

**ANALISIS MICROSCOPICO MINERALURGICO A MUESTRAS DE RELAVES  
PLANTA DELTA**

**CIIRC 1 Y CIRC 2**

Preparado para: **ENAMI – DELTA**

Preparado por: **GUARACHI INGENIEROS LTDA.**  
**Carmen Pérez Delard.**  
Laboratorio Microscopía de Minerales  
C-2761

**Santiago, Mayo 2017**

## **INTRODUCCION**

ENAMI-DELTA ha solicitado análisis mineralógico de muestras de relaves, con el objeto de caracterizar microscópicamente las especies de Cu, con respecto a su composición, liberación, asociación, oclusión y tamaño granulométrico.

## **IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS**

CIRC 1: RELAVE MINA

CIRC 2: RELAVE AGENCIA

Las muestras fueron analizadas en un tamaño granulométrico original, enviado por el cliente.

## **ANALISIS MICROSCOPICO MINERALURGICO**

### **MUESTRA: CIRC 1, RELAVE MINA**

#### **1. Especies mineralógicas.**

Calcopirita	$\text{CuFeS}_2$
Calcosina	$\text{Cu}_2\text{S}$
Covelina	$\text{CuS}$
Bornita	$\text{Cu}_5\text{FeS}_4$
Rutilo	$\text{TiO}_2$
Pirita	$\text{FeS}_2$
Hematita	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
Magnetita	$\text{Fe}_3\text{O}_4$
Ganga no metálica	

La muestra presenta un 91,36% de ganga no metálica. .

El sulfuro de cobre está representado por calcopirita (0,71%), en menos porcentaje se observa bornita (0,41%) y trazas de calcosina y covelina.

La ganga de hierro corresponde principalmente a magnetita (6,82%)., escasa hematita (0,66%)e indicios de pirita (0,02%).

## 2. Composición Mineralógica

1. COMPOSICION MINERALOGICA 100% BASE MINERAL				
Especies	% EN PESO	Cu	Fe	S
Calcopirita	0,71	0,25	0,22	0,25
Calcosina	tz			
Covelina	tz			
Bornita	0,43	0,27	0,05	0,11
Rutilo	tz			
Pirita	0,02		0,01	0,01
Hematita	0,66		0,46	
Magnetita	6,82		4,94	
Ganga	91,36			
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>0,52</b>	<b>5,67</b>	<b>0,37</b>
2. COMPOSICION MINERALOGICA 100% BASE SULFUROS DE CU y FE				
Especies	% EN PESO	Cu	Fe	S
Calcopirita	61,07	21,13	18,56	21,37
Calcosina	tz			
Covelina	tz			
Bornita	37,08	23,47	4,12	9,49
Pirita	1,85		0,86	0,99
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>44,60</b>	<b>23,54</b>	<b>31,86</b>
3. COMPOSICION MINERALOGICA 100% BASE SULFUROS DE CU				
Especies	% EN PESO	Cu	Fe	S
Calcopirita	62,22	21,53	18,92	21,78
Calcosina	tz			
Covelina	tz			
Bornita	37,78	23,91	4,19	9,67
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>45,44</b>	<b>23,11</b>	<b>31,45</b>
Lab. Microscopía de Minerales			Carmen Pérez Delard	

## 2.1. Composición Mineralógica de la Ganga No Metálica.

1. COMPOSICION MINERALOGICA 100% BASE MINERAL				
Especies	% EN PESO	Cu	Fe	S
Calcopirita	0,71	0,25	0,22	0,25
Calcosina	tz			
Covelina	tz			
Bornita	0,43	0,27	0,05	0,11
Rutilo	tz			
Pirita	0,02		0,01	0,01
Hematita	0,66		0,46	
Magnetita	6,82		4,94	
Ganga	91,36			
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>0,52</b>	<b>5,67</b>	<b>0,37</b>
2. COMPOSICION MINERALOGICA de la GANGA NO METALICA				
Especies	% EN PESO	FORMULAS		
Anfibola	1,97	$KAl_3(SO_4)_2(OH)_4$		
Biotita	18,98	$K(Mg,Fe^{2+})_3(Al,Fe^{3+})Si_3O_{10}(OH)_2$		
Caolinita	2,89	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$		
Clorita	14,24	$(Mg,Fe^{2+},Fe^{3+})_6AlSi_3O_{16}(OH)_8$		
Cuarzo	42,62	$SiO_2$		
Feldespató potásico	2,86	$KAlSi_3O_8$		
Plagioclasa	3,84	$NaAlSi_3O_8-CaAl_2Si_2O_8$		
Sericita	2,93	$KAl_2(AlSiO_4)(OH)_2$		
Titanita	1,03	$CaTiSiO_5$		
Zircón	0,95	$ZrSiO_4$		
<b>Total</b>	<b>91,36</b>			
Lab. Microscopía de Minerales		Carmen Pérez Delard		

### 3. Caracterización de las especies de cobre.

Representado por calcopirita, calcosina, covelina y bornita.  
Sus características son las siguientes:

#### 3.1. Grado de Liberación, Asociación y Oclusión.

- Liberado en un 19,75%
- Asociado en un 21,54% a las siguientes especies:

Hematita	2,47%
Ganga no metálica	19,07%
- Ocluido en un 58,71% en la ganga no metálica.

#### 3.2. Tamaño Granulométrico Promedio.

El cobre total, tanto liberado, asociado como ocluido, presenta un tamaño granulométrico promedio de 15 $\mu$ m (1300# Ty), fluctuando entre un tamaño máximo de 120 $\mu$ m (~115#Ty) y un mínimo de 2 $\mu$ m.

Según el estado como se presenta, su tamaño granulométrico es el siguiente:

- Liberado 15 $\mu$ m (1300#Ty)
- Asociado 18 $\mu$ m (~900#Ty)
- Ocluido 14 $\mu$ m (~1300#Ty)

#### 3.3. Análisis Granulométrico v/s Liberación-Asociación-Oclusión.

A continuación, se detalla la liberación y asociación de las especies de cobre y en relación a su tamaño granulométrico, de acuerdo a las especies con que coexiste.

MUESTRA:		RELAVE MINA CIRC # 1										C-2761			
ANALISIS GRANULOMETRICO v/s LIBERACION - ASOCIACION - OCLUSION(%)															
Intervalos  Mallas Ty.  (micrones)  (aprox)	CALCOPIRITA				CALCOSINA			COVELINA	BORNITA			TOTAL COBRE			
	Liberación	Asociación		Oclusión	Liberac.	Asociación	Oclusión	Liberación	Liberación	Asociación	Oclusión	Liberado	Asociado	Ocluido	TOTAL
	%	Ganga	Hematita	Ganga	%	Ganga	Ganga	%	%	Ganga	Ganga	%	%	%	%
0 - 10	6,48	5,75	0,81	17,78	0,90	0,81	0,91		3,23	0,86	10,50	10,61	8,24	29,19	48,04
10 - 20	3,28	4,05	1,66	9,73	0,87		0,82	0,82	2,48	3,30	5,65	7,45	9,01	16,20	32,65
20 - 30	-400	1,68		5,68						0,86	2,44		2,54	8,12	10,66
30 - 40				0,84							2,45			3,29	3,29
40 - 50	+400 -250								0,82			0,82			0,82
50 - 60											1,07			1,07	1,07
60 - 70	+250 -170	0,88											0,88		0,88
70 - 80											0,84			0,84	0,84
80 - 90	+170 -100														
90 - 100															
100 - 120		0,87								0,88		0,87	0,88		1,75
TOTAL		10,63	12,37	2,47	34,03	1,77	0,81	1,73	0,82	6,52	5,89	22,95	19,75	21,54	58,71
TAMAÑO (um)															
Promedio Calculado	17	15	12	12	10	5	10	15	14	29	18	15	18	14	15
Máximo Observado	120	70	12	36	12	10	12	17	49	120	73	120	120	73	120
Mínimo Observado	2	5	10	2	10	5	10	12	5	10	2	2	5	2	2
Lab.Microscopía de Minerales															
Carmen Pérez Delard															

**MUESTRA: CIRC 2 RELAVE AGENCIA**

**1. Especies mineralógicas.**

Calcopirita	$\text{CuFeS}_2$
Calcosina	$\text{Cu}_2\text{S}$
Covelina	$\text{CuS}$
Bornita	$\text{Cu}_5\text{FeS}_4$
Cobre soluble	
Blenda	$\text{ZnS}$
Rutilo	$\text{TiO}_2$
Pirita	$\text{FeS}_2$
Hematita	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
Magnetita	$\text{Fe}_3\text{O}_4$
Limonita	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$
Ganga no metálica	

La ganga no metálica se presenta en la muestra en un 89,17%.

Entre las especies de cobre sulfurado se observa: calcopirita (0,69%, calcosina (0,24%), bornita (0,42%) y trazas de covelina.

A niveles de trazas se observa cobre soluble.

Entre las especies de ganga de hierro se observa principalmente hematita (4,08%) y magnetita (3,86%). Escasa pirita (0,84%) y trazas de limonita.



## 2. Composición Mineralógica

1. COMPOSICION MINERALOGICA 100% BASE MINERAL				
Especies	% EN PESO	Cu	Fe	S
Calcopirita	0,69	0,24	0,21	0,24
Calcosina	0,24	0,19		0,05
Covelina	tz			
Bornita	0,42	0,27	0,05	0,11
Cobre soluble	tz			
Blenda	tz			
Rutilo	0,69			
Pirita	0,84		0,39	0,45
Hematita	4,08		2,85	
Magnetita	3,86		2,80	
Limonita	tz			
Ganga	89,17			
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>0,69</b>	<b>6,30</b>	<b>0,85</b>
2. COMPOSICION MINERALOGICA 100% BASE SULFUROS DE CU y FE				
Especies	% EN PESO	Cu	Fe	S
Calcopirita	31,64	10,95	9,62	11,07
Calcosina	10,73	8,58		2,16
Covelina	tz			
Bornita	19,21	12,16	2,13	4,92
Cobre soluble	tz			
Pirita	38,42		17,90	20,52
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>31,68</b>	<b>29,65</b>	<b>38,66</b>
3. COMPOSICION MINERALOGICA 100% BASE SULFUROS DE CU				
Especies	% EN PESO	Cu	Fe	S
Calcopirita	51,38	17,78	15,62	17,98
Calcosina	17,43	13,93		3,50
Covelina	tz			
Bornita	31,19	19,74	3,46	7,99
Cobre soluble	tz			
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>51,45</b>	<b>19,08</b>	<b>29,47</b>
Lab. Microscopía de Minerales			Carmen Pérez Delard	

## 2.1. Composición Mineralógica de la Ganga No Metálica.

1. COMPOSICION MINERALOGICA 100% BASE MINERAL				
Especies	% EN PESO	Cu	Fe	S
Calcopirita	0,69	0,24	0,21	0,24
Calcosina	0,24	0,19		0,05
Covelina	tz			
Bornita	0,42	0,27	0,05	0,11
Cobre soluble	tz			
Blenda	tz			
Rutilo	0,69			
Pirita	0,84		0,39	0,45
Hematita	4,08		2,85	
Magnetita	3,86		2,80	
Limonita	tz			
Ganga	89,17			
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>0,69</b>	<b>6,30</b>	<b>0,85</b>
2. COMPOSICION MINERALOGICA de la GANGA NO METALICA				
Especies	% EN PESO	FORMULAS		
Apatito	1,88	$2\{(Ca_5(PO_4)_3F)\}$		
Carbonato	72,55			
Clorita	3,66	$(Mg,Fe^{2+},Fe^{3+})_6AlSi_3O_{16}(OH)_8$		
Cuarzo	6,37	$SiO_2$		
Escapolita	1,90	Cl -		
Montmorillonita	0,96	$(Mg,Ca)O \cdot Al_2O_5 \cdot 5SiO_2 \cdot nH_2O$		
Plagioclasa	1,84	$NaAlSi_3O_8 - CaAl_2Si_2O_8$		
Total	89,17			
Lab. Microscopía de Minerales		Carmen Pérez Delard		

### 3. Caracterización de las especies de cobre.

Representado por calcopirita, covelina, calcosina y bornita.

Sus características son las siguientes:

#### 3.1. Grado de Liberación, Asociación y Oclusión.

- Liberado en un 15,85%
- Asociado en un 32,04% a las siguientes especies:

Magnetita	0,82%
Magnetita con ganga	0,82%
Ganga	30,41%
- Ocluido en un 52,11% en la ganga no metálica.

#### 3.2. Tamaño Granulométrico Promedio.

El cobre total, tanto liberado, asociado como ocluido, presenta un tamaño granulométrico promedio de 16 $\mu$ m (~1300# Ty), fluctuando entre un tamaño máximo de 97 $\mu$ m (~150#Ty) y un mínimo de 2 $\mu$ m.

Según el estado como se presenta, su tamaño granulométrico es el siguiente:

- |            |            |           |
|------------|------------|-----------|
| • Liberado | 10 $\mu$ m | (1800#Ty) |
| • Asociado | 21 $\mu$ m | (~900#Ty) |
| • Ocluido  | 15 $\mu$ m | (1300#Ty) |

#### 3.3. Análisis Granulométrico v/s Liberación-Asociación-Oclusión

A continuación, se detalla la liberación, asociación y oclusión de las especies de cobre y en relación a su tamaño granulométrico, de acuerdo a las especies con que coexiste.

MUESTRA :		RELAVE AGENCIA CIRC # 2											C-2761				
ANALISIS GRANULOMETRICO v/s LIBERACION - ASOCIACION - OCLUSION(%)																	
Intervalos		CALCOPIRITA				CALCOSINA			COVELINA	BORNITA			TOTAL COBRE				
Mallas Ty.		Liberación	Asociación			Oclusión	Liberac.	Asociación	Oclusión	Asociación	Liberación	Asociación	Oclusión	Liberado	Asociado	Ocluido	TOTAL
(micrones)																	
(aprox)		%	Ganga	Magnetita	Ganga	Ganga	%	Ganga	Ganga	Ganga	%	Ganga	Ganga	%	%	%	%
0 - 10		7,85	4,80			14,12			2,45	0,79	0,79	0,83	5,49	8,64	6,42	22,06	37,12
10 - 20		5,53	7,84	0,82		10,22	0,84	1,61	3,92		0,84	2,42	3,91	7,21	12,69	18,06	37,95
20 - 30			4,76			3,17		0,81	2,37			0,83	1,59		6,40	7,12	13,52
30 - 40			2,38		0,82	1,60			1,63			0,83			4,03	3,23	7,25
40 - 50			0,83					0,82					0,83		1,66	0,83	2,49
50 - 60																	
60 - 70						0,81										0,81	0,81
70 - 80																	
80 - 90																	
90 - 100												0,85			0,85		0,85
100 - 120																	
TOTAL		13,38	20,61	0,82	0,82	29,91	0,84	3,24	10,37	0,79	1,63	5,77	11,83	15,85	32,04	52,11	100,00
TAMAÑO (um)																	
Promedio Calculado		9	19	15	35	14	15	25	18	5	10	30	14	10	21	15	16
Máximo Observado		17	49	16	36	70	19	49	36	7	12	97	49	19	97	70	97
Mínimo Observado		2	5	12	33	2	14	12	5	5	10	7	5	2	5	2	2
Lab.Microscopía de Minerales																	
Carmen Pérez Delard																	

**CARMEN PEREZ DELARD**  
 Guarachi Ingenieros Ltda.  
 Lab.Microscopía de Minerales