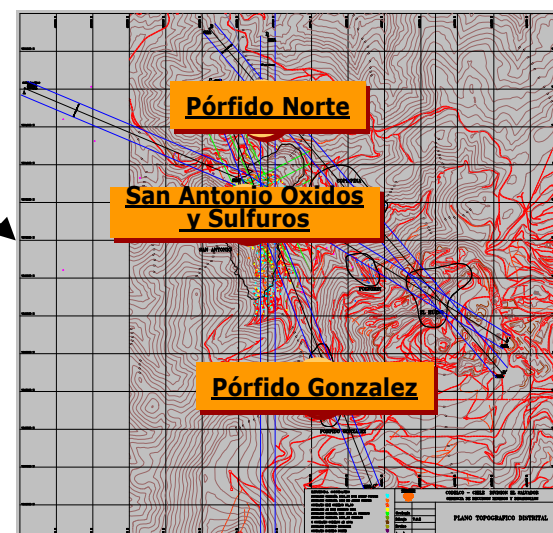
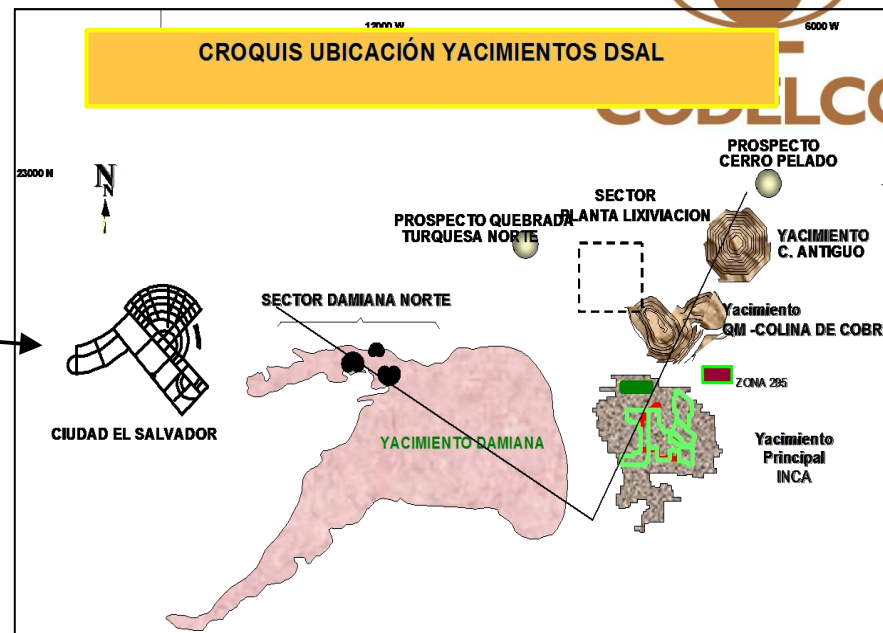
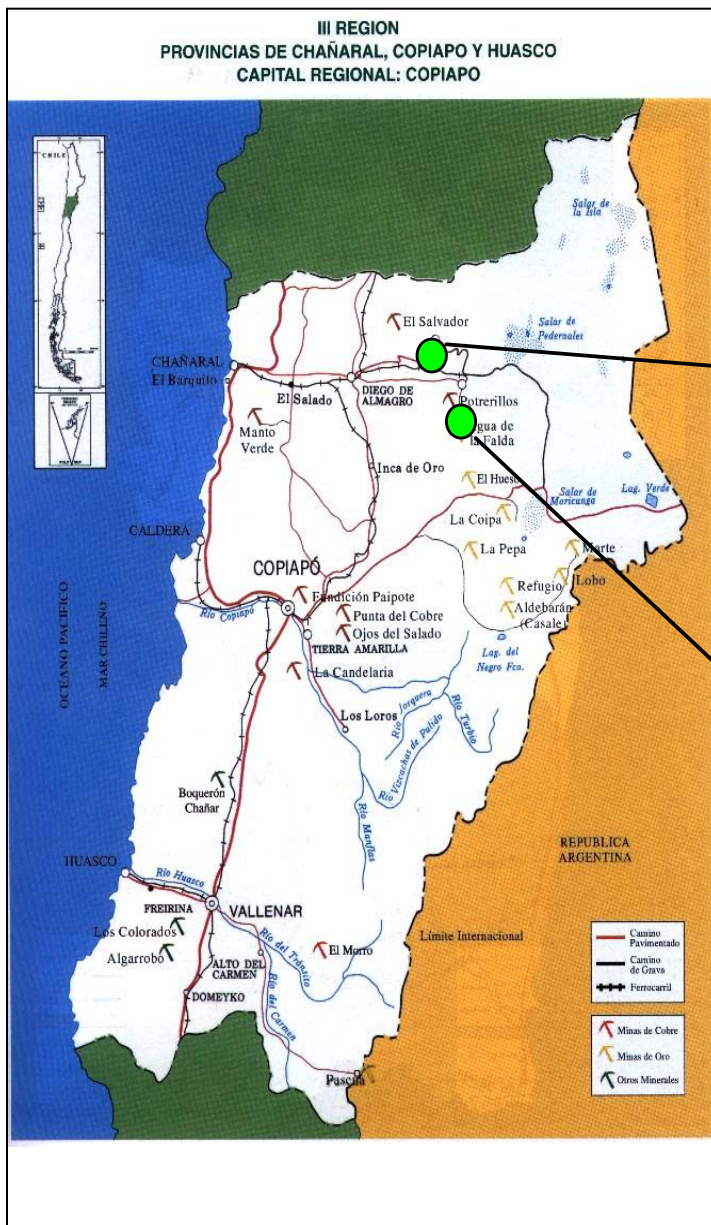


MODELO GEOMETALURGICO MATERIAL QUEBRADO YACIMIENTO INCA

18 ABRIL 2013



ANTECEDENTES GENERALES



En el año 2005 se decreta el cierre de las minas de la División Salvador en el año Diciembre del 2011

En el año 2006 se comienzan los estudios geológicos para el cierre de las minas

En el año 2007 se evaluaron dos escenarios de explotación: 1.- masiva vía rajo abierto y 2.- selectiva utilizando minería subterránea. Los resultados indican que ambos escenarios son técnica y económicamente viables.

Los recursos remanentes posterior al cierre del 2011 serían de :

1.360 Millones de toneladas - Ley media de 0,502% Cut, - Ley de corte de 0,3% Cut.

Recursos	Reservas Mineras a Concentración
Medidos (21,9%), Indicados (24,5%), Inferidos (27,5%) Quebrados (26,1%).	Primario (40%) Secundario (18%) Quebrados (42%).

En el año 2009, se da comienzo el estudio de “ESCENARIOS TECNOLÓGICOS PARA LA EXPLOTACIÓN DE RECURSOS REMANENTES DE DIVISIÓN EL SALVADOR”. Este proyecto tiene por objetivo evaluar a nivel de Ingeniería de Perfil la explotación de los recursos remanentes de División Salvador disponibles como consecuencia del cierre de las actuales operaciones mineras.

En el año 2010 se decreta la continuación de la actividad minera en la división, hasta el año 2016 o hasta el año 2021.

MODELO GEOMETALURGICO PARA EL MATERIAL QUEBRADO



El material quebrado es un material heterogéneo, remanente de la antigua minería, y cuya dinámica de remoción y depositación es prácticamente desconocida, por lo cual, aún cuanto se cuenta con 32.000 metros de sondajes con sus respectivas características geológicas no es posible determinar unidades geológicas con algún tipo de continuidad espacial y es así que nace la necesidad de encontrar una herramienta que pueda predecir, a través de variables conocidas, la dureza y recuperación de este material.

El Modelo de Recursos para el Material Quebrado, producto de la minería subterránea, es generado a partir de un modelo sustentado en Balance de Masa en Software GEMCOM (PCBC). Los datos relevantes para la estimación son los siguientes:

Información histórica de bloques y sectores productivos

Creación de archivo de columnas

Modelo de bloques In Situ

Superficies topográficas (Topografía de superficie y Cavidad al año de cierre).



•... “El real potencial de negocio minero lo presenta la minería masiva, la que maximiza la recuperación de las reservas, genera un negocio de mayor escala, es más confiable y con mayores oportunidades de optimización”.

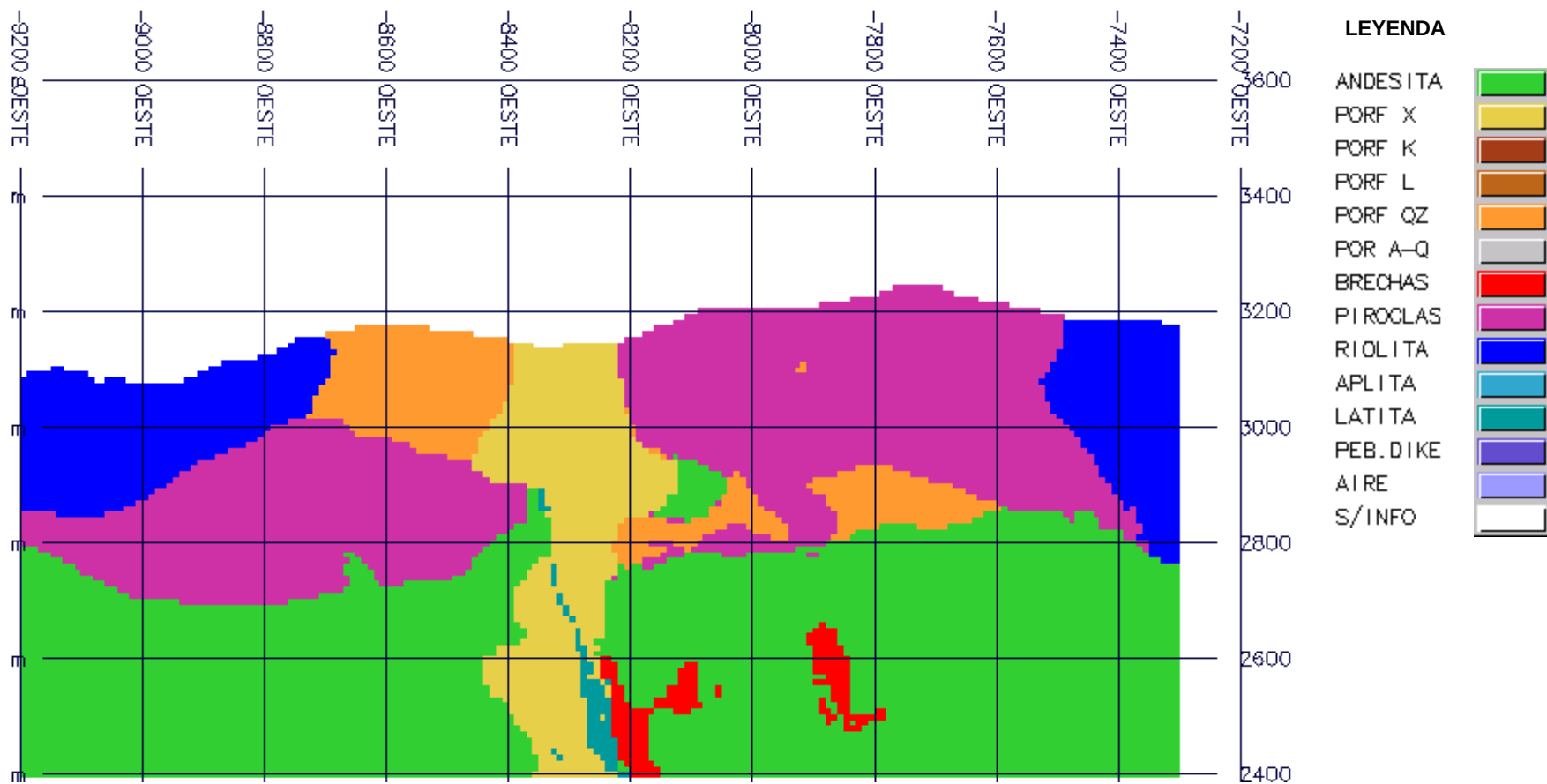
Modelo Geológico In Situ



UNIDADES GEOLOGICAS DEL MODELO DE BLOQUES		
LITOLOGIA	ZONA MINERAL	ALTERACIÓN
Andesitas	Lixiviado	Fílica
Brechas	Oxidos	Argílica
Pórfido X	Enriq. Secundario	Biotítica
Pórfido K	Primario con Anhidrita	Potásica (Fd.K)
Pórfido L	Primario sin Anhidrita	Propilítica
Pórpidos Menores	Pirita	
Pórfido Cuarífero		
Riolita		
Piroclasticos		
Latita		

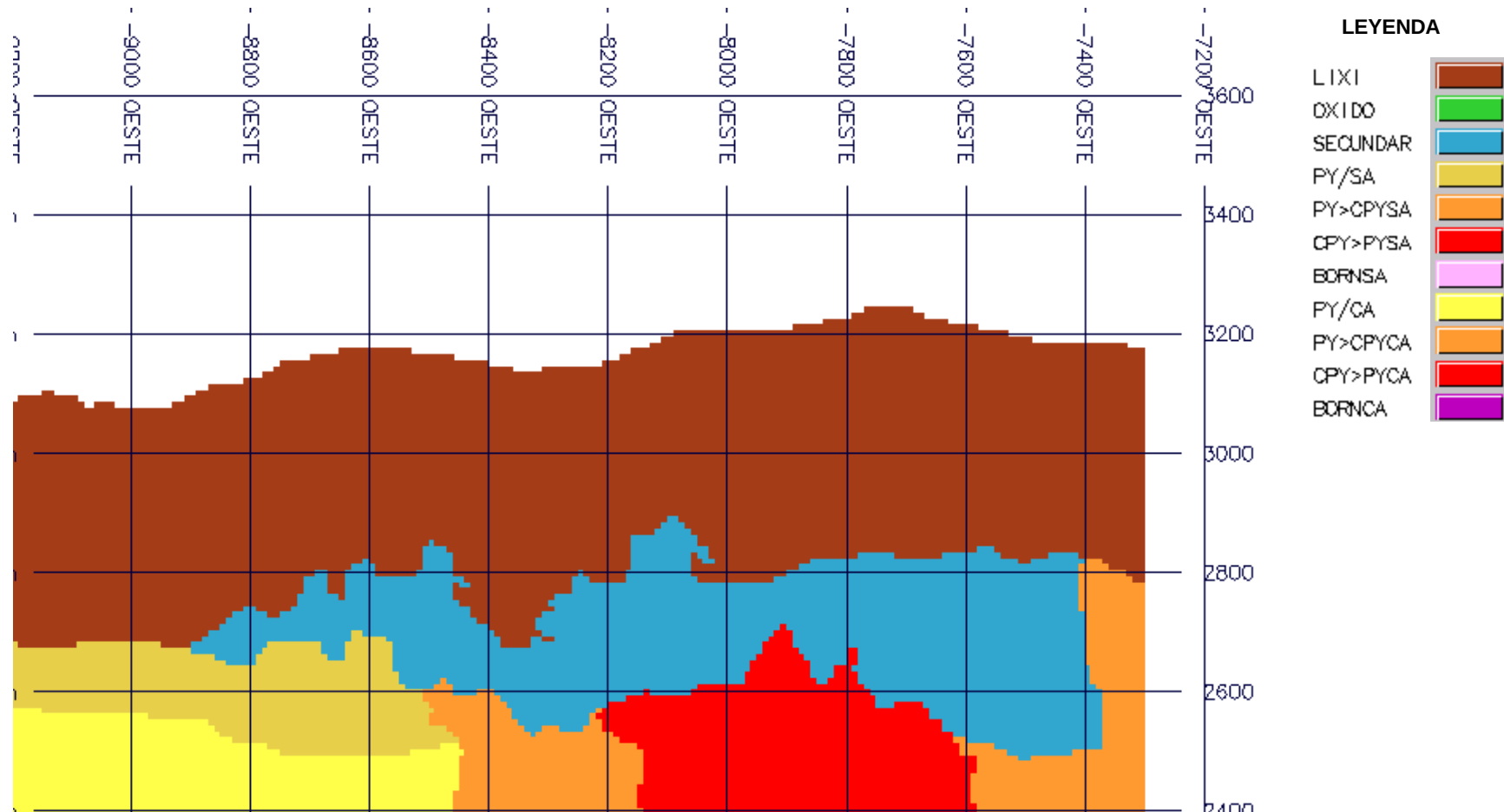
LITOLOGIA

SECCION 19500 N



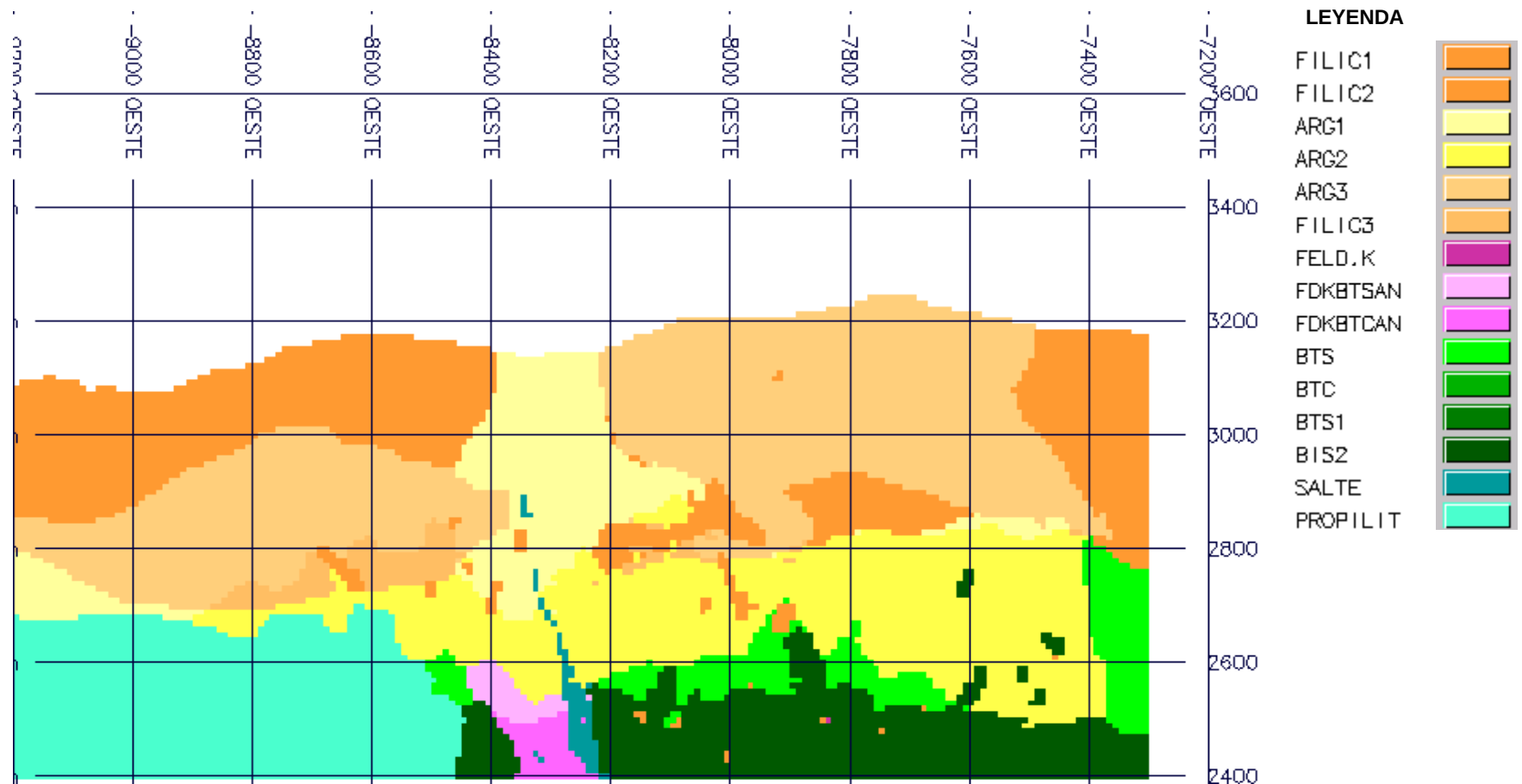
ZONA MINERAL

SECCION 19500 N

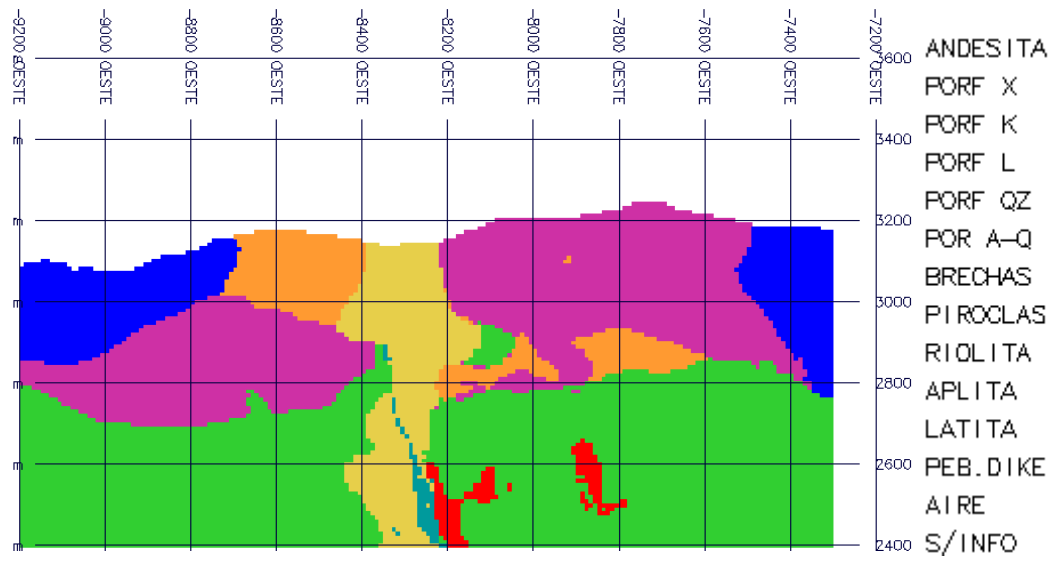


ALTERACION

SECCION 19500 N



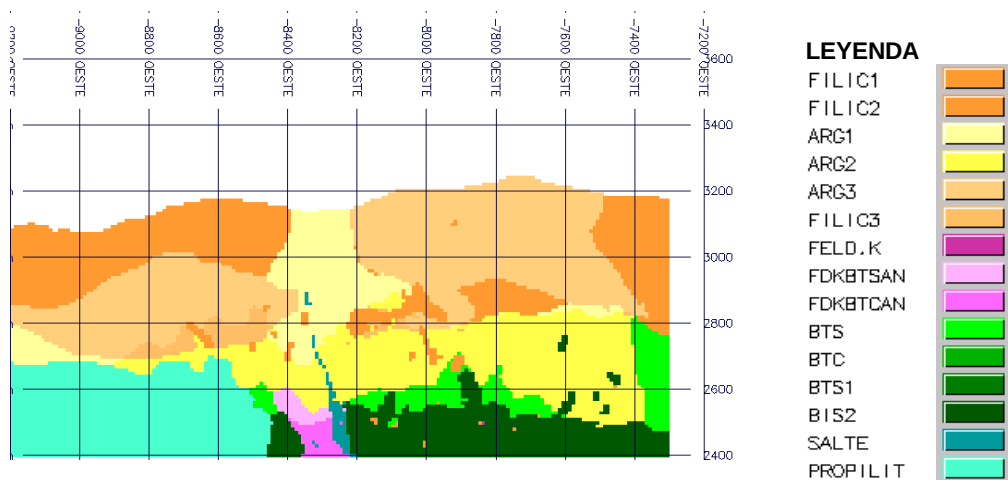
LITOLOGIA



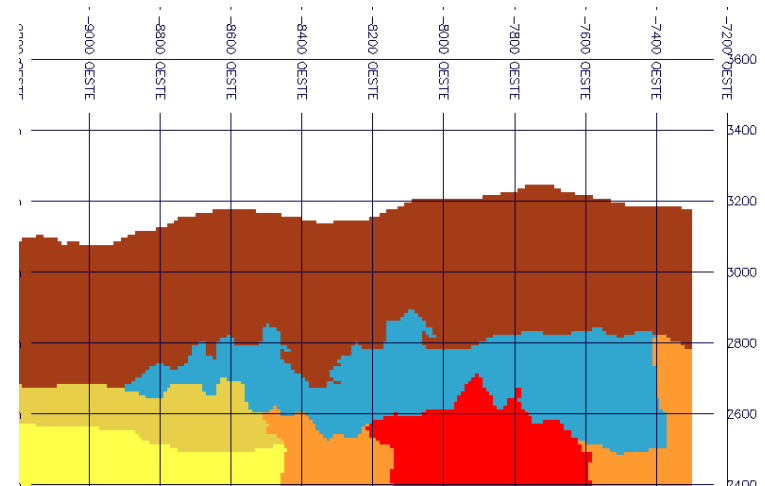
SECCION 19500 N



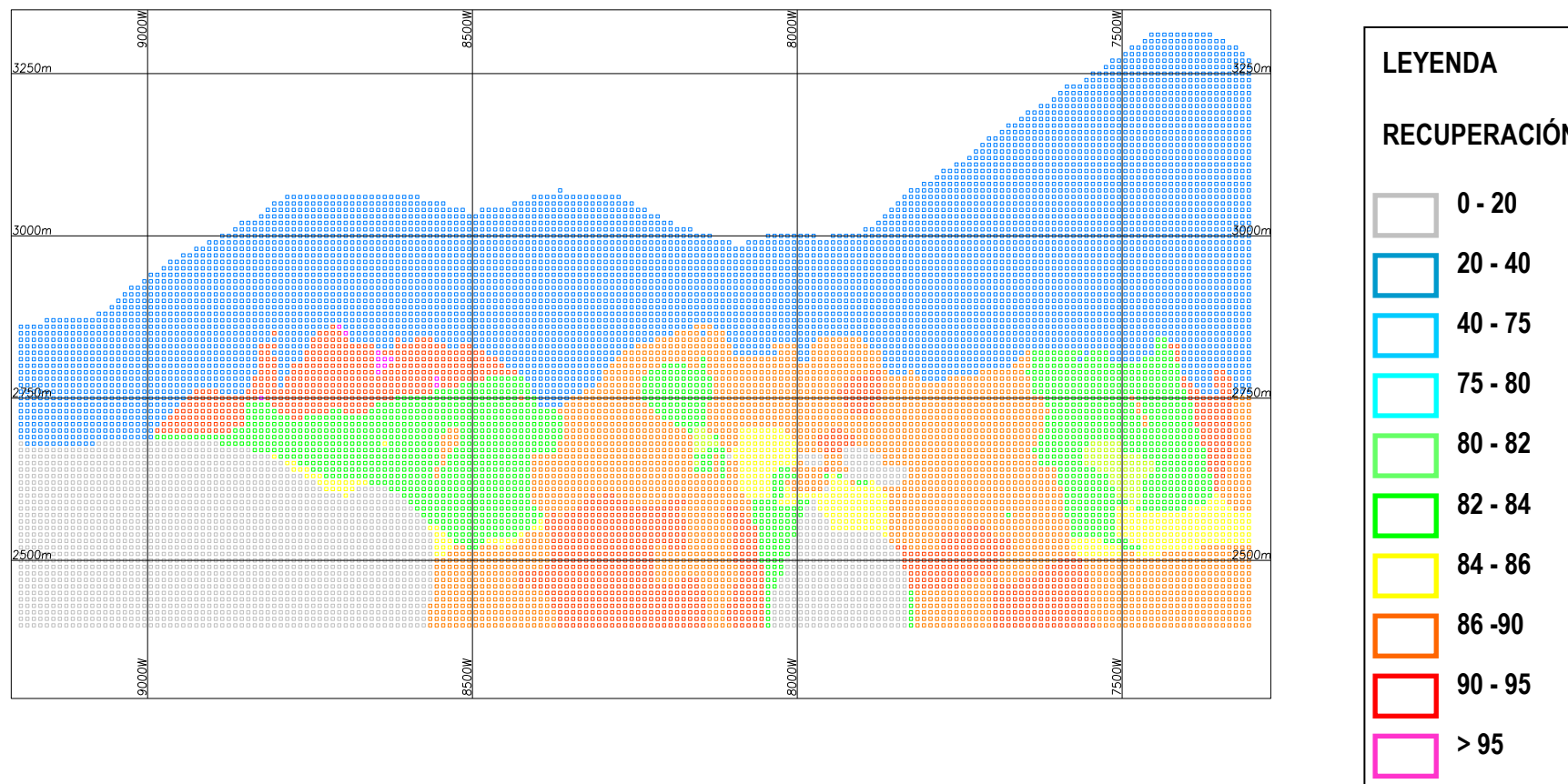
ALTERACION



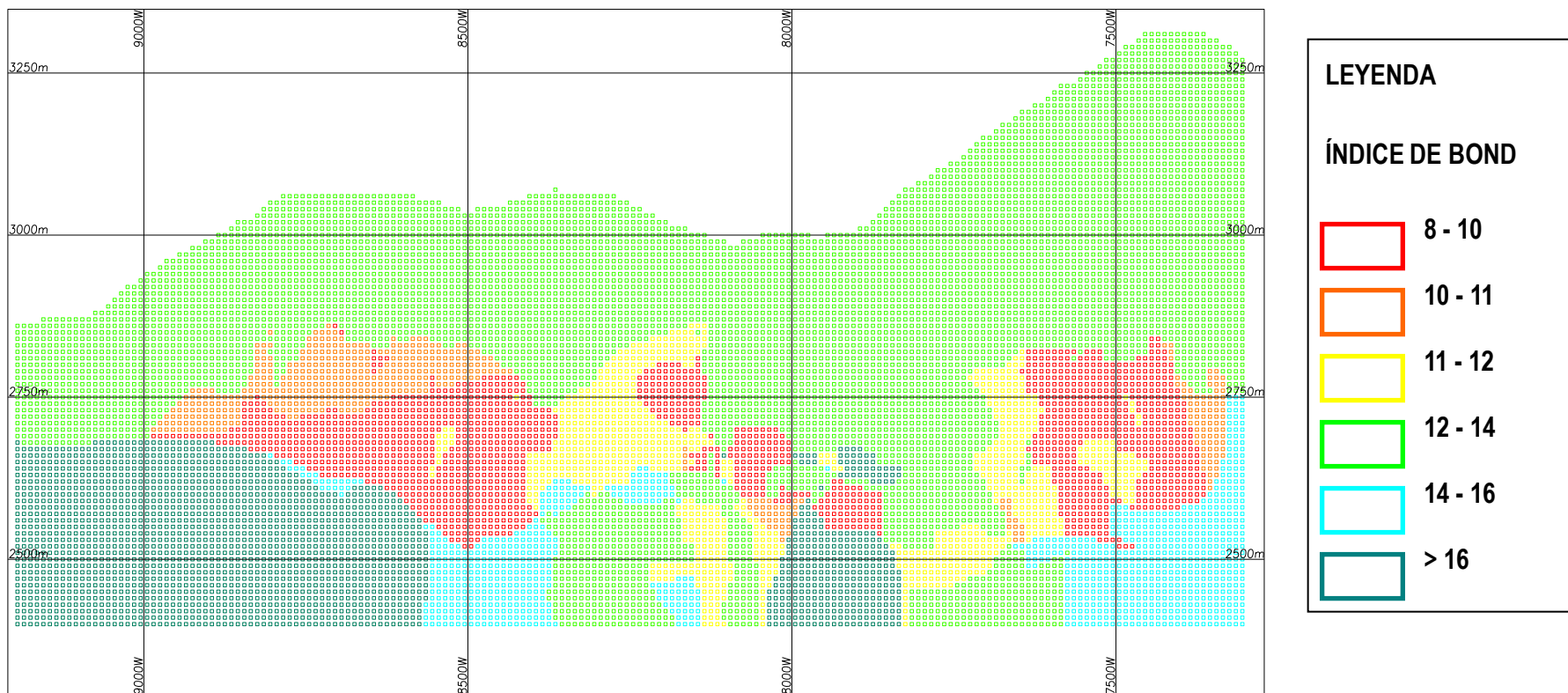
ZONA MINERAL



RECUPERACIÓN CuT (%)



ÍNDICE DE BOND (kWh/tc)



Antecedentes del Modelo Predictivo de Recuperación CuT

2002 :se realizan los primeros intentos por caracterizar metalúrgicamente el material quebrado del Yacimiento Inca y se obtienen 33 muestras a las cuales se les realiza test de flotación rougher bajo el mismo protocolo de concentración del material in situ.

2004 :se diseña la matriz geometalúrgica de recuperaciones y work index, a partir de la solubilidad, UGM del modelo geometalúrgico in situ vigente a esa fecha y la recuperación observada en planta para una mezcla de especies secundarias.

2005 : se procede a utilizar los resultados de las 33 muestras de material quebrado de sondajes AR y se analiza las posibles asociaciones para la recuperación de cobre total con la solubilidad y otros elementos conocidos, dando como resultado el primer modelo matemático que valida en parte el diseño que predice la recuperación de CuT.

Con los resultados de la comparación de los modelos se determina analizar 40 muestras adicionales para validar las relaciones encontradas y poblar el modelo con nueva información, resultando un segundo modelo matemático.

2011 : Se toman 32 muestras adicionales con muestras ubicadas espacialmente en un sector no considerado anteriormente cuya geología presenta rasgos particulares (Granito).

2002: Resultados del est de Flotación Rougher a 33 muestras de Material Quebrado (Igual Protocolo de Concentración que a Material in situ)



CODELCO

	LEYES ALIMENTACION					RECUPERACION 10 MIN				Cobre		Molibdeno	
	Cu %	Cu sol %	FeT %	MoT %	S %	Cu %	FeT %	MoT %	S %	Rinf	K	Rinf	K
GM-MQ-032	1.212	0.413	4.321	0.006	1.759	40.00	27.59	47.48	46.94				
GM-MQ-033	1.666	0.983	2.220	0.024	1.752	49.77	28.50	10.41	49.03				
GM-MQ-020	1.558	0.686	2.331	0.014	2.013	50.17	35.84	52.46	53.59	55.74	0.98	71.32	3.45
GM-MQ-021	1.240	0.697	2.208	0.019	2.114	51.42	29.58	40.11	44.50	57.44	1.22	54.86	1.62
GM-MQ-031	0.335	0.069	6.083	0.009	1.740	53.18	11.85	56.60	38.99				
GM-MQ-019	2.668	0.985	2.008	0.019	2.120	54.80	33.33	73.74	54.50	68.17	1.35	92.50	3.59
GM-MQ-027	1.180	0.557	2.649	0.012	2.457	56.11	40.73	53.01	52.31	64.45	0.98	72.28	1.52
GM-MQ-030	1.169	0.545	2.223	0.009	1.663	56.64	38.65	53.51	58.08				
GM-MQ-029	1.179	0.261	3.397	0.007	1.310	57.90	39.50	42.14	50.56				
GM-MQ-022	1.352	0.540	5.878	0.015	5.512	58.19	44.49	49.41	42.01	67.25	1.12	65.70	2.66
GM-MQ-024	1.216	0.279	3.105	0.014	2.242	58.41	24.46	72.04	41.11	65.11	1.05	84.22	3.93
GM-MQ-026	0.423	0.096	2.530	0.012	1.788	61.57	31.10	63.85	49.08	68.56	1.41	82.98	2.07
GM-MQ-006	0.655	0.222	2.647	0.019	1.263	63.08	18.88	35.71	47.08	70.04	2.86	40.05	2.59
GM-MQ-018	2.679	0.599	2.048	0.013	2.082	63.40	40.74	67.54	64.23	69.56	2.55	78.27	7.49
GM-MQ-023	0.421	0.075	4.038	0.011	2.119	64.17	18.71	64.46	37.21	71.19	2.33	79.10	5.87
GM-MQ-002	0.346	0.065	1.793	0.025	0.350	65.91	11.64	29.14	53.01	71.14	2.79	33.19	2.14
GM-MQ-028	0.413	0.070	5.341	0.012	3.113	66.99	27.92	36.19	61.49	76.21	1.03	55.05	0.71
GM-MQ-011	0.399	0.056	2.202	0.021	0.588	68.99	10.12	21.37	54.95	73.08	2.90	24.61	2.39
GM-MQ-025	0.413	0.032	2.824	0.015	1.341	70.26	31.28	52.51	68.43	79.85	1.26	72.14	0.73
GM-MQ-004	1.528	0.327	1.847	0.019	2.021	73.56	58.35	80.65	70.75	78.43	3.06	86.37	3.33
GM-MQ-008	0.938	0.151	0.804	0.028	0.559	73.62	39.49	81.32	81.41	77.94	3.62	83.70	6.58
GM-MQ-017	1.629	0.202	2.305	0.020	1.793	76.99	41.53	75.84	75.55	82.34	3.43	88.74	5.64
GM-MQ-012	0.486	0.048	1.475	0.028	0.623	77.31	14.50	46.42	57.05	84.35	3.42	52.33	2.48
GM-MQ-014	1.244	0.197	0.720	0.025	0.819	77.79	37.10	67.77	75.54	81.37	4.05	81.48	5.18
GM-MQ-003	0.612	0.100	2.284	0.019	0.470	77.94	9.79	36.64	58.73	81.53	4.63	24.90	1.98
GM-MQ-001	0.551	0.047	1.108	0.028	0.960	82.45	34.15	80.27	47.53	89.29	2.39	88.34	1.90
GM-MQ-007	0.542	0.027	1.283	0.039	0.973	84.59	39.31	85.65	65.07	86.43	4.56	93.34	2.87
GM-MQ-010	1.051	0.046	0.710	0.047	0.765	87.00	52.84	91.28	83.63	89.32	3.90	92.51	3.33
GM-MQ-016	0.891	0.043	1.401	0.021	1.272	87.87	43.74	71.71	60.93	90.71	5.23	82.02	4.96
GM-MQ-013	0.501	0.025	1.260	0.021	1.056	88.63	24.74	60.41	42.27	92.72	5.21	77.42	2.92
GM-MQ-005	0.605	0.026	1.163	0.026	0.947	89.07	30.82	85.63	47.04	93.90	3.23	89.22	3.44
GM-MQ-009	0.455	0.019	0.865	0.049	0.744	89.66	28.54	86.54	49.07	93.04	4.95	89.05	5.20
GM-MQ-015	0.904	0.016	1.349	0.016	1.708	93.95	32.26	80.44	40.64	96.40	7.02	90.51	6.98

2004 :MATRIZ GEOMETALÚRGICO CORREGIDA (PEX2005)



	1998	
UGM	RR ugm	Wi ugm
ugm1	75,0	16,0
ugm11	75,0	8,0
ugm13	75,0	11,0
ugm14	75,0	13,0
ugm15	75,0	15,0
ugm16	75,0	16,0
ugm18	95,0	11,0
ugm19	95,6	13,7
ugm24	92,5	9,0
ugm25	92,5	11,0
ugm26	91,7	13,1
ugm27	93,6	15,2
ugm31	77,5	11,0
ugm32	77,5	13,0
ugm33	77,5	15,0
ugm34	77,5	16,0
ugm35	87,5	8,0
ugm36	87,5	9,0
ugm37	87,5	11,0
ugm38	87,5	13,0
ugm39	85,2	14,7
ugm42	82,5	9,0
ugm43	81,5	10,1
ugm45	82,5	15,0

UGM	Solubilidad	Restricción %CuT	%Dilución	RR ugm	Wi ugm
Rmte 1	0 - 15%		12%	80,0	13,0
Rmte 2	15 - 30%		25%	66,0	13,0
Rmte 3	> 30%	> 0,2%	50%	55,0	13,0
Rmte 4	>30%	< 0,2%	100%	0,0	13,0

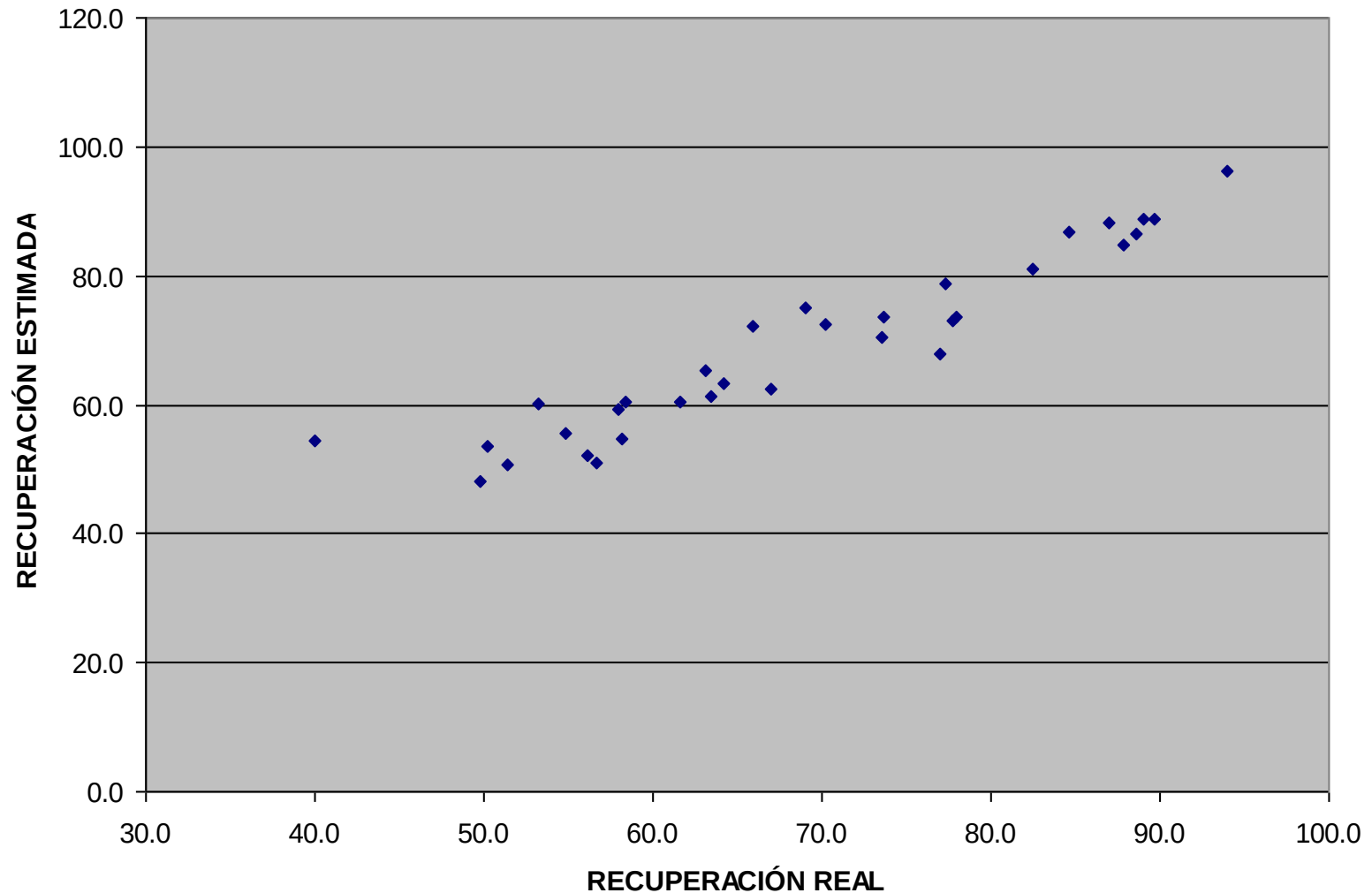
La recuperación para cada rango de remanente fue estimada de acuerdo al siguiente criterio:

$$\text{Rec. rmte } i = 86 \cdot (1 - \text{Sri})$$

- Donde Sri es la solubilidad promedio del rango i
- 86% es la recuperación observada en planta para una mezcla de especies secundarias (Cc y Cv)



$$\text{RECCuT} = 106.255 - 11.90 \text{ LN_SOL_TOT} - 5.914 \text{ Ln_LEYFeT}$$



DIAGNOSTICO

Case Number	Desviación estandar	Recuperación Real	Recuperación Predicha	Diferencia
1	0.335	82.4	80.9	1.5
2	-1.367	65.9	72.1	-6.2
3	0.955	77.9	73.6	4.3
4	0.655	73.6	70.6	3.0
5	0.035	89.1	88.9	0.2
6	-0.52	63.1	65.4	-2.4
7	-0.514	84.6	86.9	-2.3
8	0.029	73.6	73.5	0.1
9	0.185	89.7	88.8	0.8
10	-0.286	87.0	88.3	-1.3
11	-1.325	69.0	75.0	-6.0
12	-0.29	77.3	78.6	-1.3
13	0.5	88.6	86.4	2.3
14	1.047	77.8	73.1	4.7
15	-0.527	93.9	96.3	-2.4
16	0.656	87.9	84.9	3.0
17	2.003	77.0	67.9	9.1
18	0.478	63.4	61.2	2.2
19	-0.168	54.8	55.6	-0.8
20	-0.752	50.2	53.6	-3.4
21	0.138	51.4	50.8	0.6
22	0.777	58.2	54.7	3.5
23	0.202	64.2	63.3	0.9
24	-0.443	58.4	60.4	-2.0
25	-0.511	70.3	72.6	-2.3
26	0.241	61.6	60.5	1.1
27	0.855	56.1	52.2	3.9
28	1.018	67.0	62.4	4.6
29	-0.309	57.9	59.3	-1.4
30	1.276	56.6	50.9	5.8
31	-1.528	53.2	60.1	-6.9
32	-3.19	40.0	54.4	-14.4
33	0.345	49.8	48.2	1.6



Resultados del Modelo Matemático para las 33 muestras

MUESTRA	LEYCu	LEYCu sol	Solubilidad	Rec Análitica	Rec Estimada	Rec PEX2005
GM-MQ-015	0.904	0.016	1.76	93.95	96.33	80
GM-MQ-009	0.455	0.019	4.17	89.66	88.82	83
GM-MQ-005	0.605	0.026	4.25	89.07	88.91	
GM-MQ-010	1.051	0.046	4.37	87.00	88.30	
GM-MQ-016	0.891	0.043	4.83	87.87	84.90	
GM-MQ-007	0.542	0.027	4.92	84.59	86.92	
GM-MQ-013	0.501	0.025	5.03	88.63	86.36	
GM-MQ-025	0.413	0.032	7.83	70.26	72.57	
GM-MQ-001	0.551	0.047	8.60	82.45	80.94	
GM-MQ-012	0.486	0.048	9.97	77.31	78.62	
GM-MQ-017	1.629	0.202	12.38	76.99	67.93	
GM-MQ-011	0.399	0.056	14.15	68.99	74.98	
GM-MQ-014	1.244	0.197	15.84	77.79	73.06	66
GM-MQ-008	0.938	0.151	16.12	73.62	73.48	66
GM-MQ-003	0.612	0.100	16.42	77.94	73.62	
GM-MQ-028	0.413	0.070	16.87	66.99	62.39	
GM-MQ-023	0.421	0.075	17.83	64.17	63.26	
GM-MQ-002	0.346	0.065	18.78	65.91	72.09	
GM-MQ-031	0.335	0.069	20.67	53.18	60.09	
GM-MQ-004	1.528	0.327	21.39	73.56	70.60	
GM-MQ-029	1.179	0.261	22.16	57.90	59.30	
GM-MQ-018	2.679	0.599	22.37	63.40	61.23	
GM-MQ-026	0.423	0.096	22.77	61.57	60.49	
GM-MQ-024	1.216	0.279	22.91	58.41	60.42	
GM-MQ-006	0.655	0.222	33.81	63.08	65.43	55
GM-MQ-030	1.169	0.545	46.65	56.64	50.87	53
GM-MQ-027	1.180	0.557	47.15	56.11	52.24	
GM-MQ-032	1.212	0.413	34.08	40.00	54.42	
GM-MQ-021	1.240	0.697	56.23	51.42	50.80	
GM-MQ-022	1.352	0.540	39.92	58.19	54.68	
GM-MQ-020	1.558	0.686	44.03	50.17	53.57	
GM-MQ-033	1.666	0.983	59.02	49.77	48.20	
GM-MQ-019	2.668	0.985	36.92	54.80	55.56	

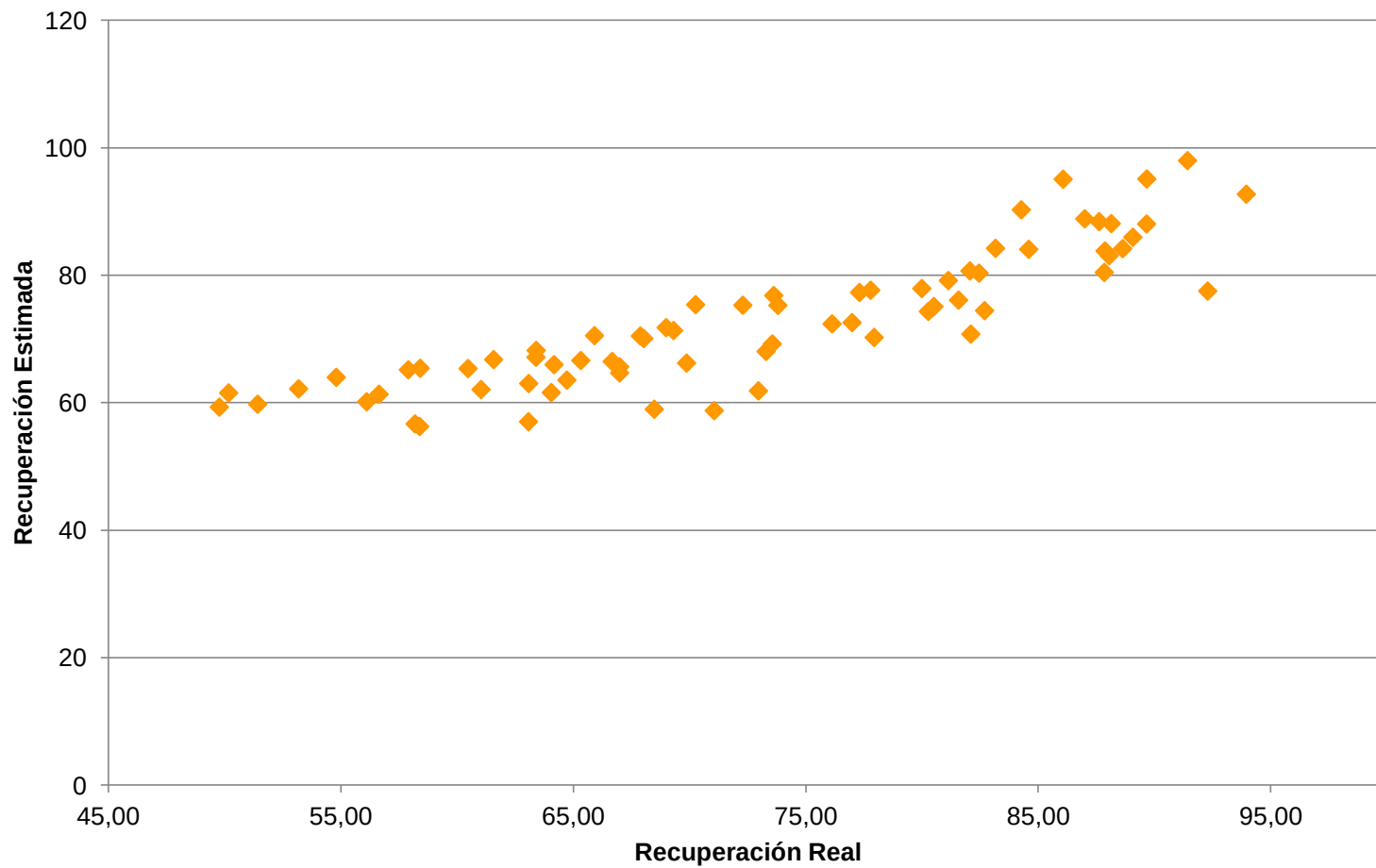


**Comparación
con la Matriz
De UGM**

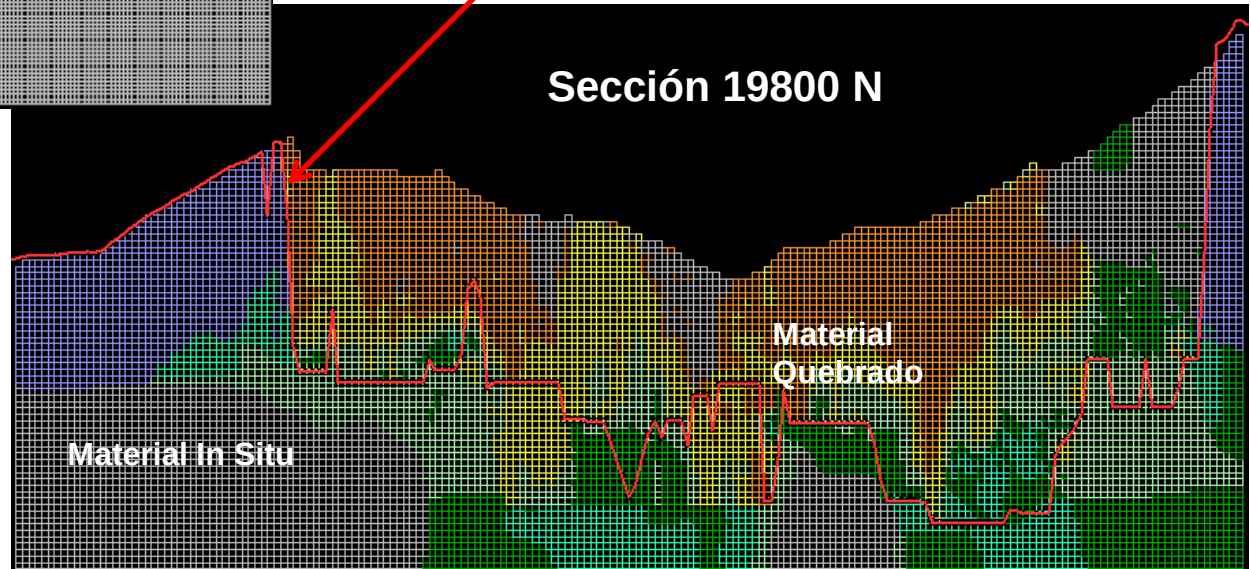
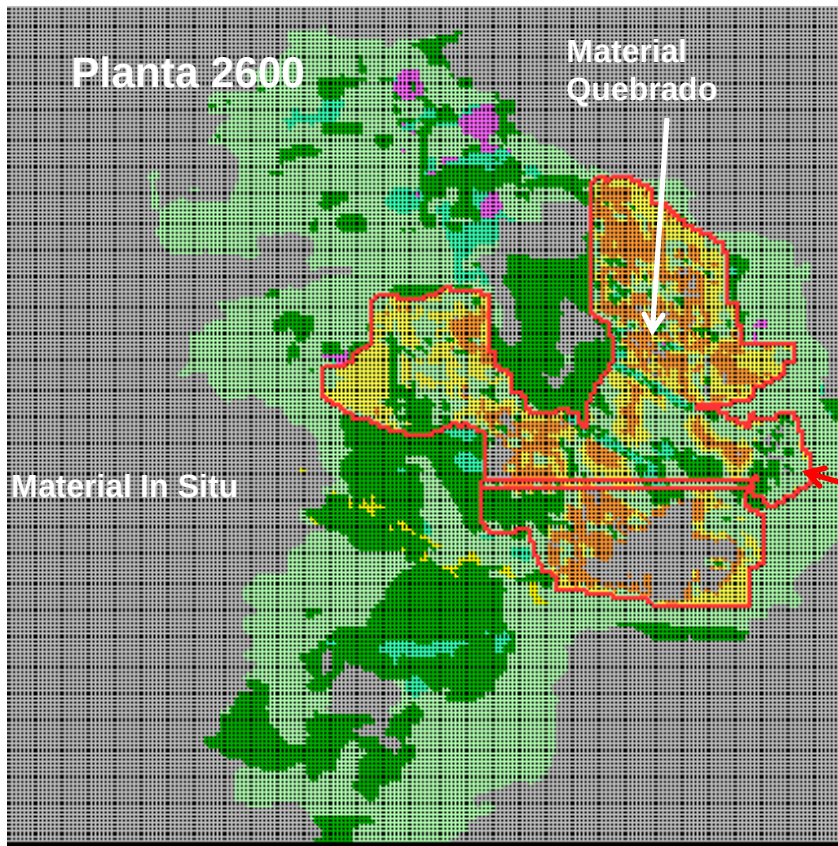
UGM	SOLUBILIDAD	RESTRICCIÓN % CuT	% DILUCIÓN	RECUPERACIÓN UGM	RECUPERACIÓN ESTIMADA
Rmte 1	0 - 15%	-	12%	80	83
Rmte 2	15 - 30%	-	25%	66	66
Rmte 3	>30%	>0.2	50%	55	53
Rmte 4	>30%	<0.2	100%	0	30 - 52

Modelo Matemático N°2

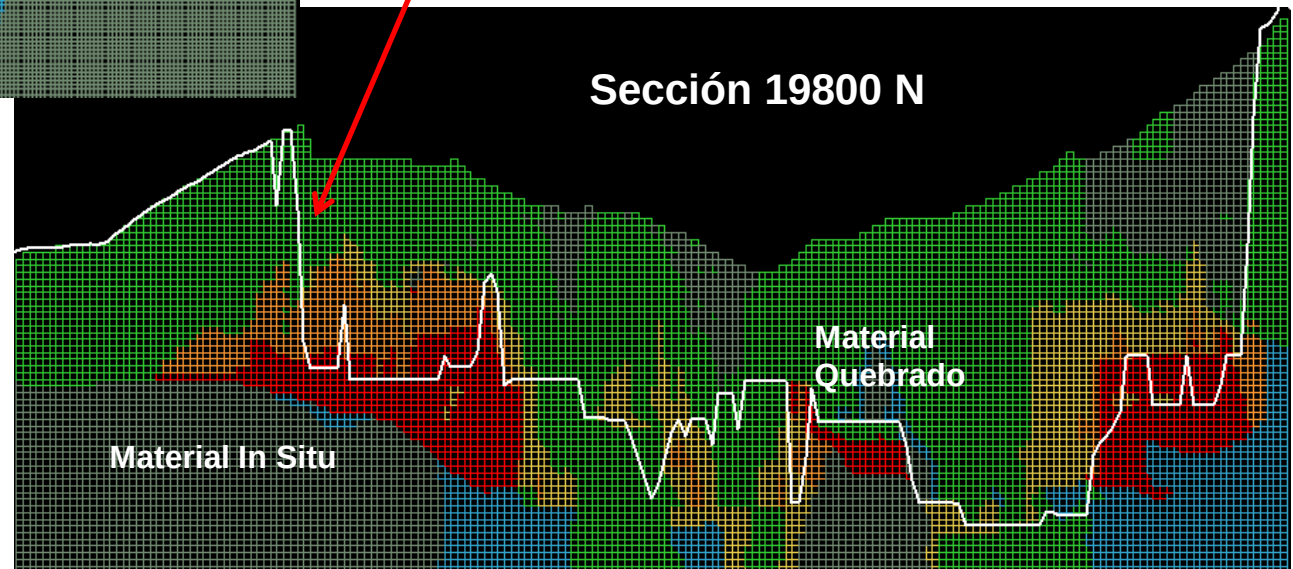
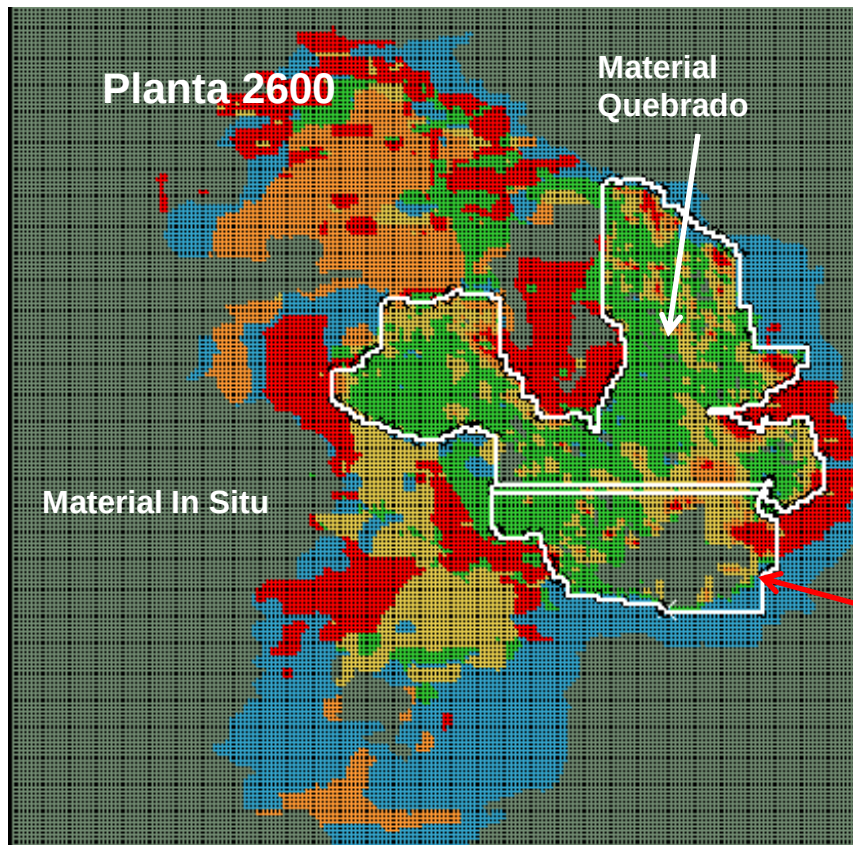
$$\text{RECCuT} = 99.5 - 8.65 \text{ LN_SOL_TOT} - 6.18 \text{ Ln_LEYFeT}$$



Recuperación de CuT



Work Index



Work Index		
FROM	TO	
8.0	10.0	
10.0	11.0	
11.0	12.0	
12.0	14.0	
14.0	16.0	
16.0	+	

- **Muchas Gracias!!!**