

PROYECTO DOPPLER 2021 – EQUIPO #8

ESCUELA DE VERANO PLANIFICACIÓN Y OPERACIONES MINERAS DELPHOS 2021

En el presente informe se muestran los resultados obtenidos a partir del análisis y agendamiento de la producción minera correspondiente a un depósito mineralizado con valores de Cu empleando la herramienta de optimización DOPPLER. Para ello se entregó un modelo conformado por 116,640 bloques, cuyas dimensiones son de (20.0, 20.0, 15.0) para cada bloque.

❖ ESTADÍSTICAS BÁSICAS DEL YACIMIENTO

De acuerdo con la información reportada como parte del modelo de bloques, se identificaron dos unidades geológicas como parte del depósito mineral, la zona de sulfuros y la zona de óxidos, reportándose una ley máxima de Cu de 1.219%.

❖ HISTOGRAMAS

Como parte de la generación del histograma de leyes de Cu correspondiente al modelo de bloques se agruparon los valores reportados en 25 intervalos, obteniéndose el siguiente gráfico:

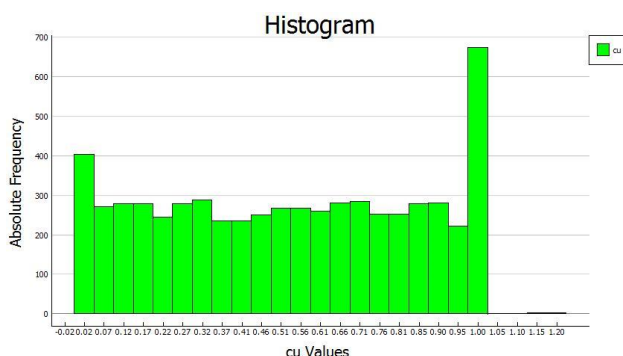


Figura 1: Histograma de leyes de Cu correspondiente al modelo de bloques de análisis.

Como se muestra en la **Figura 1**, la mayor cantidad de bloques fueron agrupados en intervalos de leyes de Cu que van de 0.2% al 1.0%, siendo este último grupo donde se observa la mayor cantidad de bloques. Asimismo, se determinó sólo el 5.50% (6,085) de los bloques, presenta leyes superiores a 0.0.

❖ Curvas tonelaje-Ley

Como parte del análisis exploratorio se determinó la curva *Tonelaje-Ley* correspondiente al yacimiento. En la **Figura 2**, se muestra la gráfica obtenida.

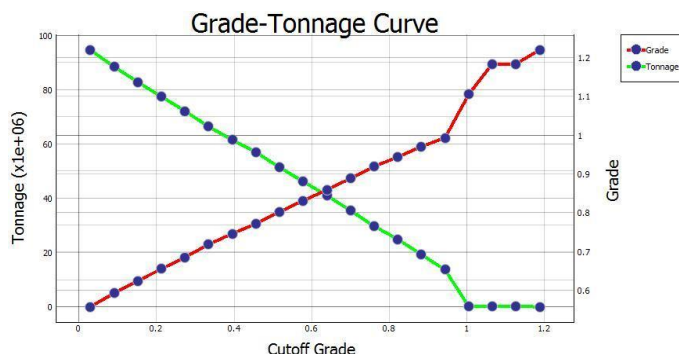


Figura 2: Curva tonelaje-ley de Cu correspondiente al modelo de bloques.

❖ PIT FINAL Y PITS ANIDADOS

La envolvente económica con máximo valor contenido se determinó empleando la herramienta DOPPLER y considerando los parámetros técnicos y económicos mostrados en la **Tabla A1**. Con base en dichas consideraciones se estableció que el pit final tiene un valor de \$1,225,962,240.16 y se conforma por 17, 323 bloques. En la **Figura 3** y **Figura 4** se muestran un par de vistas en sección correspondientes a la envolvente económica determinada.

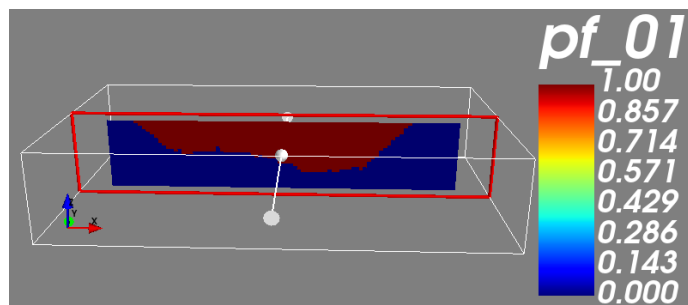


Figura 3: Vista en sección XZ del pit final.

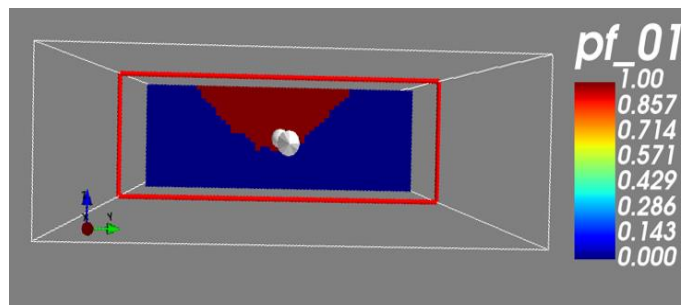


Figura 4: Vista en sección YZ del pit final.

Los pits anidados se determinaron empleando la variación de un revenue factor (RF) de 0.0 a 1.0 con intervalos de 0.005, de modo que se obtuvieron 200 envolventes de pit. Cabe señalar que para los RF de 0.0 a 0.84 no se obtuvieron resultados económicamente favorables por lo que fue hasta el RF de 0.86 cuando se determinó una viabilidad para la explotación. En la **Figura 5**, se muestra la gráfica correspondiente a dicho análisis.

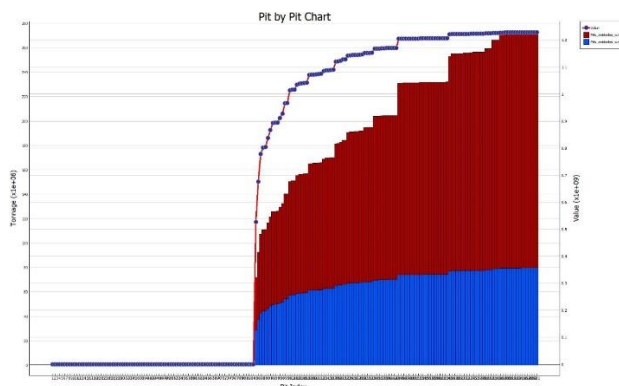


Figura 5: Gráfica de pits anidados en la que se muestra la variación de valor y tonelaje de mineral y estéril correspondiente a cada pit.

Desprendiendo de los gráficos (**ANEXO 6**) se puede obtener que el pit final posible correspondería al número 163, debido a que presenta uno de los valores más altos para la meseta y, desde otro punto de vista, corresponde al último incremento considerable entre pits, de forma que para los subsiguientes no se aprecian cambios considerables en el reporte de beneficio. Finalmente, cabe destacar que para el pit 164 y 165 se reporta un alza en el movimiento de estéril, lo cual no resulta beneficioso para el proyecto futuro. Es importante destacar que el modelo de bloques presenta una REM que impacta fuertemente al alza a medida que se analizan mayor cantidad de pit, por lo tanto, es necesario contrastar con el beneficio económico al cual apuntan aquellos pits mencionados.

❖ SELECCIÓN DE PUSHBACKS

Entiendo que el pit final corresponde a un anidado de aproximado 74,3 Millones de toneladas. Entiendo que se presenta una gran cantidad estéril para la extracción y considerando los gastos en los que se incurren por el desgaste de máquinas, mantenciones, etc, es necesario que el retorno del VAN sea considerable. Se ha procedido a dividir en fasoides de similar capacidad hasta llegar al PIT óptimo como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 1: Parámetros generales correspondientes a cada pushback seleccionado.

R.F	Mov Mineral	Beneficio económico [MUSS]
0.425	28,909,920	527.1
0.47	49,925,280	894.4
0.815[NF óptimo]	74,340,120	1,206.3

Considerado que este beneficio aún está a la espera de ser reducido debido a gastos de personal, préstamos, inversiones, aún en este escenario resulta un retorno favorable, por tanto, estas serán las fasoides a utilizar. Se aprecia una extensión no solo de profundidad, sino que además la fase 2 y 3 presentan una leve extensión longitudinal en sentido WE. Existe espacio operacional adecuado entre fases para toda la extensión y la conexión entre ellas se visualiza adecuadamente. (figura 6)

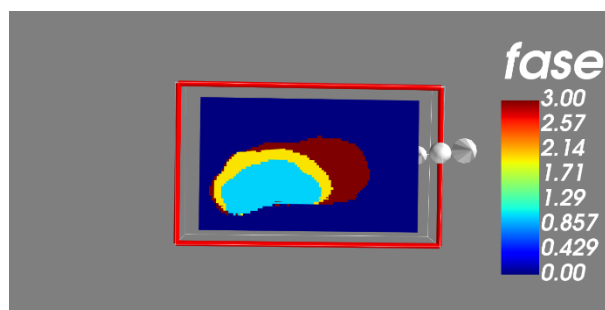


Figura 6: Vista en planta donde se muestran las fasoides propuestas.

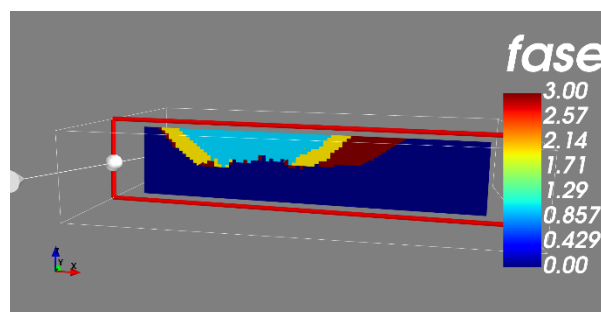


Figura 7: Vista en sección YZ donde se muestran las fasoides propuestas.

❖ AGENDAMIENTO CONVENCIONAL

El agendamiento convencional de la producción se realizó contemplando restricciones anuales para la mina de 18,000,000 [ton/año] y para la planta de 10,800,000 [ton/año], así como una tasa de descuento anual del 10%. En base a los movimientos entregados y sin restricciones de Min-Max Lead se obtiene el resultado mostrado en el **ANEXO 7**.

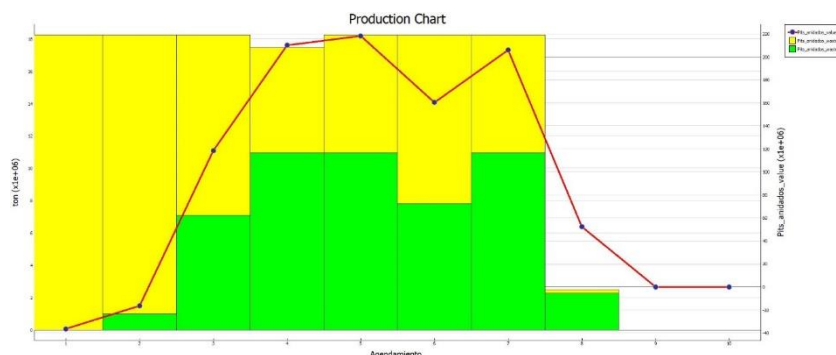


Figura 8: Gráfica de producción generada por agendamiento convencional en términos de toneladas de mineral-estéril.

En el **Anexo 8** y **Anexo 9**, se presentan los gráficos de producción generado por agendamiento convencional en término de fases y el tiempo esperado de explotación del pit por período, respectivamente.

❖ AGENDAMIENTO POR TAYLOR

Se ha realizado un análisis proponiendo corregir el movimiento minas de las 74,3MTon de mineral con el algoritmo sencillo de Taylor para la Vida útil y ritmo de producción. A continuación, se presenta el resultado:

Tabla 2: Resultados de agendamiento para TAYLOR.

Reservas estudiadas	74,34 MTon
VOE	15-23 años [Rango 0.8-1.2]
ROP	5-7.6 MTon/años [Rango 0.8-1.2]

En base a los resultados obtenidos se ha planificado el nuevo agendamiento para las respectivas capacidades calculadas. Además, se ha adicionado la restricción para Min/Max Lead. Se ha decidido entregar restricciones al Max Lead de 3 bancos al menos de diferencia, ya que no se posee suficiente información acerca de posible alteración en el factor de seguridad en taludes y como se llevará la operación en su máximo potencial, de otra forma, por seguridad de diseño se impone este valor. Así también, se ha impuesto una restricción para el Min Lead de 1 banco de diferencia para las fases para que de esta forma se puedan operar dos fases de manera simultánea si así lo requiere el plan de producción y evitar retrasos en la planificación minera.

En el **ANEXO 10** se muestran los agendamientos por TAYLOR BAJA, TAYLOR ALTA, que, junto al agendamiento convencional y BOS2m, permiten generar la siguiente tabla:

Tabla 3: Comparación de agendamientos, caso tradicional, Taylor baja, Taylor Alto, BOS2M.

Caso analizado	Tradicional	Taylor Bajo	Taylor Alto	BOS2M
VPN reportado [MUSS]	541,525	394,084	471,162	596,339

❖ AGENDAMIENTO BOS2M

El agendamiento de bloques mediante la metodología DBS se realizó contemplando restricciones anuales para la mina de 18,000,000 [ton/año] y para la planta de 10,800,000 [ton/año], así como una tasa de descuento anual del 10%.

A partir de dichas consideraciones se determinó que el pit será extraído en 11 períodos, arrojando un Valor Presente Neto (VPN) de \$596,338,639.66 y un Valor sin descuento de \$1,027,437,499.21. En la **Figura 9**, se muestra la gráfica de producción generada en términos de toneladas de mineral-estéril.



Figura 9: Gráfica de producción por agendamiento de bloques (metodología DBS) en términos de toneladas de mineral-estéril.

En el **Anexo 11** y **Anexo 12**, se presentan los gráficos de tiempo esperado de explotación del pit por período y el destino de los bloques, respectivamente.

❖ ANALISIS ADICIONAL

Todos los análisis siguientes se consideraron con la metodología de Taylor alto, es por razones que presentaba mayor consistencia en sus resultados, a pesar que presentaba un menor VPN, su secuencia de extracción era constante.

❖ COSTO MINA VARIABLE:

Para el costo de mina variable, se generó una función a través de una regresión lineal, esto considerando que a mayor profundidad los costos influenciados mayormente por la distancia que debe recorrer el equipo y su consumo energético, para ellos se consideró como supuesto que cada 15[metros] de profundidad el costo de mina aumentaría 10%.

$$\text{Costo mina} = -0.0067 * Z + 3.8$$

Esta nueva columna fue generada directamente en Doppler, para posteriormente generar la columna de Beneficio ó Valor planta.

Los resultados respecto al VPN son los siguientes:

	Costo mina variable [MUSD]	Costo mina no variable [MUSD]	Variación [%]
Agendamiento Tradicional	455.96	471.16	3.23
DBS	397.39	417.8	4.88

Tabla 4: Variación del van, al considerar costo de mina variable.

Se puede apreciar que el resultado que genera el DBS es menor al del agendamiento, esto es debido a que el algoritmo de DBS optimiza, no solo el VAN, también la secuencia de extracción respetando los ángulos del pit. Respecto al costo de mina variable la variación es entre 3-4.88% según el tipo de agendamiento no es un valor tan alto, sin embargo en este modelo la profundidad del yacimiento y la afloración del mineral no alcanzaba mayor profundidad, pero existen yacimientos que tienen mayor profundidad y adicional se ven enfrentados a la disminución de sus leyes, por ende en esos casos habrían 2 factores que alterarían el VPN del proyecto a largo plazo que se deberían considerar, y en ese caso si la profundidad alcanza un costo de mina muy alto generar un trade off sobre la viabilidad de seguir explotando a través de minería superficial.

❖ ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD:

Para el análisis de sensibilidad se generaron iteraciones a través del algoritmo DBS y no se consideró el agendamiento tradicional. A continuación, se presentan los resultados.

Precio:

El precio que se debe considerar para que el proyecto no sea viable, es decir NPV sea negativo es una reducción del 60% sobre el precio actual, 1.9 USD/lb. Es fundamental poder saber a que precio el proyecto no es viable, ya que los precio es un parámetro no controlable.

Costo mina:

El costo mina es un factor mucho más flexible, para que produzca impacto en el VPN este debería aumentar 450% del precio actual y ser cercano a los 9 usd/ton, a pesar que en la actualidad las minas cielo abierto han ido aumentando su profundidad, se espera que al aumentar el costo de mina y la rem se considere un cambio a minería subterránea que considerando un costo de mina de 9 usd/ton pasa a ser competitivo con minería subterránea.

Costo planta:

En este caso se consideró el aumento y disminución del valor para roca tipo 1 y 2, correspondientes a sulfuros y óxidos, se puede apreciar que al igual que el costo mina, el costo planta tiene flexibilidad y no repercute tanto en el VPN su disminución o aumento es gradual y no tan significativa. Para que el costo planta tenga un impacto en la viabilidad del proyecto debe aumentar aproximadamente 500% del precio actual.

Recuperación:

La recuperación al igual que el precio del cobre tiene mayor impacto sobre el VPN, se puede observar como el aumento o disminución de la recuperación repercute a mayor escala sobre la viabilidad del proyecto. Para que la recuperación afecte el VPN de manera negativa debe reducirse aproximadamente un 60% del valor actual.

En conclusión, es fundamental el estudio de un proyecto considerando la variabilidad de los parámetros claves, como son los costos de operación, sin embargo, el precio no es un factor que podamos controlar, pero si considerar modelos predictivos para poder planificar con precios variables y de esta manera no tener problemas ante una eventual caída.

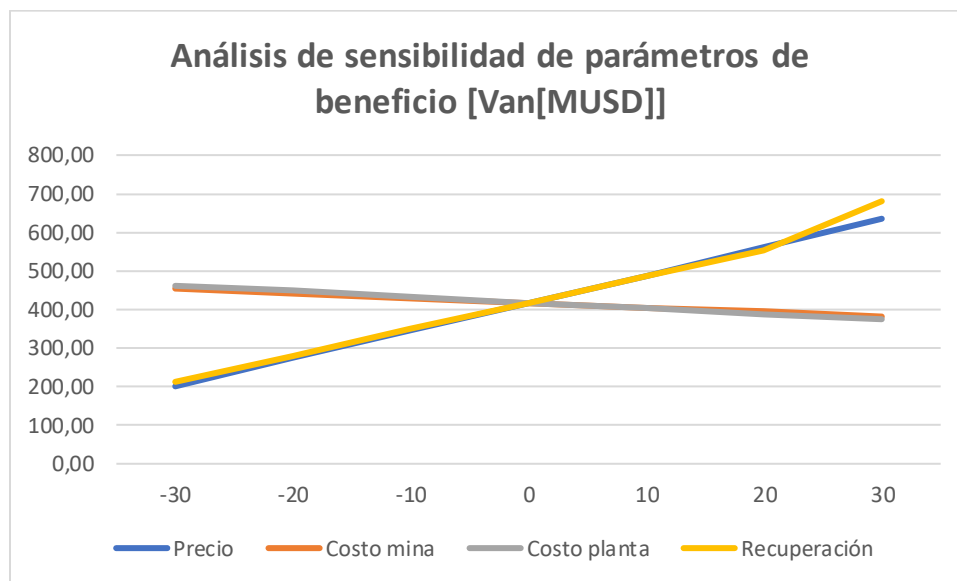


Figura 10: Gráfica de análisis de sensibilidad de Precio,Cm,Cp y Recuperación.

❖ IMPLICANCIA DE AGENDAMIENTOS EN POSTERIOR DISEÑO:

Los agendamientos tradicionales son una idea de cómo planificar el yacimiento y nos entregan un posible valor del proyecto, considerando la inversión o no considerando la inversión, hay algunos ponderadores dentro de los algoritmos que generan una variación de parámetros claves, sin embargo no es suficiente para considerar la variabilidad que existe en proyectos mineros, donde cada parámetro económico es variable en el tiempo, dependiendo de las características geográficas, sin mencionar que el precio del metal no es controlable y es manejado por la bolsa de valores, es por ello que es fundamental no quedarse con la idea de un agendamiento y en lo posible en la planificación a largo plazo considerar todos los parámetros que son incluidos en el beneficio variables.

El agendamiento tampoco es posible llevarlo tal cual, a la operación, debido a que lo que nos entrega no es un modelo operativizado, y al operativizar las fases las reservas y leyes se pueden ver afectadas.

ANEXOS

ANEXO 1: Modelo de bloques de análisis correspondiente al depósito mineralizado de estudio.

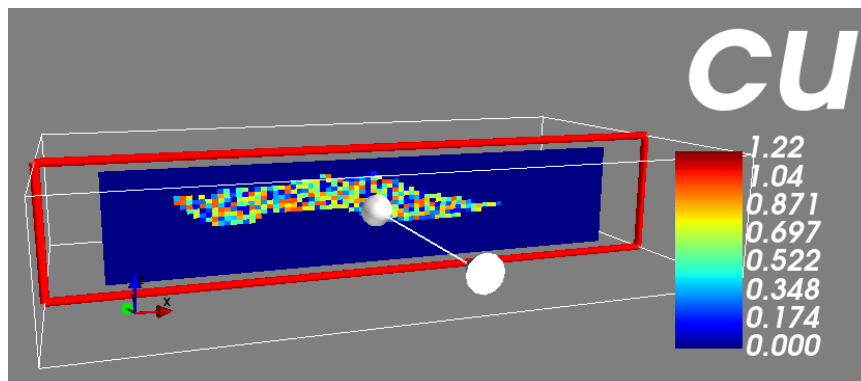


Figura A1: Vista en sección XZ del modelo de bloques en la que se muestra la distribución de leyes de Cu

ANEXO 2: Estadísticas generales del modelo de bloques arrojado por DOPPLER.

	Attribute	Min	Avg	Max
1	x	-120.00000000	770.00000000	1660.00000000
2	y	-120.00000000	410.00000000	940.00000000
3	z	-75.00000000	97.50000000	270.00000000
4	ton	12000.00000000	16143.77109053	16380.00000000
5	cu	0.00000000	0.02790168	1.21900000
6	rocktype	0.00000000	0.19182956	2.00000000

Figura A2: Estadísticas básicas del modelo de bloques arrojadas por DOPPLER.

ANEXO 3: Estadísticas generales del modelo de bloques arrojado por DOPPLER.

En la **Figura A3** y **Figura A4**, se muestra la distribución de leyes correspondientes a la zona de sulfuros y zona de óxidos. Con base en dichas ilustraciones es posible observar que existe una mayor concentración de bloques con leyes altas de Cu en la zona de sulfuros.

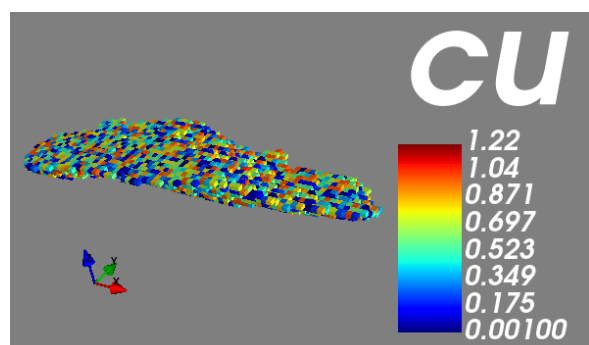


Figura A3: Distribución de leyes de Cu dentro de la zona de sulfuros en el depósito mineral.

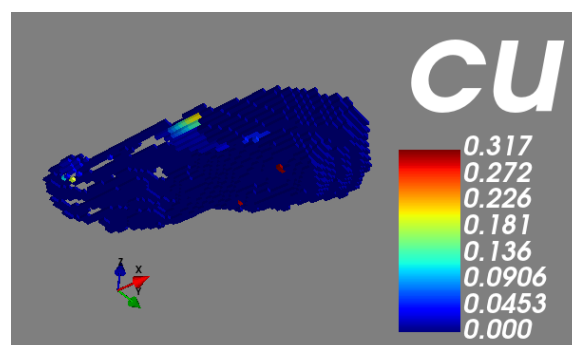


Figura A4: Distribución de leyes de Cu dentro de la zona de óxidos en el depósito mineral.

ANEXO 4: Parámetros técnicos y económicos empleados para la valorización de los bloques, determinación de la envolvente económica con máximo valor contenido y agendamiento de la producción.

Tabla A1: Parámetros técnicos y económicos considerados dentro de los análisis

PARÁMETRO	VALOR
Precio Cu [USD \$/lb]	2.8
Costo mina [USD \$/ton]	2
Costo planta sulfuros [USD \$/ton]	7.2
Costo planta óxidos [USD \$/ton]	5.1
Costo venta	0.15
Recuperación óxidos	60%
Recuperación sulfuros	80%
Ángulo de precedencia	[42°, 45°, 48°]
Capacidad de minado [tpd]	50,000
Capacidad de planta [tpd]	30,000

ANEXO 5: Pit final

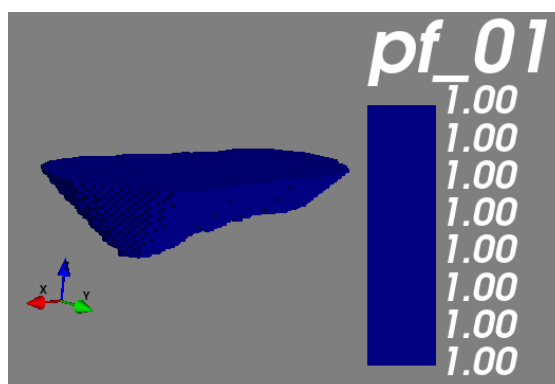


Figura A5: Bloques que conforman el pit final determinado por medio de DOPPLER.

ANEXO 6: Pits anidados

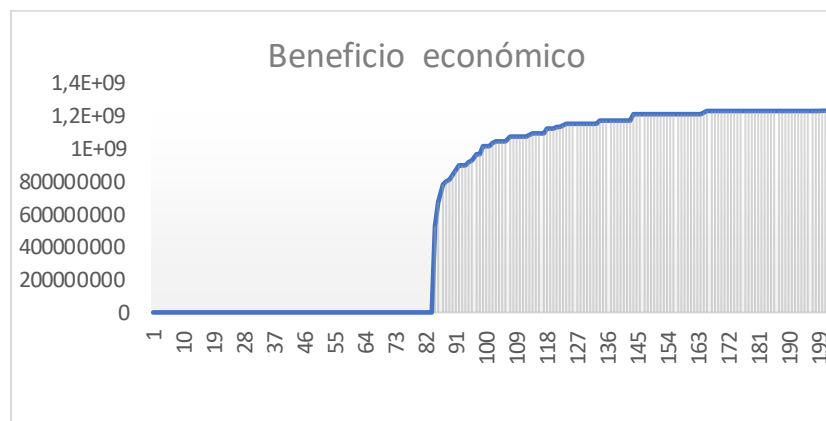


Figura A6: Beneficio Económico vs pits anidados

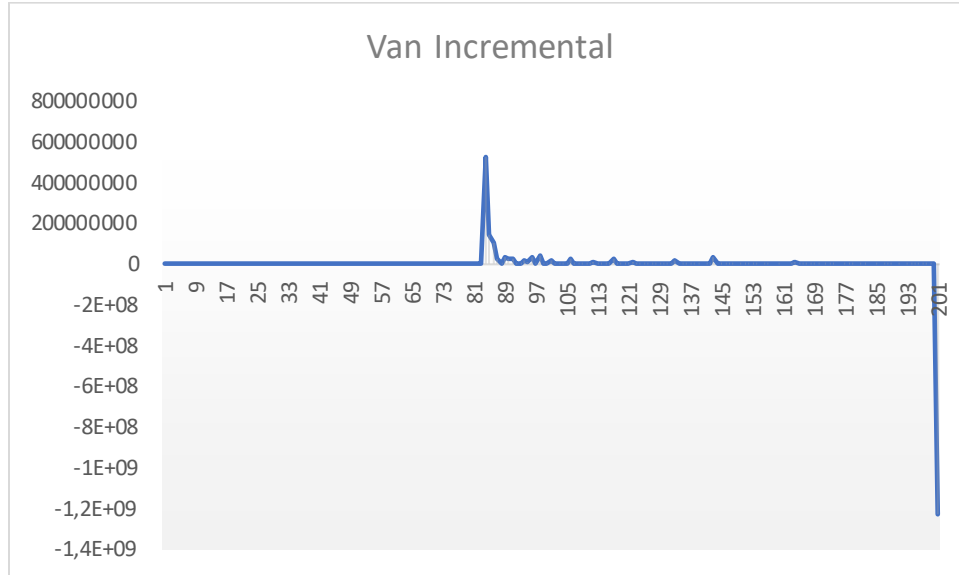


Figura A7: Van Incremental vs pits anidados

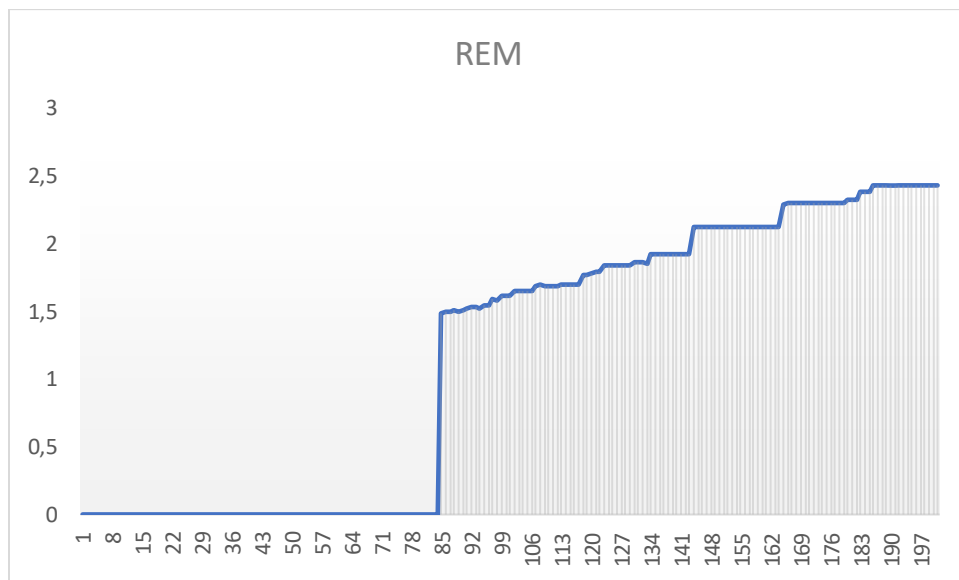


Figura A8: REM vs pits anidados

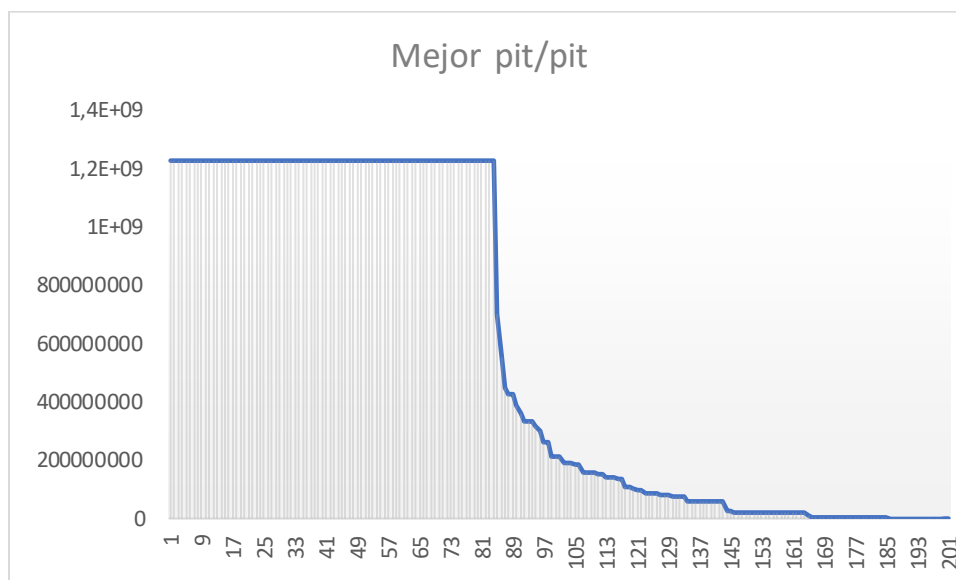


Figura A9: Mejor pit/pit vs pits anidados

ANEXO 7: Agendamiento tradicional sin restricciones de Min-Max Lead:

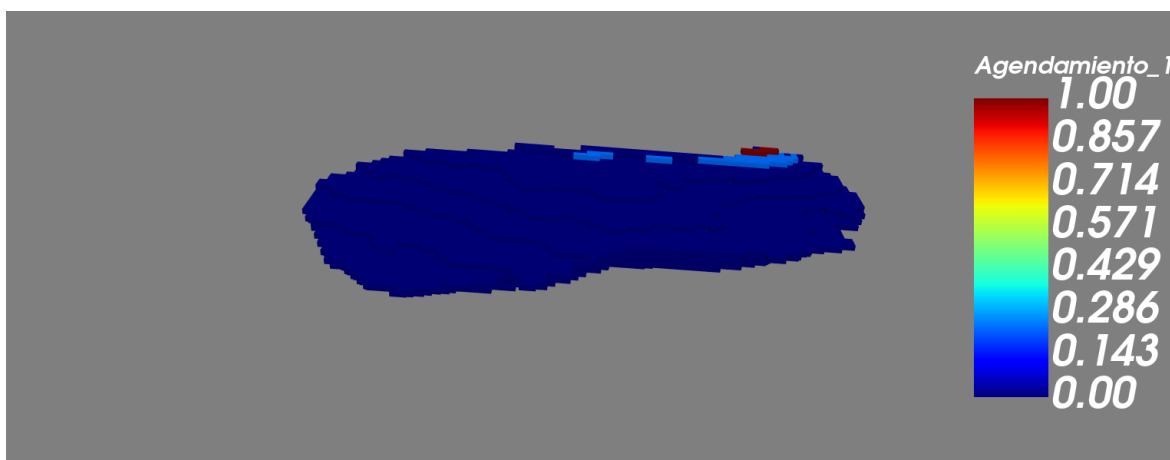


Figura A10: Agendamiento_1

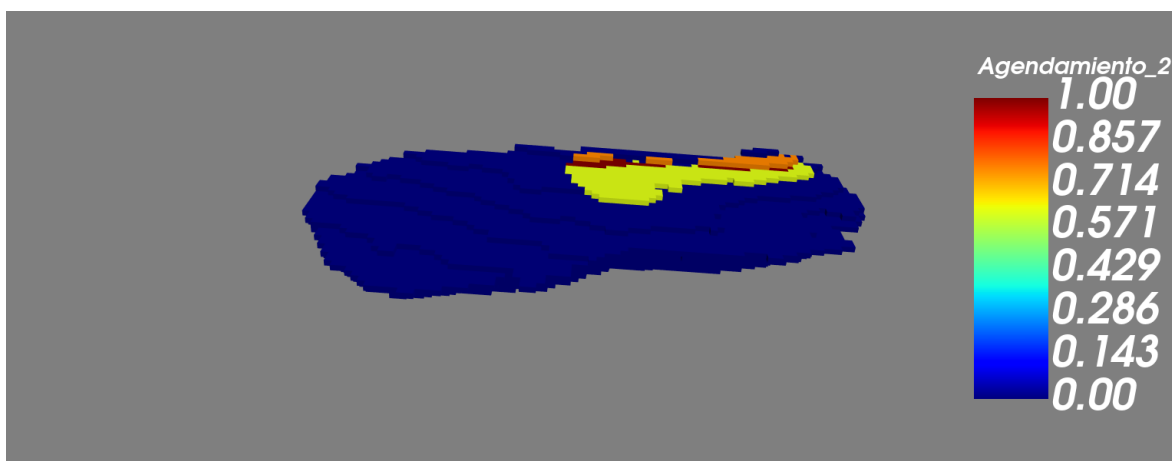


Figura A11: Agendamiento_2

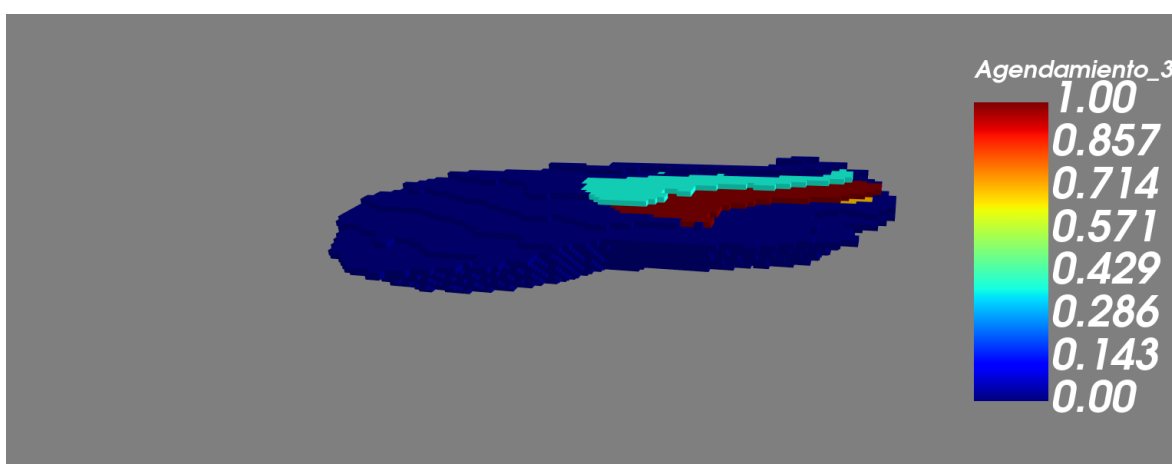


Figura A12: Agendamiento_3

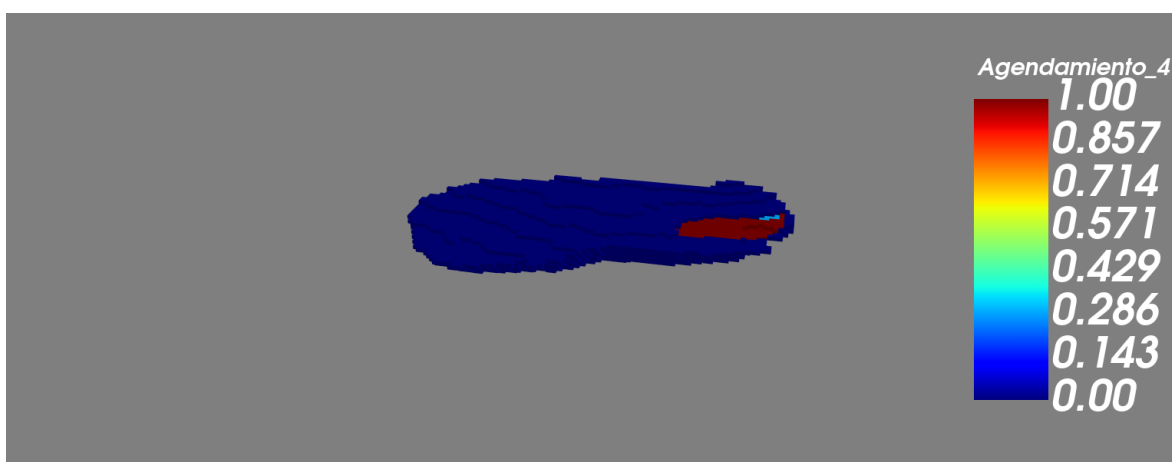


Figura A13: Agendamiento_4

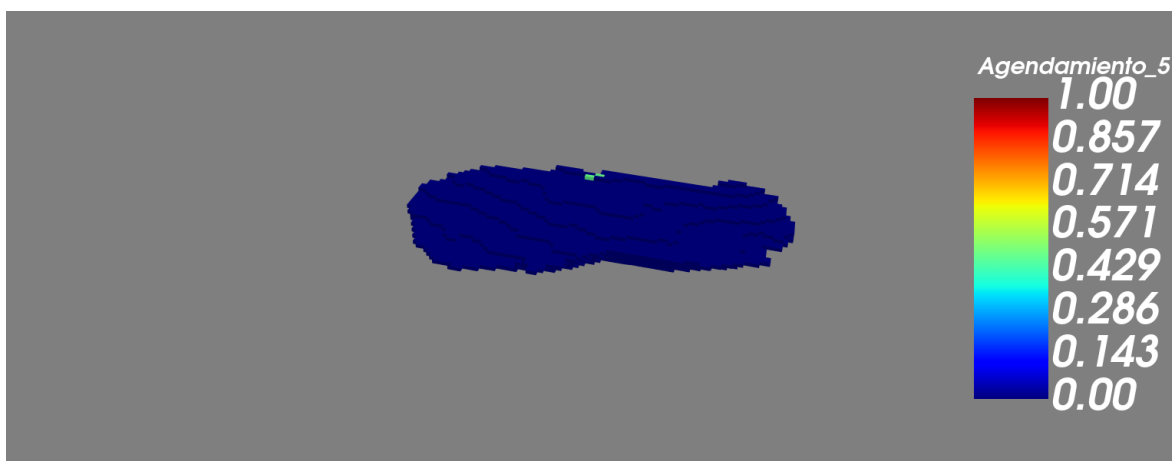


Figura A14: Agendamiento_5

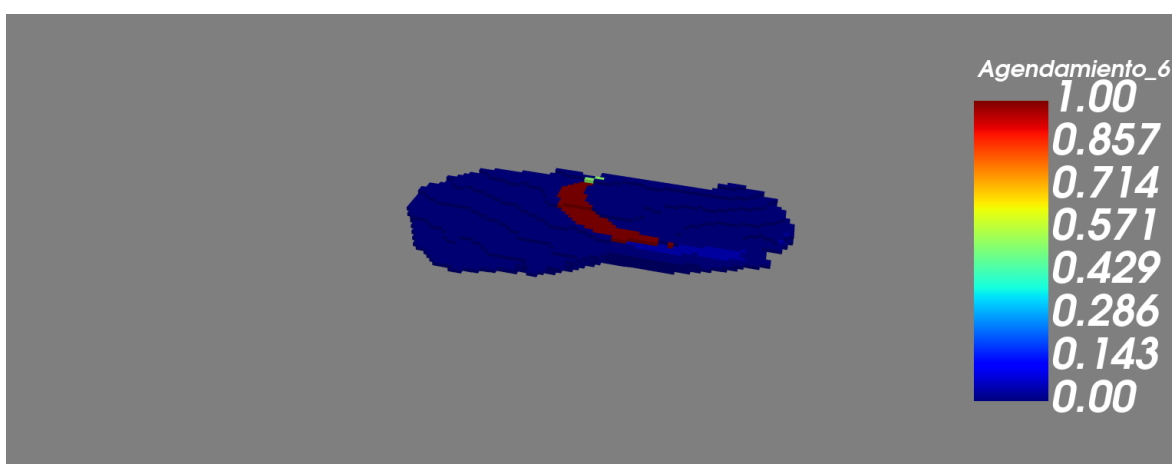


Figura A15: Agendamiento_6

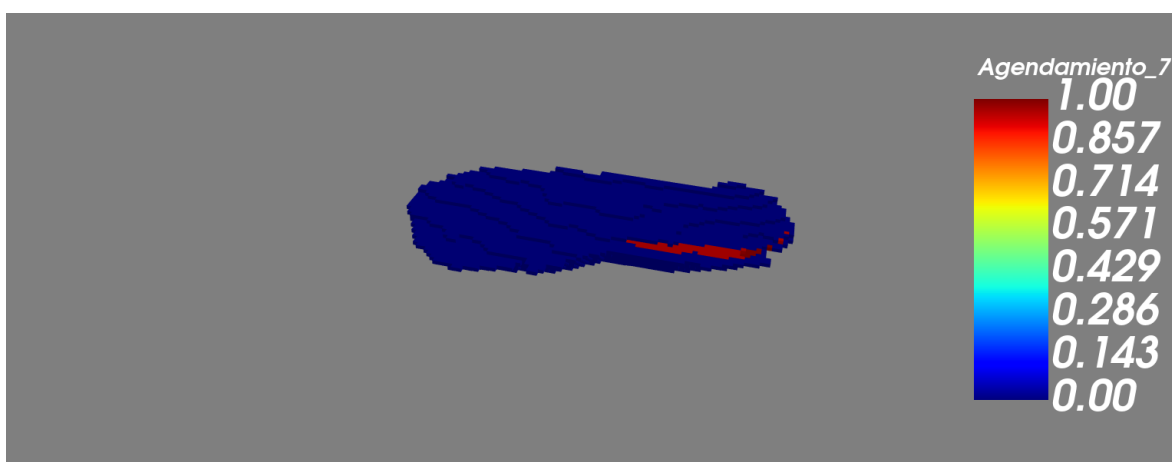


Figura A16: Agendamiento_7

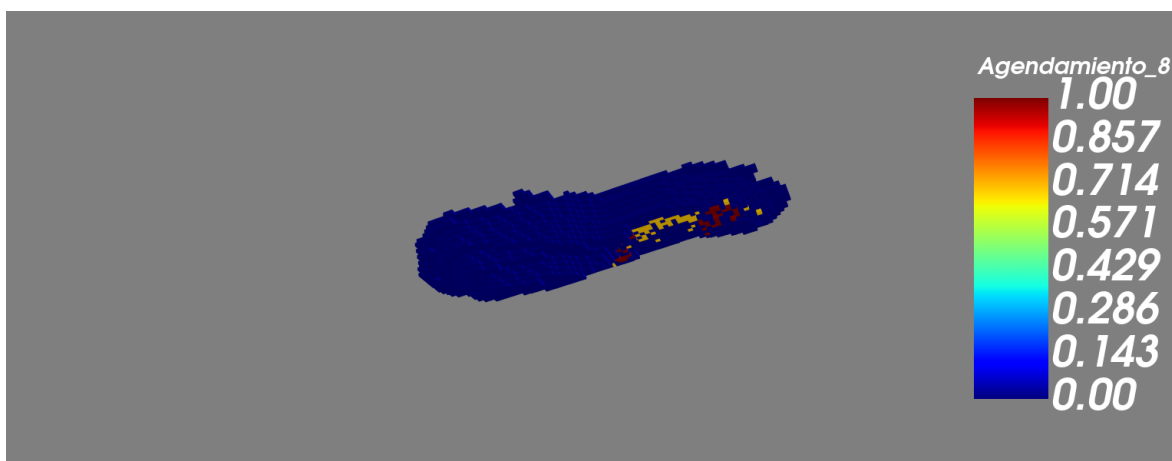


Figura A17: Agendamiento_8

ANEXO 8: Gráfico de producción generado por agendamiento convencional en término de fases

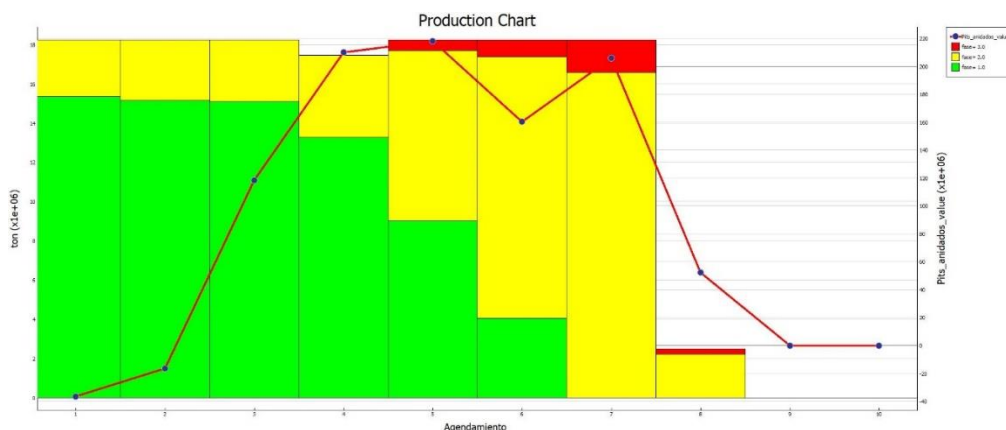


Figura A18: Gráfica de producción generada por agendamiento convencional en términos de fases.

ANEXO 9: Tiempo esperado de explotación del pit por período determinado por agendamiento convencional

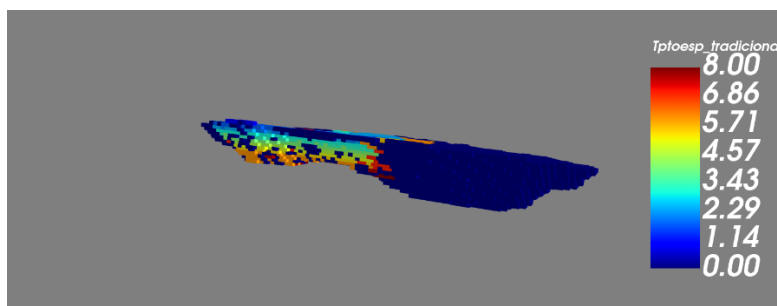


Figura A19: Tiempo esperado de explotación del pit por período.

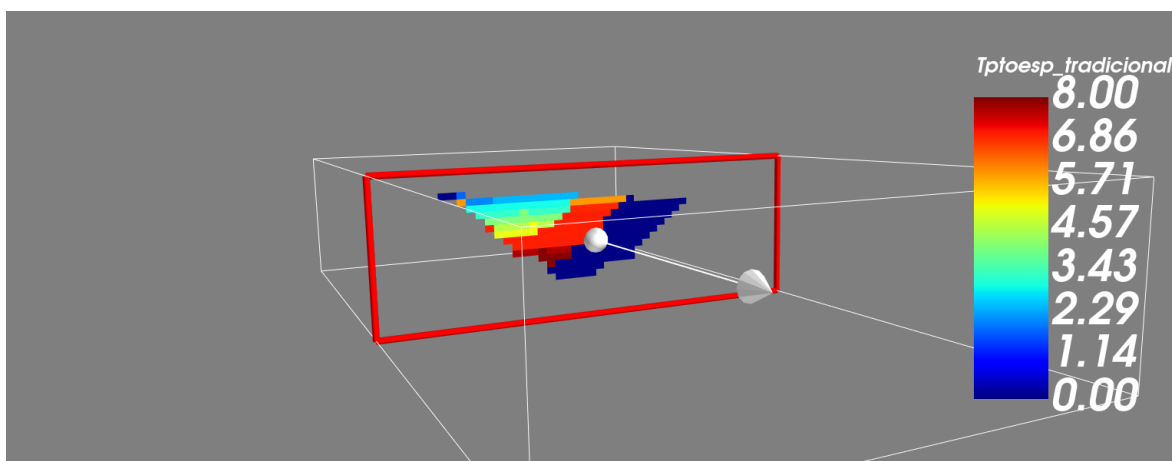


Figura A20: Tiempo esperado de explotación del pit por período.

Se aprecia el orden de extracción en el cual, hasta aproximadamente el agendamiento 5 se define el término de la fase 1, el agendamiento 6 determina el final de la fase 2 y por último el agendamiento 8 culmina con el pit óptimo. Cabe resaltar que es muy probable que el movimiento mina haya finalizado antes que la planta, por lo tanto, los agendamientos 9 y 10 corresponderán a solo movimiento productivo.

ANEXO 10: Agendamiento con TAYLOR.

Planificación Taylor Baja

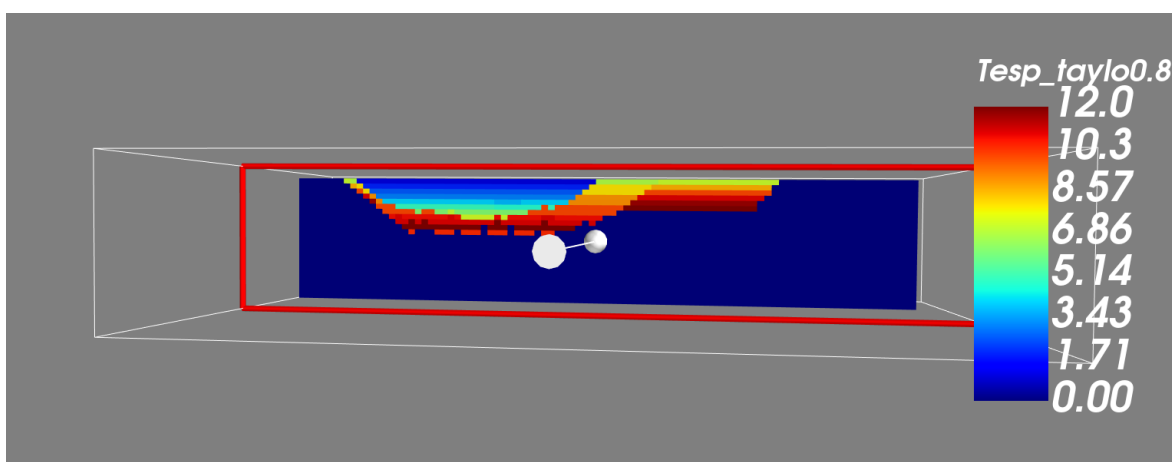


Figura A21: Tiempo esperado Taylor baja

Claramete se puede apreciar que en primera medida el depósito tendrá una duración de 2 año mas con respecto al agendamiento inicial, y por otra parte, esto conlleva a una mejor distribución de la explotación de las fases evitando dejar períodos de tiempo sin movimiento mina (es lo que se espera en un plan de producción real).

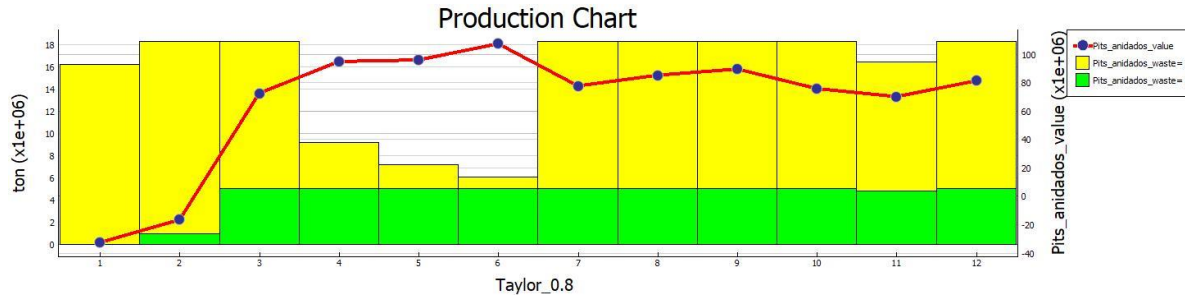


Figura A22: Plan de Producción Taylor Baja.

A diferencia de lo que sucede con el agendamiento inicial, aquí el movimiento de producción se mantiene relativamente constante a diferencia a los primeros años equivalentes a un movimiento potencial de estéril durante el pre-stripping. A su vez, aun cuando el depósito presenta REM altos, se mantiene un movimiento de mineral suficiente y constante para cumplir con el plan proyectado. Finalmente, se hace necesario mencionar como el NPV se mantiene casi constante para los años no correspondientes a pre-stripping, lo cual favorece a la compañía minera ya que un cambio negativo inesperado en el VAN afecta las decisiones financieras posteriores.

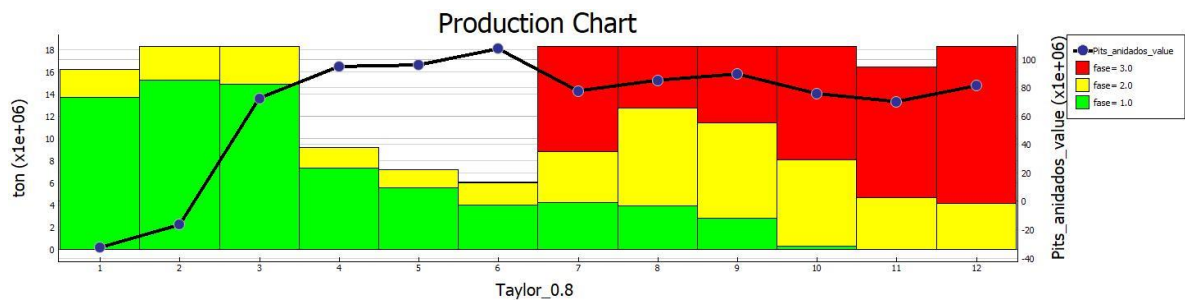
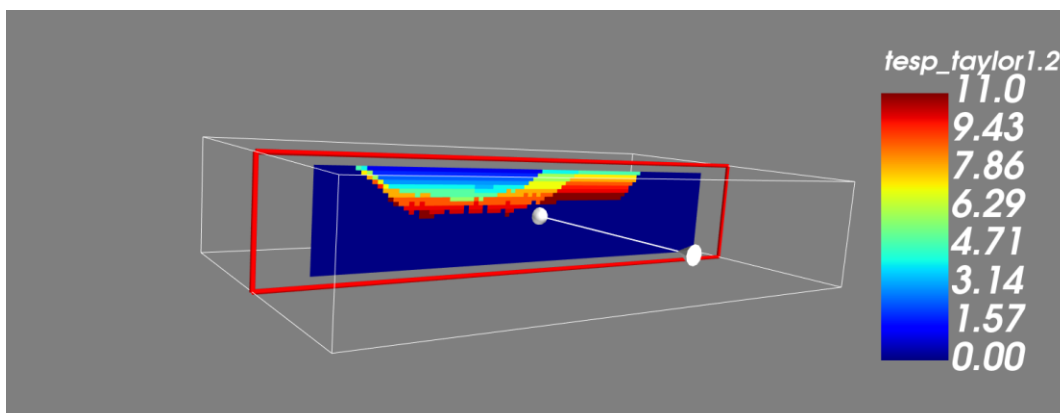


Figura A23: Producción en término de fases para Taylo Baja.

Debido a las restricciones de Min y Max Lead, se da un contacto simultáneo pronunciado sobre todo para la fase 2 que se hace partícipe en todo momento.

Planificación Taylor Alta

A continuación, se presenta como se ejecutará la extracción de los bloques para Taylor con menor duración.



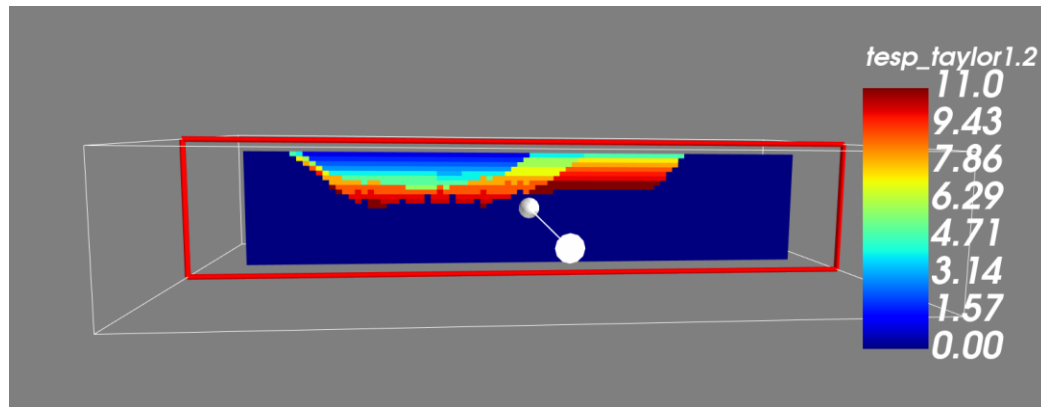


Figura A24, A25, Tiempo esperado para Taylor Alta.

Nuevamente, se genera una mejor distribución a lo largo de los 11 períodos de manera de evitar vacíos de movimiento mina a lo largo de la duración de la mina. Cabe destacar, que las fases están conectadas para su explotación simultánea y existe un suficiente espacio operacional. (No se aprecian irregularidades en el proceso de extracción, por ejemplo, que una fase este siendo explotada de manera irregular).

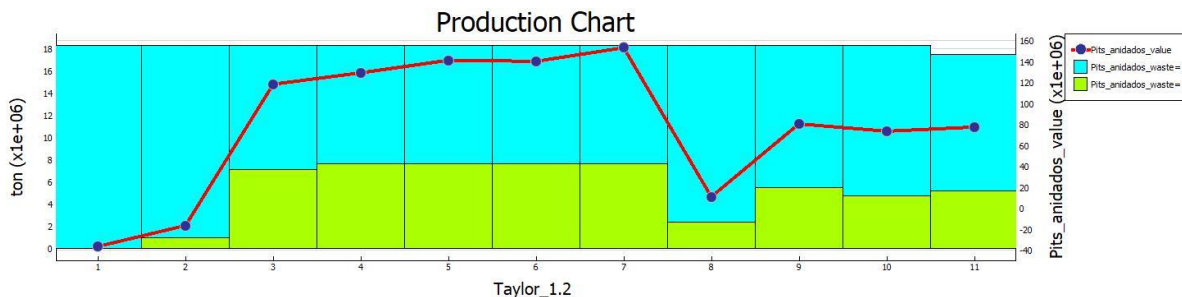


Figura A26: Plan de Producción Taylor Alta.

Para el caso presentado, este análisis de Taylor presenta una fuerte caída en el ingreso entre el año 7 y 8, lo cual no se presenta en el anterior caso. Esto podría traer consecuencias que se verían reflejadas en las aspiraciones de la Empresa con respecto a sus ingresos. Para lo que respecta al movimiento total, el flujo de mineral es constante para ciertos periodos, pero tal como se mencionó la consecuencia principal de la caída de ingresos es sin duda el poco mineral extraído en ese período.

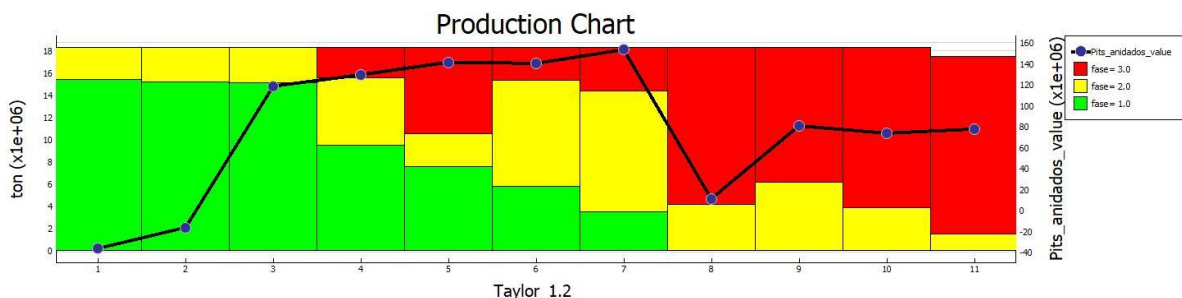


Figura A27: Producción en término de fases para Taylo Alta.

Se presenta el mismo efecto de la caída de ingreso económico, sin embargo, al igual que en Taylor bajo existen contacto entre las 3 fases producido seguramente por restricciones impuestas de Lead con el fin de asegurar estabilidad de taludes y disminuir tiempos operacionales futuros.

Finalmente, se realiza una comparación de los 3 VPN.

Tabla A2: Comparación del VPN para agendamientos, tradicional, TAYLOR BAJO, TAYLOR ALTO.

Caso analizado	Tradicional	Taylor Bajo	Taylor Alto
VPN reportado [MUSS]	541,525	394,084	471,162

En conclusión, se puede visualizar que para el caso tradicional se ha reportado un mejor VPN, sin embargo, el diseño presenta inconsistencias para los últimos períodos ya que no hay movimiento de material como se perciben en las representaciones. Taylor en cambio, para su caso de 11 años presenta una regularidad a lo largo de sus períodos para su extracción, muy probable que esto sea debido a que se ha justificado el movimiento de producción y que en el primer caso se haya generado para el período 8 un cuello de botella que los planificadores deben evitar. El caso de Taylor presenta mejor regularidad y evita la existencia de ese suceso, además de presentar un ingreso económico que poco varía a lo largo de sus años de vida útil.

Análisis DBS-Taylor Alto

A continuación, se presentan los inputs para realizar el análisis de datos.

Tabla A3: Inputs para Análisis DBS TAYLOR ALTO

Método	Full MIP
MIP Gap	0.001
Períodos	11
Discount rate	10%
Movimiento máx prod	7,595,190 Ton

Se ha obtenido la siguiente secuencia de extracción

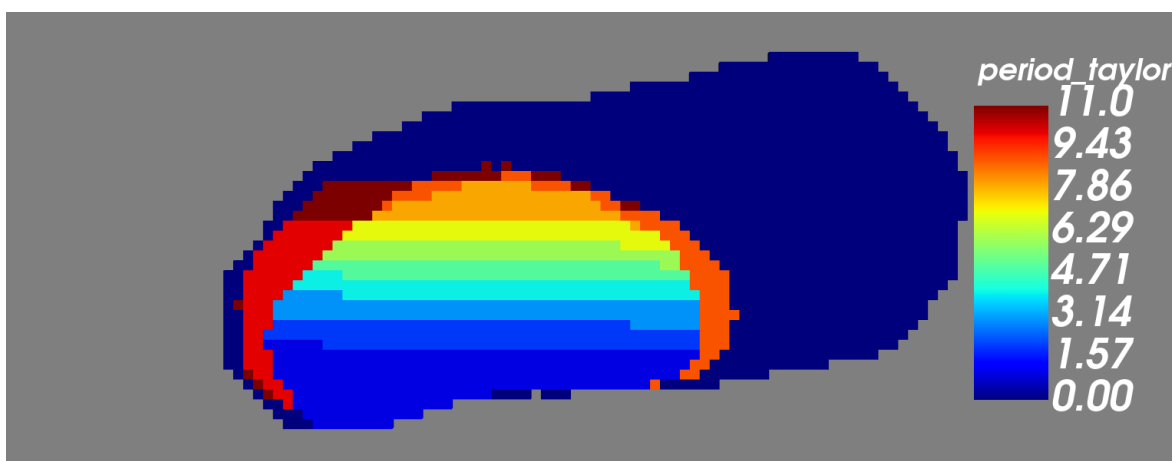
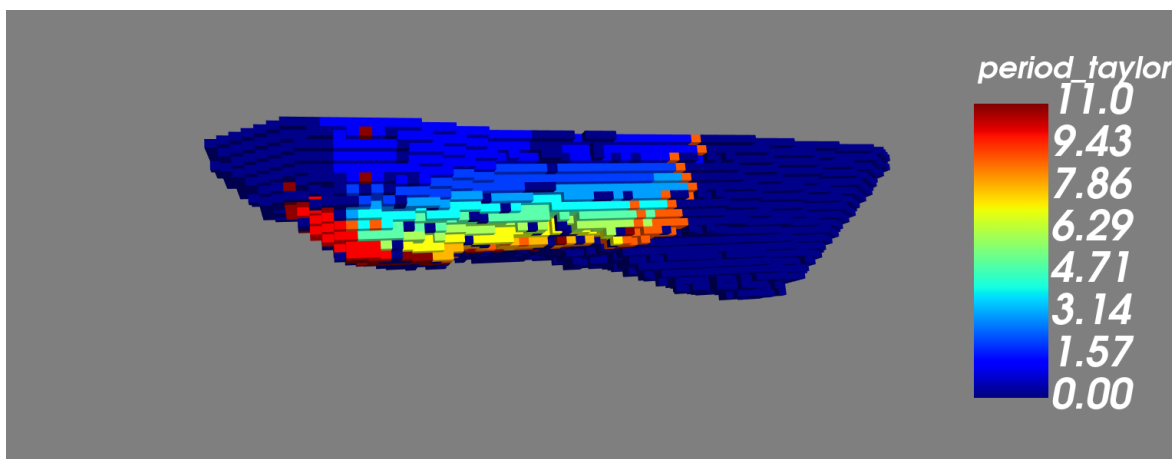


Figura A28, A29,: Secuencias de extracción DBS Taylor Alto.

Se aprecia una conexión más pronunciada entre fases, obteniéndose una extracción prácticamente por bancos (como un Best case), de manera que esta secuencia podría tener mayor facilidad en su aplicación.

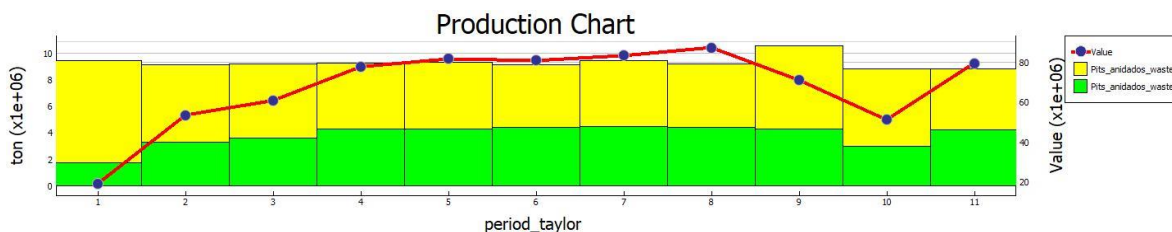


Figura A30,: Secuencias de extracción DBS Taylor Alto.

Se aprecia un aumento gradual en el reporte de ingreso económico a medida que avanza la explotación del depósito, no se aprecia cambios repentinos para el período 7, sin embargo, desde el período 8 el ingreso comienza a disminuir para finalmente en el período 11 obtener el último ingreso económico alto de la gráfica. Esto es probable debido a la pronunciada caída en el período 10, lo cual se recupera en el último año.

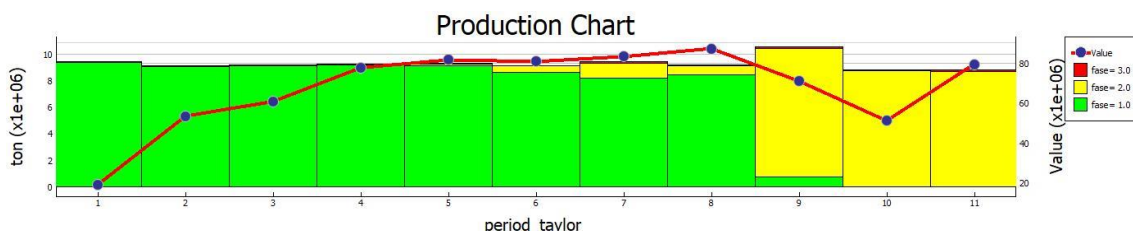


Figura A31,: Producción en términos de fase DBS Taylo Alto.

A diferencia del caso anterior, aquí existe congruencia total para la explotación y secuencia de las fases, de manera que las fases se conectan simultáneamente, la fase 1 culminará en el período 9 siendo la más grande del diseño, y luego solo se conectan las fases 2 y 3 hasta finalizar con las reservas del depósito.

Tabla A4: Comparación de VPN

Caso	Períodos	VPN reportado MUSS
Tradicional	10	669.5
Taylor_alto	11	417.8

Se observa en base a los resultados obtenidos una disminución del VPN entre ambos casos del 37,6% desfavorable para el caso de Taylor, sin embargo, las incongruencias presentadas en la secuencia de fases y su posterior modificación podrían impactar a este sistema. Finalmente, entre el caso manual y DBS en este último no se aprecian cuellos de botella para la explotación del depósito, pero si una disminución de VPN para Taylor.

ANEXO 11: Tiempo esperado de explotación del pit por período determinado por agendamiento mediante la metodología DBS

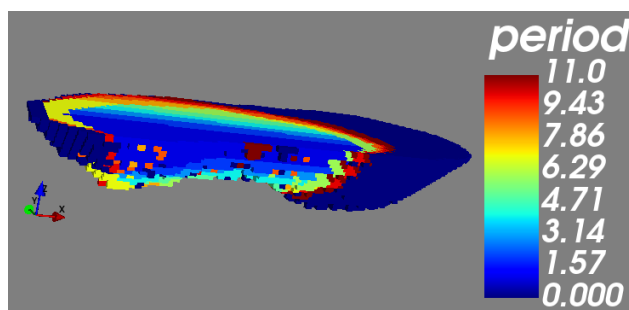


Figura A32: Tiempo esperado de explotación del pit por período.

ANEXO 12: Destino de bloques extraídos del pit determinado por agendamiento mediante la metodología DBS

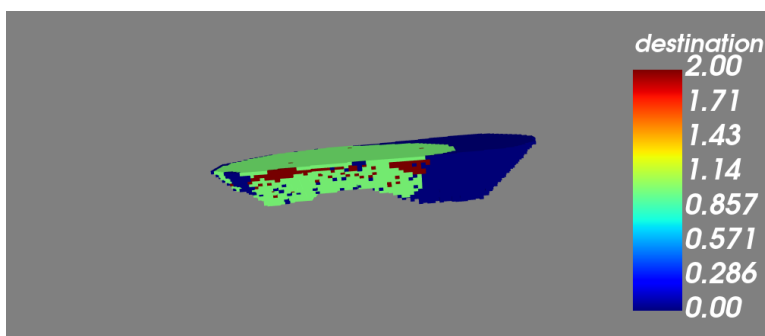


Figura A33: Destino de los bloques extraídos del pit.

ANEXO 14: Planes costo mina variable.

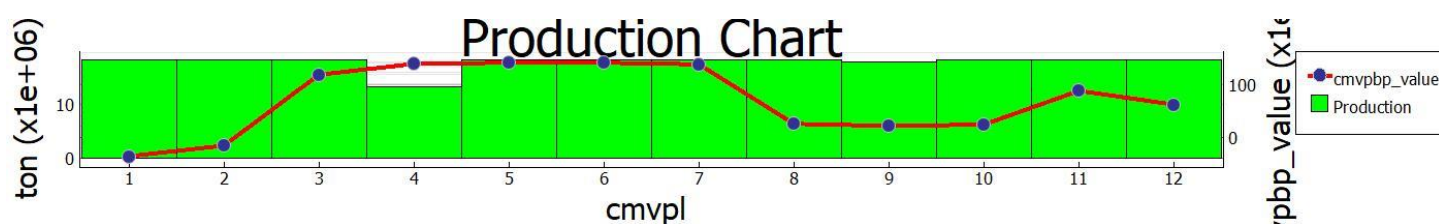


Figura A34: Producción considerando costo de mina variable en 12 periodos a través de agendamiento tradicional.

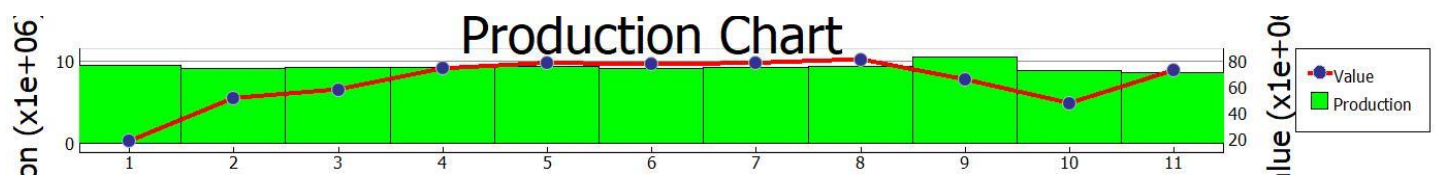
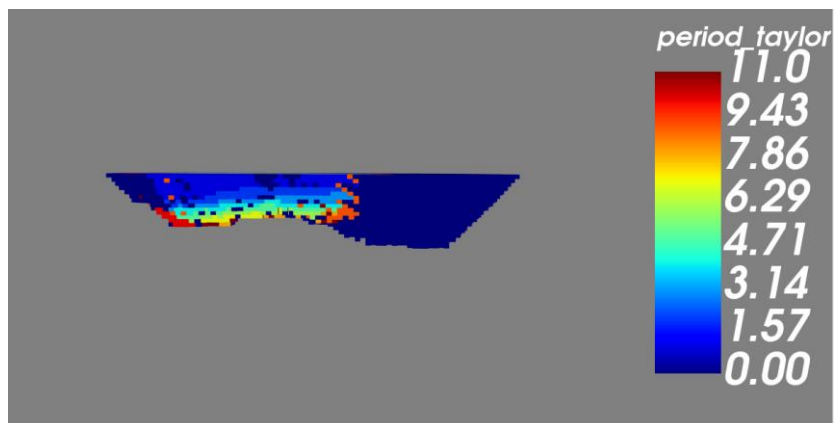


Figura A35: Producción considerando costo de mina variable en 12 periodos a través de agendamiento DBS.

ANEXO 15: Tiempo esperado de explotación del pit por período determinado por agendamiento mediante la metodología DBS considerando costo de mina variable.



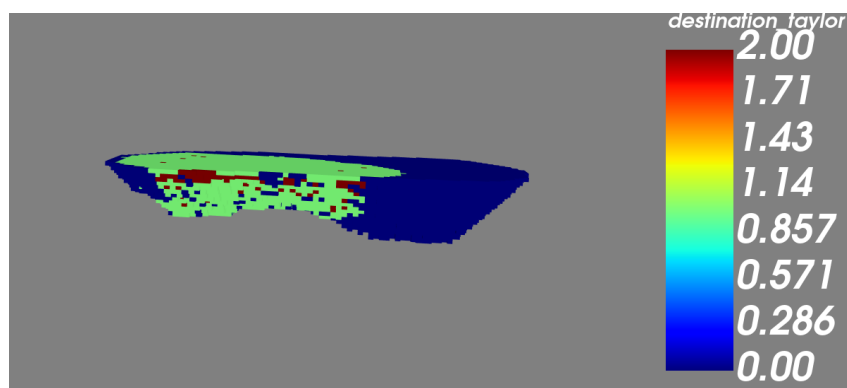


Figura A36,A37: Tiempo esperado y destino DBS costo de mina variable.

ANEXO 16: Tabla de valores de análisis de sensibilidad.

	Precio	Costo mina	Costo planta	Recuperación
-30	200.69	454.11	461.17	212.39
-20	273.49	442.01	447.41	281.11
-10	344.52	429.90	430.76	348.56
0	417.80	417.80	417.80	417.80
10	488.71	405.70	402.57	484.71
20	562.60	393.60	388.31	554.86
30	635.10	381.50	374.62	680.48

Tabla A5: Variación VPN MUSD.

ANEXO 17: Gráficos de análisis de sensibilidad.

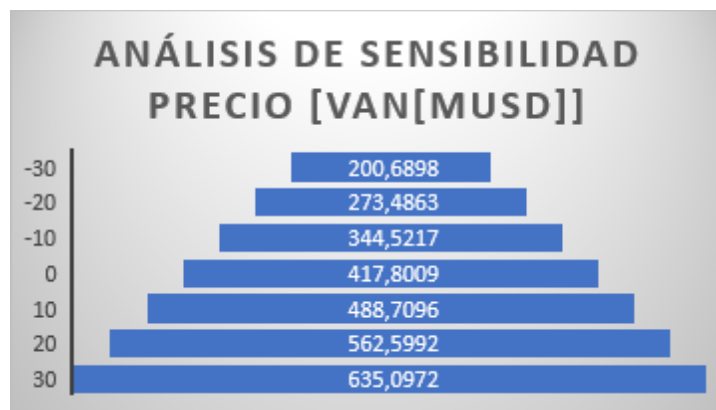


Gráfico A1: Análisis de sensibilidad del precio.



Gráfico A2: Análisis de sensibilidad del Costo mina.



Gráfico A3: Análisis de sensibilidad del Costo planta.



Gráfico A4: Análisis de sensibilidad de recuperación metalúrgica.