

# “Optimización de muestreo mediante caracterización de la heterogeneidad intrínseca de mineralización aurífera depositada en rocas de un yacimiento filoniano”

CONSTRUYENDO  
JUNTOS UN  
PERÚ MEJOR

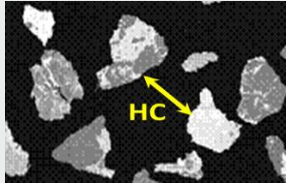


## Contribución del muestreo a la incertidumbre de medición

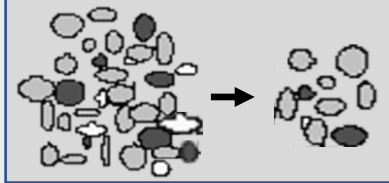


## Fuentes de variabilidad en muestreo de minerales

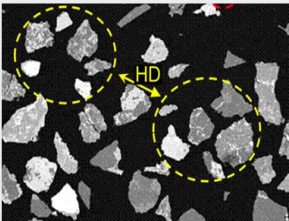
Heterogeneidad de Constitución



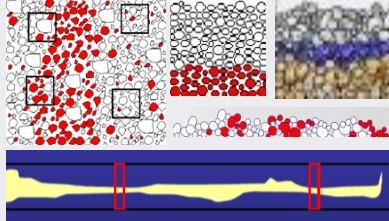
Error Fundamental (FE)



Heterogeneidad de Distribución



Error de Agrupamiento y segregación (GSE)



**Ecuación de P. Gy:**  $S_{FE}^2 = Kd^3[(1/M_s) - (1/M_L)]$

Donde:

$S_{FE}^2$ , Varianza de FE

K, constante de muestreo

$M_s$ , masa de la muestra

d, tamaño nominal de fragmentos

Si  $M_s \ll M_L$ :

$$S_{FE}^2 = Kd^3/M_s$$

$$K = c f g$$

**c, Factor de composición mineralógica (g/cm<sup>3</sup>)**

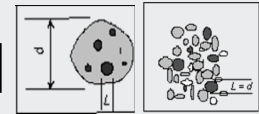
$$c = \lambda_m[(1-a_L)/a_L] + \lambda_g(1-a_L)$$

$\lambda_m$ , densidad del analito  
 $\lambda_g$ , densidad de la ganga

**I, Factor de liberación (0 < I < 1)**

$$I = (L/d)^\alpha$$

$$I = (a_{max} - a_L) / (1 - a_{max})$$



**f, Factor de forma**

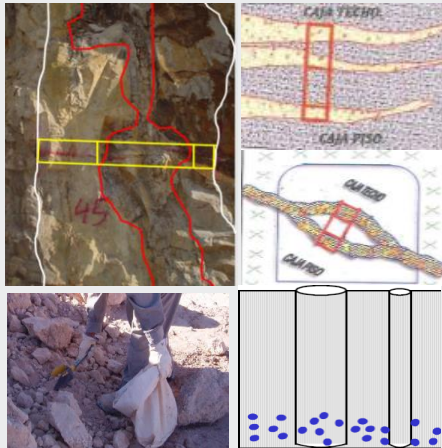


**g, Factor granulométrico**

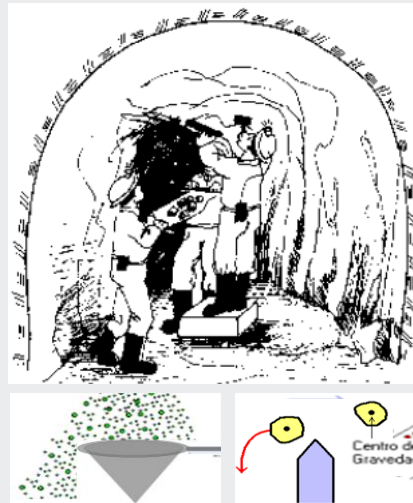
Distribución grande ( $d/d_{0.05} > 4$ )	$g = 0.25$
Distribución media ( $d/d_{0.05} = 4..2$ )	$g = 0.50$
Distribución estrecha ( $1 < d/d_{0.05} < 2$ )	$g = 0.75$
Partículas idénticas ( $d/d_{0.05} = 1$ )	$g = 1.00$

## Errores que inducen al Sesgo en muestreo de minerales

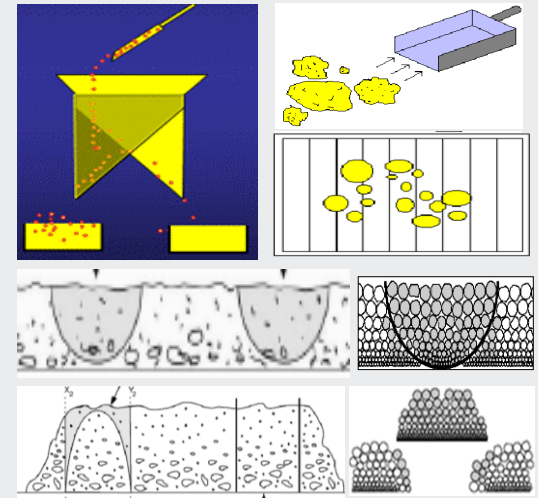
**Error de Delimitación**  
Diseño de muestreo no apropiado y/o mala selección de equipo.



**Error de Extracción**  
Extracción no precisa del incremento fijado.



**Error de Preparación**  
Pérdida, contaminación y/o alteración de la muestra.



## Heterogeneidad Intrínseca del Lote mineralizado ( $IH_L$ )

Para caracterizar la heterogeneidad del lote se utiliza  $IH_L \rightarrow$

$$IH_L = c l f g d^3$$

Si conocemos  $IH_L$  es posible calcular  $K \rightarrow$

$$IH_L = K d_i^\alpha$$

Donde:

$d_i$ , diámetro nominal del lote:  $d_i = [(d_1^3 + d_2^3)/2]^{1/3}$  ( $d_1$  y  $d_2$  aberturas de los tamices)

$\alpha$ , parámetro según tipo de mineral

## Estimación experimental de $IH_L$ (test de heterogeneidad)

Tomar una gran cantidad de fragmentos de roca de las zonas mineralizadas.

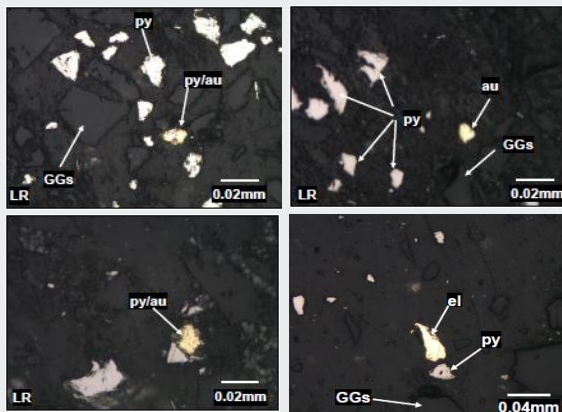
Clasificación de fragmentos (tamaño), formado grupos (masa  $M_Q$  y contenido  $a_Q$ )

Se forman muestras de cada grupo (de  $Q$  partículas, masa  $M_q$  y contenido  $a_q$ )

$IH_L$  se calcula para cada tamaño y grupo, de acuerdo con la Ecuación:

$$IH_L = g \sum [(a_q - a_Q)^2 / a_Q^2] (M_q^2 / M_Q)$$

## Datos y resultados de $IH_L$



### Mineralización (contenidos de oro)

- Pirita/oro y oro libre
- Pirita/oro y Electrum

### Clasificación por tamaños

Fracción	Grupos de tamaño de muestras
Gruesa	< 3.175 cm y > 1.905 cm
Intermedia	< 1.905 cm y > 1.250 cm
Fina	< 1.250 cm y > 0.070 cm

### Formación de muestras y Análisis Químico



De cada Grupo (con  $M_Q$  y  $a_Q$ ):  
Muestras con N fragmentos,  
masa  $M_q$  y contenido  $a_q$

### Resultado experimental

$$\rightarrow d_i = [(d_1^3 + d_2^3) / 2]^{1/3}$$

$$\rightarrow IH_L = g \Sigma [(a_q - a_Q)^2 / a_Q^2] (M_q^2 / M_Q)$$

$$\rightarrow IH_L = K d_i^\alpha$$

#### Pirita/oro y oro libre

Grupos	$d_i$	$IH_L$	$\alpha$	K
Gruesos	2.7	440.0	3	22.4
Intermedios	1.6	91.6	3	22.4
Finos	1	22.4	3	22.4

#### Pirita/oro y Electrum

Grupos	$d_i$	$IH_L$	$\alpha$	K
Gruesos	2.7	748.5	3	38.0
Intermedios	1.6	155.8	3	38.0
Finos	1	38.0	3	38.0



## Optimización de protocolo de muestreo en canales

$$S_{FE}^2 = Kd^3/M_s$$

d (cm)	K	IHL	m (g)	S <sup>2</sup> <sub>FSE</sub>	S <sub>FSE</sub>
4.00	38.0	2433.9	4,000	0.6085	0.7801
4.00	38.0	2433.9	8,000	0.3042	0.5516
4.00	38.0	2433.9	10,000	0.2434	0.4933
4.00	38.0	2433.9	15,000	0.1623	0.4028
4.00	38.0	2433.9	20,000	0.1217	0.3488
4.00	38.0	2433.9	24,000	0.1014	0.3185
4.00	38.0	2433.9	26,000	0.0936	0.3060
4.00	38.0	2433.9	26,500	0.0918	0.3031

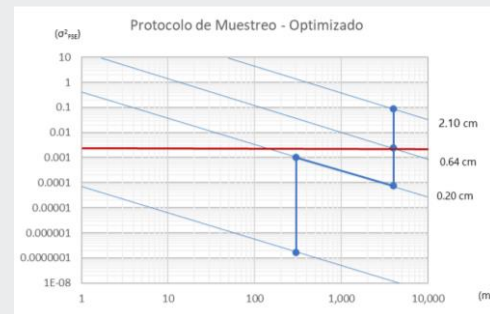
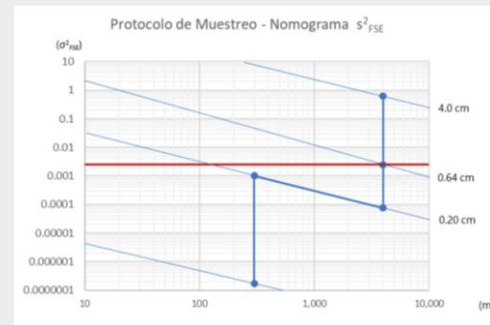
d (cm)	K	IHL	m (g)	S <sup>2</sup> <sub>FSE</sub>	S <sub>FSE</sub>
4.00	38.0	2433.9	4,000	0.6085	0.7801
3.50	38.0	1630.5	4,000	0.4076	0.6385
3.00	38.0	1026.8	4,000	0.2567	0.5067
2.50	38.0	594.2	4,000	0.1486	0.3854
2.40	38.0	525.7	4,000	0.1314	0.3625
2.30	38.0	462.7	4,000	0.1157	0.3401
2.20	38.0	404.9	4,000	0.1012	0.3182
2.13	38.0	367.5	4,000	0.0919	0.3031

### Protocolo de muestreo no optimizado

Proceso	d (cm)	Peso de la muestra (g)	Varianza Relativa S <sup>2</sup> <sub>FSE</sub>	Error Relativo (%)
Muestreo de canales	4.000	4,000.00	0.6084800	78%
Chancado primario	0.635	4,000.00	0.0024344	
Chancado secundario	0.200	4,000.00	0.0000761	
Cuarteo	0.200	300.00	0.0010141	3%
Pulverizado	0.011	300.00	0.0000002	
TOTAL			0.6120047	81%

### Protocolo de muestreo optimizado

Proceso	d (cm)	Peso de la muestra (g)	Varianza Relativa S <sup>2</sup> <sub>FSE</sub>	Error Relativo (%)
Muestreo de canales	2.100	4,000.00	0.0880490	30%
Chancado primario	0.635	4,000.00	0.0024344	
Chancado secundario	0.200	4,000.00	0.0000761	
Cuarteo	0.200	300.00	0.0010141	3%
Pulverizado	0.011	300.00	0.0000002	
TOTAL			0.0915737	33%



## Optimización de protocolo de muestreo en Cancha (superficie)

$$S_{FE}^2 = Kd^3/M_s$$

d (cm)	K	IHL	m (g)	S <sup>2</sup> <sub>FSE</sub>	S <sub>FSE</sub>
20.00	38.0	304,240.0	120,000	2.5353	1.5923
20.00	38.0	304,240.0	250,000	1.2170	1.1032
20.00	38.0	304,240.0	400,000	0.7606	0.8721
20.00	38.0	304,240.0	800,000	0.3803	0.6167
20.00	38.0	304,240.0	950,000	0.3203	0.5659
20.00	38.0	304,240.0	1,500,000	0.2028	0.4504
20.00	38.0	304,240.0	1,990,000	0.1529	0.3910
20.00	38.0	304,240.0	3,300,000	0.0922	0.3036

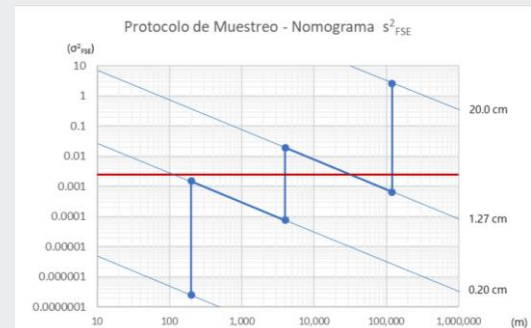
d (cm)	K	IHL	m (g)	S <sup>2</sup> <sub>FSE</sub>	S <sub>FSE</sub>
20.00	38.0	304240.0	120,000	2.5353	1.5923
15.00	38.0	128351.3	120,000	1.0696	1.0342
10.00	38.0	38030.0	120,000	0.3169	0.5630
8.00	38.0	19471.4	120,000	0.1623	0.4028
7.00	38.0	13044.3	120,000	0.1087	0.3297
6.80	38.0	11957.8	120,000	0.0996	0.3157
6.60	38.0	10933.5	120,000	0.0911	0.3018
5.08	38.0	4985.6	54,000	0.0923	0.3039

### Protocolo de muestreo no optimizado

Proceso	d (cm)	Peso de la muestra (g)	Varianza Relativa S <sup>2</sup> <sub>FE</sub>	Error Relativo (%)
Muestreo en Cancha	20.00	120,000	2.5353333	159%
Chancado primario	1.27	120,000	0.0006492	
Cuarteo	1.27	4,000	0.0155800	14%
Chancado secundario	0.20	4,000	0.0000608	
Cuarteo	0.20	300	0.0010141	4%
Pulverizado	0.011	300	0.0000002	
TOTAL			2.5526377	174%

### Protocolo de muestreo optimizado

Proceso	d (cm)	Peso de la muestra (g)	Varianza Relativa S <sup>2</sup> <sub>FE</sub>	Error Relativo (%)
Muestreo en Cancha	5.080	54,000	0.0923590	30%
Chancado primario	1.270	54,000	0.0014426	
Chancado secundario	0.200	4,000	0.0000056	
Cuarteo	0.200	300	0.0010141	3%
Pulverizado	0.011	300	0.0000002	
TOTAL			0.0948215	33%





CONSTRUYENDO  
JUNTOS UN  
PERÚ MEJOR



FORO DE  
**TECNOLOGIA**  
INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD