

## INFORME PROYECTO ESCUELA DE VERANO DELPHOS

### Análisis Básico:

#### 1. Estadísticas básicas del yacimiento

Examinando las estadísticas descriptivas se observa el contenido metálico del Cu en el modelo de bloques que tiene un valor mínimo de 0.001% hasta un máximo de 1.219% Cu, con una moda, mediana y media de 1.0%, 0.54% y 0.53% de Cu respectivamente.

Mediante el gráfico de histograma (Anexo 1) se visualiza que tiene una distribución uniforme a lo largo de rango de leyes y que existe mayor cantidad de bloques con ley de Cu de 1.01%.

Mediante el gráfico de box plot, se evidencia que no existe valores extremos los datos se encuentran en un intervalo de 0.001 a 1.219 % Cu.

Estadística Descriptiva	
Media	0.535
Error típico	0.004
Mediana	0.543
Moda	1.000
Desviación estándar	0.319
Varianza de la muestra	0.102
Curtosis	-1.285
Coefficiente de asimetría	-0.049
Rango	1.218
Mínimo	0.001
Máximo	1.219
Suma	3254.452
Cuenta	6085.000
Mayor (1)	1.219
Menor(1)	0.001
Nivel de confianza(95.0%)	0.008

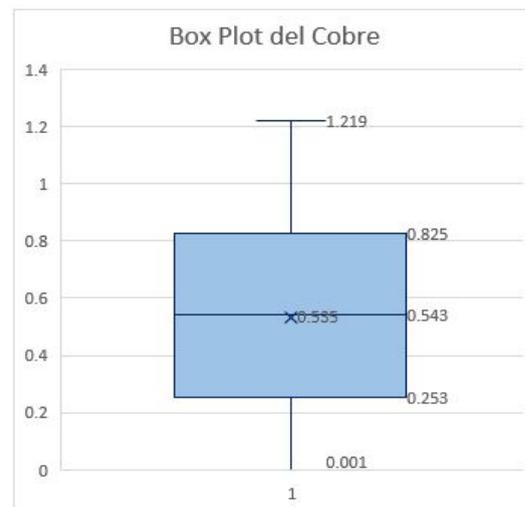


Tabla 1. Estadísticas descriptivas del modelo de bloques

Ilustración 1. Box plot del Cu

#### 2. Cálculo de Pit Final y Pits anidados

Para el problema de Pit final una vez ingresado los ángulos de talud como precedencia y los atributos del modelo de bloques que nos da el valor de cada bloque (valor planta, valor botadero), en la Ilustración 3 puede verse el pit final obtenido. El pit final va acompañado del valor económico del pit y el número de bloques tomados, los cuales fueron de **\$1.225.962.240.2** y **17.323** bloques.

Para los pit anidados se ingresaron los diferentes parámetros económicos del proyecto y se tomó un RF de 0,01, obteniendo un resultado de 101 pits, donde del pit 1 al 42 no es económicamente rentable extraer el material.

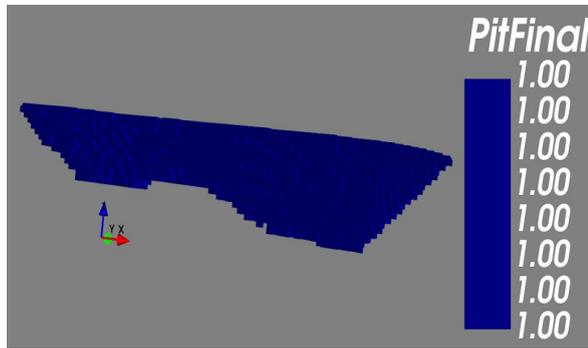


Ilustración 2. Visualización Pit Final en slices

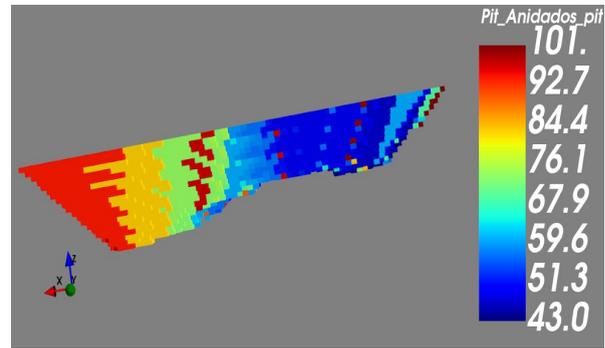


Ilustración 3. Visualización Pits Anidados

### 3. Selección de Fases

Se asignaron teniendo en cuenta la cantidad de toneladas de mineral con el fin de asegurar el procesamiento de la planta. De aquí observamos que a partir del Pit 94, se estabiliza este parámetro, por lo que se tomó el tonelaje del Pit en mención y se distribuyó en una cantidad de 3 fases, buscando tener una cantidad de material similar en cada una de estas como se muestra en la siguiente tabla:

FASE	RF	Nº PIT	TON TOTAL PIT	TON TOTAL ORE	VALUE	WASTE	WASTE/ORE
1	0,42	43	71916060	28909920	527197814	43006140	1,49
2	0,48	44 - 49	140138940	54169080	964202176	85969860	1,59
3	0,93	50 - 94	273332520	79445820	1225768229	193886700	2,44

Tabla 2. Asignación de fases

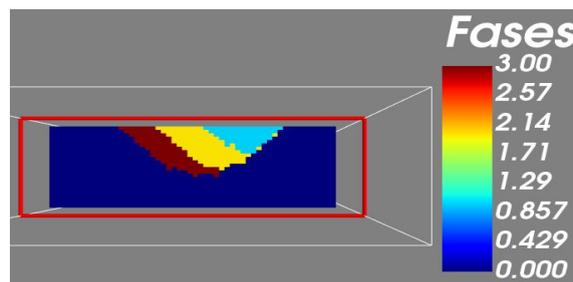


Ilustración 4. Visualización de fases en slices

### 4. Agendamiento

Agendamiento Convencional: colocando los parámetros de capacidad de tonelaje para mina y planta, puede verse que esta estrategia requirió un total de 9 periodos para agendar la producción. En la ilustración 5, se puede observar una oscilación de extracción de mineral y estéril, debido a la disposición del mineral en el yacimiento y la geometría del pit, donde claramente se ve que en el periodo 6 se extrae una gran

cantidad de esteril teniendo en ese periodo un beneficio menor a los siguientes. Se obtiene por este método un **VPN** de US \$567.966.185.

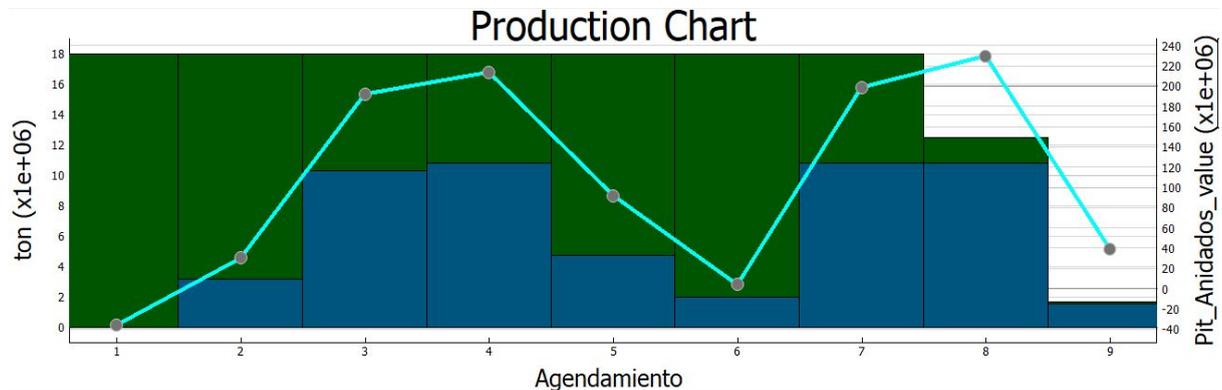


Ilustración 5. Visualización de Plan de producción

Agendamiento Directo por Bloques (DBS): se definió un total de 9 periodos con el fin de de realizar una comparación del agendamiento anterior, utilizando . Se observa una constante en cuanto a la relación esteril y mineral a extraer en cada periodo. en esta estrategia se obtiene un **VPN** de US \$537.702.412.

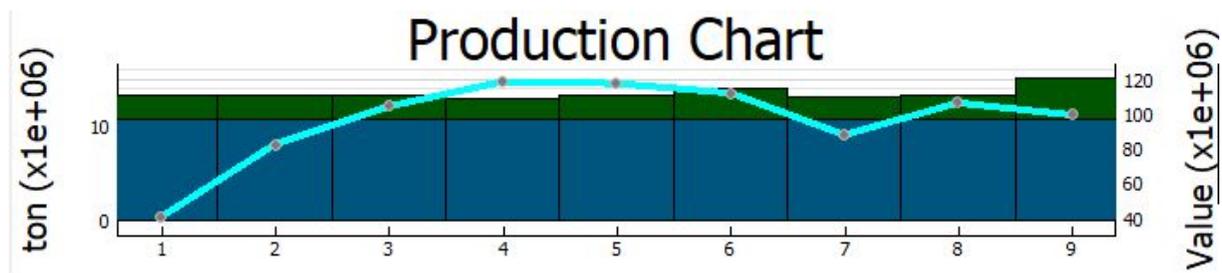


Ilustración 6. Visualización de Plan de producción

## 5. Comparación entre agendamientos

Para realizar una comparación entre ambos métodos se realizó una Tabla 3 en la cual se puede ver la cantidad de períodos y el VPN asociado. De la Tabla 3, se observa que la maximización del VPN es mayor en el agendamiento convencional en comparación con el método directo por bloques (DBS), teniendo una diferencia de 2.7% entre métodos, significativo al momento de querer el mayor beneficio para extraer, esto puede deberse a que el agendamiento por bloques es un método selectivo, es decir, que requiere de una mayor cantidad de parámetros, debido a que su objetivo es maximizar la valoración económica del proyecto, teniendo como consecuencia que otros bloques sean descartados para la extracción a diferencia del método convencional que considera la totalidad de los bloques.

A pesar de lo anterior, el DBS genera un plan de producción más estable donde no se producen cambios abruptos en el mineral ni en el esteril a extraer en cada periodo, como es el caso del agendamiento convencional. Esto es un gran punto a

favor, ya que al tener un plan relativamente constante permite definir de mejor forma características consideradas para el diseño, como es el caso de las flotas y los equipos a utilizar. A continuación se presenta un gráfico, el cual compara los dos casos mencionados de acuerdo a la razón esteril mineral (REM) por periodo. En el método convencional se observan grandes cambios en el REM, mientras que en el BOS2M el REM permanece constante.

Metodo	Periodos	VPN
Metodo convencional	9	\$567.966.185
Metodo Directo por Bloques	9	\$537.702.412

Tabla 3. Resumen comparativo

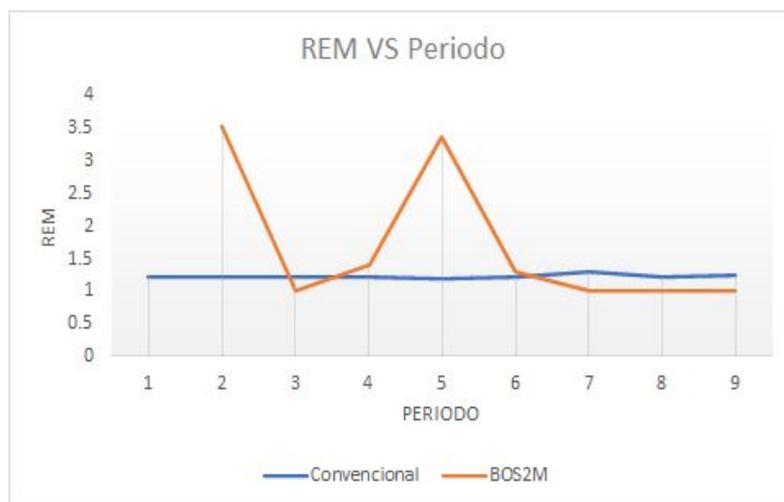


Ilustración 7. Visualización REM vs Periodo

Emplear el método directo por bloques es una buena opción para el caso en que el planificador sea inexperto o tenga poco conocimiento del tema, ya que este no tendrá que tomar grandes decisiones, por otro lado si el planificador posee gran experiencia es mejor que utilice el agendamiento convencional.

## Análisis Adicionales

### 1. VPN acumulado, VPN por periodo y por fase

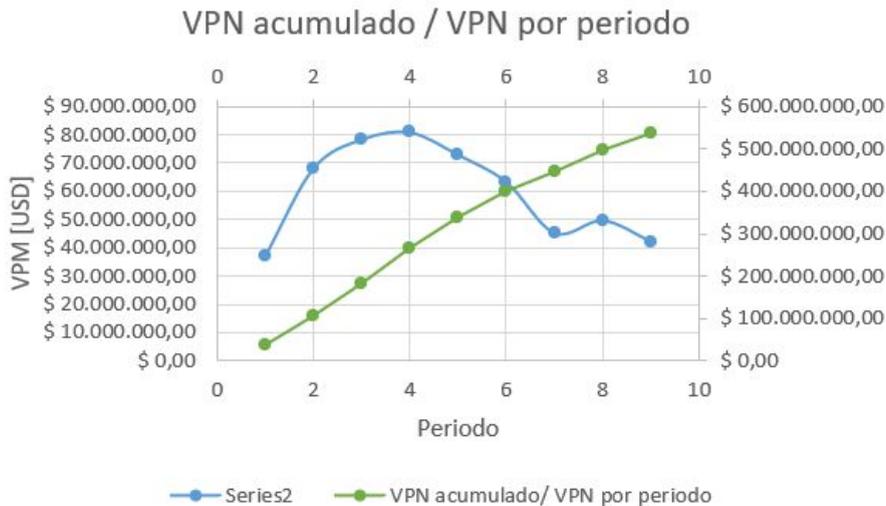


Ilustración 8. VPN acumulado /VPN por periodo

Se considera pertinente observar el comportamiento del VPN acumulado periodo a periodo, afirmando que para el último año tendremos el máximo valor, siendo lo idóneo y esperado para el proyecto, pues para ese año aún deben existir

flujos de caja. También fue posible obtener el comportamiento del VPN por periodo, dejando ver el mayor crecimiento en los primeros 4 periodos, y una baja para el periodo 7, lo cual es coherente con las gráficas obtenidas en Doppler en el agendamiento de la producción, pues es mayor el estéril que el mineral en ese periodo.

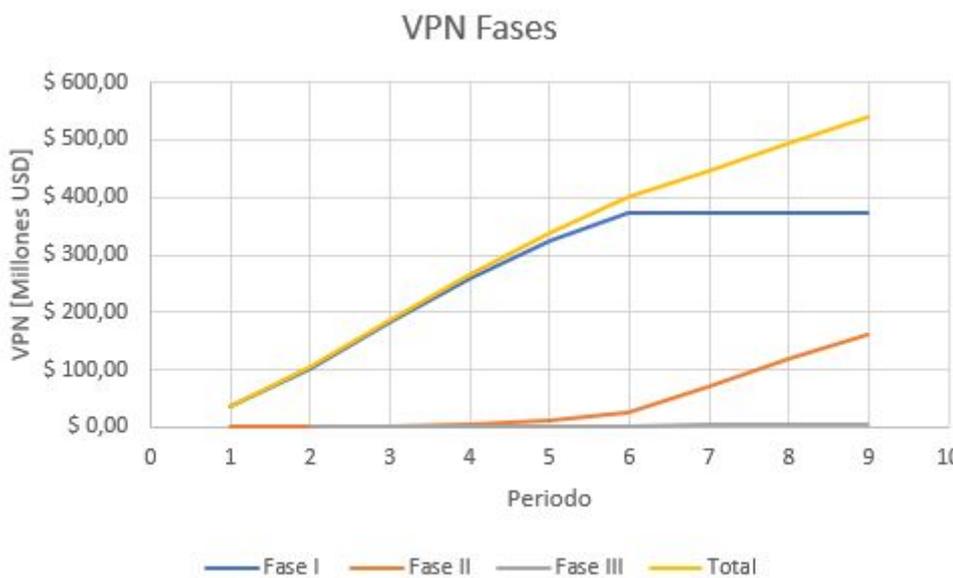


Ilustración 9. VPN por fase

Adicionalmente, la importancia de lograr observar cuál o cuáles fases serían las que generaría mayor o menor ganancia, obteniendo así en la ilustración 9 que la fase de mayor beneficio económico es la 1 y la de menor beneficio la número 3.

## 2. Comparación mínimo y máximo lead

Una vez generadas el conjunto de fases estas fueron sometidas a un agendamiento, donde se prioriza el esteril. Asimismo para iniciar la extracción de la siguiente fase es necesario predeterminar un número de bancos mínimos (min lead) y máximo (max lead) de desfase.

En primera instancia no se consideró los parámetros de max y min lead, por lo que el plan de producción arrojó un total de 9 periodos para la extracción, teniendo una distribución oscilante al igual que los otros agendamientos en los que se consideró los parámetros de maximo y minimo lead, distribuyendo la extracción en 12 periodos.

En los agendamientos posteriores al original (Anexo 8 - 13) se observa un decrecimiento en el valor del VPN y la alimentación a la planta no es constante, por lo que aun colocando max y min lead estos planes no serían factibles de ejecutar, pudiendo ocurrir una pérdida tanto económica como operacional por baja cantidad de equipos a utilizar en faena en cuanto al transporte y carguío de material, teniendo en cuenta las altas inversiones que genera un proyecto minero, donde lo que se busca es maximizar la rentabilidad de la misma.

<b>Metodo Convencional</b>				
	<b>Min Lead</b>	<b>Max Lead</b>	<b>Periodos</b>	<b>VPN</b>
<b>Agendamiento 1</b>	0	0	9	\$567.966.185
<b>Agendamiento 2</b>	2	4	12	\$469.681.676
<b>Agendamiento 3</b>	2	5	12	\$491.730.084
<b>Agendamiento 4</b>	1	3	12	\$455.187.743

Tabla 4. Resumen comparativo

## 3. Costo mina variable según profundidad

Para obtener un análisis más realista se utilizó un costo mina variable en función de la profundidad. Para esto se desarrolló una fórmula, la cual hace variar el costo mina desde 0.65 US\$/ton para los bloques que se encuentran en la parte superior hasta 4.15 US\$/ton para los bloques con mayor profundidad.

Se dejó el costo de 2 US\$/ton en la cota 135 y, por cada bloque arriba o abajo se incrementó por  $\pm 0.1$  dependiendo de la ubicación del mismo, esto se determinó gracias a la visualización del agendamiento mediante BOS2M con costo normal, el cual se encuentra entre la cota 270 y la cota 0, por lo tanto, la mitad entre estos es de 135. De este modo realizar una comparación entre agendamiento con costo mina fijo y costo mina variable resulta congruente.

Como resultado el VPN aumentó en 24% con un costo mina variable y un plan de producción similar al primer caso. En conclusión, al tener información más concisa o más completa como es el caso de un costo mina distinto para cada bloque, puede hacer que el proyecto cambie notoriamente dando un resultado más realista.

- Agendamiento costo mina fijo, VPN = US \$568.341.297.

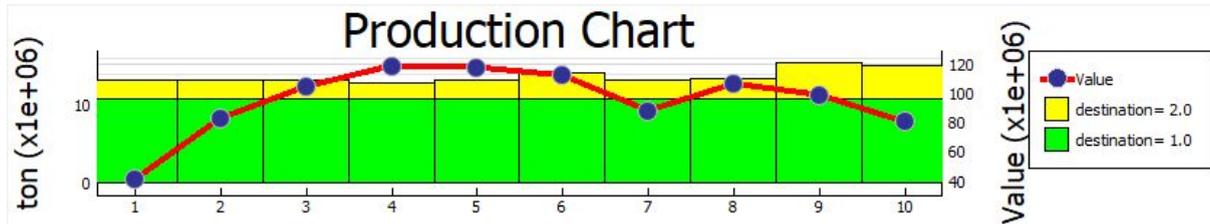


Ilustración 10. Plan de producción a destinos

- Agendamiento costo mina variable, VPN = US \$703.858.718

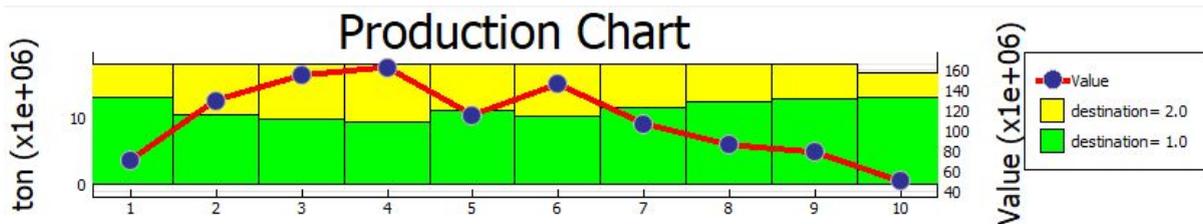
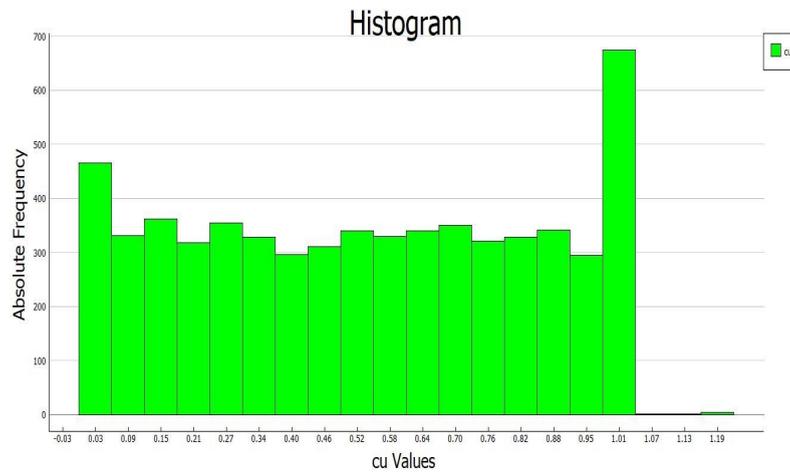


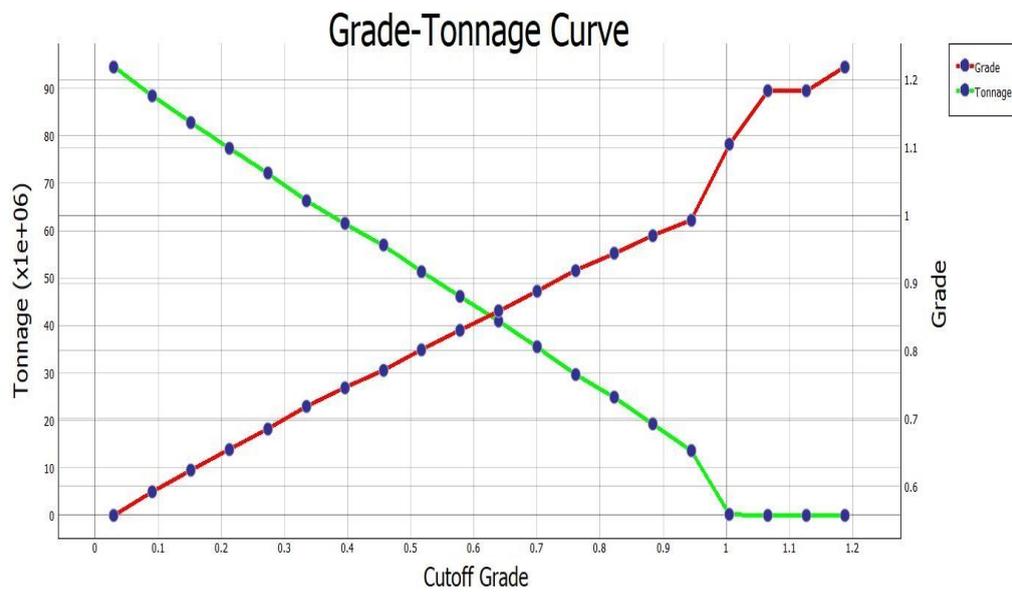
Ilustración 11. Plan de producción a destinos

## Anexos análisis básico

### 1. Histograma y Curva Tonelaje - Ley

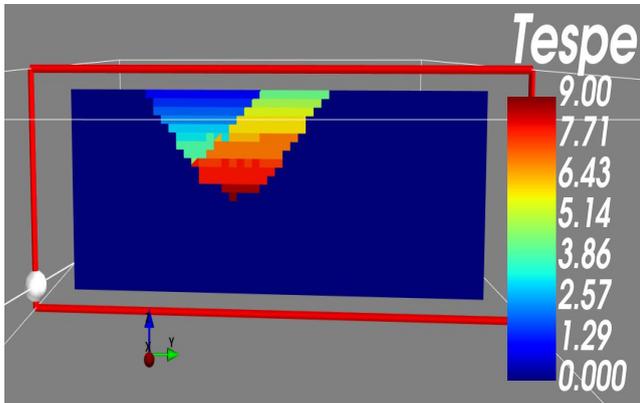


Anexo 1. Histograma Ley Cu

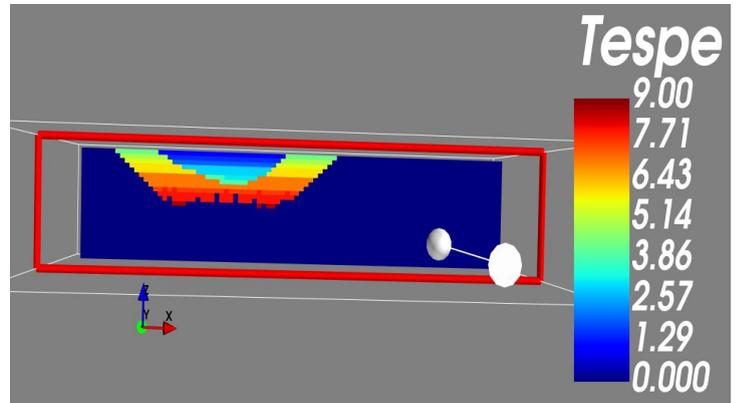


Anexo 2. Curva Tonelaje-Ley

## 2. Agendamiento Convencional

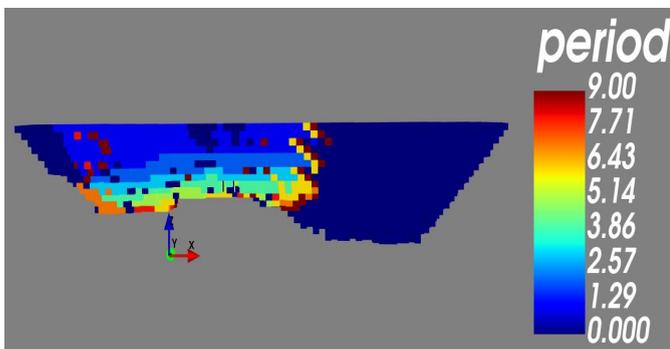


Anexo 3. Slice YZ Método convencional

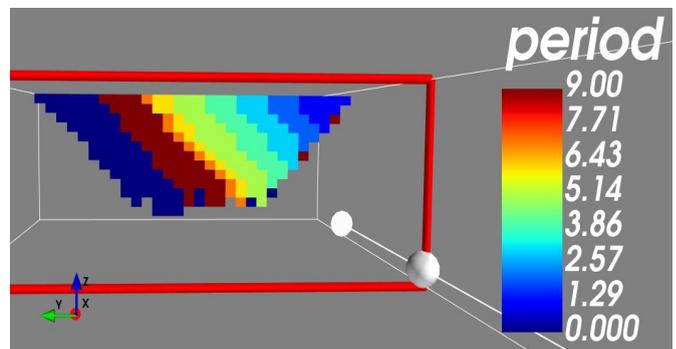


Anexo 4. Slice XZ Método convencional

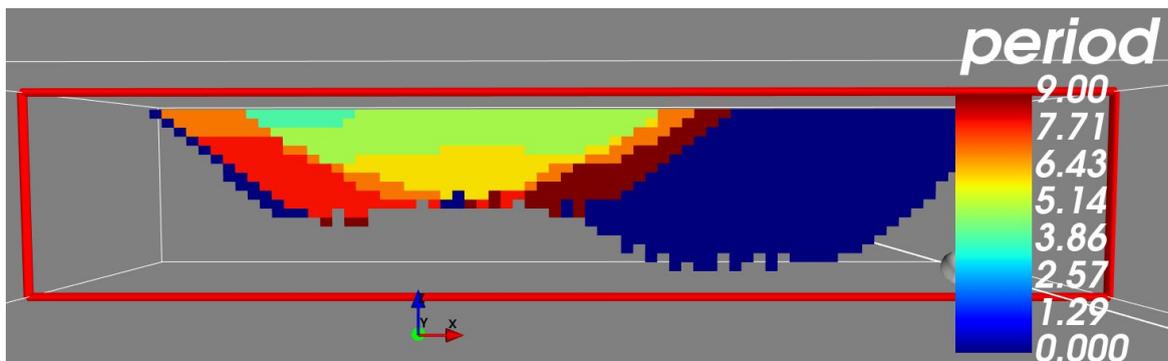
## 3. Agendamiento directo de bloques (TOPOSORT)



Anexo 5. Método directo de Bloques



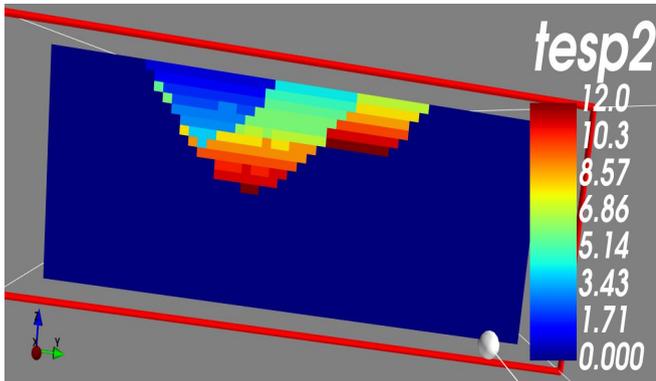
Anexo 6. Slice YZ Método directo de Bloques



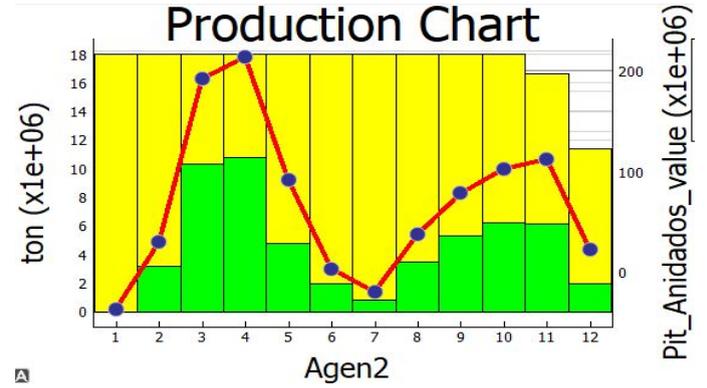
Anexo 7. Slice XZ Método directo de Bloques

## Anexo Análisis Adicionales

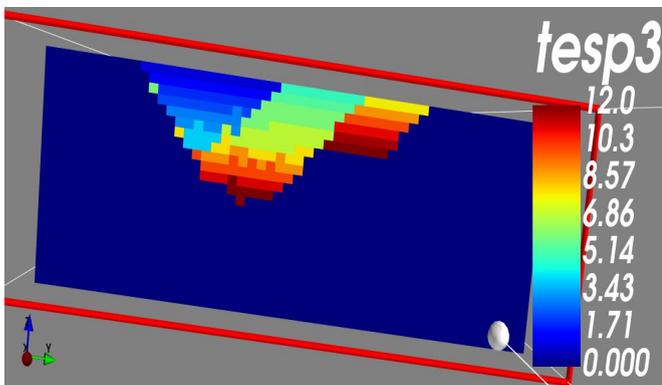
### 1. Comparación mínimo y máximo lead



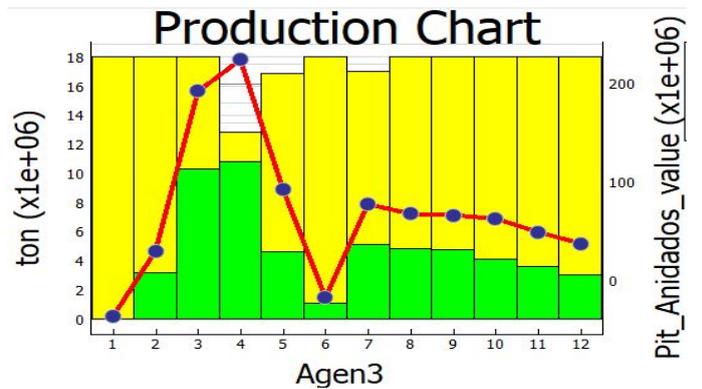
Anexo 8. Slice YZ Agendamiento 2



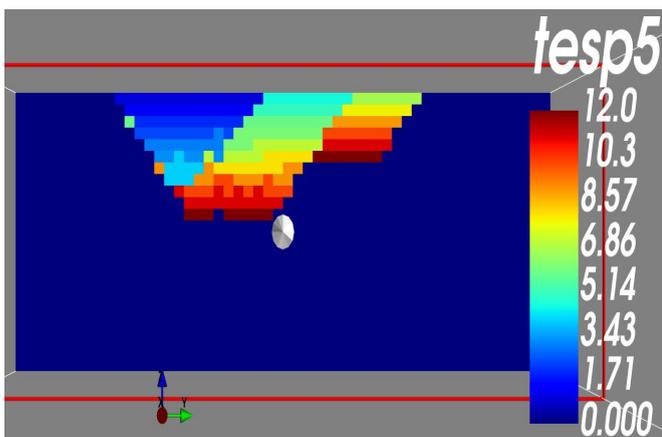
Anexo 9. Plan Producción Agen2



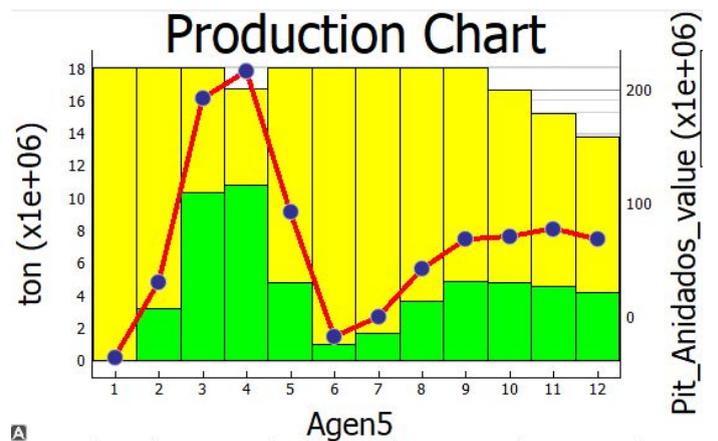
Anexo 10. Slice YZ Agendamiento 3



Anexo 11. Plan Producción Agen3



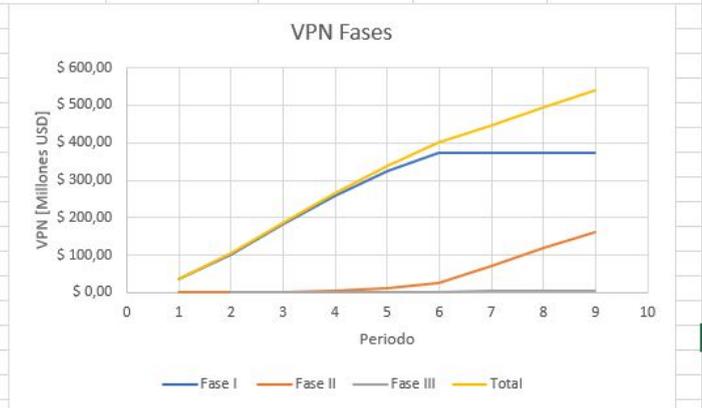
Anexo 12. Slice YZ Agendamiento 4



Anexo 13. Slice YZ Agen4

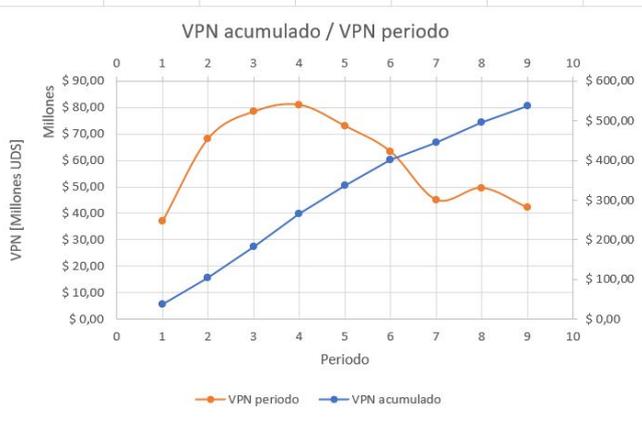
## 2. Costo mina variable según profundidad

Etiquetas de fila	Suma de Valor_max	Periodo	Fase I	Fase II	Fase III	Total
<b>1</b>	<b>40753277,87</b>	1	\$ 36.551.735,91	\$ 496.698,52		\$ 37.048.434,43
1	40206909,5	2	\$ 103.474.225,88	\$ 1.338.708,46	\$ 495.104,98	\$ 105.308.039,32
2	546368,3765	3	\$ 181.275.373,05	\$ 1.745.150,27	\$ 723.293,03	\$ 183.743.816,35
<b>2</b>	<b>82539660,36</b>	4	\$ 259.391.697,45	\$ 4.326.538,89	\$ 990.779,28	\$ 264.709.015,63
1	80976212,87	5	\$ 324.824.331,98	\$ 11.159.729,00	\$ 1.734.137,25	\$ 337.718.198,23
2	1018832,022	6	\$ 371.514.979,20	\$ 26.894.718,31	\$ 2.648.538,01	\$ 401.058.235,52
3	544615,4745	7	\$ 371.514.979,20	\$ 71.628.633,97	\$ 3.098.087,44	\$ 446.241.700,61
<b>3</b>	<b>104370408,5</b>	8	\$ 371.514.979,20	\$ 120.448.362,21	\$ 3.976.388,75	\$ 495.939.730,17
1	103553326,9	9	\$ 371.514.979,20	\$ 161.257.448,75	\$ 5.441.845,69	\$ 538.214.273,64
2	540974,0463					
3	276107,5494					
<b>4</b>	<b>118505545,8</b>					
1	114370110,6					
2	3779411,083					
3	356024,1991					
<b>5</b>	<b>117473183,6</b>					
1	105379912,2					
2	11004921					
3	1088350,391					
<b>6</b>	<b>112063474,6</b>					
1	82715329,67					
2	27875493,4					
3	1472651,583					
<b>7</b>	<b>87970150,63</b>					
2	87173746,4					
3	796404,2265					
<b>8</b>	<b>106360984</b>					
2	104649423,2					
3	1711560,791					
<b>9</b>	<b>99367028,46</b>					
2	96225691,38					
3	3141337,083					
<b>Total general</b>	<b>869403713,9</b>					



Anexo 14. Visualización VPN por fase

Etiquetas de fila	Suma de Valor_max	VPN acumulado	VPN periodo
1	40753277,87	\$ 37.048.434,43	\$ 37.048.434,43
2	82539660,36	\$ 105.263.029,77	\$ 68.214.595,34
3	104370408,5	\$ 183.678.062,44	\$ 78.415.032,67
4	118505545,8	\$ 264.618.944,79	\$ 80.940.882,34
5	117473183,6	\$ 337.560.549,39	\$ 72.941.604,60
6	112063474,6	\$ 400.817.459,34	\$ 63.256.909,95
7	87970150,63	\$ 445.960.056,30	\$ 45.142.596,96
8	106360984	\$ 495.578.240,28	\$ 49.618.183,98
9	99367028,46	\$ 537.719.560,39	\$ 42.141.320,11
<b>Total general</b>	<b>869403713,9</b>	<b>\$ 872.912.328,08</b>	



Anexo 15. Visualización VPN Acumulado y por periodo