-amoniaca.

Debido a que los valores de las constantes de estabilidad que se utilizaron fueron obtenidos empleando la concentración en $g.dm^{-3}$ y en $mol.dm^{-3}$, para el cálculo de los potenciales, en lo adelante se empleará la concentración de los elementos presentes en las ecuaciones en lugar de la actividad termodinámica y en $mol.dm^{-3}$ (a pesar de que generalmente es conveniente el empleo de la concentración molal).

En condiciones standards $C_{Me(NH_3)_x}^{z+} = 1 mol.dm^{-3}$

Con el objetivo de utilizar las ecuaciones en la parte II se expresarán las ecuaciones en función de la concentración de amoníaco libre (C_{NH_3}).

Para el proceso electroquímico general:



el potencial será:

$$E_a = E^0_{Me^0/Me^{z+}} + \frac{R \cdot T}{Z \cdot F} \ln C_{Me^{z+}} \quad (3)$$

donde:

$$C_{Me^{z+}} = \frac{C_{Me(NH_3)_x}^{z+}}{K_x \cdot C_{NH_3}^x}; \quad (4)$$

$$R = 8,314 \text{ J} \cdot (\text{mol} \cdot \text{K})^{-1}; \quad T = 298,15 \text{ K};$$

$$F = 96 \text{ 485 C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

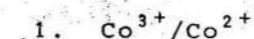
Por tanto la expresión general para todos los procesos anódicos bajo las condiciones asumidas será:

$$E_a = E^0_{Me^0/Me^{z+}} + \frac{R \cdot T}{Z \cdot F} (\ln K_x + X \cdot \ln C_{NH_3}) \quad (5)$$

De la expresión (5) se deduce que $E_a = E^0_{compl.}$ si $C_{NH_3} = 1$, los resultados de dicho cálculo se representan en la tabla 4.

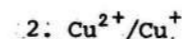
PROCESOS CATODICOS

Se le denominarán convenientemente procesos catódicos a los siguientes sistemas:



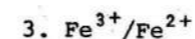
Para el cual, después de realizadas las transformaciones correspondientes fundamentadas en la expresión (4), se obtiene:

$$E_{Co^{3+}/Co^{2+}} = E^0_{Co^{3+}/Co^{2+}} + \frac{R \cdot T}{F} (\ln K_{x,Co^{2+}} - \ln K_{x,Co^{3+}}) + \frac{R \cdot T}{F} (X_{Co^{2+}} - X_{Co^{3+}}) \ln C_{NH_3} \quad (6)$$



Análogamente:

$$E_{Cu^{2+}/Cu^+} = E^0_{Cu^{2+}/Cu^+} + \frac{R \cdot T}{F} (\ln K_{x,Cu^+} - \ln K_{x,Cu^{2+}}) + \frac{R \cdot T}{F} (X_{Cu^+} - X_{Cu^{2+}}) \ln C_{NH_3} \quad (7)$$



Para el cual:

$$E_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} + \frac{R \cdot T}{F} \ln \frac{a_{Fe^{3+}}}{a_{Fe^{2+}}} \quad (8)$$

En las mezclas carbonato-amoniaca el Fe^{3+} puede precipitar en forma de $Fe(OH)_3$, y en este caso la $a_{Fe^{3+}}$ es determinada por su producto de solubilidad o de actividades:

$$S_a = L_{Fe(OH)_3} = a_{Fe^{3+}} \cdot a_{OH^-}^3 = 1 \cdot 10^{-37,42} \quad [9]$$

de donde:

$$a_{Fe^{3+}} = \frac{10^{-37,42}}{a_{OH^-}^3} \quad (9)$$

Como es conocido el producto iónico del H_2O a 298,15 K:

$$K_w = a_{OH^-} \cdot a_{H^+} = 1 \cdot 10^{-13,997}$$

$$a_{OH^-} = \frac{10^{-13,997}}{a_{H^+}} \quad (10)$$

Sustituyendo (10) en (9) y simplificando:

$$a_{Fe^{3+}} = 10^{4,571} \cdot a_{H^+}^3 \quad (11)$$

De la expresión análoga a la (4):

$$a_{Fe^{2+}} = \frac{a_{Fe(NH_3)_2^+} \cdot x}{K_x \cdot a_{NH_3}^x} \quad (12)$$

Sustituyendo (11) y (12) en (8) bajo las consideraciones realizadas y simplificando se obtiene:

$$E_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} + \frac{R \cdot T}{F} [10,525 - 116 - 6,907 - 755 \text{ pH} + \ln K_x + X \ln a_{NH_3}] \quad (13)$$

El pH de las mezclas carbonato-amoniaca es descrito [2] por la expresión:

$$pK_a = 9,264 \text{ y } a_{NH_4^+} = a_{CO_2}$$

[2]

Realizando las sustituciones de (14) en (13) y la conversión de logarit-

mos se obtiene la siguiente expresión final:

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = E^0_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} + \frac{R.T}{n} \left[3 \ln K_x - 53,343 \ 986 + (x-3) \ln C_{\text{NH}_3} \right] \quad (15)$$

En condiciones standards $E_c = E^0_{\text{compl}}$ si $C_{\text{Co}_2} = 1$ y $C_{\text{NH}_3} = 1$, cuyos resultados se representan en la tabla 4.

ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD

En la tabla cinco se muestra el análisis comparativo del método I con el método II, en la cual E^0_{compl} es el potencial standard de la reacción redox de formación del ión complejo del metal y E^0_x es el potencial standard del sistema metal-ión simple, extraído de la literatura según la tabla 4.

El comportamiento de las diferencias existentes dentro de un mismo sistema para diferentes procesos electrónicos es muy satisfactorio, ya que con excepción del sistema $\text{Co}^0/\text{Co}^{3+}$ el resto se encuentra en el orden de las milésimas y diezmilésimas con una fluctuación de +1 y en un sólo caso ± 2 en el orden antes mencionado.

Es también satisfactorio que en todos los sistemas el método I coincide o es comparable con los valores obtenidos para un mismo E^0_x , lo que inclina a pensar, que para otros potenciales E^0_x las propiedades termodinámicas se diferencian de las

empleadas en el método I, una muestra de este cálculo se representa en la tabla 6 para algunos potenciales E^0_{compl} . El mismo consiste en la programación inversa por la cual se obtuvo la tabla 2, pero a partir de los resultados obtenidos por el método II (ver tabla 4). Compárese los parámetros con la tabla 2, luego, la selección de un potencial standard (E^0_x) está relacionado con determinadas propiedades termodinámicas correspondientes de los cuales depende la valoración de un proceso en particular.

En la tabla 7 se comparan los potenciales E^0_{compl} que más se acercan a los existentes en la literatura, las diferencias observadas en el orden de las centésimas y milésimas satisfacen los requisitos de confiabilidad, incluso el proceso NO. 7, el dato 0,0 v que se ofrece por DOBOS 0, deja abierto que después del cero pueden ir otros valores, marcando el sentido positivo del potencial.

Independientemente que en esta tabla se señala el valor del potencial por el método I en algunos casos, estos pueden ser sustituidos por los del método II, comparados en la tabla 5.

En resumen los resultados de las tablas 5 y 7 confirman la fiabilidad de los resultados obtenidos para poder valorar el proceso de lixiviación carbonato-amoniaco.

VALORACION DEL PROCESO DE LIXIVIACION

Atendiendo a que el análisis del

proceso se debe realizar acorde a la realidad, el mismo se efectúa con la participación del oxígeno del aire disuelto en la solución (ver parte II). Se asumen las siguientes condiciones:

1. El magnesio y el manganeso por su elevada negatividad se oxidarán en primer orden si se encontraran en forma metálica en el material reducido, sin embargo se considera que se encuentran en formas de oxidados y no se incluyen en el presente análisis;
2. El Zn se encuentra en forma metálica en el material reducido, pasando a tetramoniato en solución;
3. Todos los iones complejos se hallan en su forma pura en solución.

Teniendo en cuenta lo antes planteado, el orden de oxidación de los diferentes metales e iones con el oxígeno (considerando que su potencial es mucho más positivo que los procesos calculados, como se demuestra en la parte II) es el que se representa en la tabla 8.

Es interesante el hecho que para los procesos 10 y 11 por el método I y su comparación con el método II resulta más fácil la oxidación del hexamoniato de Co^{2+} hasta su similar de Co^{3+} y mucho más resistente a la oxidación de pentamoniato de Co^{2+} hasta la hexamoniato de Co^{3+} y mucho más resistente a la oxidación de pentamoniato de Co^{2+} . Esto confirma los resultados del trabajo [1], pero es más acentuada esta posición cuando se analiza

por $E^0_x = 1,95$ v (método II), más cercano por su magnitud (E^0_{compl}) a los datos literarios (ver tabla 7), ya que en este caso pasan a ocupar los lugares 11 y 12 en la tabla 8, desplazando al 12 hasta el lugar 10.

En todos los casos, el sistema $\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{2+}$ en cualquiera de sus posibles formas de existencia en la solución presenta un fuerte carácter oxidante, siendo capaz de pasar a la solución a los metales e iones que se encuentran del 1 hasta el 9. Incluso puede catalizar la disolución de algunos óxidos presentes en el material lixiviado [11].

Un análisis más profundo sobre la valoración termodinámica del proceso de lixiviación carbonato-amoniaco y el mecanismo de las reacciones se realizará en la segunda parte.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos sobre los parámetros termodinámicos de los diferentes iones complejos y los potenciales standards de los procesos electrónicos calculados pueden ser considerados para su empleo en la práctica como un pequeño manual.

Los valores de los potenciales standards obtenidos, permiten preevaluar la prioridad termodinámica de oxidación de los metales con el oxígeno en el proceso de lixiviación y el rol desempeñado por los iones complejos en el circuito de lixiviación.

REFERENCIAS

1. BORBAT V., F. y Y. I. LEZH : *Nuevos procesos en la metalurgia del Ni y Co.* Moscú, Editorial Metalurgia, 1978 (En ruso).
2. CHANG C., A. ; M. HEREDIA K. y N. DOBROJOTOV G. : "Equilibrios en soluciones carbonato-amoniacaes", en *Revista Minería y Geología*, No. 2, 1984.
3. DOBOS, D. : *Constantes electroquímicas. Manual para electroquímicos.* Moscú, Editorial Metalurgia, 1980 (En ruso).
4. DOBROJOTOV G., N. : "Calculos hidrometalúrgicos". *Material didáctico del Inst. de Minas de Leningrado.* Leningrado. 1980 (En ruso).
5. GLINKA N., L. : *Química General.* 9na Edición Leningrado, Editorial Jimia, 1980 (En ruso).
6. KIREEV V., A. : *Breve curso de química-física.* 5ta Edición. Moscú, Editorial Jimia. 1978.
7. KRALKII SPRAROCHNICK Físico- LIMICHESKIX VELICHIN: *Pod. Red. K. P.*
8. LURIE Y., Y. : *Manual de química-analítica.* 5ta Edición. Editorial Jimia, Leningrado, 1974.
9. RABINOVICH V. A. y A. JAVIN Z. : *Breve manual de química.* 2da Edición. Leningrado, Editorial Jimia, 1978 (En ruso)
10. SCORCELLETI V., T. : *Electroquímica Teórica.* Leningrado, Editorial Jimia, 1970 (En ruso).
11. ZELIKMAN A., N. y OTROS : *Teoría de los procesos hidrometalúrgicos.* Moscú, Editorial Metalurgia, 1983 (En ruso):

TABLA 1 VALORES DEL TRABAJO MAXIMO UTIL PARA LAS REACCIONES DE FORMACION DE LOS AMONIACATOS A 298,15 K

N/O	No. de ligandos. (X)	REACCIONES	$A^0_{p,298} = \Delta G^0_{298}$ KJ. mol ⁻¹
1	1	$Ni^{2+} + NH_3 = Ni(NH_3)_1^{2+}$	15,240 3
2	2	$Ni^{2+} + 2 NH_3 = Ni(NH_3)_2^{2+}$	27,341 2
3	3	$Ni^{2+} + 3 NH_3 = Ni(NH_3)_3^{2+}$	36,531 0
4	4	$Ni^{2+} + 4 NH_3 = Ni(NH_3)_4^{2+}$	42,638 6
5	5	$Ni^{2+} + 5 NH_3 = Ni(NH_3)_5^{2+}$	46,234 6
6	6	$Ni^{2+} + 6 NH_3 = Ni(NH_3)_6^{2+}$	45,720 9
7	1	$Co^{2+} + NH_3 = Co(NH_3)_1^{2+}$	11,358 9
8	2	$Co^{2+} + 2 NH_3 = Co(NH_3)_2^{2+}$	19,977 9
9	3	$Co^{2+} + 3 NH_3 = Co(NH_3)_3^{3+}$	25,286 3
10	4	$Co^{2+} + 4 NH_3 = Co(NH_3)_4^{2+}$	28,939 4
11	5	$Co^{2+} + 5 NH_3 = Co(NH_3)_5^{2+}$	29,281 9
12	6	$Co^{2+} + 6 NH_3 = Co(NH_3)_6^{2+}$	25,058 0
13	1	$Co^{3+} + NH_3 = Co(NH_3)_1^{3+}$	41,668 2

Continuación tabla 1

14	2	$Co^{3+} + 2 NH_3 = Co(NH_3)_2^{3+}$	79,911 6
15	3	$Co^{3+} + 3 NH_3 = Co(NH_3)_3^{3+}$	114,730 3
16	4	$Co^{3+} + 4 NH_3 = Co(NH_3)_4^{3+}$	146,694 9
15	5	$Co^{3+} + 5 NH_3 = Co(NH_3)_5^{3+}$	175,805 6
16	6	$Co^{3+} + 6 NH_3 = Co(NH_3)_6^{3+}$	200,977 7
19	1	$Fe^{2+} + NH_3 = Fe(NH_3)_1^{2+}$	7,991 2
20	2	$Fe^{2+} + 2 NH_3 = Fe(NH_3)_2^{2+}$	12,557 5
21	4	$Fe^{2+} + 4 NH_3 = Fe(NH_3)_4^{2+}$	21,119 5
22	1	$Mg^{2+} + 4 NH_3 = Mg(NH_3)_4^{2+}$	1,312 8
23	2	$Mg^{2+} + 2 NH_3 = Mg(NH_3)_2^{2+}$	0,456 6
24	3	$Mg^{2+} + 3 NH_3 = Mg(NH_3)_3^{2+}$	- 1,940 7
25	4	$Mg^{2+} + 4 NH_3 = Mg(NH_3)_4^{2+}$	- 5,936 3
26	5	$Mg^{2+} + 5 NH_3 = Mg(NH_3)_5^{2+}$	-11,358 9
27	6	$Mg^{2+} + 6 NH_3 = Mg(NH_3)_6^{2+}$	-18,779 2
28	1	$Cu^+ + NH_3 = Cu(NH_3)_1^+$	33,848 3
29	2	$Cu^+ + 2 NH_3 = Cu(NH_3)_2^+$	61,988
30	1	$Cu^{2+} + NH_3 = Cu(NH_3)_1^{2+}$	22,774 8
31	2	$Cu^{2+} + 2 NH_3 = Cu(NH_3)_2^{2+}$	41,839 4
32	3	$Cu^{2+} + 3 NH_3 = Cu(NH_3)_3^{2+}$	57,422 2
33	4	$Cu^{2+} + 4 NH_3 = Cu(NH_3)_4^{2+}$	68,666 9
34	5	$Cu^{2+} + 5 NH_3 = Cu(NH_3)_5^{2+}$	65,242 1
35	6	$Cu^{2+} + 6 NH_3 = Cu(NH_3)_6^{2+}$	50,801 0
36	1	$Zn^{2+} + NH_3 = Zn(NH_3)_1^{2+}$	12,443 4
37	2	$Zn^{2+} + 2 NH_3 = Zn(NH_3)_2^{2+}$	25,286 3
38	3	$Zn^{2+} + 3 NH_3 = Zn(NH_3)_3^{2+}$	38,471 8
39	4	$Zn^{2+} + 4 NH_3 = Zn(NH_3)_4^{2+}$	49,659 4

TABLA 2 VALORES CALCULADOS DE ΔG^0 DE LOS IONES COMPLEJOS, TRABAJO MAXIMO UTIL DE LA REACCION (A')
 E^0 PARA DIFERENTES REACCIONES ELECTRODICAS A 298,15 K
 E^0 compl

No.	Mayor grado de oxidación	Ze^-	Menor grado de oxidación	$A_{Me(NH_3)_x} = -\Delta G_{Me(NH_3)_x}$	A'_R Kj.mol ⁻¹	E^0 compl. V
1	2	3	4	5	6	9
1	Ni(NH ₃) ²⁺	2e ⁻	Ni ⁰ + NH ₃	90,199 3	-63,551 3	-0,329 3
2	Ni(NH ₃) ₂ ²⁺	"	Ni ⁰ + 2 NH ₃	128,948 2	-75,652 2	-0,392 0
3	Ni(NH ₃) ₃ ²⁺	"	Ni ⁰ + 3 NH ₃	164,786 0	-84,842 0	-0,439 7
4	Ni(NH ₃) ₄ ²⁺	"	Ni ⁰ + 4 NH ₃	197,541 6	-90,949 6	-0,471 3
5	Ni(NH ₃) ₅ ²⁺	"	Ni ⁰ + 5 NH ₃	227,785 6	-94,545 6	-0,489 9
6	Ni(NH ₃) ₆ ²⁺	"	Ni ⁰ + 6 NH ₃	253,919 9	-94,031 9	-0,487 3
7	Co(NH ₃) ²⁺	"	Co ⁰ + NH ₃	91,638 9	-64,990 9	-0,336 8
8	Co(NH ₃) ₂ ²⁺	"	Co ⁰ + 2 NH ₃	126,905 9	-73,609 9	-0,381 5
9	Co(NH ₃) ₃ ²⁺	"	Co ⁰ + 3 NH ₃	158,862 3	-78,918 3	-0,409 0
10	Co(NH ₃) ₄ ²⁺	"	Co ⁰ + 4 NH ₃	189,163 4	-82,571 4	-0,427 9
11	Co(NH ₃) ₅ ²⁺	2e ⁻	Co ⁰ + 5 NH ₃	216,153 9	-82,913 9	-0,429 7
12	Co(NH ₃) ₆ ²⁺	"	Co ⁰ + 6 NH ₃	238,578 9	-78,690 0	-0,407 8
13	Co(NH ₃) ³⁺	3e ⁻	Co ⁰ + NH ₃	-52,774 8	79,422 8	0,274 4
14	Co(NH ₃) ₂ ³⁺	"	Co ⁰ + 2 NH ₃	12,116 6	41,179 4	0,142 3
15	Co(NH ₃) ₃ ³⁺	"	Co ⁰ + 3 NH ₃	73,583 3	6,360 7	0,022 0
16	Co(NH ₃) ₄ ³⁺	"	Co ⁰ + 4 NH ₃	132,195 9	-25,603 9	-0,088 5

64

continuación tabla 2

1	2	3	4	5	6	7
17	Co(NH ₃) ₅ ³⁺	"	Co ⁰ + 5 NH ₃	187,954 6	-54,714 6	-0,189 0
18	Co(NH ₃) ₆ ³⁺	"	Co ⁰ + 6 NH ₃	239,774 7	-79,886 7	-0,276 0
19	Fe(NH ₃) ²⁺	"	Fe ⁰ + NH ₃	119,696 2	-93,048 2	-0,482 2
20	Fe(NH ₃) ₂ ²⁺	"	Fe ⁰ + 2 NH ₃	150,910 5	-97,614 5	-0,505 8
21	Fe(NH ₃) ₄ ²⁺	"	Fe ⁰ + 4 NH ₃	212,768 5	-106,176 5	-0,550 2
22	Cu(NH ₃) ⁺	1e ⁻	Cu ⁰ + NH ₃	10,216 3	16,431 7	0,170 3
23	Cu(NH ₃) ₂ ⁺	"	Cu ⁰ + 2 NH ₃	65,004 6	-11,708 6	-0,121 3
24	Cu(NH ₃) ²⁺	2e ⁻	Cu ⁰ + NH ₃	-15,648 2	42,296 2	0,219 2
25	Cu(NH ₃) ₂ ²⁺	"	Cu ⁰ + 2 NH ₃	30,064 4	23,231 5	0,120 4
26	Cu(NH ₃) ₃ ²⁺	"	Cu ⁰ + 3 NH ₃	72,295 2	7,648 8	0,039 6
27	Cu(NH ₃) ₄ ²⁺	"	Cu ⁰ + 4 NH ₃	110,187 9	-3,595 9	-0,018 6
28	Cu(NH ₃) ₅ ²⁺	"	Cu ⁰ + 5 NH ₃	133,411 1	-0,171 1	-0,000 9
29	Cu(NH ₃) ₆ ²⁺	"	Cu ⁰ + 6 NH ₃	145,618 0	14,270 0	0,073 9
30	Zn(NH ₃) ²⁺	2e ⁻	Cu ⁰ + NH ₃	186,512 4	-159,864 4	-0,828 4
31	Zn(NH ₃) ₂ ²⁺	"	Zn ⁰ + 2 NH ₃	226,003 3	-172,707 3	-0,895 0
32	Zn(NH ₃) ₃ ²⁺	"	Zn ⁰ + 3 NH ₃	265,836 7	-185,892 7	-0,963 3
33	Zn(NH ₃) ₄ ²⁺	"	Zn ⁰ + 4 NH ₃	303,672 4	-197,080 4	-1,021 3
34	Mg(NH ₃) ²⁺	"	Mg ⁰ + NH ₃	484,628 8	-457,908 8	-2,373 3
35	Mg(NH ₃) ₂ ²⁺	"	Mg ⁰ + 2 NH ₃	510,420 6	-457,124 6	-2,368 9
36	Mg(NH ₃) ₃ ²⁺	"	Mg ⁰ + 3 NH ₃	534,671 3	-454,727 3	-2,356 5

65

1	2	3	4	5	6	7
37	$Mg(NH_3)_4^{2+}$	"	$Mg^0 + 4 NH_3$	557,323 7	-450,731 7	-2,335 8
38	$Mg(NH_3)_5^{2+}$	"	$Mg^0 + 5 NH_3$	585,549 1	-445,309 1	-2,307 7
39	$Mg(NH_3)_6^{2+}$	"	$Mg^0 + 6 NH_3$	597,776 8	-437,888 8	-2,259 2

99

TABLA 3 VALORES DE E^0 DE LOS PROCESOS ELECTRODICO CALCULADOS POR LA REGLA DE LIUTHER (METODO I)

No	PROCESO ELECTRODICO	E^0, V
1	$Co(NH_3)_6^{3+} + e^- = Co(NH_3)_5^{2+}$	- 0,012 4
2	$Co(NH_3)_6^{3+} + e^- = Co(NH_3)_5^{2+} + NH_3$	0,031 4
3	$Co(NH_3)_5^{3+} + e^- = Co(NH_3)_5^{2+}$	0,292 4
4	$Co(NH_3)_5^{3+} + NH_3 + e^- = Co(NH_3)_6^{2+}$	0,248 6
5	$Co(NH_3)_4^{2+} + Cu(NH_3)_2^+ + 2 NH_3$	0,084 1
6	$Cu(NH_3)_5^{2+} + e^- = Cu(NH_3)_2^+ + 3 NH_3$	0,119 5

TABLA 4 VALORES DE LOS POTENCIALES STANDARD DE LOS PROCESOS ELECTRODICO POR EL METODO II PARA DIFERENTES E^0 DEL SISTEMA

No.	POTENCIALES STANDARD DE LOS PROCESOS ELECTRODICO, V							
	E_1^0 (No. fuente)	E_1^0 compl	E_2^0 (No. fuente)	E_2^0 compl	E_3^0 (No. fuente)	E_3^0 compl		
1	2	3	4	5	6	7	8	
PROCESOS ANODICOS								
1	$Ni(NH_3)_2^{2+} + 2 e^- = Ni^0 + NH_3$		-0,329 0		-0,307 0			
2	$Ni(NH_3)_2^{2+} + 2 e^- = Ni^0 + 2 NH_3$		-0,391 7		-0,369 7			
3	$Ni(NH_3)_3^{2+} + 2 e^- = Ni^0 + 3 NH_3$	- 0,25 (2)	-0,439 3	-0,228 (8)	-0,417 3	-	-	
4	$Ni(NH_3)_4^{2+} + 2 e^- = Ni^0 + 4 NH_3$		-0,471 0		-0,449 0			
5	$Ni(NH_3)_5^{2+} + 2 e^- = Ni^0 + 5 NH_3$		-0,489 6		-0,467 6			
6	$Ni(NH_3)_6^{2+} + 2 e^- = Ni^0 + 6 NH_3$		-0,486 9		-0,464 9			
7	$Co(NH_3)_2^{2+} + 2 e^- = Co^0 + NH_3$		-0,328 9		-0,335 7			-0,348 9
8	$Co(NH_3)_2^{2+} + 2 e^- = Co^0 + 2 NH_3$		-0,373 5		-0,380 5			-0,393 5
9	$Co(NH_3)_3^{2+} + 2 e^- = Co^0 + 3 NH_3$	- 0,27	-0,401 0	-0,277 (9)	-0,408 0	-0,29 (8)	-0,421 0	
10	$Co(NH_3)_4^{2+} + 2 e^- = Co^0 + 4 NH_3$		-0,420 0		-0,427 0			-0,440 0
11	$Co(NH_3)_5^{2+} + 2 e^- = Co^0 + 5 NH_3$		-0,421 7		-0,428 7			-0,441 7
12	$Co(NH_3)_6^{2+} + 2 e^- = Co^0 + 6 NH_3$		-0,399 8		-0,406 8			
13	$Co(NH_3)_3^{3+} + 3 e^- = Co^0 + NH_3$		0,286 0		0,316 0			
14	$Co(NH_3)_2^{3+} + 3 e^- = Co^0 + 2 NH_3$		0,153 9		0,183 8			
15	$Co(NH_3)_3^{3+} + 3 e^- = Co^0 + 3 NH_3$	0,43	0,033 6	0,46 (8)	0,063 6			

67

continuación tabla 4

1	2	3	4	5	6	7	8
16	$\text{Co}(\text{NH}_3)_4^{3+} + 3 e^- = \text{Co}^0 + 4 \text{NH}_3$		-0,076 8		-0,046 8		
17	$\text{Co}(\text{NH}_3)_5^{3+} + 3 e^- = \text{Co}^0 + 5 \text{NH}_3$		-0,177 4		-0,147 4	-	-
18	$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+} + 3 e^- = \text{Co}^0 + 6 \text{NH}_3$		-0,264 3		-0,234 3		
19	$\text{Fe}(\text{NH}_3)^{2+} + 2 e^- = \text{Fe}^0 + 2 \text{NH}_3$		-0,481 4		-0,514 4		
20	$\text{Fe}(\text{NH}_3)_2^{2+} + 2 e^- = \text{Fe}^0 + 2 \text{NH}_3$	-0,44 (9)	-0,505 1	-0,473 (8)	-0,538 1		
21	$\text{Fe}(\text{NH}_3)_5^{3+} + 3 e^- = \text{Fe}^0 + 2 \text{NH}_3$		-0,549 4		-0,582 4	-	-
22	$\text{Cu}(\text{NH}_3)^+ + e^- = \text{Cu}^0 + \text{NH}_3$	0,52 (9)	0,169 2	0,53 (8)	0,180 2	-	-
23	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + e^- = \text{Cu}^0 + 2 \text{NH}_3$		-0,122 5		-0,111 5		
24	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^{2+} + 2 e^- = \text{Cu}^0 + \text{NH}_3$		0,219 0		0,222 0		0,227 0
25	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^{2+} + 2 e^- = \text{Cu}^0 + 2 \text{NH}_3$		0,120 2		0,123 2		0,128 2
26	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_3^{2+} + 2 e^- = \text{Cu}^0 + 3 \text{NH}_3$	0,337 (5)	0,039 4	0,34	0,042 4	0,345 (2)	0,047 4
27	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2 e^- = \text{Cu}^0 + 4 \text{NH}_3$		-0,018 8		0,015 8		-0,010 8
28	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_5^{2+} + 2 e^- = \text{Cu}^0 + 5 \text{NH}_3$		-0,001 9		0,001 9		0,006 9
29	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_6^{2+} + 2 e^- = \text{Cu}^0 + 6 \text{NH}_3$		0,073 7		0,076 7		0,081 7
30	$\text{Zn}(\text{NH}_3)^{2+} + 2 e^- = \text{Zn}^0 + \text{NH}_3$		-0,827 5				
31	$\text{Zn}(\text{NH}_3)_2^{2+} + 2 e^- = \text{Zn}^0 + 2 \text{NH}_3$	-0,763 (9)	-0,894 0	-	-	-	-
32	$\text{Zn}(\text{NH}_3)_3^{2+} + 2 e^- = \text{Zn}^0 + 3 \text{NH}_3$		-0,962 4				
33	$\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2 e^- = \text{Zn}^0 + 4 \text{NH}_3$		-1,020 3				
34	$\text{Mg}(\text{NH}_3)^{2+} + 2 e^- = \text{Mg}^0 + \text{NH}_3$		-2,369 8		-2,376 8		
35	$\text{Mg}(\text{NH}_3)_2^{2+} + 2 e^- = \text{Mg}^0 + 2 \text{NH}_3$	-2,363 (9)	-2,365 4	-2,37 (8)	-2,372 4	-	-

continuación tabla 4

1	2	3	4	5	6	7	8
36	$\text{Mg}(\text{NH}_3)_3^{2+} + 2 e^- = \text{Mg}^0 + 3 \text{NH}_3$		-2,352 9		-2,359 9		
37	$\text{Mg}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2 e^- = \text{Mg}^0 + 4 \text{NH}_3$		-2,332 2		-2,339 2		
38	$\text{Mg}(\text{NH}_3)_5^{2+} + 2 e^- = \text{Mg}^0 + 5 \text{NH}_3$	-2,363 (9)	-2,304 1	-2,37 (8)	-2,311 1	-	-
39	$\text{Mg}(\text{NH}_3)_6^{2+} + 2 e^- = \text{Mg}^0 + 6 \text{NH}_3$		-2,267 7		-2,272 7		
			PROCESOS CATODICOS				
40	$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+} + e^- = \text{Co}(\text{NH}_3)_5^{2+}$		-0,015 3		0,126 7		
41	$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+} + e^- = \text{Co}(\text{NH}_3)_5^{2+} + \text{NH}_3$		0,028 5		0,170 5		
42	$\text{Co}(\text{NH}_3)_5^{3+} + e^- = \text{Co}(\text{NH}_3)_5^{2+}$	1,808 (9)	0,289 4	1,95 (8)	0,431 4	-	-
43	$\text{Co}(\text{NH}_3)_5^{3+} + \text{NH}_3 + e^- = \text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$		0,245 6		0,387 6		
44	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + e^- = \text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + 2 \text{NH}_3$		0,083 8		0,089 8		0,100 8
45	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_5^{2+} + e^- = \text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + 3 \text{NH}_3$	0,153 (9)	0,119 3	0,159 (8)	0,125 3	0,170 (10)	0,136 3
46	$\text{Fe}^{3+} + 2 \text{NH}_3 + e^- = \text{Fe}(\text{NH}_3)_2^{2+}$	0,771 (2)	-0,469 4	-	-	-	-
47	$\text{Fe}^{3+} + 4 \text{NH}_3 + e^- = \text{Fe}(\text{NH}_3)_4^{2+}$		-0,516 7				

70

TABLA 5 COMPARACION DE LOS POTENCIALES STANDARDS DE LOS PROCESOS ELECTRODICO POR LOS DOS METODOS DE CALCULO EMPLEADOS

No.	PROCESO ELECTRODICO	METODO I		METODO II		DIFERENCIA V
		E^0 compl., V	E^0 compl., V	E^0 x, V		
1	2	3	4	5	6	
PROCESOS ANODICOS						
1	$Ni(NH_3)_2^{2+} + 2e^- = Ni^0 + NH_3$	-0,329 3	-0,329 0	-0,25	0,000 3	
2	$Ni(NH_3)_2^{2+} + 2e^- = Ni^0 + 2NH_3$	-0,392 0	-0,391 7	-0,25	0,000 3	
3	$Ni(NH_3)_3^{2+} + 2e^- = Ni^0 + 3NH_3$	-0,439 3	-0,439 3	-0,25	0,000 4	
4	$Ni(NH_3)_4^{2+} + 2e^- = Ni^0 + 4NH_3$	-0,471 0	-0,471 0	-0,25	0,000 3	
5	$Ni(NH_3)_5^{2+} + 2e^- = Ni^0 + 5NH_3$	-0,489 9	-0,489 6	-0,25	0,000 3	
6	$Ni(NH_3)_6^{2+} + 2e^- = Ni^0 + 6NH_3$	-0,487 3	-0,486 9	-0,25	0,000 4	
7	$Co(NH_3)_2^{2+} + 2e^- = Co^0 + NH_3$	-0,336 8	-0,335 7	-0,277	0,001 1	
8	$Co(NH_3)_2^{2+} + 2e^- = Co^0 + 2NH_3$	-0,381 5	-0,380 5	-0,277	0,001 0	
9	$Co(NH_3)_3^{2+} + 2e^- = Co^0 + 3NH_3$	-0,409 0	-0,408 0	-0,277	0,001 0	
10	$Co(NH_3)_4^{2+} + 2e^- = Co^0 + 4NH_3$	-0,427 9	-0,427 0	-0,277	0,000 9	
11	$Co(NH_3)_5^{2+} + 2e^- = Co^0 + 5NH_3$	-0,429 7	-0,428 7	-0,277	0,001 0	

71

1	2	3	4	5	6
12	$Co(NH_3)_6^{2+} + 2e^- = Co^0 + 6NH_3$	-0,407 8	-0,406 8	-0,27 7	0,001 0
13	$Co(NH_3)^{3+} + 3e^- = Co^0 + NH_3$	-0,274 4	0,286 0	0,43	0,011 6
14	$Co(NH_3)_2^{3+} + 3e^- = Co^0 + 2NH_3$	0,142 3	0,153 9	0,43	0,011 6
15	$Co(NH_3)_3^{3+} + 3e^- = Co^0 + 3NH_3$	0,022 0	0,033 6	0,43	0,011 6
16	$Co(NH_3)_4^{3+} + 3e^- = Co^0 + 4NH_3$	-0,088 5	-0,076 8	0,43	0,011 7
17	$Co(NH_3)_5^{3+} + 3e^- = Co^0 + 5NH_3$	-0,189 0	-0,177 4	0,43	0,011 6
18	$Co(NH_3)_6^{3+} + 3e^- = Co^0 + 6NH_3$	-0,276 0	-0,264 3	0,43	0,011 7
19	$Fe(NH_3)^{2+} + 2e^- = Fe^0 + NH_3$	-0,482 2	-0,481 4	-0,44	0,000 8
20	$Fe(NH_3)_2^{2+} + 2e^- = Fe^0 + 2NH_3$	-0,505 8	-0,505 1	-0,44	0,000 7

Continuación tabla 5

1	2	3	4	5	6
21	$\text{Fe}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e^- = \text{Fe}^0 + 4\text{NH}_3$	-0,550 2	-0,549 4	-0,44	0,000 8
22	$\text{Cu}(\text{NH}_3)^+ + e^- = \text{Cu}^0 + \text{NH}_3$	0,170 3	0,169 2	0,52	0,001 1
23	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + e^- = \text{Cu}^0 + 2\text{NH}_3$	-0,121 3	-0,122 5	0,52	0,001 2
24	$\text{Cu}(\text{NH}_3)^{2+} + 2e^- = \text{Cu}^0 + \text{NH}_3$	0,219 2	0,219 0	0,337	0,000 2
25	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^{2+} + 2e^- = \text{Cu}^0 + 2\text{NH}_3$	0,120 4	0,120 2	0,337	0,000 2
26	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_3^{2+} + 2e^- = \text{Cu}^0 + 3\text{NH}_3$	0,039 6	0,039 4	0,337	0,000 2
27	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e^- = \text{Cu}^0 + 4\text{NH}_3$	-0,018 6	-0,018 8	0,337	0,000 2
28	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e^- = \text{Cu}^0 + 4\text{NH}_3$	-0,000 9	-0,001 1	0,337	0,000 2
29	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e^- = \text{Cu}^0 + 6\text{NH}_3$	0,073 9	0,073 7	0,337	0,000 2
30	$\text{Zn}(\text{NH}_3)^{2+} + 2e^- = \text{Zn}^0 + \text{NH}_3$	-0,828 4	-0,828 4	-0,763	0,000 9
31	$\text{Zn}(\text{NH}_3)^{2+} + 2e^- = \text{Zn}^0 + 2\text{NH}_3$	-0,895 0	-0,894 0	-0,763	0,001 0

72

Continuación tabla 5

1	2	3	4	5	6
32	$\text{Zn}(\text{NH}_3)_3^{2+} + 2e^- = \text{Zn}^0 + 2\text{NH}_3$	-0,963 3	-0,962 4	-0,763	0,000 9
33	$\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e^- = \text{Zn}^0 + 4\text{NH}_3$	-1,021 3	-1,020 3	-0,763	0,001 0
34	$\text{Mg}(\text{NH}_3)^{2+} + 2e^- = \text{Mg}^0 + \text{NH}_3$	-2,373 3	-2,376 8	-2,37	0,003 5
35	$\text{Mg}(\text{NH}_3)_2^{2+} + 2e^- = \text{Mg}^0 + 2\text{NH}_3$	-2,368 9	-2,372 4	-2,37	0,003 5
36	$\text{Mg}(\text{NH}_3)_3^{2+} + 2e^- = \text{Mg}^0 + 3\text{NH}_3$	-2,356 5	-2,359 9	-2,37	0,003 4
37	$\text{Mg}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e^- = \text{Mg}^0 + 4\text{NH}_3$	-2,335 8	-2,339 2	-2,37	0,003 4
38	$\text{Mg}(\text{NH}_3)_5^{2+} + 2e^- = \text{Mg}^0 + 5\text{NH}_3$	-2,307 7	-2,307 7	-2,37	0,003 4
39	$\text{Mg}(\text{NH}_3)_6^{2+} + 2e^- = \text{Mg}^0 + 6\text{NH}_3$	-2,269 2	-2,272 7	-2,37	0,003 5

73

Continuación tabla 5

1	2	3	4	5	6	
PROCESOS CATODICOS						
40	$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+} + e^- = \text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$	-0,012 4	-0,015 3	1,808	0,002 9	
41	$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+} + e^- = \text{Co}(\text{NH}_3)_5^{2+} + \text{NH}_3$	0,031 4	0,028 5	1,808	0,002 9	
74	42	$\text{Co}(\text{NH}_3)_5^{3+} + e^- = \text{Co}(\text{NH}_3)_5^{2+}$	0,292 4	0,289 4	1,808	0,003 0
43	$\text{Co}(\text{NH}_3)_5^{3+} + \text{NH}_3 + e^- = \text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$	0,248 6	0,245 6	1,808	0,003 0	
44	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + e^- = \text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + 2 \text{NH}_3$	0,084 1	0,083 8	0,153	0,000 3	
45	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_5^{2+} + e^- = \text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + 3 \text{NH}_3$	0,119 5	0,119 3	0,153	0,000 2	

TABLA 6 EJEMPLO COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS TERMODINAMICOS, OBTENIDOS POR CASOS PARTICULARES DEL METODO II CON LOS EMPLEADOS EN EL METODO I

No. del proceso por tab. 2	E^0 compl. , V	ΔG_R Kj . mol ⁻¹	ΔG compl. Kj . mol ⁻¹	A , Kj . mol ión Método I	Método II
1	2	3	4	5	6
1	- 0,307 0	59,237 4	- 85,885 4		
2	- 0,369 7	71,338 3	-124,634 3		
3	- 0,417 3	80,528 2	-160,472 2		
4	-0,449 0	86,635 7	-193,227 7	48,311	43,997 1
5	-0,467 6	90,231 7	-223,417 7		
6	-0,464 9	89,718 0	-249,606 0		
7	-0,348 9	67,320 2	- 93,968 2		
8	-0,393 5	75,939 2	-129,235 2		
9	-0,421 0	81,247 6	-161,191 6		
10	-0,440 0	84,900 7	-191,492 7	53,632	55,961 3
11	-0,441 7	85,243 2	-218,483 2		
12	-0,419 8	81,019 3	-240,9073		

Continuación tabla 6

1	2	3	4	5	6
13	0,316 0	-91,481 1	64,833 1		
14	0,183 9	-53,237 7	- 58,320 3		
15	0,063 6	-18,419 0	- 61,525 0		
16	-0,046 8	13,545 6	-120,137 6		
17	-0,147 4	42,656 3	-175,896 3	121,091	-133,149 3
18	-0,234 3	67,828 4	-227,716 4		
19	-0,514 4	99,266 0	-125,914 0		
20	-0,538 1	103,832 4	-157,128 4	-85,057	91,274 8
21	-0,582 4	112,394 3	-218,986 3		
22	0,180 2	-17,385 3	- 9,262 7	-50,28	-51,233 5
23	-0,111 5	10,755 0	- 64,051 0		
24	0,227 0	-43,799 8	17,151 8		
25	0,128 2	-24,735 2	- 28,560 8		
26	0,047 4	-9,152 4	- 70.791 6	-65,071	-66,574 6
27	-0,010 8	2,092 3	-108,684 3		

96

Continuación tabla 6

1	2	3	4	5	6
28	0,006 9	- 1,332 5	-131,907 5.		
29	0,081 7	- 15,773 7	-144,114 3		
30	-0,827 5	159,679 5	-186,327 5		
31	-0,894 0	172,522 4	-225,818 4	147,421	147,236 1
32	-0,962 4	185,707 9	-265,651 9		
33	-1,020 3	196,895 5	-303,487 5		
34	-2,369 8	457,300 9	-483,948 9		
35	-2,365 4	456,444 7	-509,740 7		
36	-2,352 9	454,047 4	-533,991 4	456,668	455,988 1
37	-2,332 2	450,051 8	-556,643 8		
38	-2,304 1	444,629 2	-577,869 2		
39	-2,2657	437,208 9	-597,096 9		

77

TABLA 7 COMPARACION DE LPS POTENCIALES STANDARDS DE LAS REACCIONES CON LOS DATOS DE LA LITERATURA.

No.	PROCESO ELECTRODICO	E° compl, V		
		CALCULADO (METODO)	LITERATURA (No.)	DIFERENCIA V
1	$Ni(NH_3)_6^{2+} + 2e^- = Ni^0 + 6NH_3(L)$	-0,487 3 (I)	-0,49(8)	0,002 7
2	$Co(NH_3)_6^{2+} + 2e^- = Co^0 + 6NH_3(L)$	-0,407 8 (I)	-0,42(8)	0,012 2
3	$Cu(NH_3)_2^+ + e^- = Cu^0 + 2NH_3(L)$	-0,121 3 (I)	-0,12(8)	0,001 3
4	$Cu(NH_3)_4^{2+} + 2e^- = Cu^0 + 4NH_3(L)$	-0,018 8(II)	-0,05(2)	0,031 2
5	$Zn(NH_3)_4^{2+} + 2e^- = Zn^0 + 4NH_3(L)$	-1,021 3 (I)	-1,03(2)	0,008 7
6	$Co(NH_3)_6^{3+} + e^- = Co(NH_3)_6^{2+}$	0,126 7(II)	0,1 (2,8)	0,026 7
7	$Cu(NH_3)_4^{2+} + e^- = Cu(NH_3)_2^+ + 2NH_3$	0,083 8(II)	0,0 (2)	0,083 8

TABLA 8 ORDEN DE REACTIVIDAD DE LOS POTENCIALES REDOX STANDARDS

No.	PROCESO	E° compl' V
1	$Zn(NH_3)_4^{2+} + 2e^- = Zn^0 + 4NH_3$	-1,021 3
2	$Fe(NH_3)_4^{2+} + 2e^- = Fe^0 + 4NH_3$	-0,549 4
3	$Fe^{3+} + 4NH_3 + e^- = Fe(NH_3)_4^{2+}$	-0,516 7
4	$Fe(NH_3)_2^{2+} + 2e^- = Fe^0 + 2NH_3$	-0,505 8
5	$Ni(NH_3)_5^{2+} + 2e^- = Ni^0 + 5NH_3$ (X-6 y 4)	-0,489 9
6	$Fe^{3+} + 2NH_3 + 3e^- = Fe(NH_3)_2^{2+}$	-0,469 4
7	$Co(NH_3)_5^{2+} + 2e^- = Co^0 + 5NH_3$ (X-6,4,3)	-0,429 7
8	$Cu(NH_3)_2^+ + e^- = Cu^0 + 2NH_3$	-0,122 5
9	$Cu(NH_3)_4^{2+} + 2e^- = Cu^0 + 4NH_3$	-0,018 8
10	$Co(NH_3)_6^{3+} + e^- = Co(NH_3)_6^{2+}$ *	-0,015 3
11	$Co(NH_3)_6^{3+} + e^- = Co(NH_3)_5^{2+} + NH_3$ **	-0,028 5
12	$Cu(NH_3)_4^{2+} + e^- = Cu(NH_3)_6^+ + 2NH_3$	-0,083 8
13	$Co(NH_3)_5^{3+} + NH_3 + e^- = Co(NH_3)_6^{2+}$	-0,245 6
14	$Co(NH_3)_5^{3+} + e^- = Co(NH_3)_5^{2+}$	-0,289 4

* Método II; $E_x^0 = 1,95$ V; $E_{compl}^0 = 0,126 7$ V. ** Método II; $E_{compl}^0 = 0,170 5$ V; $E_x^0 = 1,95$ V.