



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

**Método alternativo de elaboración de un planeamiento
tradicional en Excel usando lenguaje de programación**

Python en minería subterránea en vetas

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas

AUTOR

Javier Angel JARA RIOS

ASESOR

Mg. David Ysaac MELGAR CABANA

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Jara, J. (2025). *Método alternativo de elaboración de un planeamiento tradicional en Excel usando lenguaje de programación Python en minería subterránea en vetas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Javier Angel Jara Rios
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	48233971
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-0374-354X
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	David Ysaac Melgar Cabana
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41423051
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6996-923X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Alfonso Alberto Romero Baylón
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	31625834
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Hugo Solís Sarmiento
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09671245
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Mariano Pacheco Ortiz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06284228

Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.4.1 Desarrollo de modelos, simulación y optimización de procesos.
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: -12.056423 Longitud: -77.084332
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2022-2024
URL de disciplinas OCDE	Minería, Procesamiento de minerales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.05



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú - Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

En el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el miércoles 11, de Junio del 2025 siendo las 20:00 horas, en presencia de los Señores Docentes designados como Miembros del Jurado Calificador:

Dr. ALFONSO ALBERTO ROMERO BAYLÓN
Mg. MARIANO PACHECO ORTIZ
Mg. HUGO SOLÍS SARMIENTO

(PRESIDENTE)
(SECRETARIO)
(MIEMBRO)

Reunidos para el Acto Académico Público de la Sustentación de la TESIS Titulada: "**MÉTODO ALTERNATIVO DE ELABORACIÓN DE UN PLANEAMIENTO TRADICIONAL EN EXCEL USANDO LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PYTHON EN MINERÍA SUBTERRÁNEA EN VETAS**" presentada por Don: **JAVIER ANGEL JARA RIOS**, Bachiller en Ingeniería Minas, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero de Minas.

Los miembros del Jurado Calificador, escuchada la sustentación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas a:

..... *Satisfacción*

Concluida la Sustentación de Tesis, el Jurado procedió a evaluar y calificar según el reglamento vigente, cuyo resultado fue la nota de: *14* (*catorce*).

Habiendo sido aprobada la Sustentación de la Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente del Jurado, recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS**, a Don: **JAVIER ANGEL JARA RIOS**.

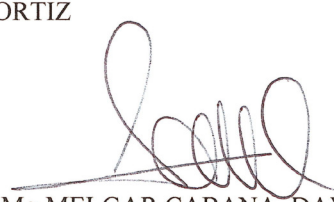
Siendo las *20:50* horas, se dió por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (5) Actas Originales de la Sustentación de Tesis.

Lima, 11 de junio del 2025


Dr. ALFONSO ALBERTO ROMERO BAYLÓN
Presidente


Mg. MARIANO PACHECO ORTIZ
Secretario


Mg. HUGO SOLÍS SARMIENTO
Miembro


Mg MELGAR CABANA, DAVID YSAAC
Asesor de Tesis



Anexo 1
CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **DAVID YSAAC MELGAR CABANA** en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la **EP N° 000007-2025-EPIMI-FIGMMG/UNMSM** de la tesis, cuyo título es **“Método alternativo de elaboración de un planeamiento tradicional en Excel usando lenguaje de programación Python en minería subterránea en vetas”** presentado por el bachiller **JAVIER ANGEL JARA RIOS** para optar el título profesional de Ingeniero de Minas, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 3% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título profesional de Ingeniero de Minas.

Lima, 19 de abril del 2025

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: David Ysaac Melgar Cabana

DNI: 41423051

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

Dedicatoria

A mi padre, madre y hermanos que me dieron su apoyo para seguir adelante en mi formación profesional.

Agradecimientos

Doy gracias a mi padre, madre y hermanos quienes me dieron su apoyo y comprensión durante toda mi etapa de formación profesional.

A los ingenieros Huaynate Saboya Heber Einsten, Melgar Cabana David Ysaac y Hugo Solis Sarmiento quienes me brindaron su apoyo en la consecución del siguiente trabajo.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y a todos los docentes que me brindaron los conocimientos necesarios y valores durante mi época universitaria.

Resumen

En minería como en distintas áreas es común que se presenten problemas y retos a resolver, de allí la importancia de poder presentar alternativas de solución que permitan llevar a cabo los trabajos optimizando tiempo y recursos, en pequeñas minas donde no se cuentan con dinero para solventar una inversión en software especializados en optimización de planes de producción en minería se emplea el método tradicional de emplear hojas en Excel para obtener el plan minero, lo cual conlleva una dedicación considerable de horas en su realización y el resultado varía según quien lo realice.

En el presente trabajo se busca optimizar mediante el uso de una herramienta accesible, el tiempo de realización de un plan minero de producción, empleando para ello lenguaje de programación Python, el cual es uno de los lenguajes cuyo uso se ha incrementado en los últimos años, ya que es un lenguaje de librería abierta, de fácil comprensión y aprendizaje.

Para la elaboración del presente trabajo se consideró primero analizar y determinar una secuencia lógica de trabajo, que permita plasmar en código cada procedimiento de etapa a etapa, considerando los objetivos a obtener como el tonelaje mes a mes y por ratios de extracción por tajeos, además de las leyes. El estudio es cuantitativo y de tipo descriptivo, debido a que se describe paso a paso el procedimiento a seguir para lograr el objetivo planteado.

Se logro obtener una secuencia de extracción que respeten las restricciones establecidas, ahorrando una cantidad considerable horas de trabajo para la elaboración del plan, esto resaltando que se usó un lenguaje de programación simple que respeten una secuencia lógica de trabajo. Con ello se da a conocer el gran potencial que hay por descubrir y desarrollar empleando este y otros lenguajes de programación para brindar soluciones a distintos problemas en el campo de la minería.

Índice

Capítulo I: Introducción	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Descripción de la Problemática.....	2
1.2.2. Formulación del Problema	4
1.2.2.1. General.....	4
1.2.2.2. Especifico.....	4
1.3. Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1. General	4
1.3.2. Especifico	4
1.4. Importancia y Alcances de la Investigación.....	5
1.4.1. Justificación	5
1.4.1.1. Justificación Metodológica.....	5
1.4.1.2. Justificación Teórica.....	6
1.4.1.3. Justificación Practica.....	6
1.4.2. Importancia del Tema.....	6
1.4.3. Viabilidad.....	7
1.4.4. Originalidad	7
1.4.5. Alcance	7
1.5. Limitaciones de la Investigación	8
Capítulo II: Marco Teórico.....	9
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	9
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	9
2.1.2. Antecedentes Nacionales	12
2.2. Bases Teóricas	14
2.2.1. Programación	14
2.2.1.1. Lenguaje de Programación.....	14
2.2.1.2. Aplicación.....	16

2.2.1.3. Historia.....	16
2.2.1.4. Tipos de Lenguajes de Programación.....	16
2.2.1.5. Elementos de un Lenguaje de Programación.....	18
2.2.2. Lenguaje Python	18
2.2.2.1. Librerías Python.....	19
2.2.2.2. Aplicación General del Lenguaje Python.	20
2.2.3. Métodos de Explotación en Minería Subterránea.....	21
2.2.3.1. Selección del Método de Minado.	22
2.2.3.2. Clasificación del Método de Explotación Subterránea.....	23
2.2.3.3. Cámaras y Pilares (Room and Pillar).....	23
2.2.3.4. Cámara Almacén (Shrinkage).....	24
2.2.3.5. Cámaras por Subniveles (Sublevel Stopping).....	25
2.2.3.6. Hundimiento por Subniveles (Sublevel Caving).	26
2.2.3.7. Hundimiento por Bloques (Block Caving).	27
2.2.3.8. Corte y Relleno (Cut and Fill).	28
2.2.4. Planeamiento Minero	34
2.2.4.1. Niveles de Planificación Minera.....	34
2.2.4.1.1. Planificación conceptual.	34
2.2.4.1.2. Planificación operacional.....	36
2.2.4.2. Horizonte de planificación minera.....	36
2.2.4.2.1. Planificación a corto plazo.....	36
2.2.4.2.2. Planificación a mediano plazo.	37
2.2.4.2.3. Planificación a corto plazo.....	37
2.2.4.3. Objetivos de la planificación minera.	37
2.2.5. Recursos y Reservas	37
2.2.5.1. Recurso Mineral.....	37
2.2.5.2. Reserva de Mena.....	38
2.2.6. Proceso de Elaboración de Planificación Minera a Mediano Plazo	39
2.2.6.1. Sondajes y Modelamiento Geológico.	39
2.2.6.2. Modelo de Bloques.	39
2.2.6.3. Diseños y Optimización de Stope.....	40

2.2.6.4. Diseño de Avances.....	40
2.2.6.5. Secuenciamiento.	40
2.2.6.6. Nivelación y Programa de Producción en tajeos.	41
2.2.6.7. Evaluación Económica.....	41
2.2.7. Softwares usados en la planificación minera	43
Capítulo III: Hipótesis y Variables	46
3.1. Hipótesis general.....	46
3.2. Hipótesis específica	46
3.3. Variables	46
3.3.1. Variable independiente	46
3.3.2. Variable dependiente	46
3.4. Operacionalización de variables	47
Capítulo IV: Materiales y Métodos	48
4.1. Área de estudio	48
4.2. Tipo de Investigación.....	50
4.3. Diseño de Investigación.....	50
4.4. Población y muestra.....	51
4.5. Procedimiento, técnicas e instrumentos de recolección de información	51
4.5.1. Procedimientos.....	51
4.5.1.1. Metodología objetivo 1.....	52
4.5.1.2. Metodología objetivo 2.....	53
4.5.1.3. Metodología objetivo 3.....	54
4.5.2. Técnicas de recolección de información.....	54
4.5.3. Instrumentos de recolección de información	54
4.5.3.2. Programas y Software	55
Capítulo V: Resultados, Discusión, Conclusiones y Recomendaciones.....	56
5.1. Resultados	56
5.1.1. Resultados Primer Objetivo	56
5.1.1.1. Análisis de la Base de Datos.....	56
5.1.1.2. Indicadores.....	60
5.1.1.3. Cálculo de dilución	62

5.1.1.4. Ratios de Extracción.	67
5.1.1.5. Nivelación Manual de los Datos.	68
5.1.2. Resultados Segundo Objetivo	73
5.1.2.1. Organizar la Base de Datos.	74
5.1.2.2. Creación de Archivos Intermedios.....	75
5.1.2.3. Nivelación a Archivos Intermedios.	75
5.1.2.4. Unir los Archivos Intermedios.	76
5.1.2.5. Modificar la Nivelación.	76
5.1.2.6. Nivelar los Archivos Intermedios Según la Modificación.....	77
5.1.2.7. Unir los Archivos Intermedios con la Nueva Nivelación.	77
5.1.2.8. Verificar los Resultados.....	78
5.1.3. Resultados Tercer Objetivo.....	79
5.2. Discusión.....	92
5.3. Conclusiones	94
5.4. Recomendaciones	95
Bibliografía.....	96
ANEXO.....	99

Lista de Tablas

Tabla 1. Variables operacionales	47
Tabla 2. Resumen de tonelajes, leyes de oro y plata de tajeos.	50
Tabla 3. Resumen de avances por meses.	56
Tabla 4. Resumen de metraje según tipo de labor	57
Tabla 5. Resumen de tonelajes, dilución, leyes de oro y plata de tajeos	63
Tabla 6. Resumen de aporte por tajeo sin nivelar	65
Tabla 7. Resumen de aporte por tajeo sin nivelar (continuación).....	66
Tabla 8. Aporte sin nivelar de TJ1002, TJ1004 y TJ1009	67
Tabla 9. Aporte del tajeo 1009 por meses sin nivelar	68
Tabla 10. Resumen de tonelajes de nivelación tradicional en Excel	71
Tabla 11. Resumen de nivelación tradicional en Excel.	72
Tabla 12. Resumen de nivelación tradicional en Excel (continuación).....	73
Tabla 13. Resumen de tonelajes según nivelación del código Python.....	76
Tabla 14. Modificación de la nivelación.....	77
Tabla 15. Resumen final de la nivelación empleando el método planteado	78
Tabla 16. Nivelación modificada	80
Tabla 17. Resultado final de nivelación en tonelaje, leyes	82
Tabla 18. Resultado final de nivelación en potencia y dilución	84

Lista de Figuras

Figura 1. Secuencia de pasos del lenguaje Python elaborado.....	5
Figura 2. Tendencias globales uso de lenguaje de programación.....	15
Figura 3. Selección de método de explotación por Cámaras y Pilares	24
Figura 4. Selección del método de minado por Sublevel Stopping	26
Figura 5. Selección de método de minado por Sublevel Caving	27
Figura 6. Selección del método de minado por Block Caving	28
Figura 7. Selección del método de minado por Cut and Fill	29
Figura 8. Corte y Relleno Ascendente Convencional (una hoja)	31
Figura 9. Clasificación de Recursos y Reservas	38
Figura 10. Proceso de elaboración de planificación minera a mediano plazo	43
Figura 11. Interfaz EPS.....	44
Figura 12. Interfaz Deswik.Sched.....	45
Figura 13. Vista isométrica de stopes y avances	48
Figura 14. Vista vertical de los tajeos con sus nombres	49
Figura 15. Diagrama de flujo de la metodología a seguir.....	51
Figura 16. Diagrama de flujo de la metodología a seguir (continuación).	52
Figura 17. Diagrama primer objetivo.	53
Figura 18. Diagrama segundo objetivo.....	53
Figura 19. Frecuencia de potencia promedio de stope sin dilución.....	57
Figura 20. Distribución de leyes de oro (g/ton) por stope sin dilución	58
Figura 21. Distribución de leyes de plata (g/ton) por stope sin dilución.	58
Figura 22. Tajeo dividido en stopes.....	59
Figura 23. Imagen referencial para el cálculo de dilución.....	61
Figura 24. Stopes de muestra iniciales sin aplicar dilución	62
Figura 25. Stopes de muestra diseñados considerando dilución.....	63
Figura 26. Grafica de frecuencia de potencia promedio de stopes	64
Figura 27. Distribución de leyes de oro (g/ton) por stopes.....	64
Figura 28. Distribución de leyes de plata (g/ton) por stopes	65

Figura 29. Excel de base de datos del tajeo 1009, sin nivelar.	68
Figura 30. Excel de nivelación primer mes del tajeo 1009.....	69
Figura 31. Excel de nivelación segundo mes del tajeo 1009.....	69
Figura 32. Excel de nivelación tercer mes del tajeo 1009	70
Figura 33. Esquema de los procesos en la aplicación del código	74
Figura 34. Código para generar lista de tajeos.....	74
Figura 35. Código generar y ordenar un dataframe	75
Figura 36. Código para aplicar la nivelación para cada tajeo.....	76
Figura 37. Tonelaje inicial (a), nivelación manual (b), nivelación con código (c).....	81
Figura 38. Ley de plata inicial (a), nivelación manual (b) y nivelación con código (c). 83	
Figura 39. Ley de oro inicial (a), nivelación manual (b) y nivelación con código (c) ...	83
Figura 40. Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1001	85
Figura 41. Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1002	85
Figura 42. Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1003	86
Figura 43. Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1004	86
Figura 44. Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1005	87
Figura 45. Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1006	87
Figura 46. Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1007	88
Figura 47. Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1008	88
Figura 48. Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1009	89
Figura 49. Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1010	89
Figura 50. Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1011	90
Figura 51. Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1012	90
Figura 52. Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1013	91

Capítulo I: Introducción

1.1. Introducción

En el presente si bien existen software que permiten elaborar planes mineros a mediano plazo en minería subterránea, generalmente estos no son asequibles a pequeñas y medianas mineras que no pueden solventar licencias de altos costo, además las versiones estándar de los softwares de planificación minera están enfocados a proporcionar resultados globales como son los tonelajes y leyes por meses u periodos más largos, y no consideran las restricciones de extracción por unidad de tajeo, a menos que se adquieran complementos especializados que permitan resolver estas restricciones lo cual conlleva un costo adicional, importante si se quiere reflejar la realidad operativa en el plan elaborado. Por ello se emplea en algunas minas en Perú aún hoy la forma tradicional de realizar el plan minero a mediano plazo mediante Excel, donde mediante una técnica de prueba y error más la experiencia del planificador se elabora un plan minero considerando las restricciones de extracción, en el presente trabajo a este se denomina método tradicional.

Con el paso del tiempo y el progreso de las tecnologías, es necesario que los profesionales estén constantemente actualizados, en particular los planificadores, con el uso de estas tecnologías tales como los lenguajes de programación a fin de dar soluciones relacionadas al manejo de base de datos, uso de lenguajes que permitan elaborar una secuencia de pasos para dar soluciones a problemas que se presenten.

Este trabajo tiene como objetivo brindar una forma alternativa de emplear lenguaje de programación Python en el planeamiento minero subterráneo de producción a mediano plazo tradicional. Por tal motivo se elaboró un código en lenguaje Python que permita obtener un plan

minero de producción.

El trabajo cuenta con cinco capítulos, en el capítulo uno se presenta la introducción incluyendo también el planteamiento del problema, objetivos de la investigación, la importancia y los alcances; en el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico el cual incluye antecedentes de investigación tanto nacionales como internacional, las bases teóricas donde se da a detalle las variables principales que intervienen en el estudio como son el lenguaje de programación Python y el planeamiento minero subterráneo a mediano plazo en vetas; en el capítulo tres se presenta las hipótesis y las variables de estudio; para el capítulo cuatro se detalla el tipo de investigación y los pasos desarrollados para validar la hipótesis; por último en el quinto capítulo se dan los resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones.

La importancia de este trabajo es dar a conocer una herramienta alternativa para dar solución al problema del planeamiento de producción a mediano plazo tradicional en el Excel, y a su vez motivar a los nuevos profesionales de la industria minera a que sepan y se interesen por el aprendizaje del lenguaje de programación, no solo para dar soluciones en el área de la planificación sino también en otras áreas de interés en la industria minera.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Descripción de la Problemática

En la actualidad existen en el mercado software comerciales como Datamine EPS, Deswik.Sched, entre otros que permiten elaborar planes a mediano plazo en minería subterránea, considerando parámetros como ubicación espacial, orden de salida de los tajeos, ley de mineral o valor punto de mineral, tonelaje de extracción por mes, sin embargo, la adquisición de licencia para el uso de estas herramientas tiene un costo considerable. Si bien los softwares mencionados llegan a proporcionar un plan minero a mediano plazo considerando

objetivos como producción de tonelaje y ley por mes, estos requieren la adquisición previa de complementos especializados tales como el EPS Solver (Datamine) o el Blend (Deswik), los cuales requieren un costo de inversión adicional, para llegar a nivel de detalle de limitaciones de extracción (ratios) por unidad de tajeo, por ello en minas subterráneas convencionales pequeñas en Perú donde no se cuenta con presupuesto para la adquisición de dichos softwares aún se viene implementando la programación tradicional del uso de Excel para generar un plan de producción a mediano plazo que considere restricciones de extracción por tajeo.

La planificación se puede definir como el proceso de optimizar la explotación de las reservas minerales para obtener el máximo valor agregado alineado con las metas y objetivos estratégicos de la empresa. El complejo conjunto de actividades asociadas con este proceso tiene como objetivo identificar el mejor diseño de mina y programación de producción posible considerando, entre otros, las inversiones de capital, los costos operativos, la previsión de ingresos y la gestión de los flujos de efectivo de una operación minera. (Dimitrakopoulos et al., 2002).

En ese sentido el presente trabajo tiene como objetivo lograr un programa de producción que además de considerar los objetivos de producción de mes a mes tomen en cuenta las restricciones de extracción por cada unidad de tajeo, si bien esto se realiza mediante Excel a través de la asignación de fechas a los stopes de forma que no superen las restricciones de producción por mes de cada unidad de tajeo, conlleva una dedicación de tiempo alta, además no se asegura que el resultado obtenido sea el más adecuado y optimo posible de realizar.

1.2.2. Formulación del Problema

1.2.2.1. General.

¿Cómo se puede desarrollar una alternativa a la elaboración de un planeamiento de producción de mineral a mediano plazo en Excel mediante la implementación de lenguaje de programación Python en minería subterránea en vetas?

1.2.2.2. Especifico.

- ¿De qué manera se desarrolla plan de producción a mediano plazo en Excel previo a la implementación de lenguaje de programación Python en minería subterránea en vetas?
- ¿Es posible desarrollar una alternativa al uso de software comerciales de optimización de secuencia de extracción mediante la implementación de lenguaje de programación Python en minería subterránea en vetas?
- ¿Cuáles son los resultados de elaborar de un plan de producción de mineral a mediano plazo en Excel mediante la implementación de lenguaje de programación Python en minería subterránea en vetas?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. General

Elaborar un método alternativo de elaboración de un planeamiento de producción de mineral a mediano plazo en Excel mediante la implementación de lenguaje de programación Python en minería subterránea en vetas.

1.3.2. Especifico

- Caracterizar un plan de producción a mediano plazo en Excel sin la implementación de lenguaje de programación Python en minería subterránea.
- Desarrollar una alternativa al uso de software comerciales de optimización de secuencia de extracción mediante la implementación de lenguaje de programación Python en minería subterránea.

- Optimizar la elaboración de un plan de producción de mineral a mediano plazo en Excel mediante la implementación de lenguaje de programación Python en minería subterránea.

1.4. Importancia y Alcances de la Investigación

1.4.1. Justificación

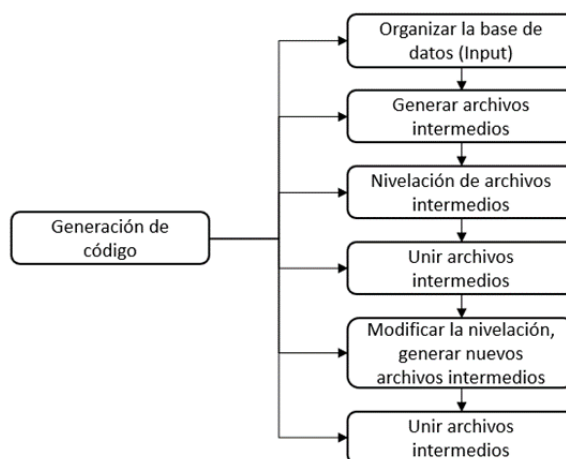
1.4.1.1. Justificación Metodológica.

Teniendo el problema presentado de la necesidad de obtener un plan minero de producción a mediano plazo en minería subterránea que tenga en cuenta las restricciones de producción por unidades de tajeos y que además permita obtener un plan de producción mensual constante, mediante el uso de Excel, se plantea implementar el proceso empleando lenguaje de programación Python, lenguaje de uso libre y de fácil comprensión, el cual permite mediante líneas de código plasmar y realizar procesos que sigan una secuencia lógica de trabajo así como trabajos repetitivos, optimizando los tiempos de realización, con ello se busca ampliar el uso de este lenguaje en resolver múltiples problemas que se presentes en la industria minera sea en el ámbito de la planificación u otras áreas.

La secuencia de trabajo plasmado en el lenguaje Python es el siguiente:

Figura 1.

Secuencia de pasos del lenguaje Python elaborado



1.4.1.2. Justificación Teórica.

En el presente trabajo se plantea la elaboración de un plan a mediano plazo de producción en minería subterránea mediante código de programación python y comparar sus resultados con el método de elaboración de un plan de producción a mediano plazo mediante el uso de Excel para el mismo objetivo, como ya se dio a conocer si bien existen software mineros que permiten elaborar planes a mediano plazo que consideren restricciones de ratios de extracción por unidad de tajeos estos tienen un costo de inversión considerable, por ello si bien se emplea el uso de Excel para obtener planes de producción a nivel de detalle de ritmo de extracción por unidad de tajeo esto conlleva muchas horas de trabajo y de realización de trabajos repetitivos, por ello sabiendo la secuencia de trabajo y estableciendo una secuencia lógica del proceso se planteó el uso de lenguaje de programación para replicar estos procesos, considerando que al usar lenguaje de código los procesos que tardar en horas en realizarse pueden reducirse a minutos obteniendo los mismos resultado.

1.4.1.3. Justificación Practica.

Este trabajo se realizó debido a la necesidad de buscar mejorar el proceso de elaboración de un plan minero de producción mediante el uso de Excel en minería subterránea en vetas, ya que este proceso requiere muchas horas para su elaboración además se identificó que este sigue una secuencia de pasos repetitivos que pueden ser automatizados mediante código; con la incorporación de lenguaje de programación Python un lenguaje ampliamente usado, de fácil comprensión y aprendizaje, se buscó optimizar y mejorar el proceso.

1.4.2. Importancia del Tema

La importancia del presente tema de investigación radica en la aplicación de lenguaje de programación Python para resolver un problema relacionado al planeamiento minero a mediano

plazo en minería subterránea, es decir plantear el uso de una herramienta gratuita y que es accesible ya sea para estudiantes, docentes y profesionales que ejerzan la carrera, para que puedan plantear soluciones a posibles problemas que se presentan en la minería.

1.4.3. Viabilidad

La presente investigación se realizó con datos de inventario de reservas de una mina subterránea conformado por vetas con aplicación del método de corte y relleno (relleno detrítico y voladora mediante breasting), un proyecto a mediano plazo de una mina real; para llevar a cabo el presente trabajo también se consideró la opinión y recomendaciones de ingenieros con experiencia en el área de planeamiento.

1.4.4. Originalidad

El presente estudio trata sobre la elaboración de código de programación Python, que permitan realizar el planeamiento minero de producción a mediano plazo de forma más rápida en reemplazo de una programación que comúnmente se realiza en Excel de forma manual.

1.4.5. Alcance

En cuanto al alcance de la investigación considerando los conceptos del libro de Metodología de la Investigación en su sexta edición, es de tipo descriptivo, considerando que el proceso de investigación es de tipo cuantitativo ya que se describe el proceso de elaboración de un plan de producción en Excel, así como el mismo proceso, pero empleando lenguaje de programación Python. Existen estudios donde se da la aplicación de Python en minería sea para análisis de vibraciones mediante redes neuronales, aplicación como complemento de software de planeamiento minero para optimizar sus procesos, simulaciones de escenarios, machine learning para pronóstico de información, entre otros no obstante hay pocas que realizan una aplicación directa del lenguaje Python al planeamiento minero a mediano plazo.

1.5. Limitaciones de la Investigación

En la presente investigaciones se consideró una base de datos de inventario de reservas clasificado por tajeos y stopes de un proyecto minero subterráneo, donde se realiza la extracción de mineral en vetas mediante el método de explotación por corte relleno ascendente convencional, la información con la que se cuenta es las leyes de mineral, tonelajes, dilución, ubicación espacial (están ordenadas en secuencia de salida los stopes), fechas de disponibilidad del mineral, los cuales se usaran como información de entrada para generar un plan de producción a mediano plazo primero en Excel y luego en código de programación Python.

En la presente investigación se dará énfasis en establecer un plan de producción a mediano plazo consistente que además de respetar los objetivos de producción constante de mes a mes, tenga en cuenta las restricciones de extracción por unidad de tajeo.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Legassa (2021) optimizó la distribución de recursos en proyectos de exploración minera mediante el uso de la teoría de portafolio de Markowitz, tuvo como objetivo desarrollar haciendo uso del lenguaje de programación Python un modelo tome en cuenta el potencial cambio de la información que se genera al explorarlos y el potencial económico de los yacimientos como elementos para tomar decisiones en la asignación de recursos en la exploración de yacimientos mineros. En cuanto a la metodología de trabajo con el fin de lograr el objetivo planteado realizó primero el estudio de ajuste y convergencia de curvas de distribución (histogramas) mediante el cálculo de divergencia de Jensen- Shannon, como segundo paso caracterización del yacimiento con tonelajes totales, ley promedio y desviación estándar, como tercer paso se determinó las exploraciones sucesivas (periodos), para el cuarto paso se realizó las valorización modificadas y penalidades (cada periodo o escenario varia el valor económico del yacimiento), por último el uso de la librería PyPortfolioOpt de Python, la cual dispone de métodos para el trabajo de optimización de portafolios . Como conclusión se tiene que el modelo generado tiene un comportamiento que se acerca a la realidad, ya que asigna y prioriza los recursos a los yacimientos más valiosos sobre otros menos valiosos. El modelo planteado y plasmado en lenguaje de programación Python, puede ser tomado como base para desarrollar un modelo más avanzado y complejo para la asignación de recursos en exploración.

Shao, Meyrieux y Kumral (2023) desarrollaron una investigación para localizar el punto de cruce que minimiza la distancia máxima de evacuación en una mina subterránea. La

investigación se planteó como una alternativa para ubicar un punto en la mina por la cual se pueda evacuar de la manera más rápida al personal ante cualquier eventualidad. Para alcanzar el objetivo propuesto se presentan tres métodos: el algoritmo de Elzinga-Hearn, una modificación tridimensional del algoritmo de Elzinga-Hearn y el algoritmo de Welzl, estos métodos ya implementados en lenguaje Python. Para el algoritmo de Elzinga-Hearn, este se aplica para planos 2D por lo que su aplicación es para determinar un punto en cada nivel (considerando un plano 2D para cada uno) por el cual pasaría una labor de profundización. Considerando los desniveles en una mina, en 3D se trabajó con el algoritmo de Welzl, para determinar el punto de cruce; en tanto al algoritmo modificado de Elzinga-Hearn para un espacio tridimensional se usó para compararlo con el algoritmo de Welzl, para 4 puntos ambos tienen una similitud exacta para ubicar el punto de intersección, pero a mayor puntos o zonas de interés la diferencia entre ambos métodos se incrementa mas no se aleja mucho. Como conclusión se determinó que los tres métodos son viables para localizar un punto de cruce, sin embargo, el algoritmo de Welz es el que ofrece mejores resultados ofrece tanto para casos 2D y 3D. Se plantea además que el método puede ser mejorado considerando el peso o prioridad de una cada zona de interés

Khanal, Qin, Tang y Dlamini (2020) elaboraron una investigación preliminar sobre la medición durante la perforación como medio para caracterizar la caja techo en una mina de carbón. El estudio se da debido a que una causa principal de la inestabilidad del techo en las minas de carbón subterráneas es la variación incierta, ya que los datos geotécnicos y geológicos que se obtienen de taladros de exploración y usados para caracterizar el espesor y la calidad del techo, están a distancias considerables entre sí, estos datos son limitados pues no pueden capturar la variabilidad local. Se plantea el concepto de monitoreo de varios parámetros de

perforación (velocidad de penetración, presión, velocidad de rotación, vibración, fuerza de tracción, etc.) durante la perforación cuando se realice el proceso de desarrollo de labores con el fin de obtener más datos que permitan una mejor caracterización del macizo rocoso. Con el objetivo de demostrar la viabilidad de la propuesta se llevó a cabo un experimento que consistía en perforar 10 puntos en 3 capas representativas de roca de diferentes durezas ubicadas una sobre otra (representando estratos); todos los datos obtenidos se trabajaron y depuraron con librerías de procesamiento de datos en lenguaje Python, obteniendo en los gráficos diferencias notorias en los parámetros de perforación al perforar rocas de distintas durezas y composición. Como conclusión se tuvo que si bien los resultados obtenidos fueron muy prometedores aún se requiere mayores estudios para que la propuesta sea aplicable.

Lozano (2015) realizó un diseño conceptual de explotación por medio del método de corte y relleno ascendente en veta; el tipo de roca donde se desarrolló el estudio fue de tipo competente, la ley de corte de oro por encima de 6.55 gramos por toneladas, el buzamiento de la veta de 60°, siendo la potencia media de 0.19 metros y con un ancho operativo con un valor de entre 0.8 a 1 metros. Para lograr su objetivo realizó un análisis detallado de cada etapa involucrada en el proceso de la extracción del mineral las cuales describe en su estudio, como la construcción labores de desarrollo, preparación, instalaciones, descripción de la explotación mediante realce y con máquina Jack - Leg, la voladura, ventilación, transporte, relleno, equipos. Se concluyó que el método seleccionado tendrá una dilución esperada de 30% y que el proyecto es viable con un margen de ganancia considerable aplicando el método de explotación por corte y relleno ascendente. Como recomendaciones el autor sugiere mecanizar en lo posible las operaciones de acarreo y también tener especial cuidado en la realización de la perforación y voladura para evitar sobrerotura que pueda generar dilución del mineral.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Torres, Huamán y A.Torres (2019) demostró la capacidad de uso del lenguaje de programación Python mediante algoritmo de regresión de Machine Learning (Redes neuronales artificiales (ANN)) para desarrollar un modelo de predicción de vibraciones de voladura considerando parámetros de distancia, carga máxima, mediciones con geófonos, burden, espaciamiento, profundidad de los taladros, tacos, numero de taladros, sistema de iniciación, diámetro de taladros en sustitución del modelo empírico desarrollado por Duvall (1962) . La comparación entre el uso del lenguaje Python mediante redes neuronales y la fórmula empírica mostro el modelo desarrollado tiene una mayor precisión al realizar las comparaciones entre los valores que se predijeron y los valores medidos. Se concluyo que la implementación del modelo ANN al ser más preciso, permite tomar una mejor decisión sobre sobre la carga explosiva máxima que puede usarse, además se recomienda que para trabajos futuros de similares características se considera un mayor conjunto de datos para establecer un modelo más robusto.

Mamani (2021) elaboró un estudio tuvo como objetivo crear un código fuente mediante lenguaje Python donde se integren las fórmulas de diseño de tolvas de gruesos, tolva de finos cilíndrica, faja transportadora, chancadora de mandíbula, zaranda y molino de bolas con el fin de optimizar el proceso de diseños de los equipos mencionados. La metodología para realizar este trabajo fue una investigación no experimental con un enfoque cuantitativo. Se concluyo que la aplicación del lenguaje Python para elaborar un código fuente que integre las fórmulas para el dimensionamiento de equipos de conminución, permite llevar a cabo los cálculos de manera más rápida, facilitando el trabajo y accesibilidad a la información.

Castillo (2022) desarrollo modelos predictivos en algunos casos de la minería mediante el uso de algoritmos de machine learning con el uso de lenguaje de programación Python. La

metodología aplicada fue investigación cuantitativa con un alcance exploratorio y de tipo experimental. Los datos utilizados para esta investigación se obtuvieron a través de fuentes secundarios para los casos aplicados. A través de la investigación se obtuvieron el modelo predictivo para pronosticar el precio de oro, otro modelo para predecir el contaminante de sílice en el concentrado hierro y otro modelo para predecir el consumo de combustible para equipos de gran minería. Si bien es cierto el autor menciona que se obtuvo modelos con gran desempeño con el uso de los algoritmos Random Forest, SVR, Árbol de Regresión, estos modelos pueden ser mejorados mediante el uso de algoritmos más sofisticados. Finalmente, el autor recomienda que estos modelos deben ser utilizados con datos actualizados y estandarizados para cada caso.

Mena (2012) elaboro un caso práctico de planeamiento de minado para vetas angostas en minería subterránea, la veta donde se desarrolló el estudio presentaba un ancho promedio de 0.52 metros, con leyes de oro y plata, para la ley de oro se consideró una ley de corte de 4.88 gramos por tonelada, la calidad de la roca era de regular a buena. Se uso el método de Nicholas, el cual toma en cuenta la geometría del yacimiento, las leyes, la calidad de la roca caja y techo, para seleccionar el método de minado por corte y relleno ascendente. Para poder realizar un plan a mediano plazo que considere aspectos operáticos y económico, se tomó en cuenta cada aspecto involucrado en lograr la extracción el mineral como son la geología, geomecánica, método de explotación, servicios y ventilación; también tomo en cuenta el cálculo de ingresos por venta del dore y concentrado de cobre-oro, y las variables que influyen en la rentabilidad de un proyecto como la inversión y precio del metal. Obtuvo un plan de con una producción inicial de 4,500 toneladas y finalizando con 6,000 toneladas con 3 zonas de extracción (Aurora, Gisela, Coila), lo que significó un aumento en la producción y del análisis económico se determinó que la variación del costo de operación tiene mayor impacto en el valor actual neto, en contraposición del costo

de inversión. Por último, el autor recomienda buscar aumentar los recursos mineros mediante más exploraciones diamantinas y tener un área de costo que lleve a cabo el seguimiento constante de los costos generados por área para garantizar que se cumplan los cronogramas.

Los estudios presentados, si bien no muestran la aplicación del lenguaje Python al planeamiento minero, demuestran la versatilidad de este para solucionar y ser aplicado en distintas ramas y problemas que existen en el campo de la minería, considerando ello el presente trabajo tiene como uno de sus objetivos el uso del lenguaje Python para solucionar una problemática en el ámbito del planeamiento minero.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Programación

La programación como concepto básico se refiere al proceso de establecer una serie de pasos secuenciales para realizar una actividad. La programación en el campo de la informática es fundamental ya que permite la interacción entre ordenadores y usuarios.

2.2.1.1. Lenguaje de Programación.

Un lenguaje de programación se puede definir como un idioma artificial prediseñado compuesto de símbolos, palabras y signos que hacen posible la interacción entre el usuario y el ordenador.

Los pasos que realiza el computador con el objetivo de ejecutar aplicaciones y programas se escriben en lenguaje de programación para posteriormente ser interpretadas a un lenguaje máquina que pueda ser interpretado y ejecutado por el hardware del equipo.

Las instrucciones que ejecuta el ordenador mediante el lenguaje de programación se expresan en líneas de texto que en conjunto conforman lo que se denomina código fuente.

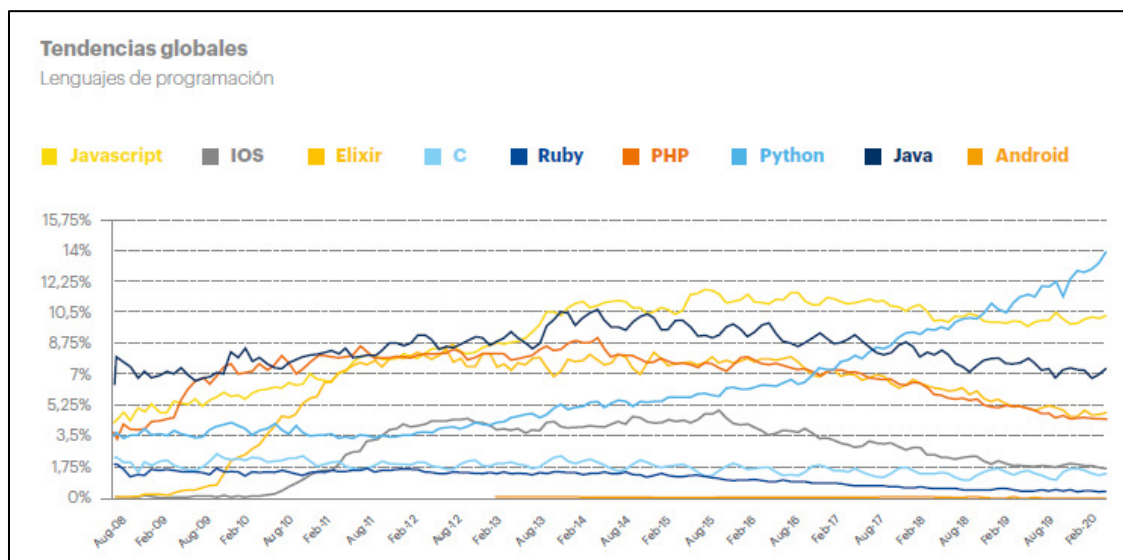
En el presente hay varios lenguajes de programación, estos a su vez varían con el paso del tiempo. Algunos de los lenguajes que se pueden mencionar son:

- C, C++ y C#
- Python
- Java
- Ruby
- PHP
- SQL
- Visual Basic. NET
- Lenguaje de programación R

Entre los lenguajes para programar de mayor uso están el Python, Java, C. C++, Java, JavaScript, R.

Figura 2.

Tendencias globales uso de lenguaje de programación



Nota. Uso de lenguaje programación desde el año 2008 al 2020. Adaptado de “¿Cuántos lenguajes de programación existen?”, por TalentUp, 2021 (<https://www.epitech-it.es/cuantos-lenguajes-existen/>).

2.2.1.2. Aplicación.

Los lenguajes de programación tienen como objetivo establecer una serie de instrucciones que permiten al ordenador ejecutar un sistema, programa y aplicación. El lenguaje de programación es esencial para la comunicación usuario - máquina.

2.2.1.3. Historia.

El origen de la programación coincide con el de las primeras computadoras a mediados del siglo XX. La historia de la programación se da mediante el desarrollo de tres tipos de lenguaje:

Lenguaje máquina. En esta etapa se usó un lenguaje muy básico y en sistema binario (distintas combinaciones de 0 y 1) el cual es el lenguaje que reconocen los ordenadores incluso en la actualidad. Este lenguaje dio paso a los demás, si bien las máquinas lo usan, no se usa para programar ya que es muy complicado y difícil.

Lenguaje ensamblador. Este lenguaje hace uso de códigos de palabras (simples, mnemotécnicas y abreviadas) las cuales son convertidos a lenguaje máquina. Este lenguaje se creó ya que es más accesible de recordar y realizar por los usuarios.

Lenguaje de alto nivel. Tuvo su inicio con la aparición del lenguaje Fortran a fines de la década del 50, estos lenguajes están basados en conjuntos de algoritmos muy complejos y son traducidos por mediante un software al lenguaje máquina.

2.2.1.4. Tipos de Lenguajes de Programación.

Cada lenguaje de programación tiene características únicas que lo diferencian de otros, a su vez estas las hacen adecuadas para usar en una u otro proyecto.

A. Lenguaje de bajo nivel

Lenguaje máquina:

Es el lenguaje usado por las máquinas es decir el que comprenden los ordenadores, se basa en un código binario, cualquier código escrito en cualquier lenguaje para ser entendido por el ordenador tiene que ser traducido a lenguaje máquina. Este lenguaje es muy complejo de aprender por ello existen los demás lenguajes.

Lenguaje ensamblador:

El lenguaje ensamblador es parecido al lenguaje máquina, pero están diseñados para ser comprendido de forma sencilla por los humanos. Si bien es similar al lenguaje máquina este tiene que ser traducidos mediante un ensamblador para poder ser comprendido por el ordenador.

B. Lenguaje de medio nivel:

Permite llevar a cabo tareas complejas y son mejor comprendida por los humanos que los lenguajes de bajo nivel, sin embargo, aun requieren el uso de ensambladores para poder ser comprendido por los ordenadores. Están orientado principalmente a desarrollar programación de sistemas entre estos lenguajes tenemos al C y C++.

C. Lenguajes de alto nivel

Este tipo de lenguaje es de fácil comprensión por los humanos por ello es el más usado, para poder ser comprendidos por los ordenadores tienen que ser traducidos a lenguaje máquina mediante traductores y compiladores de acuerdo a las necesidades de velocidad en la ejecución del código.

2.2.1.5. Elementos de un Lenguaje de Programación.

El conjunto de instrucciones que se dan mediante lenguaje de programación compone un programa. Sea cual sea el lenguaje de programación a usar estos se presentan los siguientes elementos básicos:

- Estructura del programa: Conjunto de reglas gramaticales, símbolos y semántica que definen la validez del lenguaje.
- Comentarios: Texto adicional al código que se añade para explicar su funcionalidad.
- Identificadores: Los nombres que se le dan a las diferentes variables para identificarlas.
- Variables: Datos que pueden variar mientras se ejecuta el programa, entre los más usados están boolean, int y double.
- Constantes: Datos cuyo valor no varía cuando se ejecuta el programa.
- Palabras reservadas: Son palabras que tienen un significado predefinido en el lenguaje, por ello no se pueden ser usadas ya sea como variable, clase, método o cualquier otro tipo de identificación.
- Tipos de datos: Clasificación de datos que puede contener una variable u objeto.
- Operadores: Símbolos que indican la aplicación de operaciones lógicas o matemáticas.

2.2.2. Lenguaje Python

Python es un lenguaje de programación sencillo ideal para principiantes ya que tiene una sintaxis sencilla que facilita el aprendizaje, también es ampliamente usado por programadores expertos debido a su versatilidad.

Este lenguaje es de código abierto lo que implica que cualquier persona pueda usarlo de forma gratuita para realizar cualquier tipo de proyecto. Cuenta con una gran cantidad de usuarios que

día a día colaboran en la evolución y aplicación del lenguaje.

Podemos encontrar el uso de lenguaje Python en gigantes de la informática como son Google, YouTube y Facebook.

2.2.2.1. Librerías Python

Una librería es el conjunto de funcionalidad que dan al usuario la posibilidad de llevar a cabo nuevas tareas que antes no se podían. Cada librería de componen de módulos que poseen funciones específicas.

Entre los tipos de librerías que nos proporciona el lenguaje Python se puede mencionar:

- Deep learning: Enfocada en el reconocimiento de patrones para predicción de datos mediante el procesamiento de datos “Big Data”.
- Machine learning: Busca el aprendizaje de los ordenadores con el objetivo de que estas resuelvan problemas de clasificación y el análisis de datos.
- Cálculo numérico: Organiza la información y proporcionan atributos para su cálculo.
- Visualización: Presentan los datos de forma las legible para que sean fáciles de entender y comprender.

El lenguaje Python posee una gran variedad de librerías enfocadas en distritos tipos de trabajo, entre las más reconocidas podemos mencionar las siguientes:

a. Matplotlib

Es una librería estándar de Python, orientada a la elaboración de gráficos como histogramas, gráfico de barras, series temporales, entre otros.

b. TensorFlow

Desarrollada por Google permite construir y entrenar redes neuronales, que brindan un nuevo enfoque en la conceptualización de la matemática importante para el cálculo numérico.

c. Pandas

Librería enfocada en la ciencia de datos posee una estructura muy potente y flexible para manejar y analizar datos

d. NumPy

Especializa en el manejo y análisis de datos numérico mediante matrices multidimensionales y funciones matemáticas.

2.2.2.2. Aplicación General del Lenguaje Python.

Python es un lenguaje de programación cuyo uso se viene incrementado con el paso de los años, se puede aplicar en varios campos como la inteligencia artificial, aplicaciones web, scripts para automatizar procesos entre otros.

- Inteligencia Artificial: se trata de otorgar a las máquinas la capacidad de imitar el razonamiento humano y solucionar problemas, debido a su fácil entendimiento el lenguaje Python permite representar ideas complejas en pocas líneas de código.
- Big Data: el uso del lenguaje Python para el manejo y extracción de información valiosas en grandes volúmenes de datos.
- Data Science: en esta podemos encontrar a las librerías Pandas y Numpy ampliamente usadas. La ciencia de datos proporciona técnicas que permiten analizar la información mediante gráficos y representaciones visuales de todo tipo.

- Desarrollo web: es mucho más eficiente que otros lenguajes ya que con pocas líneas de código se construyen back-end. Django es una librería Python enfoca en e desarrollo web.
- Educación en Ciencias de la computación: debido a su código abierto accesible a cualquier persona, su sintaxis simple y fácil de entender es un lenguaje ideal para el aprendizaje.
- Salud: permite a los especialistas de la salud manejar grandes cantidades de información que se generan de sus pacientes, mediante el uso de Inteligencia Artificial, con ello establecer el mejor tipo de diagnóstico, tratamiento y atención a sus pacientes.
- Desarrollo de juegos: si bien existen lenguajes de programación más eficientes y versátiles para la creación de juegos, sin embargo, debido a la gran versatilidad de Python, su multiplataforma y crecimiento constate ofrece una alternativa en este ámbito. Algunas librerías Python que se tienen para el desarrollo de juegos son Pygame, PyOpenGL, Pyglet, Panda3d
- Finanzas: en el mundo financiero se maneja una inmensidad de datos, imposibles de ser revisados y evaluarlos de manera profesional. De ahí la importancia de la automatización mediante uso de inteligencia artificial para un análisis rápido y a bajo costo de datos financieros.

2.2.3. Métodos de Explotación en Minería Subterránea

La minería subterránea consiste en excavar en el interior de la tierra chimeneas, galerías, cámaras y túneles para acceder al mineral y extraerla, logrando una extracción segura y selectiva del yacimiento a una determinada profundidad, sin la necesidad de remover los materiales que lo

recubren en superficie.

2.2.3.1. Selección del Método de Minado.

El método de explotación o extracción está relacionado a la forma y el tamaño del cuerpo, el valor del contenido de mineral, la estabilidad, composición, dureza del macizo rocoso, demanda de la producción y la seguridad.

Entre aquellos factores que determinan la selección del método de explotación, se destacan:

Geometría del yacimiento:

- Forma (tabular, masiva, filoniana, etc.)
- Buzamiento y potencia
- Regularidad
- Tamaño

Aspectos geotécnicos:

- Resistencia (mena, techo y paredes)
- Fracturación (grado y tipo de fracturación)
- Campo tensional in-situ (profundidad)
- Comportamiento tenso-deformacional

Aspectos económicos:

- Leyes de mena
- Valor único de la mena
- Productividad

Seguridad y medio ambiente:

- Aspecto de seguridad
- Impacto ambiental (subsistencia, paisaje, aguas, etc.)
- Impacto social

2.2.3.2. Clasificación del Método de Explotación Subterránea.

Si se toma en cuenta el grado de soporte requerido, los métodos de explotación se clasifican en tres:

Autoportantes:

- Cámaras y pilares (Room and pillar)
- Cámara almacén (Shrinkage stope)
- Cámaras por subniveles (Sublevel stope)

Con sostenimiento artificial:

- Corte y relleno (Cut and fill)

Por hundimiento:

- Hundimiento por subniveles (Sublevel caving)
- Hundimiento por bloques (Block caving)

Se denominan métodos “autoportantes” porque no se requiere un sostenimiento artificial importante, ya que la estabilidad depende en mayor medida de la competencia de la roca.

2.2.3.3. Cámaras y Pilares (Room and Pillar).

Se aplica en yacimientos de tipo tabular horizontal o semihorizontal, como por ejemplo en yacimientos de carbón, calizas, sal común, entre otros., consiste en dejar cavidades estables mediante forma natural o con poco sostenimiento artificial, para ello se requiere dejar pilares en tamaño y distribución específica que permite sostener el techo y mantener las cavidades estables. La recuperación del depósito si bien no llega al 100% puede llegar al 90% si es que se recuperan los pilares la finalizar la extracción.

Los pilares diseñados de forma circular o cuadradas y los pilares están distribuidos en patrones regulares.

Figura 3.*Selección de método de explotación por Cámaras y Pilares*

Criterios de selección del método		
	Aceptable	Optimo
GEOMETRIA DEL YACIMIENTO		
Potencia	> 1 m	> 3 m
Buzamiento	< 30°	Horizontal
Tamaño	Cualquiera	Cualquiera
Regularidad		
ASPECTOS GEOTÉCNICOS		
Resistencia (techo)	>300 k/cm ²	> 500 k/cm ²
Resistencia (mena)	s/profundidad	> 500 k/cm ²
Fracturación (techo)	Baja	Muy baja
Campo tensional in-situ (Profundidad)	< 1000 m	< 600 m
Comportamiento tenso-deformacional	Elástico	Elástico
ASPECTOS ECONÓMICOS		
Valor unitario de la mena	Bajo	NA
Productividad y ritmo de explotación	Alto	NA

Nota. De “Introducción a la minería subterránea”, por J. Herrera, 2020.

2.2.3.4. Cámara Almacén (Shirinkage).

En este método el mineral se extrae por medio de franjas horizontales y en orden ascendente, se inicia desde la parte inferior de cuerpo mineralizado y se avanza en hacia arriba. Cada vez que se rompe el mineral un porcentaje de este no se extrae ya que sirve de como piso o plataforma para poder perforar la siguiente franja superior de mineral a romper y a la vez como autosoporte de las paredes de la excavación. Su aplicación es en cuerpo mineralizados de poco espesor, de forma tabulara y verticales o subverticales.

El mineral al ser volado se exponga en un orden del 50% y la extracción se realiza en un orden del 40% del mineral roto, esto con el fin de dejar un espacio adecuado para realizar la perforación y voladura de la siguiente franja a arrancar, cuando la excavación llega al tope superior del rebaje se para la excavación y se extrae el mineral fragmentado que queda en el rebaje hasta vaciarla completamente.

2.2.3.5. Cámaras por Subniveles (Sublevel Stopping).

El mineral se extrae mediante cavidades de grandes dimensiones que se van formando conforme se van extrayendo mediante labores de arranque con perforación y voladura. Las labores de preparación se realizan en mayor medida dentro de mineral, permite una gran productividad y masificar la extracción, sin embargo, es un método poco selectico con una recuperación del 75%.

En cuanto al diseño se tiene acceso al cuerpo mediante un crucero desde el cual se generan ventana hasta llegar al cuerpo mineralizado, posteriormente mediante galerías se limita la zona de mineral. Para la extracción del mineral se realizan ventanas que atraviesan el cuerpo y desde las cuales se generan los taladros de producción en dirección transversal.

En el nivel superior se generan de igual forma un crucero, ventanas y galerías lo más paralelas a las de un nivel inferior, desde las cuales se realizan los taladros negativos de producción.

Es necesario realizar una chimenea denominada slot dentro del cuerpo mineralizado que además de servir para el sistema de ventilación, será la cara libre para los taladros de producción, mediante la ejecución de más de una chimenea slot se puede generar dentro de un cuerpo mineralizado más de una zona de extracción. Al finalizar la extracción de todo el cuerpo se procede a rellenar con material estéril para mejorar la estabilidad del macizo rocoso.

Figura 4.*Selección del método de minado por Sublevel Stopping*

Criterios de selección del método		
	Aceptable	Optimo
GEOMETRIA DEL YACIMIENTO		
Forma	Cualquiera	Tabular
Potencia	> 5 m	> 10 m
Buzamiento	> 45°	> 65°
Tamaño	Cualquiera	> 10Mt
Regularidad	Media	Alta
ASPECTOS GEOTÉCNICOS		
Resistencia (techo)	Influye poco	> 500 k/cm ²
Fracturación (techo)	Media	Baja
Campo tensional in-situ (Profundidad)	< 2000 m	< 1000 m
Comportamiento tenso-deformacional	Elástico	Elástico
ASPECTOS ECONÓMICOS		
Valor unitario de la mena	Bajo	NA
Productividad y ritmo de explotación	Alto	NA

Nota. De “Introducción a la minería subterránea”, por J. Herrera, 2020.

2.2.3.6. Hundimiento por Subniveles (Sublevel Caving).

En este método el mineral se extrae mediante subniveles dispuestos a intervalos regulares al interior del cuerpo mineralizado, cada subnivel tiene un conjunto de galerías las cuales pueden ser paralelas o transversales al cuerpo de mineral distribuidos de forma sistemática. Generalmente se aplica a yacimientos masivos, que tiene forma tabular, a su vez tiene que ser verticales o semiverticales y con potencia considerable.

Desde las galerías se perforan taladros en ángulos de 60° y 120° hacia arriba en un plano de 70° y 90° en relación a la horizontal, la explotación se da en forma descendente. La rotura del mineral se hace hasta encontrar material estéril. Este método genera una alta productividad, llegando generalmente a una recuperación entre 80 y 90 %.

Figura 5.*Selección de método de minado por Sublevel Caving*

Criterios de selección del método		
	Aceptable	Optimo
GEOMETRIA DEL YACIMIENTO		
Forma	Tabular	Tabular
Potencia	Media	Grande
Buzamiento	Cualquiera	Vertical
Tamaño	Medio	Grande
Regularidad	Media	Alta
ASPECTOS GEOTÉCNICOS		
Resistencia (techo)	< 100 MPa	< 50 MPa
Resistencia (mena)	> 50 MPa	> 50 MPa
Fracturación (techo)	Media - Alta	Alta
Fracturación (mena)	Media	Baja
Campo tensional in-situ (Profundidad)	< 1000 m	< 500 m
Comportamiento tenso-deformacional	Elástico	Elástico
ASPECTOS ECONÓMICOS		
Valor unitario de la mena	Bajo	NA
Productividad y ritmo de explotación	Alto	NA

Nota. De “Introducción a la minería subterránea”, por J. Herrera, 2020.

2.2.3.7. Hundimiento por Bloques (Block Caving).

Este método es aplicable a cuerpos masivos con leyes regulares ya que no se puede ser selectivo en su extracción, además debido a la alta productividad permite trabajar con leyes bajas.

En este método el cuerpo mineralizado es subdividido en bloques de extracción independientes uno de otros, el mineral se extrae mediante la acción de la gravedad y esfuerzos inducidos en la propia roca, los cuales lo fragmentan a medida que se va extrayendo. Por ello el mineral tiene que tener la característica de ser quebradizo.

El uso de explosivos, así como la perforación para la extracción del mineral es muy poco ya que el material cae por su propio peso.

Figura 6.*Selección del método de minado por Block Caving*

Criterios de selección del método		
	Aceptable	Optimo
GEOMETRIA DEL YACIMIENTO		
Forma	Cualquiera	Tabular
Potencia	Grande	Grande
Buzamiento	Cualquiera	Vertical
Tamaño	Grande	Muy grande
Regularidad	Media	Alta
ASPECTOS GEOTÉCNICOS		
Resistencia (techo)	< 100 MPa	< 50 MPa
Resistencia (mena)	< 100 MPa	< 50 MPa
Fracturación (techo)	Media - Alta	Alta
Fracturación (mena)	Media - Alta	Alta
Campo tensional in-situ (Profundidad)	< 1000 m	< 500 m
Comportamiento tenso-deformacional	Elástico	Elástico
ASPECTOS ECONÓMICOS		
Valor unitario de la mena	Bajo – Muy Bajo	NA
Productividad y ritmo de explotación	Muy Alto	NA

Nota. De “Introducción a la minería subterránea”, por J. Herrera, 2020.

2.2.3.8. Corte y Relleno (Cut and Fill).

En este método el mineral se extrae por mediante recortes horizontales, iniciados en un rebaje baja de un tajeo y la explotación progresara hacia arriba si es ascendente, caso contrario comenzara desde la parte superior y progresara hacia abajo de un tajeo si es descendente. Se aplica en cuerpos mineralizados de tipo vetas con una inclinación superior a 50° y donde la roca encajonante es incompetente.

Una vez extraído un rebaje de mineral de forma completa se procede a rellenar ya sea con material detrítico o relleno cementado el espacio vacío dejado por la extracción del rebaje, con el objetivo de mantener estable la roca encajonante

Figura 7.*Selección del método de minado por Cut and Fill*

Criterios de selección del método		
	Aceptable	Optimo
GEOMETRIA DEL YACIMIENTO		
Forma	Cualquiera	Tabular
Potencia	Cualquiera	> 3 m
Buzamiento	> 30°	> 60°
Tamaño	Cualquiera	Cualquiera
Regularidad	Cualquiera	Irregular
ASPECTOS GEOTÉCNICOS		
Resistencia (techo)	> 30 MPa	> 50 MPa
Resistencia (mena)	s/profundidad	> 50 MPa
Fracturación (techo)	Alta - Media	Media - Baja
Fracturación (mena)	Media - Baja	Baja
Campo tensional in-situ (Profundidad)	Cualquiera	< 1000 m
Comportamiento tenso-deformacional	Elástico	Elástico
ASPECTOS ECONÓMICOS		
Valor unitario de la mena	Medio - Alto	Alto
Productividad y ritmo de explotación	Media - Baja	NA

Nota. De “Introducción a la minería subterránea”, por J. Herrera, 2020.

Ventajas

- Recuperación de mineral alrededor de 100%.
- La extracción es selectiva debido a su alto costo, se prioriza mineral con leyes altas.
- Es un método seguro.
- El método puede ser mecanizado.

Desventajas

- Elevado costo de explotación.
- El uso de relleno implica un tiempo de parada en la producción de los tajeos, por ello se tiene un bajo rendimiento.
- Uso de material de sostenimiento elevado

Variantes del método

a) Corte y Relleno Ascendente

- El relleno sirve de piso para continuar con la extracción del techo el cual forma el siguiente rebaje de mineral.
- El mineral debe ser competente.
- La perforación puede ser horizontal o en realce.
- Se deja pilares en caso de cuerpo de grandes potencias

b) Corte y Relleno Descendente

- En este caso se trabaja con techo de relleno y el piso es mineral sobre el cual se trabaja.
- Es un método que requiere un alto costo por la aplicación del relleno, puede ser aplicado a cualquier tipo de roca.
- Se usa un relleno muy competente por lo general relleno cementado.
- La perforación para la extracción se realiza mediante barrenos horizontales

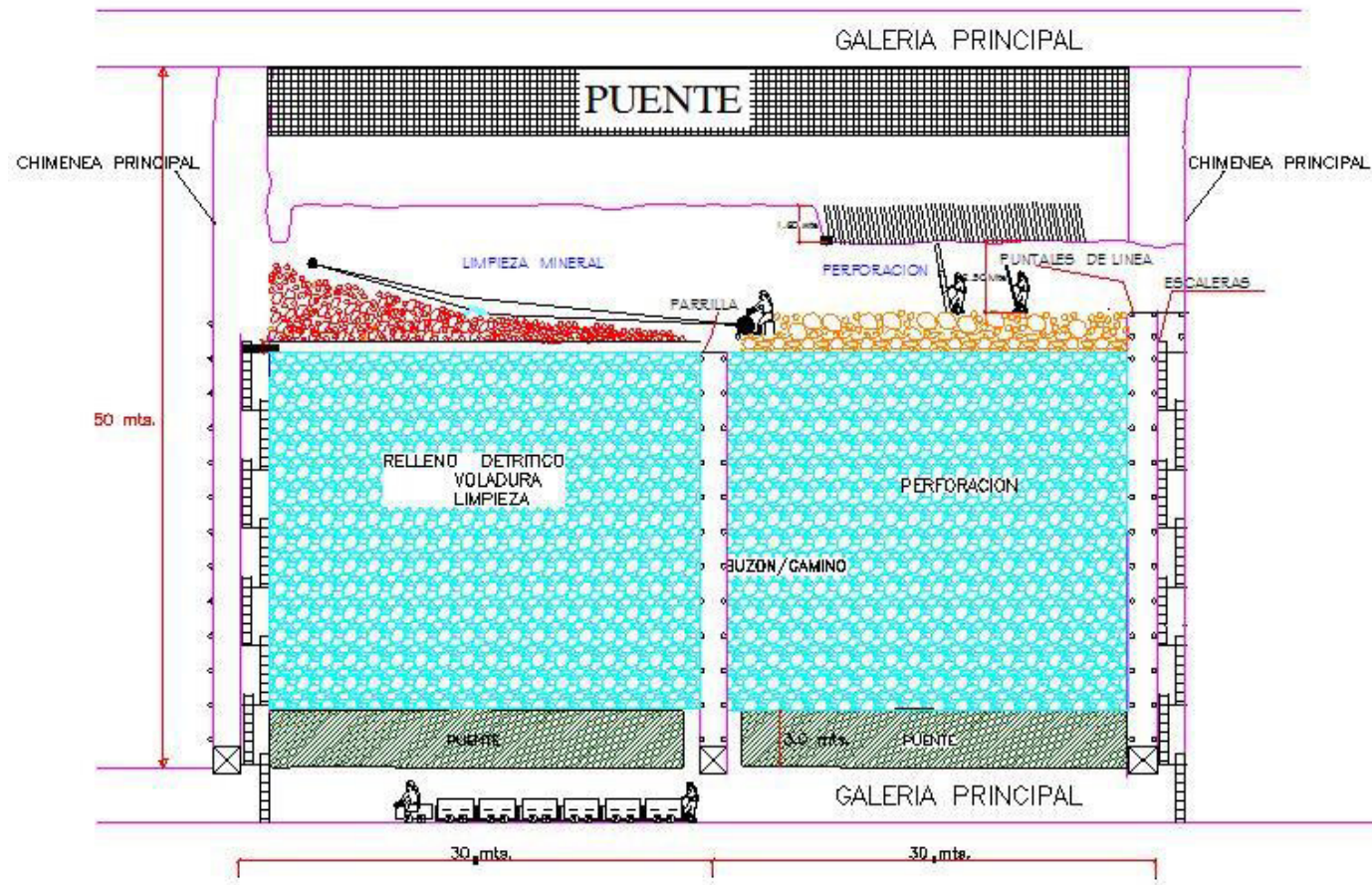
Corte y relleno ascendente convencional

En este método desde un subnivel previamente excavado se realiza la rotura del techo o recorte horizontal de mineral. Después de realizar la rotura del mineral este es extraído generando un espacio vacío el cual es rellenado empleando material detrítico o de relaves, esto con el fin de mantener la estabilidad de las cajas y el piso.

El relleno sirve de piso para continuar con la extracción del siguiente rebaje de mineral ya sea mediante perforación horizontal o vertical.

Figura 8.

Corte y Relleno Ascendente Convencional (una hoja)



Nota. Representación del método de explotación por corte y relleno ascendente empleando el método convencional. Tomada de *Aplicación de taladros largos en vetas angostas, caso mina Austria Duvaz-Morococha* (Ordoñez, 2017)

Condiciones de aplicación

- Yacimientos en forma de vetas.
- La roca encajonante tiene que ser competentes o medianamente competentes.
- El ancho del cuerpo debe estar entre 0.8 a 3 m.
- Buzamientos por encima de 55°.
- Se tener al alcance material para relleno detrítico o hidráulico.
- El mineral tiene que ser regular.

Explotación

Desde el subnivel se comienza con la fragmentación del mineral desde la parte baja del tajeo en dirección ascendente, se deja un puente de 3 o 4 metros en la parte superior del tajeo.

El ciclo de minado para este método comprende la perforación, voladura, limpieza y relleno.

Perforación

El buzamiento de la veta direcciona la orientación de los taladros a su vez estos están limitados al contacto del cuerpo con la caja. Dependiendo del ancho de la veta los trazos de mallas de perforación pueden variar pudiendo ser intercalado en 2:1, 2:1 o 3:2, 3:2 taladros.

Voladura

Para disparar se puede usar dinamita, el número de cartuchos depende de la profundidad del taladro y se chispea de acuerdo a la secuencia de salida diseñado.

Con el fin de obtener una buena fragmentación del mineral y evitar la generación de bancos, los diseños de las mallas de perforación deben adaptarse al terreno ya sea cambiando su distribución o regulando la cantidad de carga explosivas.

Limpieza

La extracción se realizará por medio de winchas de tipo eléctricas de 7-12-20 HP, ubicadas en las chimeneas de extracción donde los winches se instalan sobre plataformas y conforme la explotación va ascendiendo de igual forma las winchas se van instalando y moviéndose de piso a piso.

Relleno

Culminada la limpieza del mineral, la zona excavada se prepara para ser rellenada, por ello para el caso de relleno detrítico se colocan dos puntales y se entabla los extremos del tajeo y el echadero, el material de relleno se traslada desde superficie mediante chimeneas denominadas Glory Hole hacia carros mineros los cuales lo conducen hacia las chimeneas de relleno, donde se ubica la zona excavada a rellenar. Se realiza el relleno y se nivelando el piso por medio de rastrillos, hasta alcanzar una altura adecuada que permita que el perforista pueda trabajar de forma cómoda y poder continuar con el ciclo de minado.

Ventajas

- Cuando la roca es competente permite un alto grado de recuperación.
- El desmonte obtenido de los frentes de avances puede ser usado de relleno.
- Buena ventilación dentro de los tajeos.
- La ventilación en los tajeos es buena.
- En caso se requiere se puede cambiar a otro método de explotación.
- Poco consumo de madera.
- A medida que se va explotando se va muestreando el yacimiento.
- Puede aplicarse el método de circado para hacer una extracción selectiva.

Desventajas

- El traslado del relleno es costoso.
- Tiempo improductivo por la espera al realizar el relleno.

- El mineral fino que queda en el piso se pierde al mezclarse con el relleno
- Puede haber inconveniente respecto a la disponibilidad de relleno, cuando se está explotando de manera simultánea varios tajeos en distintos niveles y zona.
- Las chimeneas para desmonte y mineral requieren de un costo considerable para su mantenimiento.

Recuperación

Permite obtener una recuperación alta del mineral, la cual también depende del ancho de la veta cuando es angosta se puede recuperar los puentes y por otro lado si la veta es de alta potencia se tiene que dejar los puentes.

Rendimiento

Para obtener un buen rendimiento es necesario habilitar varias zonas de extracción y contar con disponibilidad de relleno, que permite que no se detenga el ciclo de minado.

2.2.4. Planeamiento Minero

El planeamiento consiste en determinar alternativas con el fin de seleccionar la mejor opción que permita asignar y establecer las tareas de la mejor forma con el fin de obtener objetivos deseados

En minería la planificación nos permite establecer el plan de producción, en el cual se establecen los tonelajes de producción de mineral, las leyes de material, las estrategias a emplear para su extracción, las fechas y los recursos necesarios para llevar a cabo objetivos.

2.2.4.1. Niveles de Planificación Minera.

2.2.4.1.1. Planificación conceptual.

En esta etapa es necesario realizar un análisis de las diferentes variables que intervienen para elaborar un plan, se establece la relación entre estas para generar opciones que permitan

obtener la forma más optima de aprovechar los recursos geológicos. En esta etapa es la que se determina si un proyecto es rentable, por ello es crucial dedicar el tiempo necesario analizando las variables que interviene en un plan minero.

a) Tamaño de la operación

El tamaño de la operación minera más allá de tomar en cuenta las magnitudes de la mina, debe considerar las características del yacimiento, costo de operaciones, objetivos de la organización y la disponibilidad de inversión.

b) Método de explotación

El método para extraer los recursos mineros pueden ser subterráneos o tajo abierto o bien una combinación (transición) entre estos. La elección del método debe tomar en cuenta consideraciones físicas del yacimiento y en mayor importancia el aspecto económico de la aplicación del método.

c) Limites finales

Es importante definir hasta donde es factible y rentable la extracción del yacimiento, para una extracción en cielo abierto se denomina como pit final y para una extracción subterránea envolvente final.

d) Secuencia de explotación

Establecer el mejor camino a seguir para lograr la extracción de los recursos mineros, de tal forma que se permita obtener el mejor beneficio económico posible, estableciendo diferentes opciones a seguir considerando restricciones espaciales, operacionales, geomecánicas, entre otros.

e) Estrategias de leyes de corte

La ley de corte, es decir la ley mínima de un commodity que debe tener el mineral para ser rentable y cubrir sus gastos de extracción, determina la cantidad de mineral a extraer del yacimiento y por consiguiente la vida de la mina. Permite diferenciar entre mineral extraíble y desmonte, si se quiere obtener mayores beneficios en menor tiempo es factible aumentar la ley de corte sin embargo se reduce considerablemente la vida de la mina.

f) Planes mineros de producción

Consiste en cuantificar los recursos que se requieren tanto físicos, humanos y financieros para lograr materializar el plan minero de producción en los tiempos establecidos.

2.2.4.1.2. Planificación operacional.

Relacionando a dar soluciones a corto plazo en el desarrollo de los planes mineros establecidos, están direccionados a la optimización de procesos tales como mejora de equipos, incorporación de nuevas tecnologías o nuevos métodos constructivos, entre otros. La rentabilidad del proyecto se define en mayor medida en la parte conceptual de la planificación por ello la planificación operacional no tiene mucho impacto en la rentabilidad final del proyecto.

2.2.4.2. Horizonte de planificación minera.

Relacionado al tiempo que abarca el plan minero pueden ser a largo, mediano y corto plazo.

2.2.4.2.1. Planificación a corto plazo.

Abarca un periodo de cinco años a más, donde se puede visualizar en mayor medida los objetivos generales de la organización, debido a su punto de vista más amplio permite introducir cambios estructurales con el fin de optimizar la rentabilidad del proyecto

2.2.4.2.2. Planificación a mediano plazo.

Comprende un periodo de planificación de entre uno a cinco años, es parte del planeamiento a largo plazo con el fin de llevarlo a cabo, es más restrictivo respecto a los cambios y sirve para tener una idea clara de los cálculos económicos de rentabilidad.

2.2.4.2.3. Planificación a corto plazo.

Tiene un rango de tiempo de un año a menos, está relacionado generalmente a las actividades operacionales es decir a la realidad, tiene una revisión ya sea semanal, mensual o trimestral su marco de referencia está dentro del planeamiento a mediano plazo.

2.2.4.3. Objetivos de la planificación minera.

- Determinar las reservas de mineral y el beneficio financiero del proyecto.
- Obtener el mayor valor posible de los recursos durante su explotación y procesamiento, es decir maximizar el VAN (valor actual neto).
- Obtener un plan de producción con un ritmo constante de alimentación a planta.
- Optimizar el proceso de minado con el fin de reducir los costos.
- Tener sistemas de control de producción adecuado y oportuno.

2.2.5. Recursos y Reservas

Para que la estimación de los recursos y reservas sea considerado valido, tiene seguir estándares mínimos, recomendaciones y guías los cuales son establecidos por el código JORC.

2.2.5.1. Recurso Mineral.

Se puede definir como la acumulación de material sólido que representa interés económico sea en superficie o en el interior de la corteza terrestre, a su vez esta debe tener potencial de generar ganancia económica. Para estimar los recursos minerales es necesario obtener evidencias de

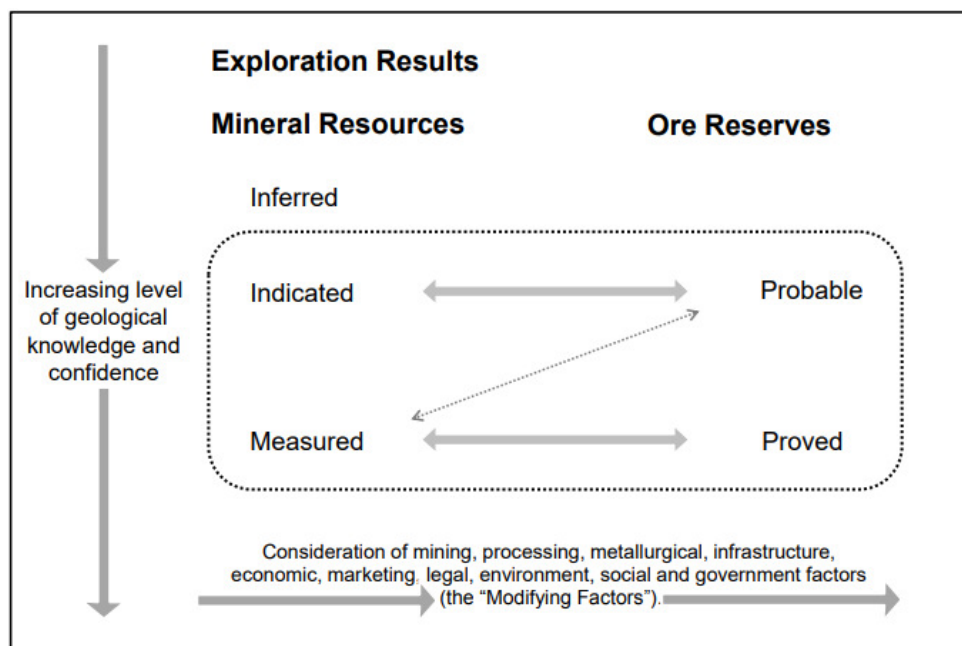
mineralización mediante muestreo en exploración geológicas. Según el grado de confiabilidad de la información obtenido del estudio geológico los recursos tienen tres categorías los cuales son medidos, indicados e inferidos.

2.2.5.2. Reserva de Mena.

Porción de recurso mineral sea medido o indicado que tiene atractivo económico, para que el recurso pase a ser reserva se toma en consideración aspectos como la dilución y pérdida de material al momento de su extracción; a su vez las reservas se subdividen en probables y probadas. Las reservas probables toman en cuenta el mineral que tenga la clasificación de indicado y medido, y las reservas probadas solo considera el mineral que tenga la categoría de medido, todo esto deberá ser debidamente sustentado por una persona competente y estudios geológicos detallados.

Figura 9.

Clasificación de Recursos y Reservas



Nota. Relación General entre Resultados de Exploración, Recursos Minerales y Reservas de Mena. Tomado de The JORC Code (2012)

2.2.6. Proceso de Elaboración de Planificación Minera a Mediano Plazo

El planeamiento a mediano plazo requiere al menos, definir el objetivo del estudio, un modelo de bloques que contenga las leyes de mineral, densidad, la recuperación, información litología, entre otros. El entendimiento de las limitaciones geotécnica; la estimación de precios del producto, son muy sensibles debido a que la variabilidad los distintos commodity y su estimación a veces no es la más adecuada; el costo de minado, procesamiento y capital; también es complicado de estimar debido a la volatilidad en el precio de los consumibles e insumos, por ello el planeamiento puede ser susceptible a cambios y ajustes en el tiempo.

2.2.6.1. Sondajes y Modelamiento Geológico.

Para elaborar un modelo geológico es necesario tener como base los sondajes exploratorios, estos son muestras (fragmentos) por medio de las cuales se interpretará la forma, extensión y volumen de la unidad litológica. Para obtener con mayor precisión un modelo geológico, además de considerar los sondajes es recomendable considerar la información sobre el tipo de depósito mineral, su comportamiento y su formación.

El modelo geológico se considera una interpretación de una realidad incierta de una o varias unidades geológicas las que se constituyen por estructuras, alteraciones, litología, mineralogía, entre otros. El modelo geológico constituye la base fundamental para realizar la estimación de recursos minerales.

2.2.6.2. Modelo de Bloques.

Para poder representar el yacimiento mineral en una computadora este se subdivide en pequeños volúmenes en forma de prismas rectangulares (celdas) los cuales contienen información como la ley de mineral, densidad, ubicación espacial entre otras variables relacionadas a aspectos geológicos y de ingeniería; el conjunto de estos volúmenes conforma el modelo geológico.

Las celdas de un modelo de bloques pueden tener un tamaño regular o irregular, a su vez éstas se distribuyen en el espacio en un sistema de cuadrículas XYZ (ejes de coordenadas)

EL modelo de bloques sirve para poder realizar la estimación ya sea mediante kriging ordinario, distancia inversa al cuadrado o algún otro método.

2.2.6.3. Diseños y Optimización de Stope.

El cuerpo mineralizado se divide en pequeños solidos denominados stopes los cuales representan una masa de mineral a extraer al realizar una voladura. Para optimizar la recuperación del mineral y llevar a cabo la explotación de manera segura, el diseño de los stopes debe de considerar parámetros geomecánicos (cargas soportantes del macizo rocoso y su resistencia) para ser dimensionadas, también considerar el grado de dilución que genera al integrar desmonte o mineral marginal en su diseño para que sea operativo su extracción.

La abertura que deja los stopes al ser extraída, es decir la altura y la longitud están condicionadas al grado de estabilidad que proporcione la masa de roca predominante.

2.2.6.4. Diseño de Avances.

Definir el tipo de labores mineras que se desea generar y la dirección que están tendrán para poder tener acceso al mineral. Se debe considerar para la sección de las labores el tipo de equipo que transitara por la labor, o su uso en el proceso de extracción del mineral.

2.2.6.5. Secuenciamiento.

Para que un proyecto sea exitoso es necesario una adecuada planificación, tanto de la asignación de los recursos que se dispondrá como de las actividades a realizar. Se debe establecer para ello un orden por medio del cual se desarrollará la explotación del mineral tomando en cuenta las relaciones espaciales y de temporalidad entre cada actividad, solo de esta forma se podrá reflejar de manera congruente un proyecto minero.

El secuenciamiento consiste en establecer que actividad precede y antecede a cada actividad involucrada en el proceso de desarrollo, preparación y explotación del mineral, por ejemplo, la construcción de una chimenea se inicia solo si se tiene una ventana inferior desde donde debe iniciar, la construcción un crucero se inicia después de que la rampa llegue al nivel de inicio del crucero, una extracción de un stope es antecedido por la extracción de otro stope con cara libre.

2.2.6.6. Nivelación y Programa de Producción en tajeos.

La nivelación es el proceso de resolver el problema de limitación de asignación de un recurso (mineral) para una tarea cuando existe una sobreasignación de dicho recurso. Se realiza con el fin de evitar la asignación en exceso de un recurso a una actividad, es decir se ajusta la asignación de recursos a las restricciones de cantidad tales como ritmo de extracción y aporte necesarios de definir para lograr un cronograma o programa de producción.

Al asignar un recurso a una actividad o grupo de actividades, se debe considerar si es que el recurso ya este asignado a otra actividad o si está excediendo las restricciones de asignación planteadas, la nivelación consiste en identificar dicho problema y eliminar la sobreasignación de un recurso.

2.2.6.7. Evaluación Económica.

Consiste en evaluar si el proyecto es rentable y decidir si es que una inversión generara beneficios, para ello existen dos herramientas financieras de evaluación del proyecto.

a. Valor Actual Neto (VAN)

También denominado como Valor Presente Neto (VPN), sirve para determinar si un proyecto tendrá rentabilidad, su valor resulta de la diferencia entre el valor de los ingresos futuros traídos al presente y la inversión necesaria para dar inicio al proyecto. Si su valor es mayor a cero

el proyecto sera rentable, caso contrario si se tiene un valor negativo el proyecto generara perdidas.

$$VAN = \frac{\sum (CF_i)}{(1+i)^n} - I$$

Donde:

- CFi– Flujos netos de efectivo
- n: Vida esperas del proyecto
- I: Inversión del proyecto
- i: Tasa de descuento
- Si $VAN > 0$ entonces el proyecto es rentable
- Si $VAN = 0$ entonces el proyecto no genera ganancias
- Si $VAN < 0$ entonces el proyecto genera pérdidas.

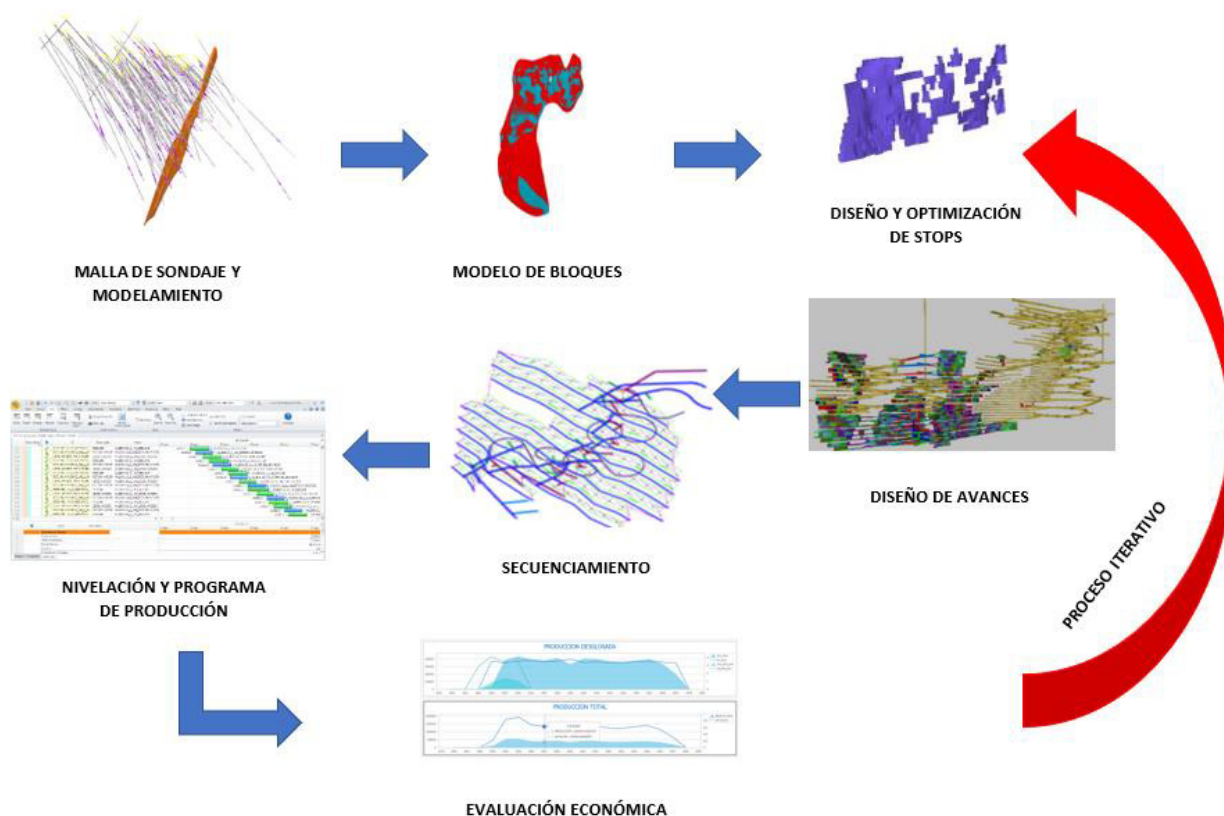
b. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Sirve para determinar la rentabilidad de un proyecto. Su valor se define como la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para su cálculo se emplean fórmulas matemáticas específicas o herramientas computacionales.

- Si $TIR > 0$, el proyecto generara rentabilidad.
- Si $TIR < 0$, el proyecto no genera rentabilidad.
- Si $TIR = 0$, no genera ganancias ni perdidas, se requiere evaluar si el proyecto generar algún otro beneficio relacionado a su realización.

Figura 10.

Proceso de elaboración de planificación minera a mediano plazo



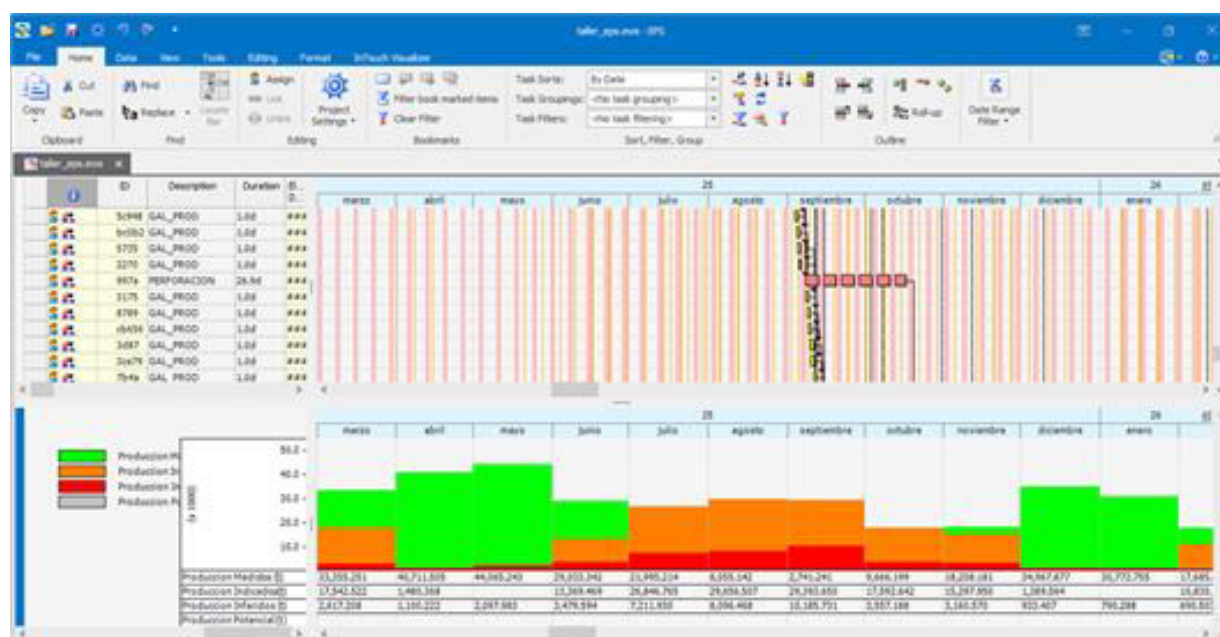
2.2.7. Softwares usados en la planificación minera

Algunos softwares especializados para el secuenciamiento del avance y extracción del mineral son:

a) Enhanced Production Scheduling (EPS)

Una herramienta completa para establecer programas de avances y extracción en minería subterránea, trabaja en conjunto con Studio UG (software de diseño de Datamine). La programación se refleja en gráficos de Gantt, permite establecer restricciones de calendarios y nivelación de recursos de equipos y materiales.

Figura 11.
Interfaz EPS



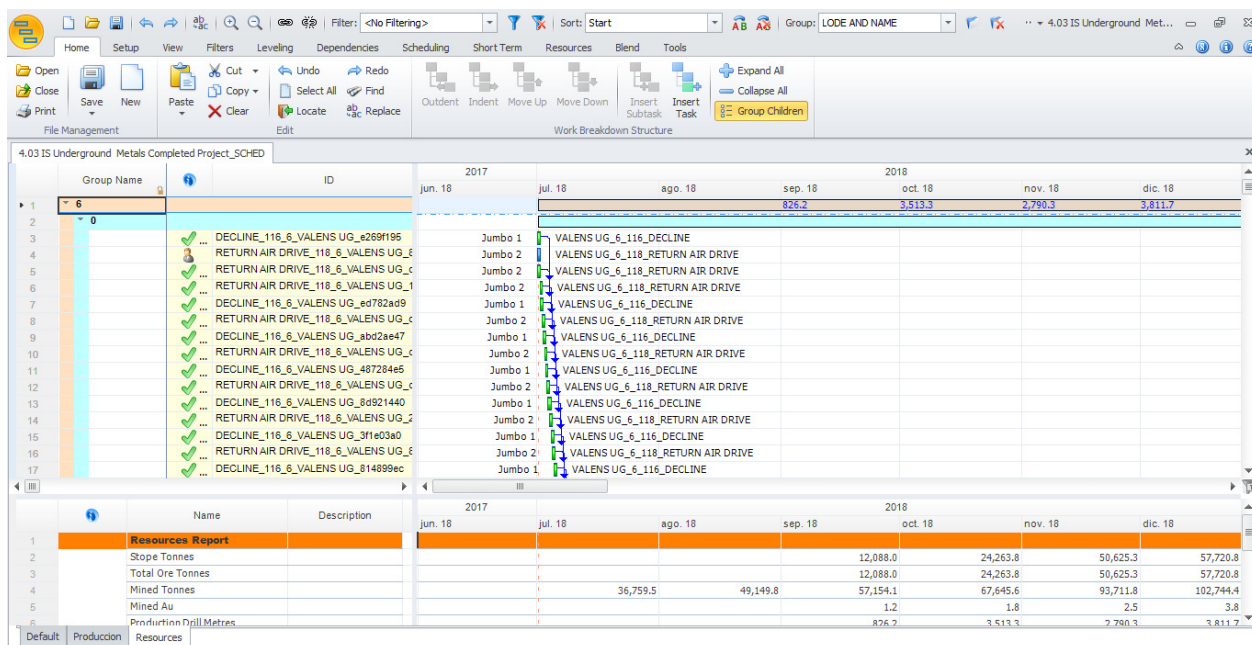
Nota: Interfaz EPS de datamine, mostrando graficas Gantt y reportes mediante barras por periodo de meses.

b) Deswik.Sched

Deswik.Sched es un software diseñado y enfocado a la planificación minera, para lo cual cuenta con la capacidad de manejar una enorme cantidad de datos, considerar restricción como los ratios, además de representar mediante graficas de Gantt interactivas el cronograma de los avances, actividades auxiliares y producción de mineral.

También el software cuenta con un potente complemento que permite nivelar los recursos, considerando mas cantidad de variables como prioridades, limitaciones y objetivos ya sea de diseño o de extracción, esto con el fin de poder representar en el software de la forma más cercana posible la realidad y obtener con ello resultados a un nivel de detalle que las técnicas y estándares actuales lo exigen.

Figura 12.

Interfaz Deswik.Sched

Nota: Interfaz Deswik.Sched mostrando grafica de Gantt con los recursos y su duración, además mostrando un resumen de reporte por meses.

Capítulo III: Hipótesis y Variables

3.1. Hipótesis general

La implementación de lenguaje de programación Python en minería subterránea en vetas permite elaborar un plan de producción a mediano plazo alternativo al planeamiento de producción tradicional en Excel.

3.2. Hipótesis específica

- La elaboración de un planeamiento de producción de mineral a mediano plazo en minería subterránea de vetas en Excel puede ser plasmada en una secuencia de pasos programables.
- El empleo de lenguaje de programación Python en minería subterránea en vetas permite elaborar una alternativa al uso de software comerciales de programación de secuencia de extracción.
- La implementación de lenguaje de programación Python en minería subterránea en vetas permite optimizar los tiempos y resultados de un plan de extracción de mineral a mediano plazo tradicional en Excel.

3.3. Variables

3.3.1. *Variable independiente*

Lenguaje de programación Python

3.3.2. *Variable dependiente*

Planeamiento de producción a mediano plazo en Excel

3.4. Operacionalización de variables

Tabla 1.

Variables operacionales

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE: Lenguaje de programación Python	Python es un lenguaje de programación sencillo ideal para principiantes ya que tiene una sintaxis sencilla que facilita el aprendizaje, también es ampliamente usados por programadores expertos debido a su versatilidad.	Requerimientos	• Interfaz • Estructura (diseño) • Facilidad de uso • Reutilización
VARIABLE DEPENDIENTE: Planeamiento de producción a mediano plazo en Excel	El planeamiento consiste en determinar alternativas con el fin de seleccionar la mejor opción que permita asignar y establecer las tareas de la mejor forma con el fin de obtener objetivos deseados.	Rendimiento del método	• Tiempo • Variabilidad • Tonelaje • Leyes • Dilución

Capítulo IV: Materiales y Métodos

4.1. Área de estudio

El presente trabajo se enmarca en la minería subterránea de explotación de vetas por medio del método de corte y relleno convencional empleando relleno hidráulico, la zona de interés presenta leyes de oro y plata, el metraje de avances es poco ya que se tiene acceso mediante labores ya existentes cercanos a los tajeos. La investigación se centrará una base de datos de inventario de reservas.

Figura 13.

Vista isométrica de stopes y avances

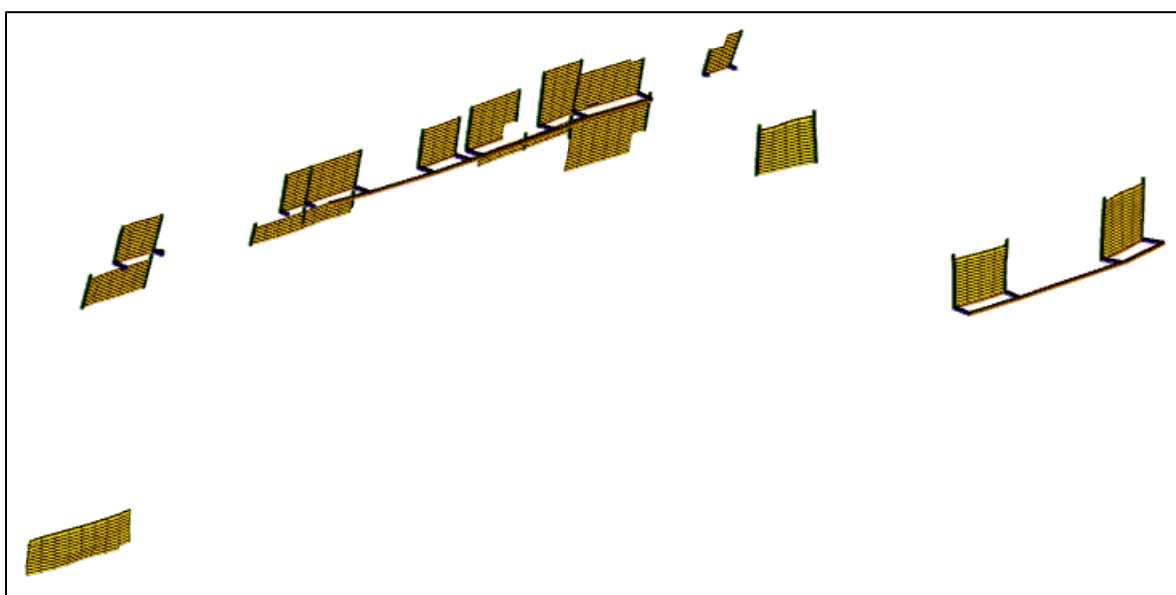


Figura 14.

Vista vertical de los tajeos con sus nombres

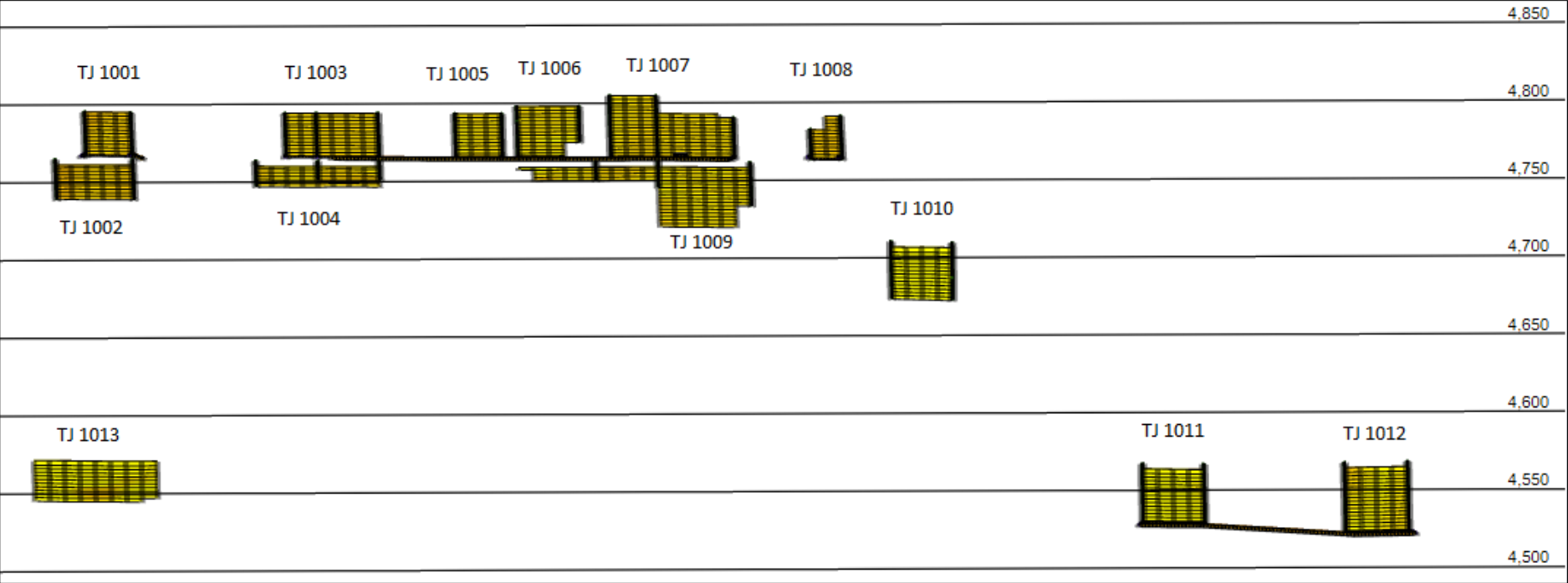


Tabla 2.

Resumen de toneladas, leyes de oro y plata de tajeos.

Campos	4500			4650	4700			4750						Total general
	TJ 1011	TJ 1012	TJ 1013	TJ 1010	TJ 1002	TJ 1004	TJ 1009	TJ 1001	TJ 1003	TJ 1005	TJ 1006	TJ 1007	TJ 1008	
Ton	2,817	3,613	4,497	3,125	2,570	2,377	7,638	1,807	3,976	2,330	3,148	6,673	1,191	45,763.29
Ley Ag (g/t)	906.68	951.49	516.57	298.84	154.12	370.50	282.56	131.53	255.32	175.34	247.29	243.71	288.75	373.54
Ley Au (g/t)	0.78	0.48	4.15	1.78	3.50	0.91	1.00	3.02	0.96	0.82	1.41	0.82	1.35	1.52
Pot (m)	0.77	0.61	0.82	1.00	0.81	0.82	1.21	0.86	0.88	1.19	1.32	1.11	1.21	0.99

4.2. Tipo de Investigación

La investigación llevada a cabo tendrá un enfoque cuantitativo ya que a partir de la hipótesis ya establecida se dará paso a la recolección y análisis de datos con el fin de comprobarla, siguiendo una secuencia de trabajo lineal.

En cuanto al alcance de la investigación es de tipo descriptivo, considerando que el proceso de investigación es de tipo cuantitativo (Hernández, Fernández & Baptista, 2014), ya que se describe el proceso de elaboración de un plan de producción en Excel, así como el mismo proceso, pero empleando lenguaje de programación Python.

4.3. Diseño de Investigación

Teniendo en cuenta que el diseño de investigación como un plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). El diseño de la investigación es de tipo no experimental, ya que no se manipula variables para obtener un resultado deseado o planteado como hipótesis, transeccional o transversal ya que se trabajará con datos recopilados en un único momento dado y además se busca dar a conocer posibles variables que puedan ser estudiados en trabajos posteriores.

4.4. Población y muestra

Población:

Minería subterránea de explotación en vetas.

Muestra:

Base de datos de reservas en Excel de stopes en minería de explotación mediante corte y relleno ascendente convencional.

4.5. Procedimiento, técnicas e instrumentos de recolección de información

4.5.1. Procedimientos

- Elaborar un plan de producción empleando hojas de cálculo, que respete las restricciones de extracción por tajeo y a la vez permita obtener los objetivos globales.
- Elaborar código de programación en Python que permita elaborar un plan de producción en sustitución al uso de hojas de cálculo.
- Analizar y comparar los resultados obtenidos mediante el uso de Excel y Python.

Figura 15.

Diagrama de flujo de la metodología a seguir.

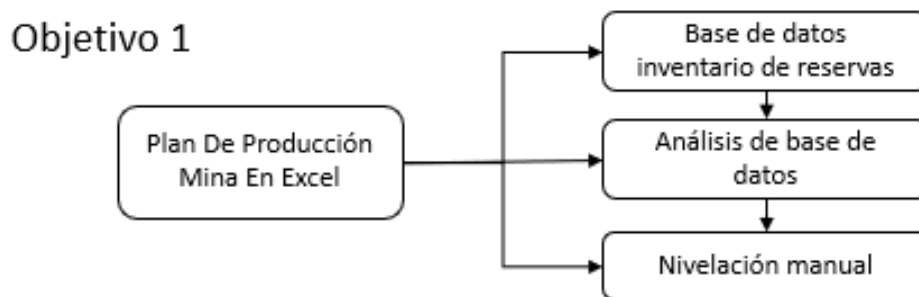
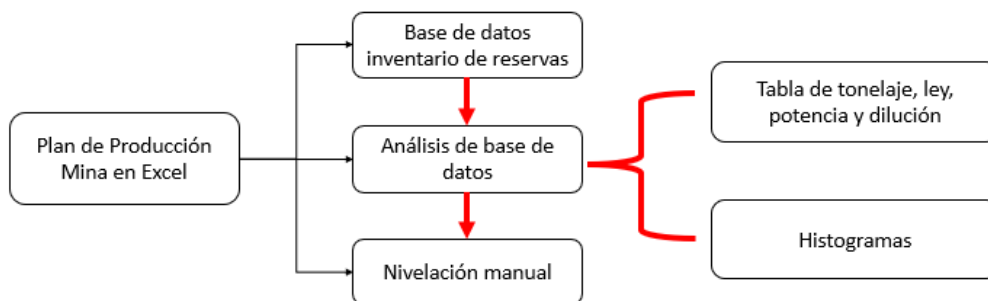
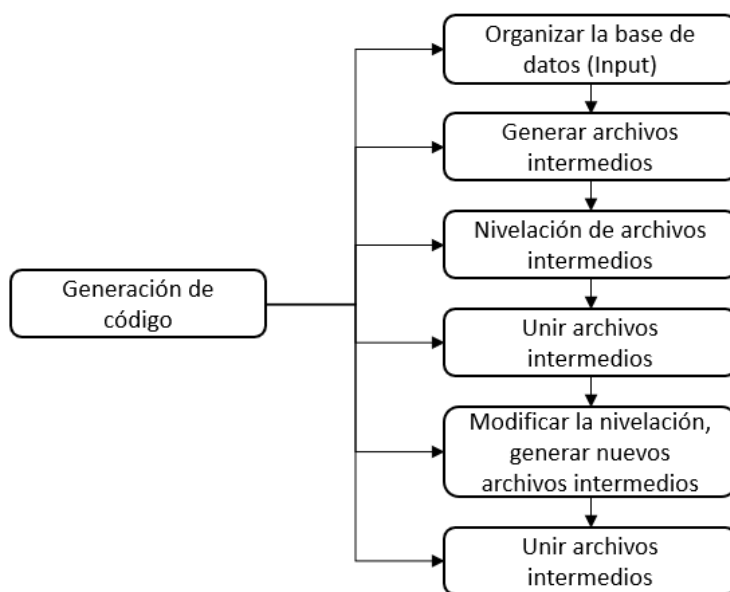


Figura 17.*Diagrama primer objetivo.***4.5.1.2. Metodología objetivo 2.**

Se replicará la secuencia de trabajo de un planeamiento en Excel, en lenguaje código Python, para ello se seguirá una secuencia lógica de trabajo, que comienza con el análisis de la base de datos de inventario de reservas el cual serviría como input para poder ejecutar el código y obtener un plan de producción. Se generarán archivos intermedios en el proceso que harán más manejable el proceso de nivelación y luego se unirán en un archivo único final.

Figura 18.*Diagrama segundo objetivo.*

4.5.1.3. Metodología objetivo 3.

Como paso final del presente trabajo se procedió a analizar el resultado obtenido por la programación de la secuencia de producción realizada con el lenguaje código y se comparará con los datos iniciales y la programación genera por hojas de cálculo (Excel).

4.5.2. Técnicas de recolección de información

Los datos para poder realizar el presente trabajo son datos de investigación de tipo secundario ya que son datos que fueron proporcionados de reservas y avances de una mina dichos datos ya han sido trabajados para poder obtener un resumen en Excel, sobre el cual se trabajó.

4.5.3. Instrumentos de recolección de información

Para el presente trabajo se utilizaron librerías python con el fin de obtener los objetivos planteados, los instrumentos empleados son de uso libre y de amplio uso por estudiantes y las áreas de ingenierías. Las librerías son un conjunto de funciones, realizadas por otros usuarios o suministradas por Python que permiten al usuario el uso de dichas funciones con el fin de ahorrar tiempo y esfuerzo. A continuación, las librerías que se usaron:

- Pandas
- Openpyxl
- NumpyL
- Random
- Matplotlib

4.5.3.2. Programas y Software

Anaconda

Anaconda es un conjunto de programas de código abierto que contiene una serie de librerías, aplicaciones y conceptos orientadas al desarrollo de la ciencia de datos mediante lenguaje Python y R.

Jupyter notebook

Es un programa gratuito que nos proporciona una interfaz donde el usuario puede escribir, documentar y ejecutar el código, visualizar datos entre otros. Para su uso es necesario tener instalado Python y cualquier navegador.

Capítulo V: Resultados, Discusión, Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Resultados

5.1.1. Resultados Primer Objetivo

Siendo el primer objetivo del presente trabajo la elaboración de un plan de producción a mediano plazo en Excel, para el presente trabajo se contó con una base de datos en Excel conformada por dos archivos, una que contiene la base de datos de avances y la segunda que contiene la información de los stopes, Estas bases de datos ya han sido trabajadas en otros software para poder determinar los avances por mes y los atributos de cada stope como son: leyes, tonelaje, dilución, densidad, orden de salida (consideración espacial cuando es necesario que un bloque salga antes que otro), codificación, método, tajeo al que pertenece. Debido a que el presente trabajo está enfocado en establecer la secuencia de extracción de los stopes respetando las restricciones de los ratios de extracción y a la vez considerar los objetivos globales por mes se dará mayor enfoque a la base de datos de los stopes.

5.1.1.1. Análisis de la Base de Datos.

El cuadro de resumen de los avances se resume a continuación en la tabla 3.

Tabla 3.

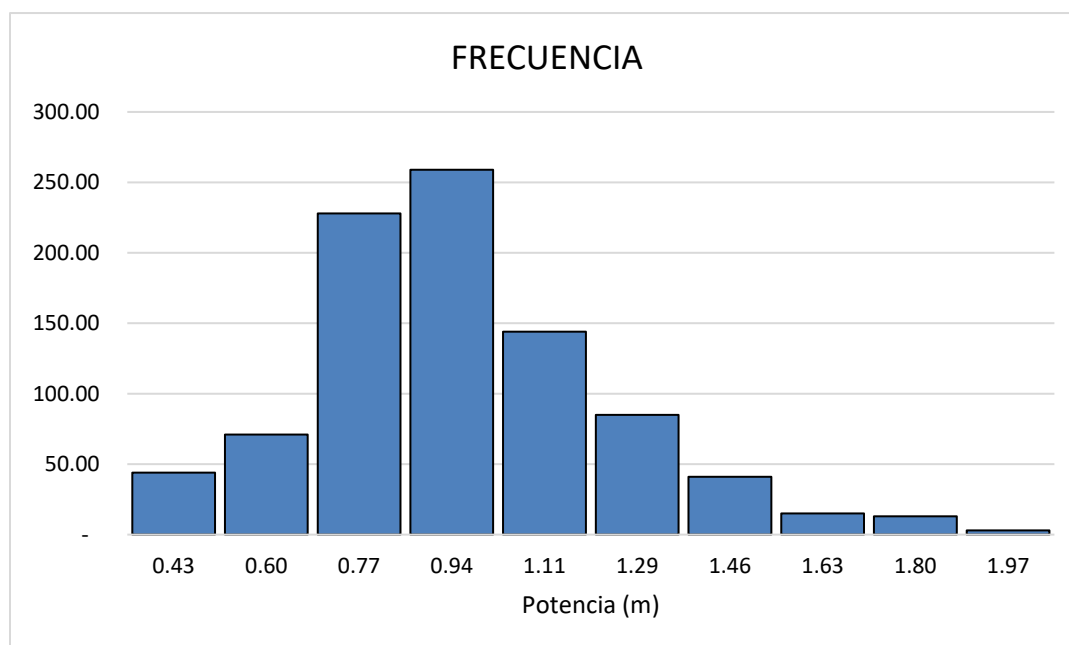
Resumen de avances por meses.

Avances	2022								Total (m)
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	
Infraestructura de Operación	14	43	68	112	122	87	71	5	523
Infraestructura de Recursos	107	119	149	179	152	171	126	121	1,123
Total	121	162	217	291	274	258	197	126	1,645

Tabla 4.*Resumen de metraje según tipo de labor*

Avances	Labor	Sección (mxm)	Total (m)
Infraestructura de Operación	BYPASS	4.5x4.0	383
Infraestructura de Operación	CHIMENEA	1.8x2.4	140
Infraestructura de Recursos	BYPASS	4.5x4.0	56
Infraestructura de Recursos	VENTANA	3.0x3.0	294
Infraestructura de Recursos	CHIMENEA	1.8x2.4	772

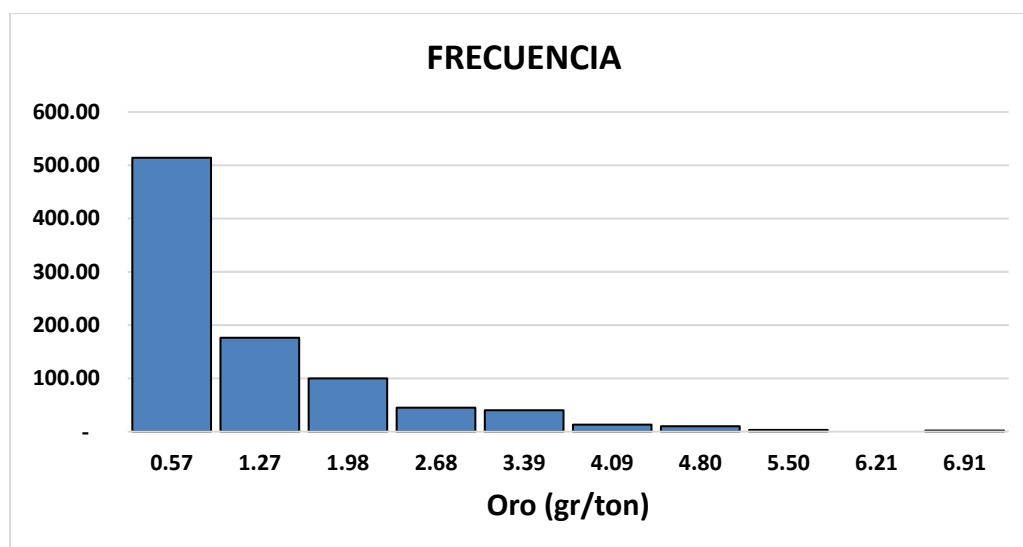
Los avances se establecen considerando un avance mensual dentro de un rango según las disponibilidades de inversión para solventar los avances.

Figura 19.*Frecuencia de potencia promedio de stope sin dilución.*

Nota. La potencia entre mínima y máxima para los stopes son 0.35 y 2.06 respectivamente, con una media de 0.96 metros.

Figura 20.

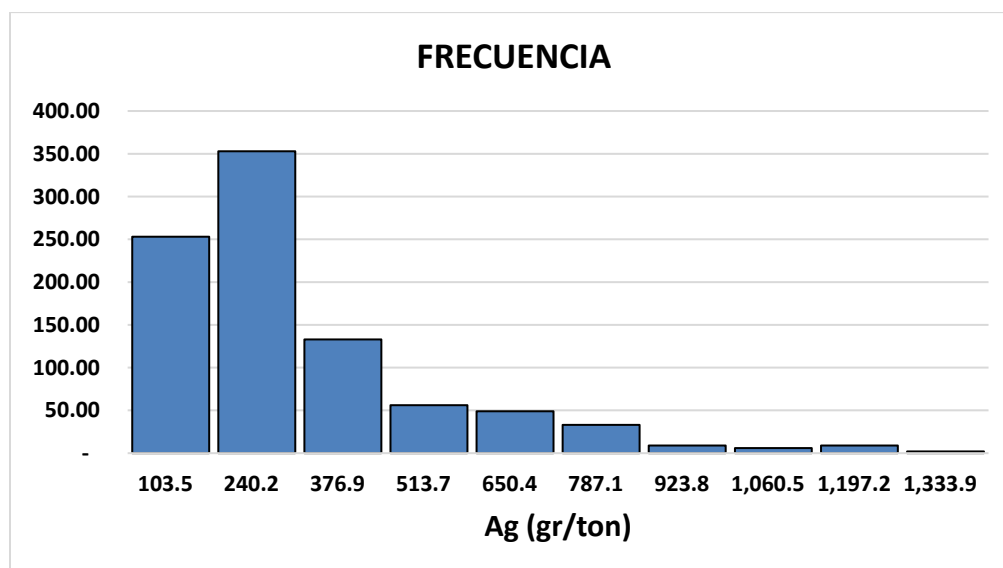
Distribución de leyes de oro (g/ton) por stope sin dilución



Nota. Las leyes mínima y máxima de oro son 0.22 y 7.26 respectivamente con una ley media de 1.22 gramos por tonelada.

Figura 21.

Distribución de leyes de plata (g/ton) por stope sin dilución.



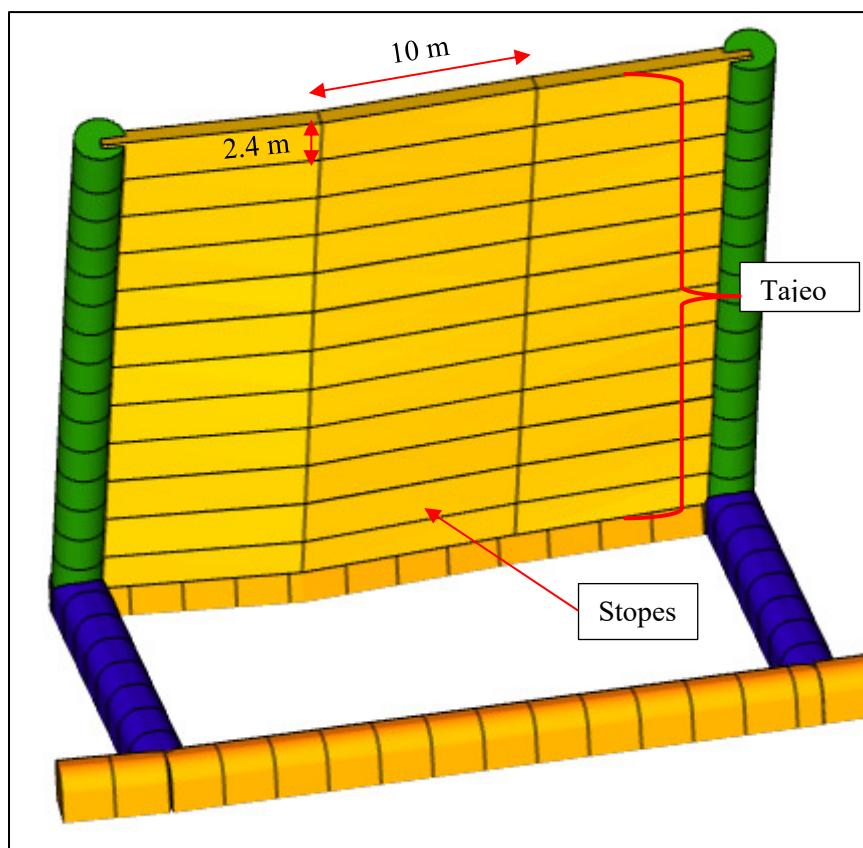
Nota. Las leyes mínima y máxima de plata son 35.17 y 1,402.27 respectivamente, con una ley media de 303.92 gramos por tonelada.

El archivo inicial de base de datos con el nombre en Excel cuenta con datos obtenidos de un modelo de bloques ya trabajado, el cual se exporto a formato con los siguientes datos a trabajar:

- ID: valor identificador alfanumérico único para cada stope.
- ZONA: zona de estudio de darse el caso que se contará con más de una estructura mineralizada.
- METHOD: método de explotación.
- NIVEL: subunidad de explotación en una mina subterránea, conformada por galerías horizontales de trabajo, estos están distribuidos a intervalos regulares de 20 a más.
- TAJO: nombre de los tajeos.

Figura 22.

Tajeo dividido en stopes



- DIL (%): relación entre el volumen fuera del modelo de bloques y volumen dentro del modelo de bloques.

- VOID VOLUME: volumen de sólido que no es parte del modelo de bloques o desmonte.
- POTD: potencia de los stopes al darle el ancho operativo, es decir potencia diluida.
- MES: mes de inicio de extracción del stope, fecha en la cual se tiene acceso debido a los avances y explotación
- MODEL VOLUMEN: volumen de sólido que es parte del modelo de bloques o mineral.
- TON: toneladas reportadas para cada sólido.
- SG: densidad.
- AU: ley de oro reportadas para cada sólido.
- AG: ley de plata reportadas para cada sólido.
- POT: potencia promedio de los stopes.
- AÑO: año de inicio de extracción del stope, fecha en la cual se tiene acceso debido a los avances y explotación.

5.1.1.2. Indicadores.

A partir de los datos que se proporcionan en la base de datos se usarán las siguientes fórmulas para obtener datos con los cuales trabajar posteriormente:

Potencia Diluida (FD):

$$POTD = 0.8 \quad \text{Si POT es menor a 0.8 m}$$

$$POTD = POT \quad \text{Si POT es mayor o igual a 0.8 m}$$

La potencia operativa de los stopes por el método de corte y relleno convencional en realce es de 0.80 m.

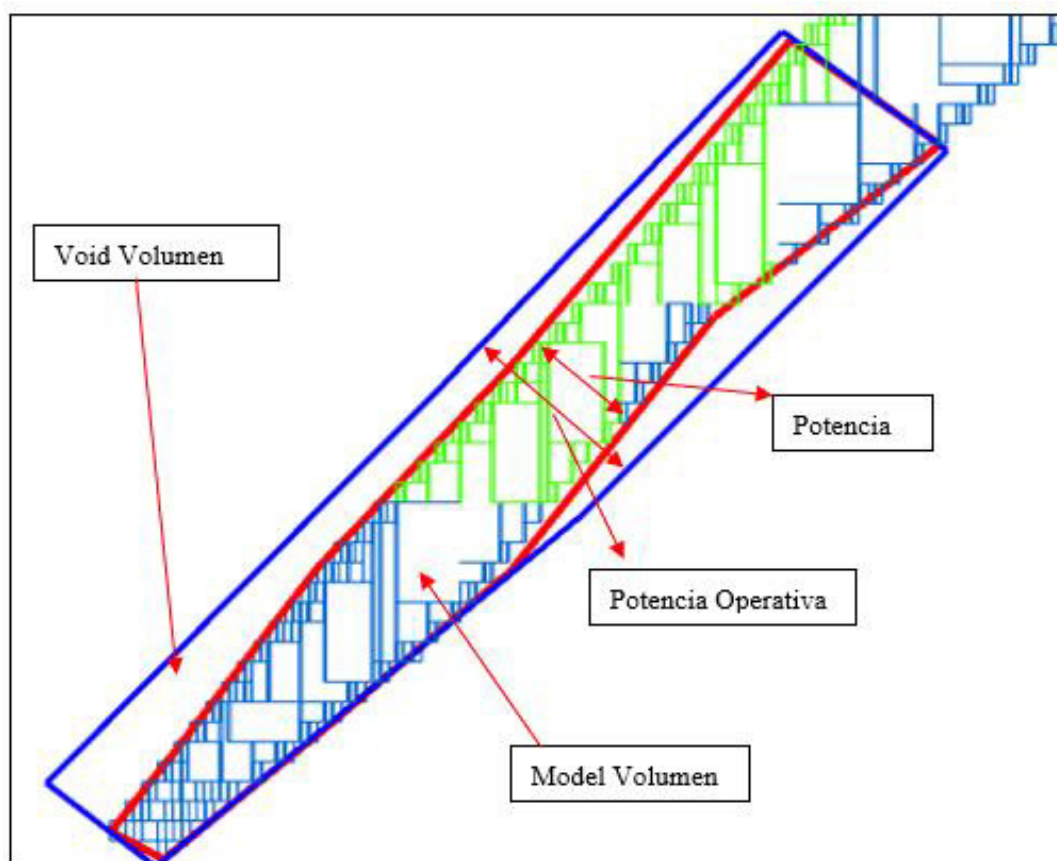
Dilución (DIL %):

$$DIL \% = \frac{Void\ Volumen}{Model\ Volumen}$$

- ✓ Void Volumen = volumen del sólidos que esta fuera del modelo de bloques
- ✓ Model Volumen = volumen del modelo de bloque que está dentro del sólido

Figura 23.

Imagen referencial para el cálculo de dilución.



Toneladas diluidas:

$$TOND = TON * (1 + DIL\%)$$

Ley de oro diluido:

$$AUD = \frac{AU}{(1 + DIL\%)}$$

Ley de plata diluida:

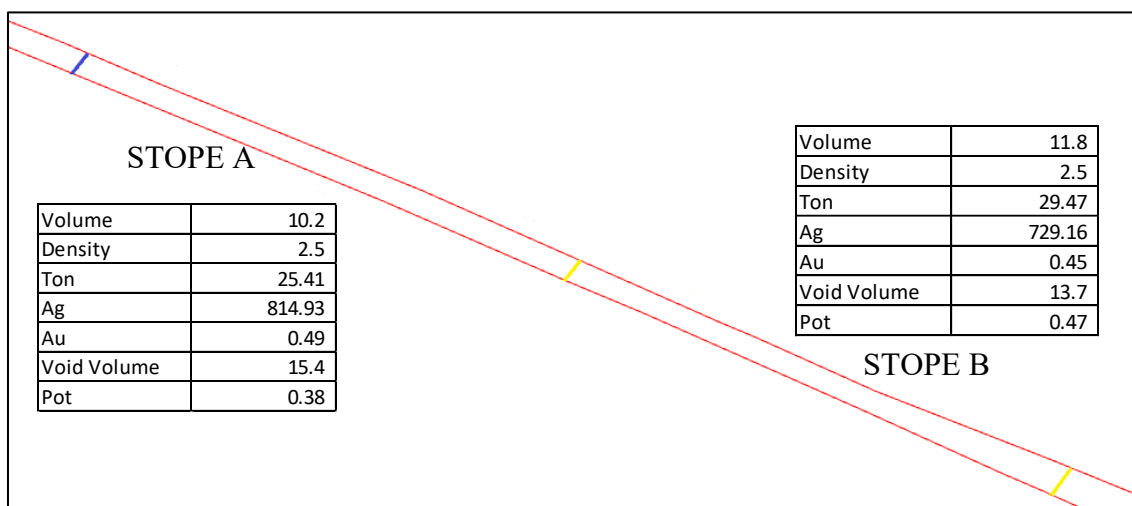
$$AGD = \frac{AG}{(1 + DIL\%)}$$

5.1.1.3. Cálculo de dilución

En esta sección se muestra el uso de las fórmulas presentadas, con dos stopes de ejemplo y sus valores iniciales en volumen, densidad, tonelaje, leyes, volumen de desmonte (void volumen) y potencia

Figura 24

Stopes de muestra iniciales sin aplicar dilución



Dilución (DIL %):

$$DIL \% = \frac{15.4}{10.2} = 1.52$$

Toneladas diluidas:

$$TOND = 49.39 * (1 + 1.52) = 64.02 \text{ t}$$

Ley oro diluido:

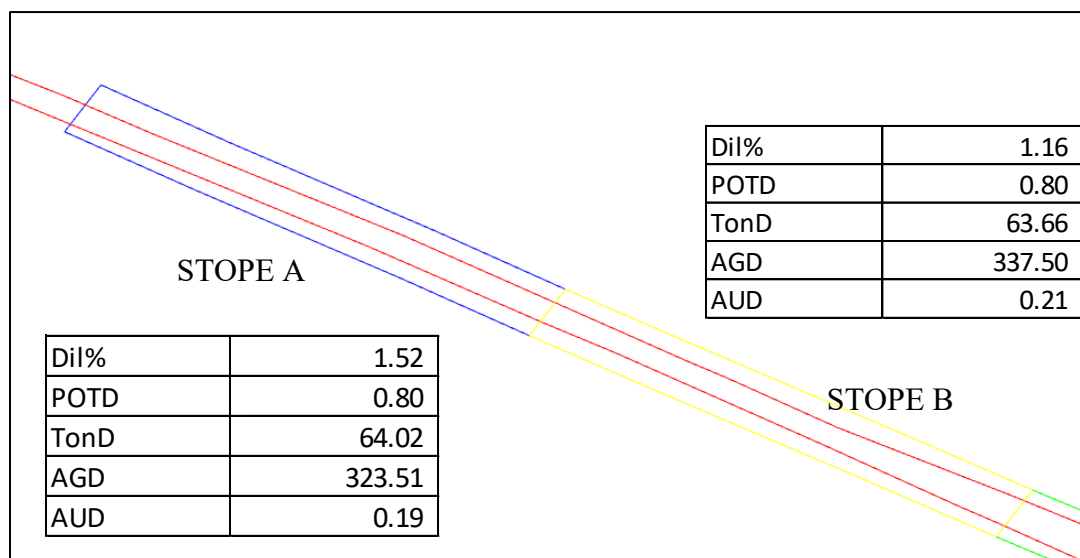
$$AUD = \frac{0.37}{(1 + 1.52)} = 0.19 \text{ g/t}$$

Ley plata diluida:

$$AGD = \frac{745.9}{(1 + 1.52)} = 323.51 \text{ g/t}$$

Figura 25.

Stopes de muestra diseñados considerando dilución



Para el cálculo de dilución de dos stopes:

$$DIL \% = \frac{(64.02 - 25.41) + (63.66 - 29.47)}{25.41 + 29.47} = \frac{38.60 + 34.20}{25.41 + 29.47} = 1.33$$

De la aplicación de las fórmulas a todos los stopes se tiene el siguiente resumen de la base de datos:

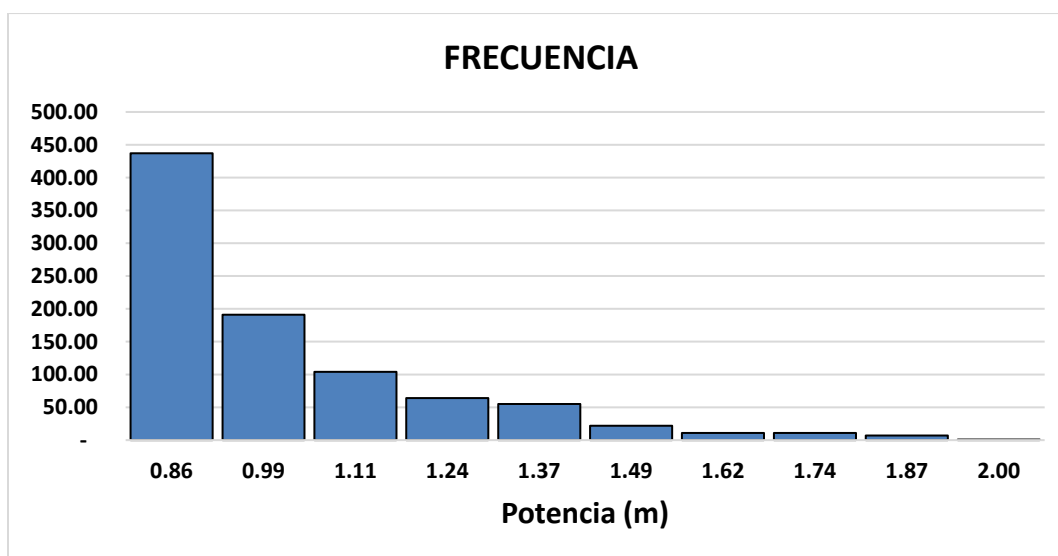
Tabla 5.

Resumen de tonelajes, dilución, leyes de oro y plata de tajeos

Campos	4500			4650	4700			4750						Total general
	TJ 1011	TJ 1012	TJ 1013	TJ 1010	TJ 1002	TJ 1004	TJ 1009	TJ 1001	TJ 1003	TJ 1005	TJ 1006	TJ 1007	TJ 1008	
Ton	4,466	7,290	7,211	4,077	3,576	3,358	8,934	2,503	5,139	2,504	3,672	7,651	1,343	61,723.42
Ley Ag (g/t)	571.87	471.62	322.18	229.08	110.75	262.25	241.56	94.96	197.51	163.17	212.04	212.56	256.23	276.95
Ley Au (g/t)	0.49	0.24	2.59	1.37	2.52	0.65	0.86	2.18	0.75	0.76	1.21	0.72	1.20	1.13
Pot (m)	0.82	0.83	0.89	1.02	0.85	0.85	1.22	0.86	0.90	1.19	1.32	1.11	1.21	1.02
Dil(%)	58.5%	101.7%	60.3%	30.5%	39.2%	41.3%	17.0%	38.5%	29.3%	7.5%	16.6%	14.7%	12.7%	34.9%

Figura 26.

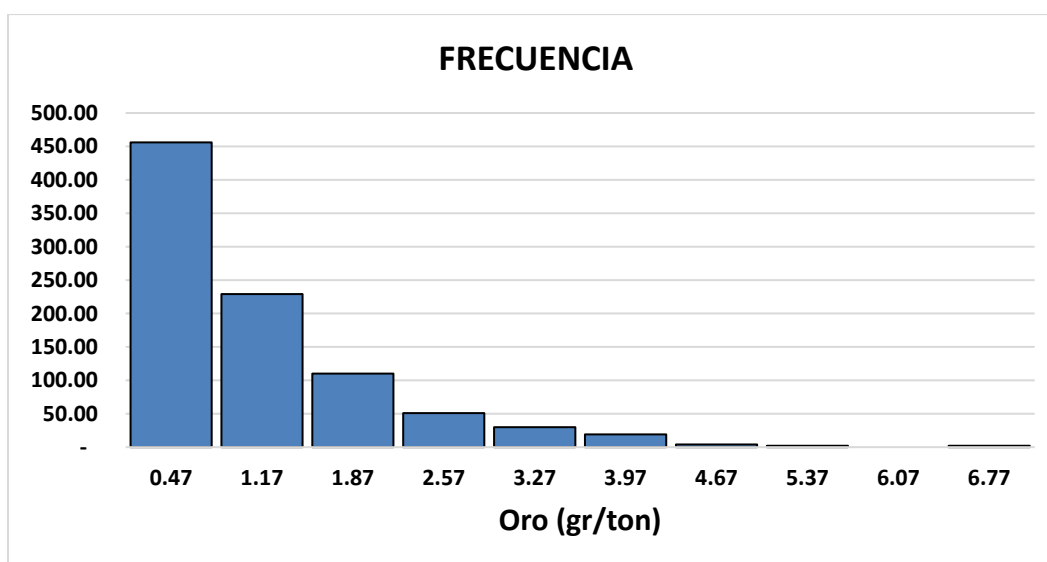
Gráfica de frecuencia de potencia promedio de stopes



Nota. La potencia entre mínima y máxima para los stopes son 0.80 y 2.06 respectivamente, con una media de 1 metros.

Figura 27.

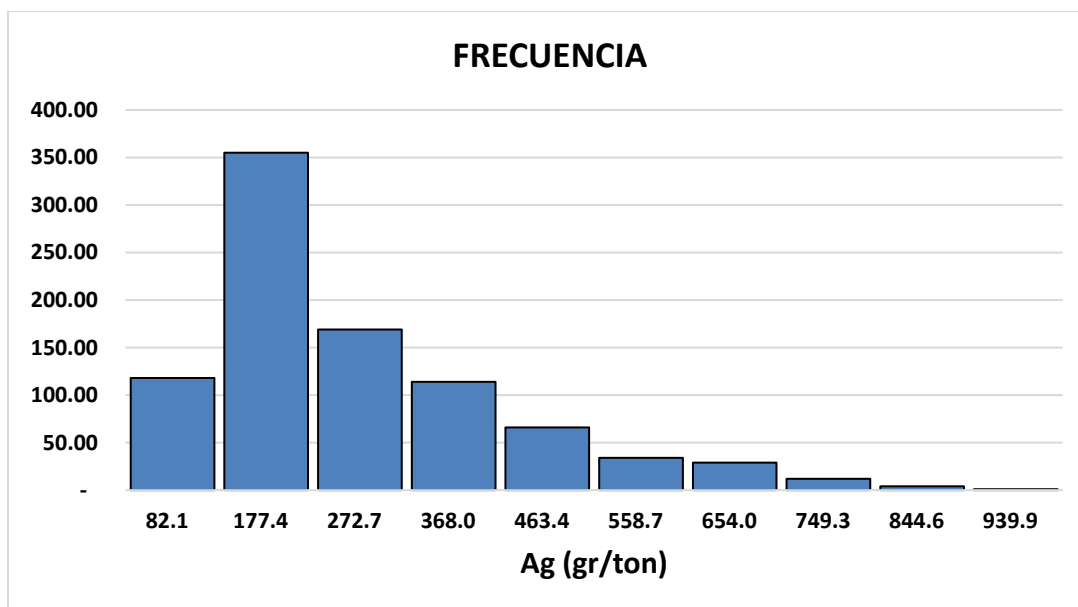
Distribución de leyes de oro (g/ton) por stopes



Nota. Las leyes mínima y máxima de oro son 0.12 y 7.12 respectivamente con una ley media de 1.14 gramos por tonelada.

Figura 28.

Distribución de leyes de plata (g/ton) por stopes



Nota. Las leyes mínima y máxima de plata son 34.48 y 987.23 respectivamente con una ley media de 268.26 gramos por tonelada.

Al ordenar la base de datos de Excel en una tabla dinámica se obtiene la información resumida en la tabla 5 y 7:

Tabla 6.

Resumen de aporte por tajeo sin nivelar

NIVEL	TAJEJO	Valores	Año 2022											Total general
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
4500	TJ 1011	Ton			142		1,126	2,851				347		4,466
		Ley Ag (g/t)			419		549	592				543		572
		Ley Au (g/t)			0.52		0.50	0.49				0.46		0.49
		Pot (m)			0.8		0.8	0.8				0.9		0.8
		Dil(%)			52.92%		62.58%	59.45%				42.58%		58.55%
	TJ 1012	Ton						217	6,465		504	104		7,290
		Ley Ag (g/t)						410	474		476	412		472
		Ley Au (g/t)						0.25	0.24		0.21	0.24		0.24
		Pot (m)						0.8	0.8		0.8	0.8		0.8
		Dil(%)						117.63%	97.06%		177.17%	103.04%		101.75%
	TJ 1013	Ton	629							100	5,643	839		7,211
		Ley Ag (g/t)	253							351	324	359		322
		Ley Au (g/t)	2.42							2.16	2.66	2.27		2.59
		Pot (m)	0.8							0.8	0.9	0.9		0.9
		Dil(%)	112.45%							81.74%	53.69%	76.77%		60.33%
Ton		629		142		1,126	3,068	6,465	100	6,147	1,289		18,967	
Total Ley Ag (g/t)		253		419		549	579	474	351	336	413		438	
Total Ley Au (g/t)		2.42		0.52		0.50	0.47	0.24	2.16	2.46	1.62		1.19	
Total Pot (m)		0.8		0.8		0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9		0.9	
Total Dil(%)		112.45%		52.92%		62.58%	62.52%	97.06%	81.74%	59.51%	67.69%		73.57%	

Tabla 7.*Resumen de aporte por tajeo sin nivelar (continuación)*

NIVEL	TAJEOS	Valores	Año 2022											Total general
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
4650	TJ 1010	Ton								3,679		398		4,077
		Ley Ag (g/t)								230		222		229
		Ley Au (g/t)								1.37		1.31		1.37
		Pot (m)								1.0		1.0		1.0
		Dil(%)								30.08%		33.97%		30.45%
	Ton									3,679		398		4,077
	Total Ley Ag (g/t)									230		222		229
	Total Ley Au (g/t)									1.37		1.31		1.37
	Total Pot (m)									1.0		1.0		1.0
	Total Dil(%)									30.08%		33.97%		30.45%
4700	TJ 1002	Ton										1,879	1,697	3,576
		Ley Ag (g/t)										119	101	111
		Ley Au (g/t)										2.57	2.46	2.52
		Pot (m)										0.8	0.9	0.8
		Dil(%)										47.81%	30.69%	39.16%
	TJ 1004	Ton		1,439	1,919									3,358
		Ley Ag (g/t)		230	286									262
		Ley Au (g/t)		0.55	0.72									0.65
		Pot (m)		0.8	0.9									0.8
		Dil(%)		50.36%	35.15%									41.28%
	TJ 1009	Ton	1,827	290	1,581	4,610	353			200		73		8,934
		Ley Ag (g/t)	252	258	268	231	182			264		213		242
		Ley Au (g/t)	0.73	0.80	0.82	0.92	0.81			0.80		0.97		0.86
		Pot (m)	1.1	1.1	1.3	1.2	1.3			1.4		1.5		1.2
		Dil(%)	27.61%	27.02%	9.78%	16.66%	10.18%			3.74%		0.00%		16.97%
	Ton		1,827	1,729	3,500	4,610	353			200		1,951	1,697	15,868
	Total Ley Ag (g/t)		252	235	278	231	182			264		123	101	216
	Total Ley Au (g/t)		0.73	0.60	0.76	0.92	0.81			0.80		2.51	2.46	1.19
	Total Pot (m)		1.1	0.9	1.1	1.2	1.3			1.4		0.9	0.9	1.1
	Total Dil(%)		27.61%	45.86%	22.37%	16.66%	10.18%			3.74%		45.22%	30.69%	26.09%
4750	TJ 1001	Ton										2,503		2,503
		Ley Ag (g/t)										95		95
		Ley Au (g/t)										2.18		2.18
		Pot (m)										0.9		0.9
		Dil(%)										38.51%		38.51%
	TJ 1003	Ton			402		4,110	562		64				5,139
		Ley Ag (g/t)			220		193	216		180				198
		Ley Au (g/t)			0.73		0.75	0.74		0.81				0.75
		Pot (m)			0.9		0.9	0.9		1.0				0.9
		Dil(%)			44.70%		28.02%	30.35%		15.74%				29.27%
	TJ 1005	Ton										2,504		2,504
		Ley Ag (g/t)										163		163
		Ley Au (g/t)										0.76		0.76
		Pot (m)										1.2		1.2
		Dil(%)										7.46%		7.46%
	TJ 1006	Ton						2,786	475	411				3,672
		Ley Ag (g/t)						230	149	163				212
		Ley Au (g/t)						1.14	1.29	1.60				1.21
		Pot (m)						1.4	1.2	1.1				1.3
		Dil(%)						15.70%	19.49%	19.75%				16.62%
	TJ 1007	Ton							409	3,646	2,591	1,005		7,651
		Ley Ag (g/t)							217	198	211	266		213
		Ley Au (g/t)							0.98	0.74	0.69	0.58		0.72
		Pot (m)							1.3	1.2	1.0	1.0		1.1
		Dil(%)							7.21%	14.56%	15.39%	16.39%		14.65%
	TJ1008	Ton		1,343										1,343
		Ley Ag (g/t)		256										256
		Ley Au (g/t)		1.20										1.20
		Pot (m)		1.2										1.2
		Dil(%)		12.69%										12.69%
	Ton			1,343	402		4,110	3,348	883	4,121	2,591	6,012		22,811
	Total Ley Ag (g/t)			256	220		193	228	181	194	211	152		193
	Total Ley Au (g/t)			1.20	0.73		0.75	1.07	1.15	0.83	0.69	1.32		1.00
	Total Pot (m)			1.2	0.9		0.9	1.3	1.2	1.2	1.0	1.0		1.1
	Total Dil(%)			12.69%	44.70%		28.02%	17.93%	13.47%	15.07%	15.39%	20.22%		19.27%
	Ton		2,457	3,072	4,045	4,610	5,590	6,417	7,348	8,100	8,738	9,651	1,697	61,723.4
	Total Ley Ag (g/t)		252	244	277	231	264	396	439	214	299	184	101	276.9
	Total Ley Au (g/t)		1.16	0.86	0.75	0.92	0.70	0.79	0.35	1.09	1.94	1.60	2.46	1.13
	Total Pot (m)		1.1	1.1	1.1	1.2	0.9	1.1	0.9	1.1	0.9	1.0	0.9	1.02
	Total Dil(%)		42.16%	29.24%	25.17%	16.66%	32.33%	35.74%	81.03%	21.67%	43.27%	30.23%	30.69%	35%

Nota. Los encabezados numerados del 1 al 11 representan los meses de enero a noviembre.

5.1.1.4. Ratios de Extracción.

Tabla 8.

Aporte sin nivelar de TJI002, TJI004 y TJI009

NIVEL	TAJEO	Valores	Año 2022											Total general
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
4700	TJ 1002	Ton										1,879	1,697	3,576
		Ley Ag (g/t)										119	101	111
		Ley Au (g/t)										2.57	2.46	2.52
		Pot (m)										0.8	0.9	0.8
		Dil(%)										47.81%	30.69%	39.16%
	TJ 1004	Ton		1,439	1,919									3,358
		Ley Ag (g/t)		230	286									262
		Ley Au (g/t)		0.55	0.72									0.65
		Pot (m)		0.8	0.9									0.8
		Dil(%)		50.36%	35.15%									41.28%
	TJ 1009	Ton	1,827	290	1,581	4,610	353			200		73		8,934
		Ley Ag (g/t)	252	258	268	231	182			264		213		242
		Ley Au (g/t)	0.73	0.80	0.82	0.92	0.81			0.80		0.97		0.86
		Pot (m)	1.1	1.1	1.3	1.2	1.3			1.4		1.5		1.2
		Dil(%)	27.61%	27.02%	9.78%	16.66%	10.18%			3.74%		0.00%		16.97%

Nota. Los encabezados numerados del 1 al 11 representan los meses de enero a noviembre

- Se tiene que los ratios de extracción de los tajeos es de 700 toneladas por mes, teniendo en el resumen que los valores obtenidos por extracción mensual de tajeo es muy diferente al ratio, y se observa varios casos muy por encima del valor del ratio.
- La extracción de los tajeos no respeta una secuencia constante de extracción, es decir saltan de un mes a otro dejando un tiempo de varios meses, lo cual no es operativo.
- La producción de mineral por mes se proyecta en 5 000 TN, lo cual no se refleja en los cuadros de resumen, esta muestra en su resumen valores muy alejados del valor esperado.
- La ley es muy variable a lo largo de los meses.
- Se debe mencionar que le inicio de la extracción de tajeos está relacionado a un programa de avances ya establecido respetando las distribuciones espaciales de los tajeos, por lo que esos tajeos están hábiles de a ser extraídos o bien en el inicio o posterior mes que inicia según el resumen.
- Los stopes en el Excel también están ordenados en base a su secuencia espacial y operativa de extracción.

5.1.1.5. Nivelación Manual de los Datos.

Para describir el proceso manual de nivelación se toma de ejemplo el TJ 1009, se muestra un resumen del tajeo en la tabla 9.

Tabla 9.

Aporte del tajeo 1009 por meses sin nivelar

NIVEL	TAJEIO	Valores	Año 2022										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4700	TJ 1009	Ton	1,827	290	1,581	4,610	353			200		73	
		Ley Ag (g/t)	252	258	268	231	182			264		213	
		Ley Au (g/t)	0.73	0.80	0.82	0.92	0.81			0.80		0.97	
		Pot (m)	1.1	1.1	1.3	1.2	1.3			1.4		1.5	
		Dil(%)	27.61%	27.02%	9.78%	16.66%	10.18%			3.74%		0.00%	

Nota. Los encabezados numerados del 1 al 11 representan los meses de enero a noviembre

La suma del mes uno de extracción de tajeos es 1827 toneladas, lo cual no se ajusta al ratio de 700 toneladas, entonces se toma en cuenta los valores de la columna TON hasta sumar un número aproximado al valor deseado, como se observa en las siguientes figuras.

Figura 29.

Excel de base de datos del tajeo 1009, sin nivelar.

METOD	NIVEL	TAJO	MES	TON	AÑO
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570951	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.527245	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570532	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570863	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570920	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.564885	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570925	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570309	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570865	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570988	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.564876	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570942	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570267	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570952	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.420968	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570896	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.722124	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	73.311892	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	76.056797	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	81.592029	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570926	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570922	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570222	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.387628	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570905	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.570781	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.570770	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.570174	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.570888	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	3	72.570683	2022

Figura 30.*Excel de nivelación primer mes del tajeo 1009*

METOD	NIVEL	TAJO	MES	TON	AÑO
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570951	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.527245	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570532	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570863	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570920	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.564885	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570925	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570309	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570865	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570988	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.564876	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570942	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570267	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570952	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.420968	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570896	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.722124	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	73.311892	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	76.056797	2022

725.658tn

Los demás valores de la columna “MES” se enumeran con los valores del siguiente mes, hasta obtener una suma aproximada al valor de 700 tn.

Figura 31.*Excel de nivelación segundo mes del tajeo 1009*

METOD	NIVEL	TAJO	MES	TON	AÑO
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570951	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.527245	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570532	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570863	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570920	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.564885	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570925	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570309	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570865	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570988	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.564876	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.570942	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.570267	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.570952	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.420968	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.570896	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.722124	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	73.311892	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	76.056797	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	81.592029	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570926	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570922	2022

738.952tn

Para obtener un valor aproximado a 700 tn en el siguiente mes.

Figura 32.

Excel de nivelación tercer mes del tajeo 1009

METOD	NIVEL	TAJO	MES	TON	AÑO
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570951	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.527245	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570532	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570863	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570920	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.564885	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570925	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570309	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570865	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	1	72.570988	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.564876	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.570942	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.570267	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.570952	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.420968	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.570896	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	72.722124	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	73.311892	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	76.056797	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	2	81.592029	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	3	72.570926	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	3	72.570922	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	3	72.570222	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	3	72.387628	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	3	72.570905	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	3	72.570781	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	3	72.570770	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	3	72.570174	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	3	72.570888	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	3	72.570683	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	3	72.570890	2022
CRC-R	4700	TJ 1009	3	72.570933	2022

725.523tn

El proceso es repetitivo considerando que cuando se llega al valor de 13 en mes este se toma como 1 y desde ahí se vuelve a enumerar, esto teniendo en cuenta que el año tiene 12 meses; también se cambia el valor del año al valor del año siguiente. Después de realizar el proceso presentado a toda la base de datos se obtuvo el resumen de la tabla 10.

Tabla 10.

Resumen de toneladas de nivelación tradicional en Excel

NIVEL	TAJO	AÑO MES	2022												2023				Total general
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	
4500	TJ 1011				142		880	693	710	758	731	553							4,466
	TJ 1012							217	949	773	858	826	874	860	826	659	448		7,290
	TJ 1013		629	726	754	712	704	757	699	799	774	658							7,211
4650	TJ 1010									804	766	798	800	704	204				4,077
4700	TJ 1002													751	805	775	741	503	3,576
	TJ 1004			703	736	735	721	463											3,358
	TJ 1009		726	739	726	726	721	716	708	749	769	775	745	837					8,934
4750	TJ 1001														1,082	779	642		2,503
	TJ 1003				402		909	770	764			791	746	755					5,139
	TJ 1005														1,097	804	603		2,504
	TJ 1006							1,047	798		330		885	612					3,672
	TJ 1007								199	1,314	871	851	821	829	821	811	813	321	7,651
	TJ 1008				385	958													1,343
Total Ton			1,355	2,168	3,145	3,130	3,934	4,663	4,827	5,197	5,098	5,252	4,872	5,349	4,835	3,828	3,247	824	61,723
Total Ley Ag (g/t)			190	263	294	343	309	287	317	330	345	294	290	241	190	211	180	188	277
Total Ley Au (g/t)			1.47	1.90	1.15	1.39	0.97	1.00	0.96	1.04	0.94	0.99	0.90	1.05	1.35	1.26	1.33	1.86	1.13
Total Pot (m)			1.11	0.91	1.01	1.13	0.93	1.12	1.09	1.07	1.05	0.96	1.08	0.98	0.97	0.98	0.97	0.92	1.02
Total Dil(%)			35.30%	52.68%	38.35%	24.17%	39.45%	31.75%	34.67%	34.03%	36.31%	47.07%	32.99%	34.12%	31.55%	32.19%	28.47%	23.98%	35%

Nota. Los encabezados numerados del 1 al 12 representan los meses de enero a noviembre

Luego de nivelar los valores por mes de los tajeos el siguiente proceso consiste en variar las fechas de inicio de extracción de los tajeos para obtener los resultados totales deseados, considerando que estás no pueden ser menor la del inicio ya establecido en la base de datos. De esta forma obtener valores aproximadas al valor por mes deseado, como se observan en la tabla 11 y 12.

Tabla 11.

Resumen de nivelación tradicional en Excel.

NIVEL	TAJEO	Valores	Año																Total general
			2022												2023				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	
4500	TJ 1011	Ton			142		880	693	710	758	731	553							4,466
		Ley Ag (g/t)			419		539	523	459	583	722	657							572
		Ley Au (g/t)			0.52		0.49	0.47	0.41	0.47	0.57	0.55							0.49
		Pot (m)			0.8		0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9							0.8
		Dil(%)			52.92%		57.17%	56.83%	43.29%	53.59%	88.02%	60.33%							58.55%
	TJ 1012	Ton					217	949	773	858	826	874	860	826	659	448			7,290
		Ley Ag (g/t)					410	465	667	446	400	533	506	388	432	383			472
		Ley Au (g/t)					0.25	0.28	0.34	0.21	0.16	0.24	0.22	0.22	0.27	0.17			0.24
		Pot (m)					0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8			0.8
		Dil(%)					117.63%	113.27%	142.15%	129.02%	152.46%	94.32%	73.48%	51.39%	73.02%	154.96%			101.75%
	TJ 1013	Ton	629	726	754	712	704	757	699	774	658								7,211
		Ley Ag (g/t)	253	343	291	534	311	252	351	237	287	379							322
		Ley Au (g/t)	2.42	4.39	2.35	2.73	2.20	2.43	2.36	2.69	2.07	2.20							2.59
		Pot (m)	0.8	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9							0.9
		Dil(%)	112.45%	80.08%	33.59%	73.11%	74.35%	71.40%	40.71%	32.18%	50.02%	82.49%							60.33%
Ton			629	726	896	712	1,583	1,667	2,357	2,330	2,363	2,036	874	860	826	659	448	18,967	
Total Ley Ag (g/t)			253	343	311	534	438	385	430	492	479	463	533	506	388	432	383	438	
Total Ley Au (g/t)			2.42	4.39	2.06	2.73	1.25	1.33	0.94	1.19	0.93	0.92	0.24	0.22	0.22	0.27	0.17	1.19	
Total Pot (m)			0.8	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	
Total Dil(%)			112.45%	80.08%	36.32%	73.11%	64.36%	69.54%	64.06%	64.39%	84.71%	97.26%	94.32%	73.48%	51.39%	73.02%	154.96%	73.57%	
4650	TJ 1010	Ton																4,077	
		Ley Ag (g/t)																229	
		Ley Au (g/t)																1.37	
		Pot (m)																1.0	
		Dil(%)																30.45%	
	Ton																	4,077	
	Total Ley Ag (g/t)																	229	
	Total Ley Au (g/t)																	1.37	
	Total Pot (m)																	1.0	
	Total Dil(%)																	30.45%	
	4700	TJ 1002	Ton																3,576
			Ley Ag (g/t)																111
			Ley Au (g/t)																2.52
			Pot (m)																0.8
			Dil(%)																39.16%
TJ 1004		Ton		703	736	735	721	463										3,358	
		Ley Ag (g/t)		212	248	337	257	253										262	
		Ley Au (g/t)		0.38	0.72	0.85	0.72	0.49										0.65	
		Pot (m)		0.8	0.9	0.9	0.9	0.8										0.8	
		Dil(%)		66.34%	37.73%	28.68%	36.73%	44.30%										41.28%	
TJ 1009		Ton	726	739	726	726	721	716	708	749	769	775	745	837				8,934	
		Ley Ag (g/t)	135	235	384	275	245	240	164	187	245	159	351	274				242	
		Ley Au (g/t)	0.65	0.90	0.69	0.85	0.86	0.62	1.01	0.93	1.05	1.21	0.79	0.69				0.86	
		Pot (m)	1.2	0.9	1.2	1.4	1.2	1.4	1.5	1.1	1.1	1.0	1.4	1.1				1.2	
		Dil(%)	2.90%	24.38%	67.30%	1.32%	15.08%	6.24%	1.25%	8.96%	19.33%	24.16%	18.65%	37.96%				16.97%	
Ton			726	1,442	1,462	1,461	1,442	1,179	708	749	769	775	745	1,588	805	775	741	503	15,868
Total Ley Ag (g/t)			135	224	316	306	251	245	164	187	245	159	351	199	126	109	83	123	216
Total Ley Au (g/t)			0.65	0.65	0.71	0.85	0.79	0.57	1.01	0.93	1.05	1.21	0.79	1.44	2.68	2.54	2.42	2.74	1.19
Total Pot (m)			1.2	0.9	1.0	1.2	1.1	1.2	1.5	1.1	1.1	1.0	1.4	1.0	0.9	0.8	0.8	0.9	1.1
Total Dil(%)			2.90%	41.82%	50.98%	13.41%	24.98%	18.52%	1.25%	8.96%	19.33%	24.16%	18.65%	38.95%	49.88%	37.63%	35.80%	29.97%	26.09%

Tabla 12.*Resumen de nivelación tradicional en Excel (continuación)*

NIVEL	TAJEJO	Valores	Año																Total general
			2022												2023				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	
4750	TJ 1001	Ton													1,082	779	642	2,503	
		Ley Ag (g/t)													113	87	73	95	
		Ley Au (g/t)													2.15	2.02	2.43	2.18	
		Pot (m)													0.9	0.9	0.9	0.9	
		Dil(%)													42.53%	46.32%	24.52%	38.51%	
	TJ 1003	Ton			402		909	770	764				791	746	755				5,139
		Ley Ag (g/t)			220		177	226	213				149	201	213				198
		Ley Au (g/t)			0.73		0.74	0.68	0.69				0.91	0.73	0.73				0.75
		Pot (m)			0.9		0.9	1.0	0.8				0.8	1.0	0.9				0.9
		Dil(%)			44.70%		29.08%	16.62%	36.82%				44.14%	19.74%	25.52%				29.27%
	TJ 1005	Ton														1,097	804	603	2,504
		Ley Ag (g/t)														185	145	147	163
		Ley Au (g/t)														0.79	0.75	0.72	0.76
		Pot (m)														1.1	1.2	1.2	1.2
		Dil(%)														12.26%	4.94%	2.75%	7.46%
	TJ 1006	Ton						1,047	798			330		885	612				3,672
		Ley Ag (g/t)						223	225			227		198	188				212
		Ley Au (g/t)						1.17	1.21			1.03		1.23	1.35				1.21
		Pot (m)						1.5	1.4			1.1		1.2	1.2				1.3
		Dil(%)						16.20%	12.11%			18.99%		23.65%	12.77%				16.62%
	TJ 1007	Ton						199	1,314	871	851		821	829	821	811	813	321	7,651
		Ley Ag (g/t)						286	161	138	211		271	168	168	311	264	289	213
		Ley Au (g/t)						1.16	0.77	0.84	0.72		0.71	0.70	0.78	0.59	0.57	0.47	0.72
		Pot (m)						1.1	1.4	1.3	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
		Dil(%)						12.05%	14.51%	2.23%	22.86%		15.90%	12.46%	13.51%	24.15%	15.52%	15.64%	14.65%
	TJ 1008	Ton			385	958													1,343
		Ley Ag (g/t)			254	257													256
		Ley Au (g/t)			1.16	1.21													1.20
		Pot (m)			1.2	1.2													1.2
		Dil(%)			4.14%	16.54%													12.69%
Ton				787	958	909	1,817	1,762	1,314	1,200	1,643	2,452	2,197	3,000	2,394	2,058	321	22,811	
Total Ley Ag (g/t)				237	257	177	225	227	161	162	181	223	189	155	182	170	289	193	
Total Ley Au (g/t)				0.94	1.21	0.74	0.97	0.98	0.77	0.89	0.81	0.90	0.89	1.28	1.11	1.19	0.47	1.00	
Total Pot (m)				1.1	1.2	0.9	1.3	1.1	1.4	1.2	0.9	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	
Total Dil(%)				21.55%	16.54%	29.08%	16.38%	21.64%	14.51%	6.34%	32.26%	19.78%	16.73%	21.98%	22.65%	13.94%	15.64%	19.27%	
Ton		1,355	2,168	3,145	3,130	3,934	4,663	4,827	5,197	5,098	5,252	4,872	5,349	4,835	3,828	3,247	824	61,723.4	
Total Ley Ag (g/t)		190	263	294	343	309	287	317	330	345	294	290	241	190	211	180	188	276.9	
Total Ley Au (g/t)		1.47	1.90	1.15	1.39	0.97	1.00	0.96	1.04	0.94	0.99	0.90	1.05	1.35	1.26	1.33	1.86	1.13	
Total Pot (m)		1.1	0.9	1.0	1.1	0.9	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.02	
Total Dil(%)		35.30%	52.68%	38.35%	24.17%	39.45%	31.75%	34.67%	34.03%	36.31%	47.07%	32.99%	34.12%	31.55%	32.19%	28.47%	23.98%	35%	

Nota. Los encabezados numerados del 1 al 12 representan los meses de enero a diciembre

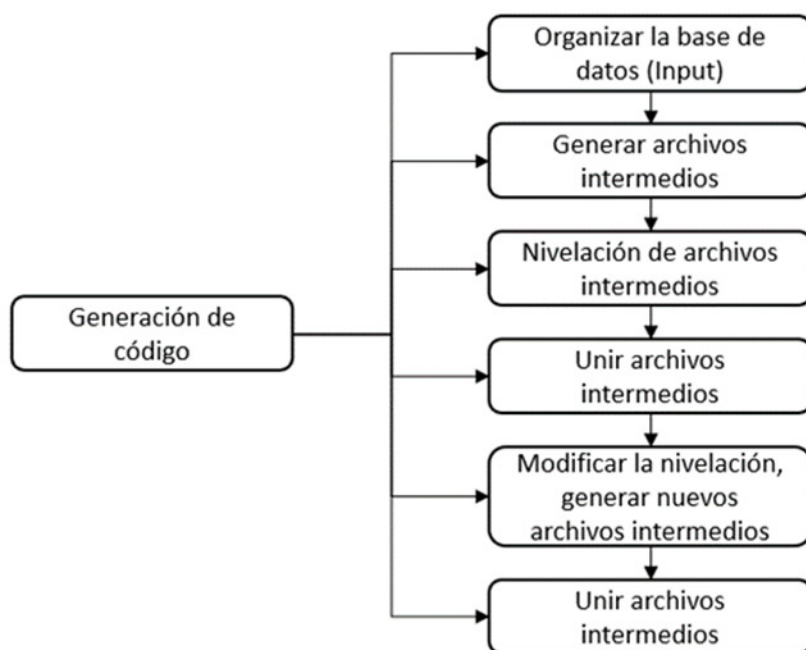
Si bien el proceso parece simple los resultados varían dependiendo de quién realice el proceso y el tiempo de realización es considerable y tedioso.

5.1.2. Resultados Segundo Objetivo

Para generar un código de programación que ejecutara una o un conjunto de tareas es necesario tener una idea bien definida de los pasos a seguir y de esta forma tener una secuencia lógica de trabajo.

Figura 33.

Esquema de los procesos en la aplicación del código



5.1.2.1. Organizar la Base de Datos.

Se realiza una lista de valores únicos de la columna "TAJO" a partir de esta se podrá realizar la separación de la base de datos en archivos intermedios con nombres individuales, que contengan información única de cada tajeo de extracción.

Figura 34.

Código para generar lista de tajeos

```

In [1]: # Generar una lista de tajeos
import pandas
EXCEL_INI=pandas.read_excel('01_BD_LOM_ZONA1_INI.xlsx', 'BD LOM')
df_INI = pandas.DataFrame(EXCEL_INI)

TAJOS = df_INI['TAJO'].values.tolist()
Lista_Tajos=sorted(list(set(TAJOS))) #set: elimina duplicados, list: dataframe a lista, sorted: ordenacion
print("*****Base de datos cargada*****")

print("NUMERO DE TAJOS: "+ str(len(Lista_Tajos)))
print(Lista_Tajos)
  
```

Es necesario ordenar la base de datos en función nombre de tajeos, año y mes para poder separar la información en archivos intermedios, además de tener una secuencia lógica de fila a fila de cada stope que se va a considerar en los cálculos de target y asignación de fechas.

Figura 35.

Código generar y ordenar un dataframe

```
In [2]: import openpyxl
import pandas

# Ordenar el dataframe
ORDENADO_MA=df_INI.sort_values(by=['TAJO', 'AÑO', 'MES'])

# Generar un Excel y base de datos ordenado
ORDENADO_MA.to_excel("02_TAJOS_MA_FF.xlsx", "Hoja1")
ORD_01=pandas.read_excel('02_TAJOS_MA_FF.xlsx', 'Hoja1')

#Convertir a dataframe
DTA = pandas.DataFrame(ORD_01)
print("*****Base de datos ordenada*****")
```

5.1.2.2. Creación de Archivos Intermedios.

Es necesarios la creación de archivos por cada tajeo, de esta forma se guarda la información original de cada tajeo. La nivelación se realiza para cada archivo por separado, de esta forma se conserva la integridad de la información original para cada tajeo.

5.1.2.3. Nivelación a Archivos Intermedios.

Se suma en orden de fila, los valores de la columna de tonelaje hasta lograr un valor similar al objetivo, entonces dichas filas se enumeran con un valor único de mes y año, considerando siempre que el inicio de mes no puede ser antes del ya establecido en la base de datos. La secuencia que se sigue en el lenguaje es el mismo que se explicó en el método anterior.

Una vez nivelados los tajeos estos generar un archivo intermedio con los nuevos datos de mes y año.

5.1.2.4. Unir los Archivos Intermedios.

Se unen los archivos intermedios nivelados generados para cada tajeo, de esta forma se genera una sola base de datos ordenada.

5.1.2.5. Modificar la Nivelación.

Figura 36.

Código para aplicar la nivelación para cada tajeo

```
In [5]: # Juntar todos los dataframe en un unico archivo
import pandas as pd

tajeos=Lista_Tajos #Lista ordenada de tajes en base de datos

DATAFRAME=pd.DataFrame()

for i in tajeos: #Ejecutar el codigo para cada tajo de a lista
    DTA=pandas.read_csv('TON_TARGED_'+ i +'nv.csv')
    DATAFRAME=pandas.concat([DATAFRAME, DTA], axis=0)

DATAFRAME.to_csv("03_TON_TARGED_FINAL.csv",index = False, header=True)

print("*****Archivos unidos*****")
```

Una vez ejecutada el código de nivelación, se verifica la nivelación de los tajeos y la suma de sus toneladas por mes, en la tabla 13:

Tabla 13.

Resumen de toneladas según nivelación del código Python

TAJO	AÑO MES	2022												2023					Total general
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
TJ 1001											700.00	700.00	700.00	403.08					2,503.08
TJ 1002											700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	75.72			3,575.72
TJ 1003				700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	239.44								5,139.44
TJ 1004			700.00	700.00	700.00	700.00	557.76												3,357.76
TJ 1005											700.00	700.00	700.00	404.15					2,504.15
TJ 1006							700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	171.54							3,671.54
TJ 1007								700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	650.72	7,650.72
TJ 1008			700.00	642.54															1,342.54
TJ 1009	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	534.36					8,934.36
TJ 1010										700.00	700.00	700.00	700.00	577.31					4,077.31
TJ 1011				700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	266.40									4,466.40
TJ 1012							700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	289.72		7,289.72
TJ 1013	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	210.68								7,210.68
Total Ton		1,400.00	2,800.00	4,142.54	3,500.00	3,500.00	4,757.76	4,900.00	5,600.00	5,166.40	6,539.44	5,282.22	4,900.00	4,018.90	2,100.00	1,475.72	989.72	650.72	61,723.42

Nota. Los encabezados numerados del 1 al 12 representan los meses de enero a diciembre

Se quiere que por mes el total borde los 5,000 tn, por ello se procede a modificar el resultado para obtener el valor deseado, obteniendo la tabla 14:

Tabla 14.

Modificación de la nivelación

TAJO	AÑO MES	2022												2023				Total general
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	
TJ 1001												700.00	700.00	700.00	403.08			2,503.08
TJ 1002											775.50	700.00	700.00	700.00	700.22			3,575.72
TJ 1003				700.00	700.00	900.00	700.00	700.00	700.00	739.44								5,139.44
TJ 1004			700.00	700.00	700.00	800.00	457.76											3,357.76
TJ 1005												420.00	800.00	900.00	384.15			2,504.15
TJ 1006							700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	171.54						3,671.54
TJ 1007								800.00	800.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	900.00	900.00	750.72	7,850.72
TJ 1008						1,000.00	342.54											1,342.54
TJ 1009		700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	534.36				8,934.36
TJ 1010										750.00	700.00	700.00	700.00	770.00	457.31			4,077.31
TJ 1011				700.00	700.00	900.00	700.00	700.00	766.40									4,466.40
TJ 1012							700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	900.00	789.72		7,289.72
TJ 1013		700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	210.68						7,210.68
Total Ton		1,400.00	2,100.00	3,500.00	3,500.00	5,000.00	5,000.30	5,000.00	5,066.40	4,989.44	4,975.50	5,002.22	5,000.00	5,004.36	3,744.76	1,689.72	750.72	61,723.42
Total Ley Ag (g/t)		203.06	288.67	346.19	427.14	321.11	321.64	359.30	369.33	298.96	274.73	267.62	248.68	211.34	250.17	386.81	275.88	276.95
Total Ley Au (g/t)		1.57	2.11	1.08	1.26	1.05	1.07	1.10	1.09	1.10	1.41	1.36	1.39	1.42	1.45	0.44	0.59	1.13
Total Pot (m)		1.10	0.94	0.93	0.99	1.01	1.03	1.15	1.07	1.05	0.98	1.05	1.03	1.02	0.94	0.94	0.97	1.02
Total Dil(%)		34.73%	51.30%	43.13%	34.76%	27.35%	45.92%	33.40%	30.23%	33.50%	42.08%	31.27%	34.81%	29.69%	35.37%	47.25%	16.06%	35%

Nota. Los encabezados numerados del 1 al 12 representan los meses de enero a diciembre

La tabla modificada se guarda en una hoja de nombre “BD” el cual se usará en el siguiente proceso.

5.1.2.6. Nivelar los Archivos Intermedios Según la Modificación.

Una vez nivelada los tajeos según sus ratios y posteriormente modificar los resultados considerando la producción, se requiere modificar la base de datos inicial en relación a sus fechas de extracción, pero a partir de los resultados finales, es decir el resultado final servirá para establecer las fechas de extracción de cada stope en la base de datos inicial. Por ello se reutilizan las líneas de código agregando otras líneas para poder ejecutar el proceso inverso.

5.1.2.7. Unir los Archivos Intermedios con la Nueva Nivelación.

Los archivos generados con la nueva nivelación o asignación de fechas de extracción se unen en una única base de datos general, se debe tener en consideración que la base de datos inicial no sufre cambios más allá de sus fechas, los datos de tonelajes y leyes se conservan.

5.1.2.8. Verificar los Resultados.

El resultado final se resume y se obtiene lo detallado en la tabla 15:

Tabla 15.

Resumen final de la nivelación empleando el método planteado

NIVEL	TAJO	Valores	2022												2023				Total general
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	
4500	TJ 1011	Ton			700.00	700.00	900.00	700.00	700.00	766.40									4,466.40
		Ley Ag (g/l)			530.74	623.65	503.47	565.52	741.72	750.27									615.99
		Ley Au (g/l)			0.51	0.58	0.46	0.45	0.61	0.61									0.53
		Pot (m)			0.80	0.80	0.84	0.82	0.80	0.85									0.82
		Dil(%)			53.41%	64.18%	43.84%	50.19%	72.68%	74.33%									58.63%
	TJ 1012	Ton						700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	900.00	789.72		7,289.72
		Ley Ag (g/l)						483.76	659.56	691.08	520.04	478.29	526.10	599.24	560.92	394.05	504.84		537.28
		Ley Au (g/l)						0.30	0.35	0.35	0.22	0.19	0.23	0.28	0.26	0.25	0.26		0.27
		Pot (m)						0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.83	0.81	0.89	0.84	0.85		0.83
		Dil(%)						136.29%	150.94%	125.31%	133.47%	155.78%	108.79%	56.17%	63.49%	59.31%	115.76%		102.77%
	TJ 1013	Ton	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	210.68						7,210.68
		Ley Ag (g/l)	265.66	388.39	313.03	580.66	354.24	319.27	346.09	283.53	312.28	361.22	563.56						358.61
		Ley Au (g/l)	2.46	4.93	2.53	3.00	2.46	2.93	2.51	2.72	2.59	2.15	3.67						2.85
		Pot (m)	0.83	1.01	0.99	0.86	0.83	0.80	0.86	0.91	0.91	0.91	0.90						0.89
		Dil(%)	97.91%	80.89%	33.64%	67.42%	69.30%	70.27%	44.98%	36.79%	43.15%	74.83%	96.62%						60.41%
4650	TJ 1010	Ton											750.00	700.00	700.00	457.31		4,077.31	
		Ley Ag (g/l)												292.46	337.02	282.37	189.39	159.35	213.76
		Ley Au (g/l)												1.23	1.01	1.21	1.78	2.25	1.44
		Pot (m)												1.00	1.11	1.12	1.01	0.80	1.00
		Dil(%)												28.60%	12.43%	13.23%	38.42%	64.36%	38.59%
	TJ 1002	Ton												775.50	700.00	700.00	700.00	700.22	3,575.72
		Ley Ag (g/l)												122.18	130.75	134.84	100.40	113.83	120.44
		Ley Au (g/l)												2.37	2.90	2.73	2.53	2.98	2.69
		Pot (m)												0.82	0.85	0.85	0.85	0.86	0.85
		Dil(%)												41.38%	51.19%	39.49%	29.40%	35.42%	38.91%
	TJ 1004	Ton		700.00	700.00	700.00	800.00	457.76											3,357.76
		Ley Ag (g/l)		212.47	281.66	376.19	285.75	255.53											284.36
		Ley Au (g/l)		0.38	0.80	0.96	0.80	0.50											0.71
		Pot (m)		0.81	0.85	0.88	0.85	0.83											0.85
		Dil(%)		66.41%	38.12%	28.63%	40.08%	44.36%											41.73%
TJ 1009	Ton	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	534.36				8,934.36	
	Ley Ag (g/l)	140.46	265.14	392.10	327.26	277.92	254.72	191.66	207.99	257.56	225.24	238.91	354.19	334.92				265.51	
	Ley Au (g/l)	0.68	1.01	0.76	0.95	1.09	0.57	1.03	1.14	0.93	1.68	0.65	0.76	0.93				0.94	
	Pot (m)	1.25	0.97	1.14	1.36	1.28	1.23	1.54	1.13	1.08	0.92	1.33	1.12	1.39				1.22	
	Dil(%)	2.94%	22.07%	60.77%	8.70%	10.89%	12.61%	0.60%	7.31%	18.44%	27.37%	7.49%	38.85%	32.37%				16.82%	
4700	TJ 1001	Ton											700.00	700.00	700.00		403.08	2,503.08	
		Ley Ag (g/l)												94.40	102.73	75.14	158.27	101.63	
		Ley Au (g/l)												1.96	2.51	2.40	3.48	2.48	
		Pot (m)												0.85	0.86	0.86	0.86	0.86	
		Dil(%)												35.60%	46.14%	28.48%	48.80%	38.23%	
	TJ 1003	Ton			700.00	700.00	900.00	700.00	700.00	700.00	739.44								5,139.44
		Ley Ag (g/l)			213.41	227.92	244.53	170.67	176.74	222.78	229.95								213.68
		Ley Au (g/l)			0.80	0.78	0.63	0.98	0.95	0.78	0.83								0.81
		Pot (m)			0.91	0.89	0.91	0.81	0.83	0.99	0.90								0.89
		Dil(%)			34.69%	23.35%	22.84%	50.23%	34.72%	20.24%	31.05%								30.13%
	TJ 1005	Ton												420.00	800.00	900.00	384.15		2,504.15
		Ley Ag (g/l)												193.85	170.91	148.57	222.19		174.60
		Ley Au (g/l)												0.92	0.82	0.78	0.89		0.83
		Pot (m)												1.11	1.23	1.22	1.10		1.19
		Dil(%)												13.12%	6.33%	3.76%	14.04%		7.67%
TJ 1006	Ton						700.00	700.00	700.00	700.00	700.00							3,671.54	
	Ley Ag (g/l)						194.07	242.19	261.38	305.81	167.22	202.06						232.64	
	Ley Au (g/l)						1.29	1.45	1.18	1.02	1.64	1.53						1.33	
	Pot (m)						1.47	1.45	1.17	1.46	1.17	1.02						1.33	
	Dil(%)						9.22%	14.74%	17.52%	20.94%	16.93%	24.69%						16.20%	
TJ 1007	Ton							800.00	800.00	700.00	700.00	700.00	700.00	900.00	900.00	750.72		7,650.72	
	Ley Ag (g/l)							182.43	161.80	179.00	248.41	304.42	200.60	152.44	263.98	283.25	275.88	229.05	
	Ley Au (g/l)							0.81	0.92	0.92	0.76	0.71	0.93	0.80	0.79	0.60	0.59	0.78	
	Pot (m)							1.28	1.35	1.10	0.98	1.09	1.20	1.08	0.99	0.98	0.97	1.11	
	Dil(%)							4.55%	0.58%	6.62%	33.84%	12.81%	34.07%	10.77%	21.62%	14.42%	16.06%	14.51%	
TJ 1008	Ton					1,000.00	342.54											1,342.54	
	Ley Ag (g/l)					261.21	291.07											268.83	
	Ley Au (g/l)					1.14	1.59											1.25	
	Pot (m)					1.19	1.24											1.20	
	Dil(%)					4.40%	42.33%											12.49%	
Total Ton		1,400.00	2,100.00	3,500.00	3,500.00	5,000.00	5,000.30	5,000.00	5,066.40	4,989.44	4,975.50	5,002.22	5,000.00	5,004.36	3,744.76	1,689.72	750.72	61,723.42	
Total Ley Ag (g/l)		199.52	260.22	328.92	379.64	300.12	290.77	322.82	338.62	260.27	252.08	243.85	223.16	186.98	235.31	367.02	238.27	276.95	
Total Ley Au (g/l)		1.56	1.93	0.99	1.11	0.97	0.96	1.03	0.99	0.96	1.34	1.24	1.23	1.25	1.37	0.41	0.54	1.13	
Total Pot (m)		1.10	0.93	0.93	0.99	1.01	1.04	1.16	1.07	1.05	0.98	1.05	1.03	1.02	0.94	0.94	0.97	1.02	
Total Dil(%)		34.73%	51.30%	43.13%	34.76%	27.35%	45.92%	33.40%	30.23%	33.50%	42.08%	31.27%	34.81%	29.69%	35.37%	47.25%	16.06%	35%	

Nota. Los encabezados numerados del 1 al 12 representan los meses de enero a diciembre

5.1.3. Resultados Tercer Objetivo

Para ejecutar el código es necesario tener instalado el Python y el Jupyter el cual debe iniciarse con cualquier navegador para poder ejecutar el código, cerciorarse que la base de datos en Excel tenga los encabezados, nombre de hoja y el orden de columnas adecuados según se requiera para el código ya generado, estos se pueden variar, pero debe considerarse para modificar en el código. Para mayor facilidad el archivo de base datos debe estar en la misma carpeta donde se ejecutará tiene el archivo de ejecución de Júpiter con la extensión “ipynb”.

Se establece también el ratio de extracción de los tajeos, para el caso y según se tiene el método de Corte Relleno Convencional en Realce es de 700 tn/mes, el tiempo de ejecución es menos de 3 minutos, considerar para el caso de archivos con mayor información la ejecución del código tomaría mayor tiempo.

Se ejecuta las líneas de código en orden secuencial del archivo de Jupyter “001._NIVELACION_DE_TAJEOS_EXACTO.ipynb”, considerando establecer el valor del ratio para los tajeos en la línea de código correspondiente. Finalizada la ejecución del archivo “ipynb” se obtiene una nueva base de datos con las nuevas fechas de asignación de extracción, es necesario resumir esta información para verificar los resultados, tanto para cada tajeo individual como los resultados generales para cada mes de tonelaje, ley, potencia y dilución, tal como se muestra en la tabla 13.

Considerando que no se cumplen el objetivo global que se planea para cada mes y el valor es muy variable o se aleja mucho del valor de 5000 toneladas por mes que se requiere se modifica el cuadro de resumen con el fin de obtener resultados totales deseados para cada mes, en esta etapa del proceso se puede probar diferentes combinaciones e ignorar alguna restricción de acuerdo a los objetivos que se requiere alcanzar.

Una vez obtenido el resultado requerido, modificando algunas fechas de inicio de extracción y ratios, como se observa en tabla 16.

Tabla 16.

Nivelación modificada

TAJO	AÑO MES	2022												2023				Total general
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	
TJ 1001												700.00	700.00	700.00	403.08			2,503.08
TJ 1002											775.50	700.00	700.00	700.00	700.22			3,575.72
TJ 1003				700.00	700.00	900.00	700.00	700.00	700.00	739.44								5,139.44
TJ 1004			700.00	700.00	700.00	800.00	457.76											3,357.76
TJ 1005												420.00	800.00	900.00	384.15			2,504.15
TJ 1006							700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	171.54						3,671.54
TJ 1007																		
TJ 1008						1,000.00	342.54		800.00	800.00	700.00	700.00	700.00	700.00	900.00	900.00	750.72	7,650.72
TJ 1009		700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	534.36				8,934.36
TJ 1010										750.00	700.00	700.00	700.00	770.00	457.31			4,077.31
TJ 1011				700.00	700.00	900.00	700.00	700.00	766.40									4,466.40
TJ 1012							700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	900.00	789.72		7,289.72
TJ 1013		700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	210.68						7,210.68
Total Ton		1,400.00	2,100.00	3,500.00	3,500.00	5,000.00	5,000.30	5,000.00	5,066.40	4,989.44	4,975.50	5,002.22	5,000.00	5,004.36	3,744.76	1,689.72	750.72	61,723.42
Total Ley Ag (g/t)		203.06	288.67	346.19	427.14	321.11	321.64	359.30	369.33	298.96	274.73	267.62	248.68	211.34	250.17	386.81	275.88	276.95
Total Ley Au (g/t)		1.57	2.11	1.08	1.26	1.05	1.07	1.10	1.09	1.10	1.41	1.36	1.39	1.42	1.45	0.44	0.59	1.13
Total Pot (m)		1.10	0.94	0.93	0.99	1.01	1.03	1.15	1.07	1.05	0.98	1.05	1.03	1.02	0.94	0.94	0.97	1.02
Total Dil(%)		34.73%	51.30%	43.13%	34.76%	27.35%	45.92%	33.40%	30.23%	33.50%	42.08%	31.27%	34.81%	29.69%	35.37%	47.25%	16.06%	35%

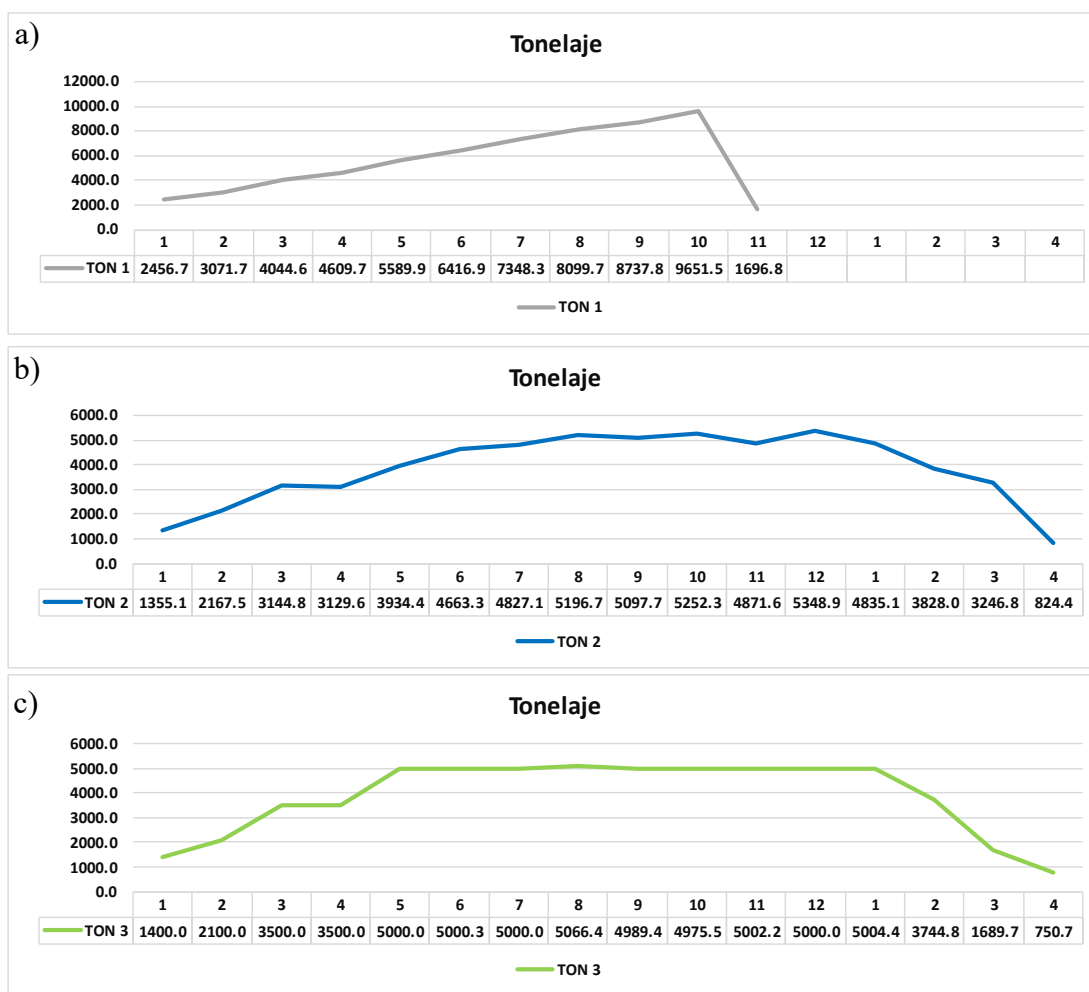
Nota. Los encabezados numerados del 1 al 12 representan los meses de enero a diciembre

Como último paso se requiere la ejecución paso a paso del archivo “002._NIVELACION_DE_TAJEOS_REVERSO.ipynb” que permite asignar las nuevas fechas de extracción según la tabla anterior a la base de datos inicial, para este caso se requiere ingresar de forma manual el año mínimo de inicio de extracción en la línea de código requerida.

El resumen de los datos iniciales, la nivelación manual y la nivelación empleando el código Python se muestran a continuación en tres graficas en la figura 37 que nos muestran según el orden mencionado un resumen de tonelaje por mes en cada caso.

Figura 37.

Tonelaje inicial (a), nivelación manual (b), nivelación con código (c)



- Los datos iniciales si bien ya estas considerando los avances según un plan, no considera una extracción consistente para los tajeos en un plan de extracción el cual es el problema a abordar en el presente trabajo, se parecía la extracción no acorde a ratios requeridos por ello el grafico se presenta como una gráfica lineal en ascendente hasta un pico máximo. En minería se por requerimiento de planta se requiere un abastecimiento constante de mineral a lo largo del tiempo, lo cual no refleja la gráfica.

- Después de realizar la nivelación tradicional en Excel, el cual requiere muchas horas de realización, la gráfica resumen muestra que los datos reflejan en mayor medida los resultados deseados en un plan teniendo una tendencia constante en los meses.
- Los resultados obtenidos empleando el lenguaje programado en Python es mucho más estable en los meses, obteniendo mejores resultados en lo que refiere a una nivelación.

Tabla 17.

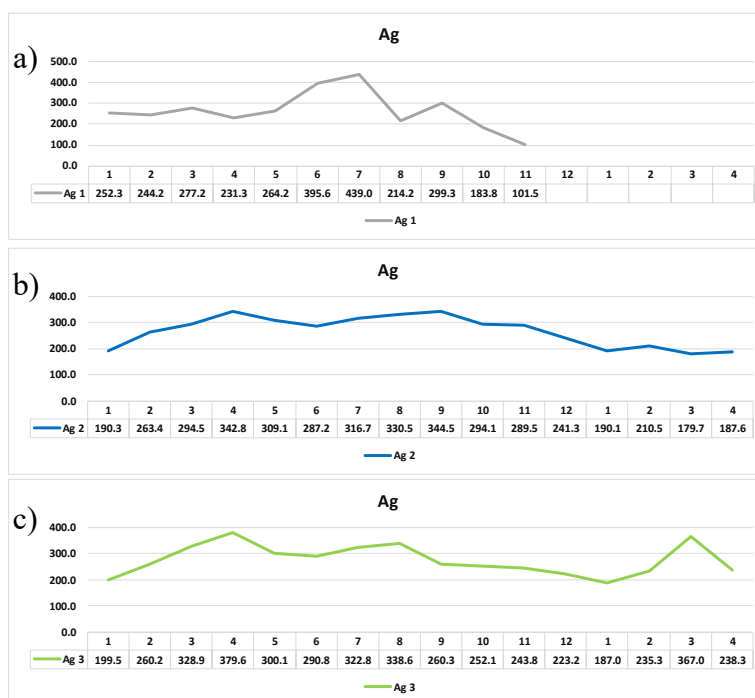
Resultado final de nivelación en tonelaje, leyes

AÑO	MES	ton	Ag (oz/ton).	Au (gr/ton).
2022	1	1400.00	199.52	1.56
	2	2100.00	260.22	1.93
	3	3500.00	328.92	0.99
	4	3500.00	379.64	1.11
	5	5000.00	300.12	0.97
	6	5000.30	290.77	0.96
	7	5000.00	322.82	1.03
	8	5066.40	338.62	0.99
	9	4989.44	260.27	0.96
	10	4975.50	252.08	1.34
	11	5002.22	243.85	1.24
	12	5000.00	223.16	1.23
2023	1	5004.36	186.98	1.25
	2	3744.76	235.31	1.37
	3	1689.72	367.02	0.41
	4	750.72	238.27	0.54
		61723.42	276.95	1.13

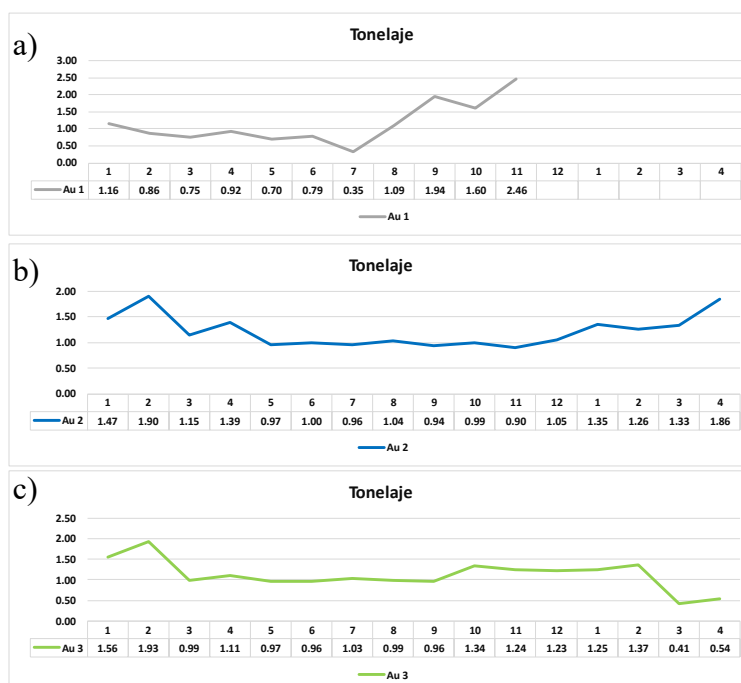
- Si bien las leyes tanto de oro como plata no describen una línea constante estas son más regulares tanto para el método tradicional en Excel como para el método en el que se emplea el código de programación Python, la línea puede variar dependiendo de las modificaciones que se pueden realizar con el fin de obtener un resultado específico. Esto también se debe a que las leyes en los stopes no son tan variables.

Figura 39.

Ley de plata inicial (a), nivelación manual (b) y nivelación con código (c)

**Figura 38.**

Ley de oro inicial (a), nivelación manual (b) y nivelación con código (c)



La dilución total calculada para este caso es de 35%, esto debido a que se trata de la extracción de una veta que para el caso requirió que se tenga un ancho mínimo para la operación, de la figura 41 se puede apreciar que el ancho promedio en la mayor parte de la veta es menor a 1 m.

Tabla 18.

Resultado final de nivelación en potencia y dilución

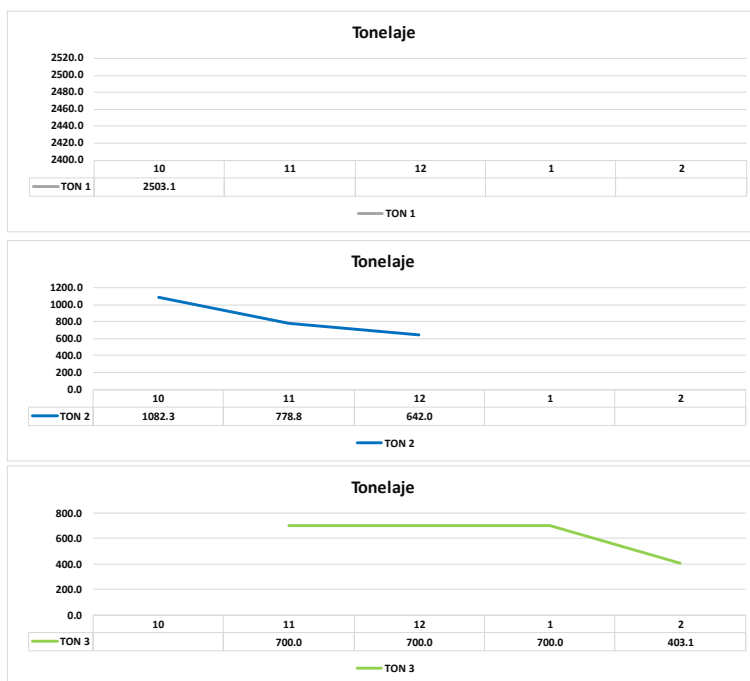
AÑO	MES	Pot_0 (m)	Pot_dil (m).	Dil %.
2022	1	1.00	1.10	35%
	2	0.89	0.93	51%
	3	0.91	0.93	43%
	4	0.92	0.99	35%
	5	0.97	1.01	27%
	6	0.92	1.04	46%
	7	1.05	1.16	33%
	8	1.00	1.07	30%
	9	1.00	1.05	34%
	10	0.92	0.98	42%
	11	0.99	1.05	31%
	12	0.98	1.03	35%
2023	1	0.97	1.02	30%
	2	0.89	0.94	35%
	3	0.86	0.94	47%
	4	0.97	0.97	16%
Total general		0.96	1.02	35%

5.2.2. Resultados por Tajeos

Los resultados de la nivelación también se reflejan en los gráficos de resumen a continuación para cada tajeo, en donde el uso del código Python muestra una extracción programada más lineal.

Figura 40.

Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1001

**Figura 41.**

Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1002

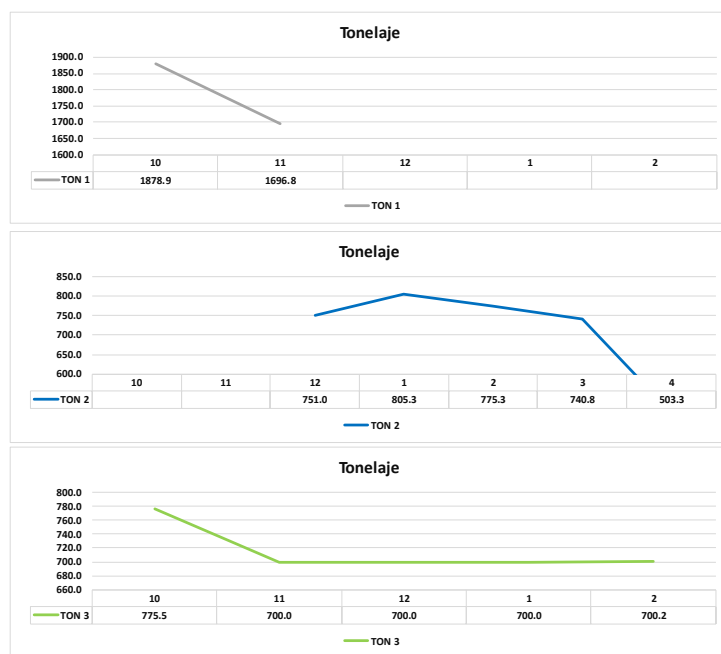
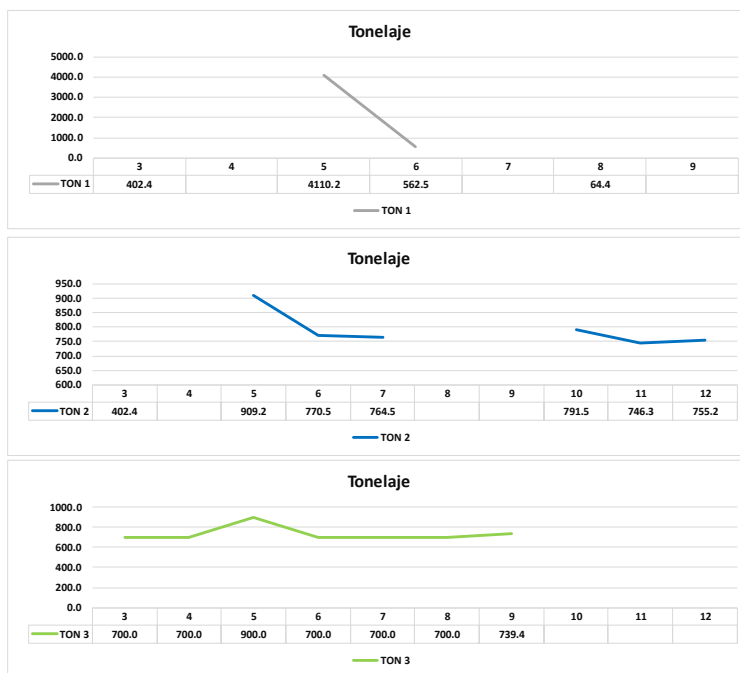


Figura 42.

Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1003

**Figura 43.**

Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1004

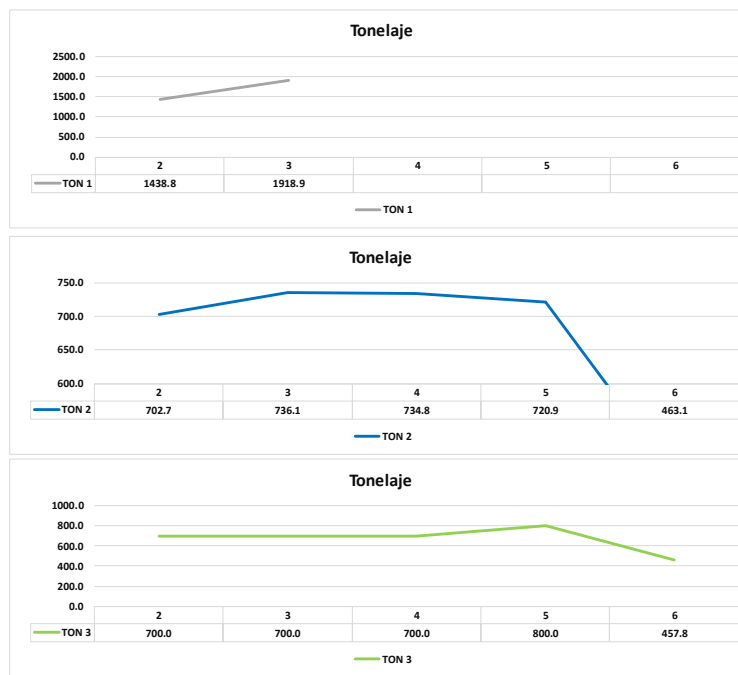
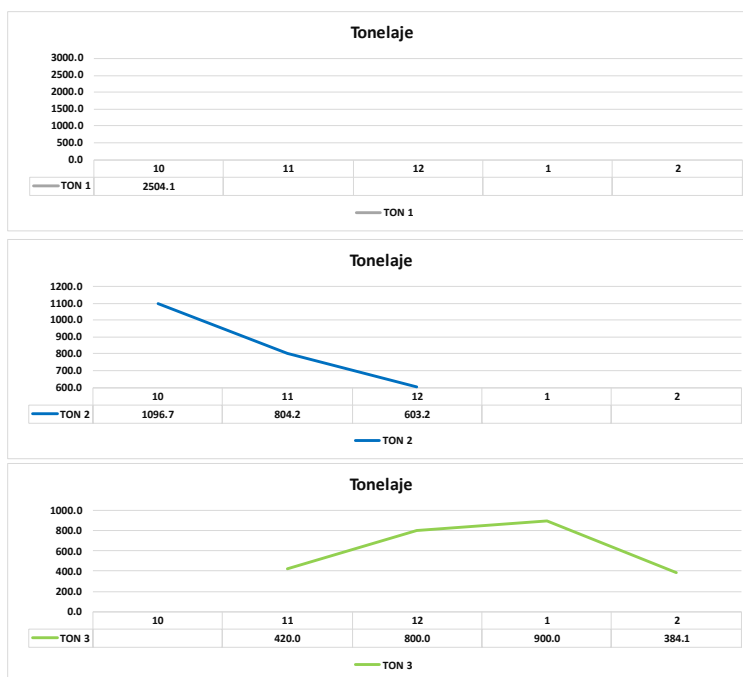


Figura 44.

Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1005

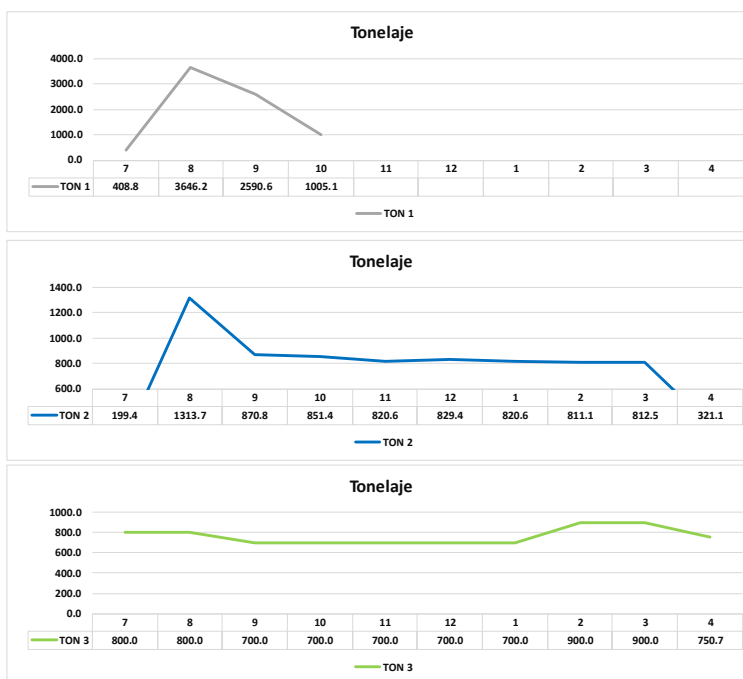
**Figura 45.**

Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1006



Figura 46.

Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1007

**Figura 47.**

Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1008

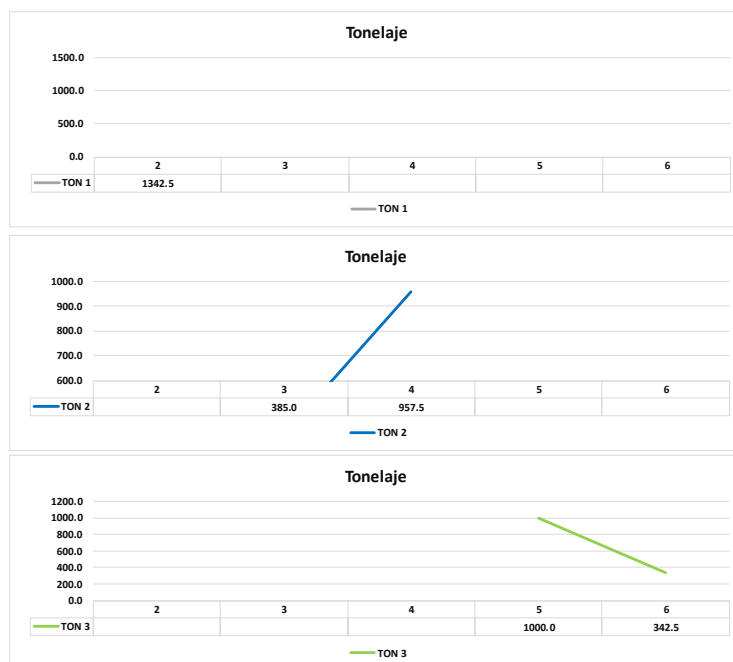


Figura 48.

Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1009

**Figura 49.**

Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1010

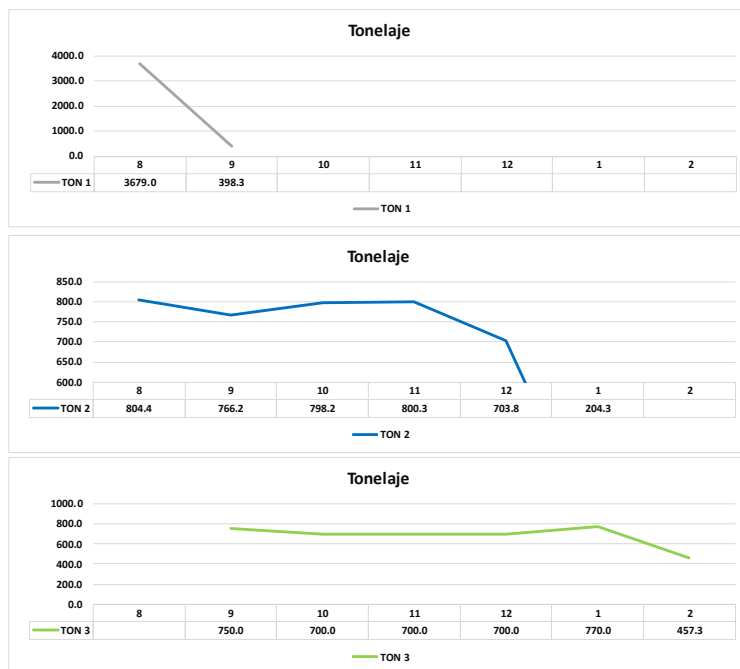
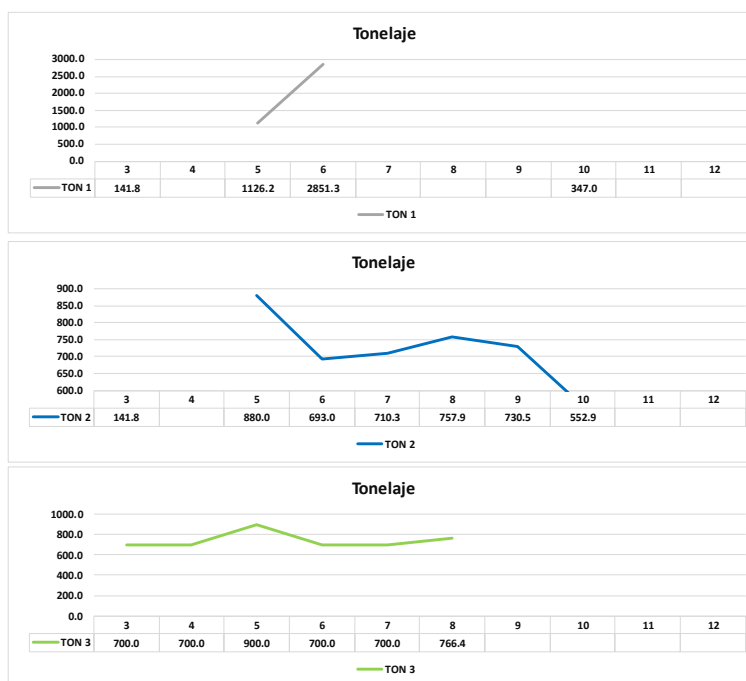


Figura 50.

Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1011

**Figura 51.**

Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1012

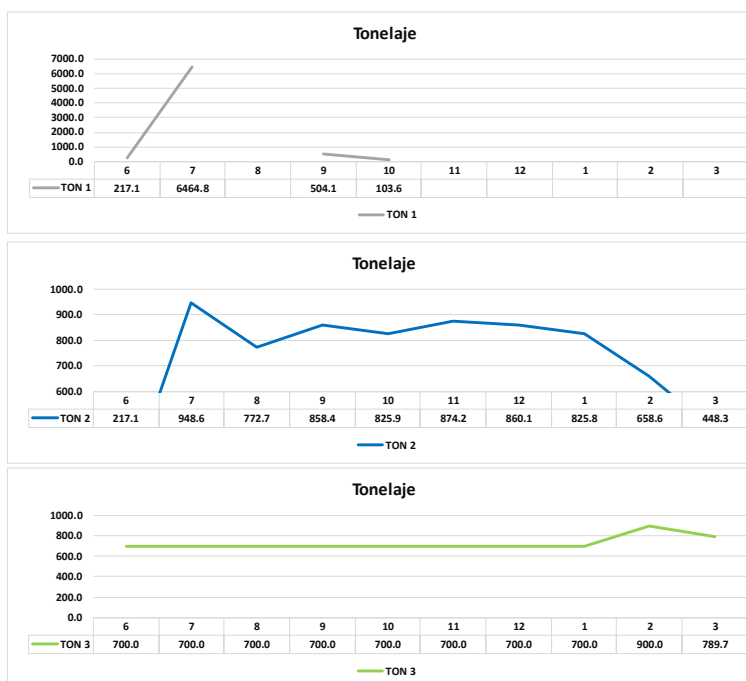
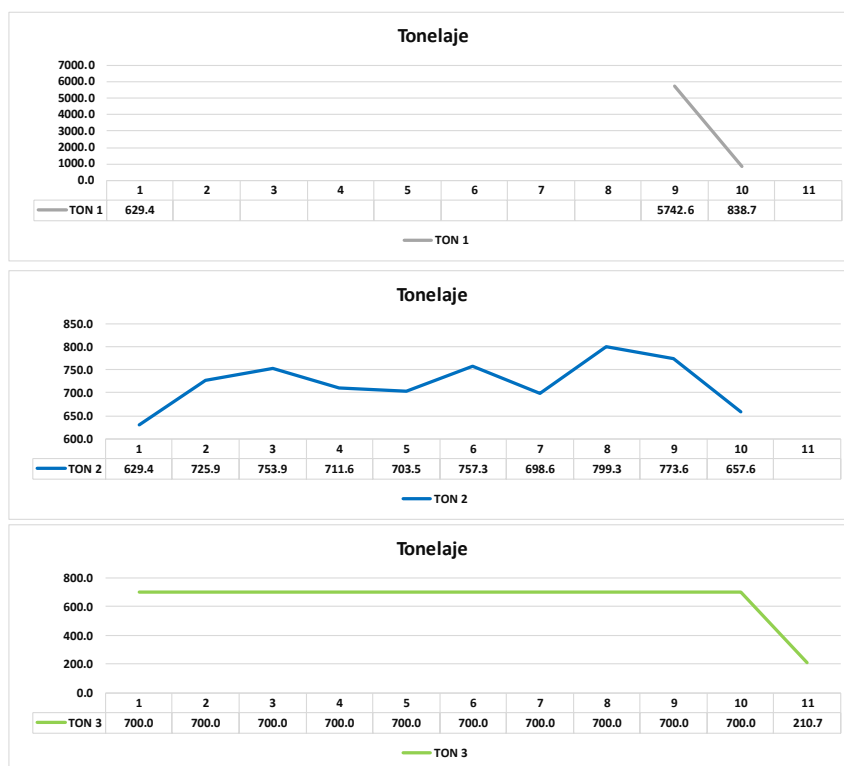


Figura 52.

Dato inicial, nivelación manual y con código de TJ1013



- Los resultados para la nivelación de cada tajeo individual son más consistentes para el caso en el que se aplicó el código de programación elaborado, logrando una tendencia más lineal y constante.

5.2. Discusión

El presente trabajo permitió comparar el realizar un plan de producción a mediano plazo mediante Excel y empleando programación en lenguaje Python, con ello se pretende dar a conocer las ventajas que presenta la implementación de esta herramienta y su potencial para solucionar otras diversas problemáticas en la industria minera.

Los resultados del presente trabajo no pudieron ser contrastados con otros estudios realizados, se buscó fuentes de distintas bases de información nacionales e internacionales, sin bien no se encontró un estudio con aplican directa del lenguaje Python en planeamiento, se encontró diversas investigaciones de aplicación de Python en otras áreas de la industria minera.

La dilución promedio final llega al 35% para un ancho operativo de 0.8 m, tomando en cuenta el estudio realizado por Lozano (2015) en minera Bella Rica de Ecuador en la veta Mary de similares características en potencia donde se realizó el diseño de explotación mediante el método de corte y relleno ascendente convencional con un ancho operativo similar mediante el cual se obtuvo un 30% dilución, el valor de dilución es cercano al obtenido.

El plan de producción de 5,000 toneladas de mineral por mes se logró respetando las restricciones por unidad de tajeo que en el presente trabajo estuvo limitado a un ratio de extracción de 700 toneladas por mes para todos los tajeos, de similar forma en su trabajo de investigación sobre planeamiento de minado en vetas angostas de Mena (2012), se estableció un plan de producción constante de 6000 toneladas, sin embargo en la investigación mencionada se usaron más de un ratio de extracción, las 3 zonas de aporte presentaban ratios distintos con un valor mínimo de 300 y máximo de 2580 toneladas. De similar forma las leyes siguen una linealidad constante de leyes con valores entre de 6.47 a 7.38 gamos por tonelada, semejante a los resultados obtenidos en el presente trabajo de leyes de oro cuyo valor esta entre 0.99 y 1.37 desde el mes de marzo del 2022 al febrero del 2023, en los 2 primeros meses las leyes son altas (1.56 y 1,.93) y los

últimos meses las leyes son bajas (0,41 y 0,54).

Al comparar los gráficos del estado inicial, programado mediante Excel y el programado mediante lenguaje de programación Python se refleja una mayor linealidad en el último caso, lo que representa una nivelación correcta de los recursos de acuerdo a la restricción de extracción.

5.3. Conclusiones

- El objetivo del presente trabajo fue presentar una alternativa en la elaboración de un planeamiento minero a mediano plazo de extracción de mineral mediante el uso de lenguaje de programación Python, en sustitución del uso de hojas de cálculo. El objetivo se logró mediante tres etapas: análisis de un plan elaborado en Excel, presentar un modelo de programación en Python y el análisis de resultado con el cual se demostró la viabilidad de la propuesta de solución.
- La elaboración de un plan de producción por periodos de mes a mes en Excel se describió paso a paso para una mejor comprensión del proceso, una vez conocido se utilizó como base para elaborar el lenguaje código en python propuesto.
- Se desarrollo un código con una secuencia lógica de trabajo, la cual fue plasmada e implementada en el lenguaje de programación Python, tomando en cuenta datos de ingreso de tonelajes, ley, dilución, datos de identificación del stope. Para el código se usó un lenguaje simple, el cual puede ser mejorado empleando un lenguaje más avanzado u otros lenguajes de programación.
- Los datos de entrada se estandarizaron de acuerdo a los requerimientos del algoritmo generado, el tiempo de elaboración del plan se redujo de horas a minutos, debido a que usan archivos intermedios en Excel en formato “csv” el tiempo de acceso y modificación de base de datos no es tan rápido que si se usara otra base de datos como SQL.

5.4. Recomendaciones

- Es posible el uso de lenguaje de programación Python como una alternativa accesible para brindar soluciones a problemas que se presenten en la industria minera más allá del planeamiento minero. No solo exclusivamente el lenguaje Python sino otros disponibles, contar con los conocimientos necesarios para plantear dichas soluciones es necesario para un profesional minero; si bien en este caso se usó un lenguaje simple este es pasible de ser mejorado y optimizado, si bien para resolver problemas similares o como ejemplo para resolver problemas diferentes al planteado pero que sigan una secuencia establecida y reconocible.
- La optimización del tiempo y recursos en minería, así como en distintas áreas es importante para mejorar los procesos en cualquier organización, poder llevar a cabo los trabajos obteniendo un resultado aceptable para brindar una amplia gama de soluciones a los problemas.
- El presente trabajo emplea un lenguaje sencillo de programación Python, lo cual implica que este puede ser mejorado empleando un lenguaje sea en Python u otro más complejo, que considere más factores y objetivos que se requieran.

Bibliografía

- Castillo, O. (2022). *Desarrollo de modelos predictivos de regresión en la industria minera mediante el uso de algoritmo de machine learning [Tesis de titulación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]*. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Castro, J. (2009). Optimización de programas de producción de minas explotadas por métodos de hundimiento. *Compendio de Planificación Minera*. DELPHOS – Laboratorio de Planificación Minera.
- CWC TRAININGS (2022). *¿Qué son los modelos de bloques en minería?* CWC TRAININGS. <https://mineria.space/que-son-los-modelos-de-bloques-en-mineria/>
- Downey, A., Elkner, J., & Meyers, C. (2002). *Aprenda a Pensar Como un Programador con Python*.
- Garcia, A. (2021). *VAN, TIR y Pay-back: ¿qué son y en qué se diferencian?* ESAN. [https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/van-tir-y-pay-back-que-son-y-en-que-se-diferencian#:~:text=El%20Valor%20Actual%20Neto%20\(VAN,de%20inversión%20de%20una%20empresa.](https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/van-tir-y-pay-back-que-son-y-en-que-se-diferencian#:~:text=El%20Valor%20Actual%20Neto%20(VAN,de%20inversión%20de%20una%20empresa.)
- Harold, C. (2014). *Planeamiento estratégico y operacional con uso del software Datamine en mina subterránea Condestable [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]*. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Hernandez, H. (2022). *Introducción Al Modelamiento Geológico Implícito*. Nubeminera.

<https://nubeminera.cl/modelamiento-implicito/>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6ta Edición. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Herrera, J. (2020). *Métodos de explotación de interior: Introducción a la minería subterránea*. Universidad Politécnica de Madrid.

Hinostroza, F. (2023). *Reducción de dilución mediante la aplicación de voladura diferenciada en labores de breasting dentro de la mina Pallancata [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]*. Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Católica del Perú.

Hudson, C. (2016). *Resource leveling algorithms: a comparison*. Deswik.
<https://www.deswik.com/news/resource-leveling-algorithms-a-comparison/>

Joint Ore Reserves Committee (2012). *Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves*. The JORC Code 2012 Edition

Khanal, M., Qin, J., & Shen, B. (2020). *Preliminary Investigation into Measurement While Drilling as a Means to Characterize the Coalmine Roof*. MDPI.
<https://www.mdpi.com/2079-9276/9/2/10>

Legasa, S. (2021). *Uso de la teoría de portafolio para optimizar la distribución de recursos en proyectos de exploración minera [Tesis de titulación, Universidad de Chile]*. Repositorio Institucional - Universidad de Chile.

Lozano, J. (2015). *Diseño de Explotación por Corte y Relleno ascendente de la Veta Mary en la Empresa Produminsa, Sector Bella Rica [Tesis de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]*. Repositorio Institucional - Escuela Superior

Politécnica de Chimborazo

Mamani, L. (2021). *Dimensionamiento de equipos de conminución de minerales usando el lenguaje Python [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Altiplano]*.

Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Altiplano

Mena, A. (2012). *Planeamiento De Minado Subterráneo para Vetas Angostas: Caso Practico; mina “Esperanza de Caraveli” de Compañía Minera Titán S.R.L [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]*. Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Católica del Perú

Muller, P. (2017). *7 puntos claves a evaluar antes de escoger el nuevo lenguaje de programación para tu proyecto*. <https://www.linkedin.com/pulse/7-puntos-claves-evaluar-antes-de-escoger-el-nuevo-lenguaje-müller/?originalSubdomain=es>

Ortiz, F, Moyano, I., Herrera, J., & Plá, F. (2001). *Curso de Evaluación y Planificación Minera*. Universidad Politécnica de Madrid.

Santos. R. (2016). *Insights, perspectives and good practices*. Excellence In Mining. <https://ronaldocrdossantos.wordpress.com/2016/07/09/mine-planning-overview-and-key-concepts/>

Shao, Z., Meyrieux, M., & Kumral, M. (2023). *Optimal junction localization minimizing maximum miners' evacuation distance in underground mining network*. SageJournals.

<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1080/25726668.2022.2159307>

Torres, D., Huamán, S., & Torres, P. (2019). *Prediction of Ground Vibrations Using Neural Network in a Peruvian Mine*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos

ANEXO

Anexo 1: Código para nivelar tajeos según un ratio de extracción

```
In [1]: # Generar una lista de tajeos
import pandas
EXCEL_INI=pandas.read_excel('01_BD_LOM_ZONA1_INI.xlsx', 'BD LOM')
df_INI = pandas.DataFrame(EXCEL_INI)

TAJOS = df_INI['TAJO'].values.tolist()
Lista_Tajos=sorted(list(set(TAJOS))) #set: elimina duplicados, list: dataframe a lista, sorted: ordenacion
print("*****Base de datos cargada*****")

print("NUMERO DE TAJOS: " + str(len(Lista_Tajos)))
print(Lista_Tajos)
```

```
In [2]: import openpyxl
import pandas

# Ordenar el dataframe
ORDENADO_MA=df_INI.sort_values(by=['TAJO', 'AÑO', 'MES'])

# Generar un Excel y base de datos ordenado
ORDENADO_MA.to_excel("02_TAJOS_MA_FF.xlsx", "Hoja1")
ORD_01=pandas.read_excel('02_TAJOS_MA_FF.xlsx', 'Hoja1')

#Convertir a dataframe
DTA = pandas.DataFrame(ORD_01)
print("*****Base de datos ordenada*****")
```

```
In [3]: import openpyxl

tajeos=Lista_Tajos #Lista ordenada de tajeos en base de datos
numd_tj_1=0

x = numd_tj_1 + 1

for i in tajeos: #Ejecutar el codigo para cada tajo de a lista
    tj_read=i
    list_tj=[tj_read]
    while list_tj[-1] == tj_read and x<(len(DTA.index)+1): #b=857->ejecuta indice=856,b=858->no ejecuta indice=857
        #Extraccion de una fila del dataframe
        fila_upd=DTA[x-1:x]
        #Extraccion del primer elemento
        name_tj=fila_upd.at[x-1,'TAJO'] #no coloque 0 porque "at" reconoce el indice del dataframe original "DTA"
        #Esta es la unica forma en la cual se puede cambiar el valor de un string con un bucle
        list_tj.append(name_tj)
        #print(name_tj)
        x+=1

#Extraccion de rango de dataframe que cumple el targed
#Condicional para extraer el restante si ya no hay mas elementos a juntar para el targed
if (len(DTA.index)-x+1 == 0):
    PM=DTA[numd_tj_1:x-1]
else:
    PM=DTA[numd_tj_1:x-2]
    x=x-1
    numd_tj_1=x-1
    #print("FINAL:")
    #print(numd_tj_1)
    #print(b)
    #print(PM)

    PM.to_csv("TON_TARGED_"+i+"base.csv", index = False, header=True)
print("*****Archivos separados*****")
```

```

In [4]: import pandas

tajeos=Lista_Tajos #Lista ordenada de tajos en base de datos

for i in tajeos: #Ejecutar el codigo para cada tajo de a lista
    #print("-----")
    #print(i)
    DTA=pandas.read_csv('TON_TARGED_' + i + 'base.csv')

    PRIMERA_FILA_MM=DTA[0:1]
    MES_MINIMO_DATA=PRIMERA_FILA_MM['MES'].sum()

    PRIMERA_FILA_YY=DTA[0:1]
    YEAR_MINIMO_DATA=PRIMERA_FILA_YY['AÑO'].sum()

    Obj_Ton=700 #toneladas/mes
    mes_ini=MES_MINIMO_DATA #mes de inicio de extraccion del tajo
    year_ini=YEAR_MINIMO_DATA #año de inicio de extraccion del tajo
    targed=Obj_Ton
    #Objetivo de tonelaje
    numd1=0
    b = numd1 + 1
    sumatoria = 0
    while sumatoria<Obj_Ton and b<len(DTA.index):
        targedTN=DTA[numd1:b]
        sumatoria=targedTN['T_CONT'].sum()
    *****
    # CODIGO PARA AGREGAR UNA NUEVA FILA A LA BASE DE DATOS

    if sumatoria >targed:
        rest_obj=sumatoria-targed #Exceso en la suma, valor sobre el targed

        div=DTA[b-1:b]

        value_ton=div.at[b-1,'T_CONT']
        replace=value_ton - rest_obj

        indi=div.columns.get_loc("T_CONT")
        div=div.drop(['T_CONT'], axis=1)
        div.insert(indi,"T_CONT",[replace],True)

        div_r=DTA[b-1:b]
        value_ton=div_r.at[b-1,'T_CONT']
        indi=div_r.columns.get_loc("T_CONT")
        div_r=div_r.drop(['T_CONT'], axis=1)
        div_r.insert(indi,"T_CONT",[rest_obj],True)
    else:
        pass
    *****

    b+=1

    #Extraccion de rango de dataframe que cumple el targed
    #Condional para extraer el restante si ya no hay mas elementos a juntar para eltarged
    if (len(DTA.index)-b == 0):
        PM=DTA[numd1:b]

        SUMATORIA_REST=DTA[numd1:b+1]
        sumatoria=SUMATORIA_REST['T_CONT'].sum()
        #print(sumatoria)

    else:
    *****

```

```

#####
# CODIGO PARA GENERAR UNA NUEVA BASE DE DATOS
if rest_obj>0:
    PM=DTA[numd1:b-2] #"numd1" deberia tener valor 0 pero es indiferente en este caso
    PM=pandas.concat([PM, div], axis=0)
    PL=pandas.concat([PM,div_r],axis=0)
    PL=pandas.concat([PL,DTA[b-1:]],axis=0) #nueva base de datos con indexacion repetida
    #print("sumatoria")
    #print(700)
else:
    PM=DTA[numd1:b-1] #solo si se da una suma exacta igual al targed, da lo mismo colocar pass
#####

#Nuevo inicio de extraccion de dataframe
numd2=b-1
numd2
#####
# NUEVA BASE DE DATOS
DTA=PL.reset_index().drop(['index'], axis=1)
#####
#Condicional para extraer el restante si ya no hay mas elementos a juntar para el targed

if (len(DTA.index)-b == 0):
    RANGE=numd2-numd1+1
else:
    RANGE=numd2-numd1

#Generar una lista para remplazar el mes
lista_mm=[]
j=0
while j<RANGE:
    lista_mm.append(mes_ini)
    j+=1
lista_mm
#-----
lista_yy=[]
w=0
while w<RANGE: #Considerando que la extraccion de un taajo se puede prolongar 10 años
    if mes_ini<13:
        lista_yy.append(year_ini)
    elif mes_ini>12 and mes_ini<25:
        lista_yy.append(year_ini+1)
    elif mes_ini>24 and mes_ini<37:
        lista_yy.append(year_ini+2)
    elif mes_ini>36 and mes_ini<49:
        lista_yy.append(year_ini+3)
    elif mes_ini>48 and mes_ini<61:
        lista_yy.append(year_ini+4)
    elif mes_ini>60 and mes_ini<73:
        lista_yy.append(year_ini+5)
    elif mes_ini>72 and mes_ini<85:
        lista_yy.append(year_ini+6)
    elif mes_ini>84 and mes_ini<97:
        lista_yy.append(year_ini+7)
    elif mes_ini>96:
        lista_yy.append(year_ini+8)
    else:
        lista_yy.append(year_ini+9)
    w+=1
lista_yy
#-----

ind=PM.columns.get_loc("MES")
PM.insert(ind,"MESNV",lista_mm,True)

RD_INI=PM.drop(['MES'], axis=1)

RD_INI.rename(columns={'MESNV': 'MES'}, inplace=True)
#-----
ind=RD_INI.columns.get_loc("AÑO")
RD_INI.insert(ind,"AÑONV",lista_yy,True)

RD0=RD_INI.drop(['AÑO'], axis=1)

RD0.rename(columns={'AÑONV': 'AÑO'}, inplace=True)

```

```

#-----
#bucle para repetir el proceso y completar toda la tabla
while numd2<len(DTA.index)-1:
    mes_ini+=1
    #Objetivo de tonelaje
    numd1=numd2
    b = numd1 + 1
    sumatoria = 0
    while sumatoria<Obj_Ton and b<len(DTA.index):
        targedTN=DTA[numd1:b]
        sumatoria=targedTN['T_CONT'].sum()
    *****
# CODIGO PARA AGREGAR UNA NUEVA FILA A LA BASE DE DATOS

    if sumatoria >targed:
        rest_obj=sumatoria-targed #Exceso en la suma, valor sobre el targed

        div=DTA[b-1:b]

        value_ton=div.at[b-1,'T_CONT']
        replace=value_ton - rest_obj

        indi=div.columns.get_loc("T_CONT")
        div=div.drop(['T_CONT'], axis=1)
        div.insert(indi,"T_CONT",[replace],True)

        div_r=DTA[b-1:b]
        value_ton=div_r.at[b-1,'T_CONT']
        indi=div_r.columns.get_loc("T_CONT")
        div_r=div_r.drop(['T_CONT'], axis=1)
        div_r.insert(indi,"T_CONT",[rest_obj],True)

    else:
        pass
    *****
    b+=1

#Extraccion de rango de dataframe que cumple el targed
#Condicional para extraer el restante si ya no hay mas elementos a juntar para el targed
    if (len(DTA.index)-b == 0):

        PM=DTA[numd1:b]

        SUMATORIA_REST=DTA[numd1:b+1]
        sumatoria=SUMATORIA_REST['T_CONT'].sum()
    *****
#CODIGO PARA UN CASO ESPECIAL EN QUE EL RECORRIDO DE INDICE IGUALE AL NUMERO DE ELEMENTOS EN BASE DE DATOS
# PARA ESTE CASO GENERARIA UNA NUEVA BASE DE DATOS A PARTIR DE ESTE CODIGO
    if sumatoria>700:
        PM=DTA[numd1:b-2]
        PM=pandas.concat([PM, div], axis=0)

        PO=DTA[0:b-2]
        PI=pandas.concat([PO,div], axis=0)
        PL=pandas.concat([PI,div_r],axis=0)
        PL=pandas.concat([PL,DTA[b-1:]],axis=0) #nueva base de datos con indexacion repetida
    else:
        pass
    *****

else:
    *****

```

```

#####
# CODIGO PARA GENERAR UNA NUEVA BASE DE DATOS

    if rest_obj>0:

        PM=DTA[numd1:b-2]
        PM=pandas.concat([PM, div], axis=0)

        PO=DTA[0:b-2]
        PI=pandas.concat([PO,div], axis=0)
        PL=pandas.concat([PI,div_r],axis=0)
        PL=pandas.concat([PL,DTA[b-1:]],axis=0) #nueva base de datos con indexacion repetida
        #--print(700)

    else:
        PM=DTA[numd1:b-1]
#####

    #Nuevo inicio de extraccion de dataframe
    numd2=b-1
#####
# NUEVA BASE DE DATOS
    DTA=PL.reset_index().drop(['index'], axis=1)
#####
#Condicional para extraer el restante si ya no hay mas elementos a juntar para el targed

    if (len(DTA.index)-b == 0):
        RANGE=numd2-numd1+1
    else:
        RANGE=numd2-numd1

#Generar una lista para remmplazar el mes
    lista_mm=[]
    j=0
    while j<RANGE:
        if mes_ini<13:
            lista_mm.append(mes_ini)
        elif (mes_ini % 12)==0: #Cuando el mes es mutiplo de 12
            lista_mm.append(12)
        else:
            lista_mm.append(mes_ini % 12)

        j+=1
    lista_mm

#
    lista_yy=[]
    w=0
    while w<RANGE: #Considerando que la extraccion de un tajo se puede prolongar 10 años
        if mes_ini<13:
            lista_yy.append(year_ini)
        elif mes_ini>12 and mes_ini<25:
            lista_yy.append(year_ini+1)
        elif mes_ini>24 and mes_ini<37:
            lista_yy.append(year_ini+2)
        elif mes_ini>36 and mes_ini<49:
            lista_yy.append(year_ini+3)
        elif mes_ini>48 and mes_ini<61:
            lista_yy.append(year_ini+4)
        elif mes_ini>60 and mes_ini<73:
            lista_yy.append(year_ini+5)
        elif mes_ini>72 and mes_ini<85:
            lista_yy.append(year_ini+6)
        elif mes_ini>84 and mes_ini<97:
            lista_yy.append(year_ini+7)
        elif mes_ini>96:
            lista_yy.append(year_ini+8)
        else:
            lista_yy.append(year_ini+9)

        w+=1
    lista_yy

#

```

```

#
lista_yy=[]
w=0
while w<RANGE: #Considerando que La extraccion de un tajo se puede prolongar 10 años
    if mes_ini<13:
        lista_yy.append(year_ini)
    elif mes_ini>12 and mes_ini<25:
        lista_yy.append(year_ini+1)
    elif mes_ini>24 and mes_ini<37:
        lista_yy.append(year_ini+2)
    elif mes_ini>36 and mes_ini<49:
        lista_yy.append(year_ini+3)
    elif mes_ini>48 and mes_ini<61:
        lista_yy.append(year_ini+4)
    elif mes_ini>60 and mes_ini<73:
        lista_yy.append(year_ini+5)
    elif mes_ini>72 and mes_ini<85:
        lista_yy.append(year_ini+6)
    elif mes_ini>84 and mes_ini<97:
        lista_yy.append(year_ini+7)
    elif mes_ini>96:
        lista_yy.append(year_ini+8)
    else:
        lista_yy.append(year_ini+9)
    w+=1
lista_yy

#

ind=PM.columns.get_loc("MES")
PM.insert(ind,"MESNV",lista_mm,True)

RDINT=PM.drop(['MES'], axis=1)

RDINT.rename(columns={'MESNV': 'MES'}, inplace=True)

#

ind=RDINT.columns.get_loc("AÑO")
RDINT.insert(ind,"AÑONV",lista_yy,True)

RD1=RDINT.drop(['AÑO'], axis=1)

RD1.rename(columns={'AÑONV': 'AÑO'}, inplace=True)

#

RD0=pandas.concat([RD0, RD1], axis=0)

RD0.to_csv("TON_TARGED_"+i+"nv.csv",index = False, header=True)

```

```

In [5]: # Juntar todos Los dataframe en un unico archivo
import pandas as pd

tajeos=Lista_Tajos #Lista ordenada de tajos en base de datos

DATAFRAME=pd.DataFrame()

for i in tajeos: #Ejecutar el codigo para cada tajo de a lista
    DTA=pandas.read_csv('TON_TARGED_'+ i +'nv.csv')
    DATAFRAME=pandas.concat([DATAFRAME, DTA], axis=0)

DATAFRAME.to_csv("03_TON_TARGED_FINAL.csv",index = False, header=True)

print("*****Archivos unidos*****")

```

Anexo 2: Código para modificar la base de datos inicial

```
In [1]: # Generar una Lista de tajos
import pandas
import numpy as np
import random
EXCEL_INI=pandas.read_excel('01_BD_LOM_ZONA1_INI.xlsx', 'BD LOM')
df_INI = pandas.DataFrame(EXCEL_INI)

TAJOS = df_INI['TAJO'].values.tolist()
Lista_Tajos=sorted(list(set(TAJOS))) #set: elimina duplicados,List:datframe a Lista, sorted: ordenacion
print("*****Base de datos cargada*****")
print("NUMERO DE TAJOS: "+ str(len(Lista_Tajos)))
print(Lista_Tajos)
```

```
In [2]: EXCEL_INI=pandas.read_excel('04_TON_TARGED_FINAL_EDIT.xlsx', 'BD')
df_INI = pandas.DataFrame(EXCEL_INI)

# reemplazar todos Los valores nulos con ceros

df_INI[:].fillna( 0, inplace = True)
df_INI
```

```
In [3]: # Crear una Lista con una fila de un dataframe
def extrae_fildat(df,ind,filel): #df= dataframe,ind= indice,filel= 0 no y 1 eliminar primera fila
    targedTN=df[ind:ind+1]
    dfr=targedTN.transpose()
    lt=dfr[ind].values.tolist()

    if filel==1:
        nom_tj=lt[0]
        lt[:1]=[]
    else:
        pass
    return lt
```

```
In [4]: # Año minimo de inicio
year_ini=2022 # Este valor tiene que ser establecido de forma manual

ini0=0
while ini0 < len(Lista_Tajos):
    #-----
    indice=ini0

    # Extraer una fila del dataframe
    lista0=extrae_fildat(df_INI,indice,0)

    # Eliminar el nombre de tajo de La Lista (primer elemento)
    lista0.pop(0)

    # Redondear a 2 cifras Los valores de una lista numerica
    lista1=[]
    for i in lista0:
        lista1.append(round(float(i),2))

    ## QUITAR CEROS A LA LISTA
    lista2=lista1[:]

    # Cantidad de ceros desde La derecha hasta un numero
    xi=0
    while lista1[xi]==0:
        lista2.pop(0)
        xi+=1

    # Cantidad de ceros desde La izquierda hasta un numero
    xin=-1
    xf=0
    while lista1[xin]==0:
        lista2.pop(-1)
        xin-=1
        xf+=1

    print("target_fin: ",lista2)
    print("Numero de ceros I: ",xi)
    print("Numero de ceros D: ",xf)
```

```

target_fin=lista2

lis_tj=[]
lis_tj.append(Lista_Tajos[indice])

print("lis_tj: ",lis_tj)
#-----#
# Establece año y mes de inicio

# Convierte el encabezado en una lista
encabezado=list(df_INI.columns.values)
encabezado.pop(0)

mes_inicio=encabezado[xi]
# Segun numero de mes establecer año y mes(1 a 12)
if (mes_inicio % 12) == 0:
    mes_ini=12
    year_ini=year_ini+(mes_inicio/12)-1
else:
    mes_ini=mes_inicio % 12

    inter=mes_inicio-mes_ini
    year_ini=year_ini+(inter/12)

print("Mes de inicio :",mes_ini)
print("Año de inicio :",year_ini)
#-----#

tajeos=lis_tj #Lista ordenada de tajos en base de datos

for i in tajeos: #Ejecutar el código para cada tajo de a lista
    DTA=pandas.read_csv('TON_TARGED_'+ i +'base.csv')

    MES_MINIMO_DATA=mes_ini

    YEAR_MINIMO_DATA= year_ini

    Obj_Ton=target_fin[0] #toneladas/mes
    mes_ini=MES_MINIMO_DATA #mes de inicio de extraccion del tajo
    year_ini=YEAR_MINIMO_DATA #año de inicio de extraccion del tajo
    targed=Obj_Ton
    #Objetivo de tonelaje
    numd1=0
    b = numd1 + 1
    sumatoria = 0
    while sumatoria<Obj_Ton and b<len(DTA.index):
        targedTN=DTA[numd1:b]
        sumatoria=targedTN['T_CONT'].sum()
    *****
    # CODIGO PARA AGREGAR UNA NUEVA FILA A LA BASE DE DATOS

    if sumatoria >targed:
        rest_obj=sumatoria-targed #Exceso en la suma, valor sobre el targed

        div=DTA[b-1:b]

        value_ton=div.at[b-1,'T_CONT']
        replace=value_ton - rest_obj

        indi=div.columns.get_loc("T_CONT")
        div=div.drop(['T_CONT'], axis=1)
        div.insert(indi,"T_CONT",[replace],True)

        div_r=DTA[b-1:b]
        value_ton=div_r.at[b-1,'T_CONT']
        indi=div_r.columns.get_loc("T_CONT")
        div_r=div_r.drop(['T_CONT'], axis=1)
        div_r.insert(indi,"T_CONT",[rest_obj],True)
    else:
        pass
    *****

    b+=1

    #Extraccion de rango de dataframe que cumple el targed
    #Condicional para extraer el restante si ya no hay mas elementos a juntar para el targed
    if (len(DTA.index)-b == 0):
        PM=DTA[numd1:b]

        SUMATORIA_REST=DTA[numd1:b+1]
        sumatoria=SUMATORIA_REST['T_CONT'].sum()

    else:
        *****

```

```

#####
# CODIGO PARA GENERAR UNA NUEVA BASE DE DATOS
if rest_obj>0:

    PM=DTA[numd1:b-2] #“numd1” deberia tener valor 0 pero es inidferente en este caso
    PM=pandas.concat([PM, div], axis=0)
    PL=pandas.concat([PM,div_r],axis=0)
    PL=pandas.concat([PL,DTA[b-1:]],axis=0) #nueva base de datos con indexacion repetida

else:
    PM=DTA[numd1:b-1] #solo si se da una suma exacta igual al targed, da lo mismo colocar pass
#####

#Nuevo inicio de extraccion de dataframe
numd2=b-1
numd2
#####
# NUEVA BASE DE DATOS
DTA=PL.reset_index().drop(['index'], axis=1)
#####
#Condicional para extraer el restante si ya no hay mas elementos a juntar para eltargeted

if (len(DTA.index)-b == 0):
    RANGE=numd2-numd1+1
else:
    RANGE=numd2-numd1

#Generar una lista para remmplazar el mes
lista_mm=[]
j=0
while j<RANGE:
    lista_mm.append(mes_ini)
    j+=1
lista_mm
#-----
lista_yy=[]
w=0
while w<RANGE: #Considerando que la extraccion de un tajo se puede prolongar 10 años
    if mes_ini<13:
        lista_yy.append(year_ini)
    elif mes_ini>12 and mes_ini<25:
        lista_yy.append(year_ini+1)
    elif mes_ini>24 and mes_ini<37:
        lista_yy.append(year_ini+2)
    elif mes_ini>36 and mes_ini<49:
        lista_yy.append(year_ini+3)
    elif mes_ini>48 and mes_ini<61:
        lista_yy.append(year_ini+4)
    elif mes_ini>60 and mes_ini<73:
        lista_yy.append(year_ini+5)
    elif mes_ini>72 and mes_ini<85:
        lista_yy.append(year_ini+6)
    elif mes_ini>84 and mes_ini<97:
        lista_yy.append(year_ini+7)
    elif mes_ini>96:
        lista_yy.append(year_ini+8)
    else:
        lista_yy.append(year_ini+9)
    w+=1
lista_yy
#-----

ind=PM.columns.get_loc("MES")
PM.insert(ind,"MESNV",lista_mm,True)

RD_INI=PM.drop(['MES'], axis=1)

RD_INI.rename(columns={'MESNV': 'MES'}, inplace=True)
#-----
ind=RD_INI.columns.get_loc("AÑO")
RD_INI.insert(ind,"AÑONV",lista_yy,True)

RD0=RD_INI.drop(['AÑO'], axis=1)

RD0.rename(columns={'AÑONV': 'AÑO'}, inplace=True)

#-----

```

```

#-----
#bucle para repetir el proceso y completar toda la tabla
k=1
while numd2<len(DTA.index)-1:
    mes_ini+=1
    Obj_Ton=target_fin[k]
    targed=Obj_Ton
    k+=1

    #Objetivo de tonelaje
    numd1=numd2
    b = numd1 + 1
    sumatoria = 0
    while sumatoria<Obj_Ton and b<len(DTA.index):
        targedTN=DTA[numd1:b]
        sumatoria=targedTN['T_CONT'].sum()
    *****
# CODIGO PARA AGREGAR UNA NUEVA FILA A LA BASE DE DATOS

    if sumatoria >targed:
        rest_obj=sumatoria-targed #Exceso en la suma, valor sobre el targed

        div=DTA[b-1:b]

        value_ton=div.at[b-1,'T_CONT']
        replace=value_ton - rest_obj

        indi=div.columns.get_loc("T_CONT")
        div=div.drop(['T_CONT'], axis=1)
        div.insert(indi,"T_CONT",[replace],True)

        div_r=DTA[b-1:b]
        value_ton=div_r.at[b-1,'T_CONT']
        indi=div_r.columns.get_loc("T_CONT")
        div_r=div_r.drop(['T_CONT'], axis=1)
        div_r.insert(indi,"T_CONT",[rest_obj],True)

    else:
        pass
    *****
    b+=1

    #Extraccion de rango de dataframe que cumple el targed
    #Condicional para extraer el restanre si ya no hay mas elementos a juntar para el targed
    if (len(DTA.index)-b == 0):

        PM=DTA[numd1:b]

        SUMATORIA_REST=DTA[numd1:b+1]
        sumatoria=SUMATORIA_REST['T_CONT'].sum()
    *****
#CODIGO PARA UN CASO ESPECIAL EN QUE EL RECORRIDO DE INDICE IGUALE AL NUMERO DE ELEMENTOS EN BASE DE DATOS
# PARA ESTE CASO GENERARIA UNA NUEVA BASE DE DATOS A PARTIR DE ESTE CODIGO
    if sumatoria>(targed+100):
        PM=DTA[numd1:b-2]
        PM=pandas.concat([PM, div], axis=0)

        PO=DTA[0:b-2]
        PI=pandas.concat([PO,div], axis=0)
        PL=pandas.concat([PI,div_r],axis=0)
        PL=pandas.concat([PL,DTA[b-1:]],axis=0) #nueva base de datos con indexacion repetida
    else:
        pass
    *****

    else:
    *****

```

```

#####
# CODIGO PARA GENERAR UNA NUEVA BASE DE DATOS

    if rest_obj>0:

        PM=DTA[numd1:b-2]
        PM=pandas.concat([PM, div], axis=0)

        PO=DTA[0:b-2]
        PI=pandas.concat([PO,div], axis=0)
        PL=pandas.concat([PI,div_r],axis=0)
        PL=pandas.concat([PL,DTA[b-1:]],axis=0) #nueva base de datos con indexacion repetida
    else:
        PM=DTA[numd1:b-1]
#####

    #Nuevo inicio de extraccion de dataframe
    numd2=b-1
#####
# NUEVA BASE DE DATOS
    DTA=PL.reset_index().drop(['index'], axis=1)
#####
#Condicional para extraer el restante si ya no hay mas elementos a juntar para el targed

    if (len(DTA.index)-b == 0):
        RANGE=numd2-numd1+1
    else:
        RANGE=numd2-numd1

#Generar una Lista para remmplazar el mes
    lista_mm=[]
    j=0
    while j<RANGE:
        if mes_ini<13:
            lista_mm.append(mes_ini)
        elif (mes_ini % 12)==0: #Cuando el mes es mutiplo de 12
            lista_mm.append(12)
        else:
            lista_mm.append(mes_ini % 12)

        j+=1
    lista_mm

#
    lista_yy=[]
    w=0
    while w<RANGE: #Considerando que la extraccion de un tajo se puede prolongar 10 años
        if mes_ini<13:
            lista_yy.append(year_ini)
        elif mes_ini>12 and mes_ini<25:
            lista_yy.append(year_ini+1)
        elif mes_ini>24 and mes_ini<37:
            lista_yy.append(year_ini+2)
        elif mes_ini>36 and mes_ini<49:
            lista_yy.append(year_ini+3)
        elif mes_ini>48 and mes_ini<61:
            lista_yy.append(year_ini+4)
        elif mes_ini>60 and mes_ini<73:
            lista_yy.append(year_ini+5)
        elif mes_ini>72 and mes_ini<85:
            lista_yy.append(year_ini+6)
        elif mes_ini>84 and mes_ini<97:
            lista_yy.append(year_ini+7)
        elif mes_ini>96:
            lista_yy.append(year_ini+8)
        else:
            lista_yy.append(year_ini+9)
        w+=1
    lista_yy

#

```

```
#
    ind=PM.columns.get_loc("MES")
    PM.insert(ind,"MESNV",lista_mm,True)

    RDINT=PM.drop(['MES'], axis=1)

    RDINT.rename(columns={'MESNV': 'MES'}, inplace=True)

#
    ind=RDINT.columns.get_loc("AÑO")
    RDINT.insert(ind,"AÑONV",lista_yy,True)

    RD1=RDINT.drop(['AÑO'], axis=1)

    RD1.rename(columns={'AÑONV': 'AÑO'}, inplace=True)

#

RD0=pandas.concat([RD0, RD1], axis=0)

RD0.to_csv("TON_TARGED_"+i+"nv1.csv",index = False, header=True)

print("*****Codigo ejecutado*****")

ini0+=1
```

```
In [5]: # Juntar todos los dataframe en un unico archivo

tajeos=Lista_Tajos #Lista ordenada de tajos en base de datos

DATAFRAME=pandas.DataFrame()

for i in tajeos: #Ejecutar el codigo para cada tajo de a lista
    DTA=pandas.read_csv('TON_TARGED_'+ i +'nv1.csv')
    DATAFRAME=pandas.concat([DATAFRAME, DTA], axis=0)

DATAFRAME.to_csv("05_TON_TARGED_FINAL.csv",index = False, header=True)

print("*****Archivos Unidos*****")
```