



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

**Método geoestadístico para caracterizar minerales que
afectan la recuperación de plata en un yacimiento de
baja sulfuración en Ayacucho, Perú**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Geóloga

AUTOR

Dina Yaneth MENDOZA CCOA

ASESOR

Dr. Jorge Eduardo CHIRA FERNÁNDEZ

Lima, Perú

2026



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

Mendoza, D. (2026). *Método geoestadístico para caracterizar minerales que afectan la recuperación de plata en un yacimiento de baja sulfuración en Ayacucho, Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Dina Yaneth Mendoza Ccoa
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73145143
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-0591-6059
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jorge Eduardo Chira Fernández
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07342554
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5194-9940
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Pedro Miguel Gagliuffi Espinoza
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07197393
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Edwin Mendiola Bazaldua
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07542545
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Maritza Mercedes Cantorín Vilchez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09216506

Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.1.11. Recursos mineros
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	Sin Financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Ayacucho Provincia: Paucar del Sara Sara Distrito: Oyolo Latitud: -14.957500 Longitud: -73.245000
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2024-2025
URL de disciplinas OCDE	Geología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.06



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA GEÓLOGA

En el salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, el lunes 23 de febrero de 2026 siendo a las 16:00 horas, en presencia de los señores docentes designados como miembros de Jurado Calificador:

Ing. Pedro Miguel Gagliuffi Espinoza	(Presidente de Jurado)
Ing. Edwin Mendiola Bazaldua	(Miembro de Jurado)
Mag. Maritza Mercedes Cantorin Vilchez	(Miembro de Jurado)

Reunidos para el acto académico público de colación de la Tesis de la Bach. **DINA YANETH MENDOZA CCOA**, quien sustentará la Tesis titulada: «**MÉTODO GEOESTADÍSTICO PARA CARACTERIZAR MINERALES QUE AFECTAN LA RECUPERACIÓN DE PLATA EN UN YACIMIENTO DE BAJA SULFURACIÓN EN AYACUCHO, PERÚ**»; su asesor el docente **DR. JORGE EDUARDO CHIRA FERNANDEZ**, para la obtención del Título Profesional de Ingeniera Geóloga.

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

A Satisfacción del Jurado

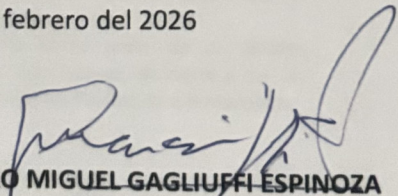
El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:

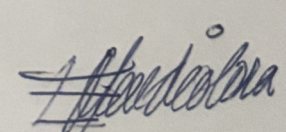
Diecisiete (17)

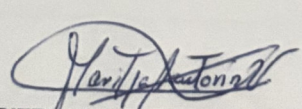
Habiendo sido aprobada la sustentación de Tesis por el Jurado Calificador, el presidente recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA GEÓLOGA** a la Bach. **DINA YANETH MENDOZA CCOA**.

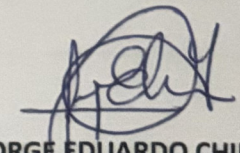
Siendo las 18:00 horas se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) actas originales de la Sustentación de la Tesis.

Lima, 23 de febrero del 2026


ING. PEDRO MIGUEL GAGLIUFFI ESPINOZA
PRESIDENTE DE JURADO


ING. EDWIN MENDIOLAZA BAZALDUA
MIEMBRO DE JURADO


MAG. MARITZA MERCEDES CANTORIN VILCHEZ
MIEMBRO DE JURADO


DR. JORGE EDUARDO CHIRA FERNANDEZ
MIEMBRO ASESOR



Anexo 1

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, JORGE EDUARDO CHIRA FERNÁNDEZ, en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la EP N°0001-2026-EPIGL-FIGMMG/UNMSM, de la tesis cuyo título es **«MÉTODO ESTADÍSTICO PARA CARACTERIZAR MINERALES QUE AFECTAN LA RECUPERACIÓN DE PLATA EN UN YACIMIENTO DE BAJA SULFURACIÓN EN AYACUCHO, PERÚ»**.

Presentado por la bachiller **DINA YANETH MENDOZA CCOA**, para optar el de título Profesional de INGENIERA GEÓLOGA.

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 **11%** 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 INGENIERA GEÓLOGA

Lima, 21 de enero de 2026

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: JORGE EDUARDO CHIRA FERNÁNDEZ
DNI: 07342254

* 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 Dios, por iluminar mi camino.

A mi madre, por su amor, esfuerzo y ejemplo.

A mi familia, por su apoyo constante.

A todos quienes hicieron posible este logro.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica por su formación académica.

A la Compañía Minera Ares, a través del área de geología por permitirme realizar el presente estudio de tesis.

A mi asesor, por su guía y compromiso.

A los docentes y compañeros que contribuyeron en mi crecimiento profesional.
Gracias a todos por acompañarme en este proceso.

INDICE

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	11
1.1. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.1.1. Descripción de la realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema	13
1.2.1. Problema general	13
1.2.2. Problemas específicos.....	13
1.3. Objetivos de la investigación.....	13
1.3.1. Objetivo principal	13
1.3.2. Objetivos específicos	13
1.4. Justificación de la investigación	14
1.5. Limitaciones del estudio	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Antecedentes	15
2.1.1. Antecedentes Internacionales	15
2.1.2. Antecedentes nacionales	18
2.2. Bases teóricas.....	20
2.2.1. Características Geológicas de los Yacimientos	20
2.2.2. Procesos Metalúrgicos	23
2.2.3. Composición química del mineral	24
2.2.4. Métodos estadísticos en la caracterización de minerales.....	24
2.2.5. Recuperación de plata en un yacimiento	26

2.2.6. Parámetros geoestadísticos descriptivos para la recuperación de la plata (Ag)	27
2.3. Geología Local.....	28
2.3.1. Mesozoico.....	29
2.3.2. Cenozoico	29
2.4. Mineralogía.....	32
2.4.1. Minerales de mena.....	33
2.4.2. Minerales de ganga.....	34
2.5. Alteración Hidrotermal	34
2.6. Marco conceptual.....	35
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	37
3.1. Hipótesis y variables.....	37
3.1.1. Hipótesis principal.....	37
3.1.2. Hipótesis específicas.....	37
3.2. Identificación de variables.....	37
3.2.1. Variable independiente	37
3.2.2. Variable dependiente	37
3.3. Operacionalización de variables	41
3.4. Diseño metodológico	43
3.5. Diseño muestral	43
3.5.1. Unidad de análisis.....	43

3.5.2. Población de estudio	43
3.5.3. Selección de la muestra	43
3.6. Técnicas de recolección de datos.....	44
3.7. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.....	45
3.8. Aspectos éticos	47
CAPITULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
4.1 Análisis descriptivo	48
4.2. Relación entre recuperación de plata y elementos minerales indeseables.....	49
4.2.1. Análisis correlacional	49
4.2.2. Análisis de regresión lineal múltiple	59
4.3. Discusión de resultados	64
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	41
Tabla 2. Escala de correlación directa	46
Tabla 3. Análisis descriptivo de los elementos que afectan la recuperación de plata (Ag).....	48
Tabla 4. Análisis correlacional entre Ag y elementos minerales indeseables	49
Tabla 5. Análisis correlacional con elemento deseable Oro(Au)	59
Tabla 6. Análisis predictivo.....	60
Tabla 7. Análisis de ANOVA ^a	61
Tabla 8. Coeficientes del modelo de regresión lineal múltiple para la recuperación de plata (Ag).....	62

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de yacimientos epitermales de alta y baja sulfuración (Camprubi et al., 2003)	22
Figura 2. Mapa geológico de UM Inmaculada (elaboración propia)	28
Figura 3. Columna Estratigráfica de UM Inmaculada (Fuente:UM Inmaculada)...	32
<i>Figura 4. Veta Millet, taladro MIL19-012 con textura bandeada y brechada, con presencia de sulfuros grises, cuarzo blanco y carbonatos.</i>	<i>34</i>
Figura 5. Veta Millet, taladro MIL19-012 con textura bandeada y brechada, con presencia de sulfuros grises, cuarzo blanco y carbonatos.....	34
Figura 6. Modelo de alteración (Fuente:UM Inmaculada)	35
Figura 7. Distribución de la muestra en coordenadas UTM.....	44
Figura 8. Distribución de valores de As, Cu, Fe, Pb y Zn respecto a la recuperación de Ag.....	50
Figura 9. Distribución espacial de Zn (Zinc).....	52
Figura 10. Distribución espacial de Pb (Plomo).....	53
Figura 11. Distribución espacial de Fe (Hierro)	54
Figura 12. Distribución espacial del Cu (Cobre).....	55
Figura 13. Distribución espacial de As (Arsénico).....	56
Figura 14. Distribución espacial de Au (Oro)	57
Figura 15. Distribución espacial de Ag (Plata).....	58
<i>Figura 16. Análisis de variograma de recuperación de plata (Ag)</i>	<i>63</i>

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo proponer un método geoestadístico que permita identificar los elementos que afectan la recuperación de plata (Ag) en un yacimiento epitermal de baja sulfuración ubicado en la región Ayacucho, Perú. La población y muestra estuvieron conformadas por 404 muestras de minerales extraídas del yacimiento, recolectadas de manera sistemática en distintos puntos geográficos y con registro de coordenadas UTM y altitud. La metodología aplicada integró el análisis geoquímico descriptivo, correlación de Pearson, regresión lineal múltiple, modelamiento variográfico e interpolación espacial mediante Kriging y Co-Kriging. Estos métodos permitieron analizar la influencia de elementos minerales considerados indeseables (As, Cu, Fe, Pb y Zn) y el comportamiento del oro (Au) como elemento deseable. Los resultados demostraron que el cobre (Cu) presentó una correlación positiva significativa con la recuperación de plata ($r = 0.108$; $p = 0.030$), mientras que el hierro (Fe) tuvo una influencia negativa ($r = -0.119$; $p = 0.017$). En cambio, As, Pb y Zn no mostraron relevancia estadística. Por su parte, el oro (Au) evidenció una correlación positiva moderada con la plata ($r = 0.400$; $p = 0.000$), consolidándose como un indicador geoquímico favorable. El modelo predictivo con Au alcanzó un R^2 de 0.160, superior al modelo multivariado con elementos indeseables ($R^2 = 0.051$), y el análisis variográfico permitió determinar un rango estructural de 800 metros, facilitando la generación de mapas geoquímicos que delimitaron zonas favorables y desfavorables para la recuperación de Ag. Se concluye que el método geoestadístico propuesto es efectivo para representar espacialmente los factores que afectan la recuperación metalúrgica y permite optimizar las decisiones técnicas en procesos de tratamiento del mineral. Asimismo, se recomienda incorporar elementos deseables como el oro en futuros modelos predictivos para mejorar la eficiencia de recuperación en contextos similares.

Palabras clave. Geoestadística, Minerales metálicos, Recuperación de metales, Yacimientos minerales, Metalurgia extractiva.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to propose a geostatistical method to identify the elements that affect silver (Ag) recovery in a low-sulfidation epithermal deposit located in the Ayacucho region, Peru. The population and sample consisted of 404 mineral samples extracted from the deposit, collected systematically at different geographical locations and with UTM coordinates and altitude recorded. The applied methodology integrated descriptive geochemical analysis, Pearson correlation, multiple linear regression, variographic modeling, and spatial interpolation using Kriging and Co-Kriging. These methods allowed analysis the influence of mineral elements considered undesirable (As, Cu, Fe, Pb, and Zn) and the behavior of gold (Au) as a desirable element. The results demonstrated that copper (Cu) exhibited a significant positive correlation with silver recovery ($r = 0.108$; $p = 0.030$), while iron (Fe) had a negative influence ($r = -0.119$; $p = 0.017$). In contrast, As, Pb, and Zn did not show statistical significance. Gold (Au) showed a moderate positive correlation with silver ($r = 0.400$; $p = 0.000$), establishing itself as a favorable geochemical indicator. The predictive model with Au achieved an R^2 of 0.160, higher than the multivariate model with undesirable elements ($R^2 = 0.051$), and the variographic analysis allowed for the determination of a structural range of 800 meters, facilitating the generation of geochemical maps that delimited favorable and unfavorable zones for Ag recovery. It is concluded that the proposed geostatistical method is effective in spatially representing the factors that affect metallurgical recovery and allows for the optimization of technical decisions in mineral treatment processes. Furthermore, it is recommended to incorporate desirable elements such as gold in future predictive models to improve recovery efficiency in similar contexts.

Keywords: Geostatistics, Metallic minerals, Metal recovery, Mineral deposits, Extractive metallurgy.

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel internacional, la recuperación de plata en un yacimiento de baja sulfuración puede ser un desafío debido a la presencia de minerales y condiciones específicas. Para aumentar la recuperación de plata, se pueden emplear una serie de técnicas y prácticas, como la optimización de los procesos de lixiviación, la selección de reactivos químicos adecuados, la manipulación de variables de operación como temperatura, pH y tiempo de residencia, y el mejoramiento de la eficiencia de la separación y concentración del mineral (Palma et al., 2020).

Además, es importante llevar a cabo un análisis exhaustivo de la mineralogía y las características del yacimiento para comprender mejor los factores que afectan la recuperación de plata. Esto ayudará a diseñar estrategias específicas para maximizar la eficiencia en la extracción y procesamiento del mineral, teniendo en cuenta las particularidades de dicha fuente de baja sulfuración (Tapia y Mayorga, 2022).

En el yacimiento epitermal de baja sulfuración, no está definida la caracterización mineralógica que afecta la recuperación de plata (Ag) en la Veta Millet. La falta de estudios no ha permitido determinar cuáles son los elementos que afectan en la recuperación de Ag, tampoco definir cuáles son los parámetros geoestadísticos que nos permitan definir desde qué valores estos elementos indeseables afectan la recuperación de los elementos valiosos (Soto et al., 2020).

En el presente trabajo de tesis describe el problema que viene causando el procesamiento de minerales de oro (Au) y plata (Ag) en este yacimiento sin el control adecuado de los parámetros de operación, mineralógicos y geoquímicos, el mineral mixto hace dificultoso su tratamiento por ende se genera pérdidas de valores. El consumo de cianuro se incrementó por parte de la planta de beneficio para la recuperación de la plata (Ag), y se viene acumulando este mineral de baja recuperación hasta definir parámetros que nos pueden ayudar en su tratamiento.

El laboratorio de investigaciones metalúrgicas detectó que la baja recuperación de Ag en la veta Millet están asociada a elementos de Cu, Pb, Te, Sb, Fe y As, y que corresponden a minerales cianicidas, pero que se necesita determinar sus parámetros

estadísticos para establecer desde qué valores afectan la recuperación, y cuál es su distribución espacial en la veta Millet.

Entre las técnicas estadísticas utilizadas se encuentran los diagramas de caja, los dendrogramas, los gráficos de dispersión, el análisis de correlación y los mapas geoquímicos, entre otros. Estas herramientas permiten explorar la estructura, las tendencias y las relaciones entre las variables, además de ayudar a identificar los procesos que influyen en la variabilidad geoquímica espacial del área de estudio correspondiente a la veta Millet.

El propósito central de este estudio es caracterizar la distribución espacial de la calidad del cuerpo mineralógico utilizando herramientas estadísticas avanzadas para el análisis de datos. La generación de estimaciones que integren parámetros de variabilidad y correlación espacial permitirá una identificación preliminar de los patrones geoestadísticos que gobiernan el comportamiento del yacimiento, zonas de mineral con alta y baja recuperación de plata (Ag), además de reconocer los elementos indeseables.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el método geoestadístico que permite identificar los elementos que afectan la recuperación de plata (Ag) en un yacimiento epitermal de baja sulfuración ubicado en la región Ayacucho, Perú?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida un método geoestadístico permite correlacionar los elementos minerales deseables e indeseables con la recuperación de plata (Ag) en un yacimiento epitermal de baja sulfuración?
- ¿Cómo un método geoestadístico puede identificar y delimitar las zonas de minerales favorables y desfavorables para la recuperación de plata (Ag) en el yacimiento epitermal de baja sulfuración?
- ¿En qué medida un método geoestadístico puede optimizar la recuperación de plata (Ag) mediante el ajuste preciso de los parámetros geoestadísticos en un yacimiento epitermal de baja sulfuración?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo principal

Proponer un método geoestadístico que permita identificar los elementos que afectan la recuperación de plata (Ag) en un yacimiento epitermal de baja sulfuración ubicado en la región Ayacucho, Perú.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar un método geoestadístico que nos permita correlacionar los elementos minerales deseables e indeseables con la recuperación de plata (Ag) en un yacimiento epitermal de baja sulfuración.
- Determinar un método geoestadístico que nos permita identificar y delimitar las zonas de minerales favorables y desfavorables para la recuperación de plata (Ag) en el yacimiento epitermal de baja sulfuración.
- Determinar un método geoestadístico que nos permita optimizar la recuperación de plata (Ag) mediante el ajuste preciso de los parámetros geoestadísticos en un yacimiento epitermal de baja sulfuración.

1.4. Justificación de la investigación

En este tipo de yacimiento se tiene como objetivo tratar minerales de leyes de 3.86 Au gr/tn y 175.16 Ag gr/tn con 507.12 de Ag Eq v gr/tn, con recuperaciones de 94.20 % para el Au y 83.41% para la Ag, con programas mensuales de 1'493,887 Onz, este programa de Onz, se ha visto afectada porque en la etapa de explotación en la veta Millet se tienen recuperaciones para el Au de 93% a 95% y para la Ag de 50% a 80%, entre las cotas de 4265 a 4350 m.s.n.m., las recuperaciones bajan fuertemente y están afectando con la recuperación de onzas programadas.

Frente a ello, a nivel teórico la investigación se basa en la necesidad de comprender y cuantificar las relaciones entre las propiedades de los minerales y la eficiencia de recuperación de plata. Ya que, al diseñar un método geoestadístico, proporcionará a la empresa un enfoque sistemático y riguroso para analizar los datos recopilados de muestras minerales y extraer conclusiones significativas.

La relevancia metodológica de este estudio radica en la necesidad de obtener resultados precisos y confiables mediante técnicas geoestadísticas que permitan caracterizar los minerales que afectan la recuperación de plata en yacimientos de baja sulfuración. Esta investigación será útil para empresas mineras, geólogos y metalurgistas, ya que facilitará la optimización de procesos de recuperación, la reducción de pérdidas y una mejor toma de decisiones en la planificación minera, además de servir como base para futuras investigaciones en depósitos con características geológicas similares.

1.5. Limitaciones del estudio

La investigación se limita por diversas consideraciones como es la disponibilidad limitada de datos específicos sobre la composición mineralógica y las propiedades metalúrgicas del yacimiento puede influir en la representatividad de las muestras, además, la complejidad geológica del yacimiento, con sus múltiples minerales y fases, presenta desafíos en la identificación precisa de estas especies, considerando que las condiciones ambientales cambiantes y las posibles limitaciones tecnológicas también añaden incertidumbre al estudio. Estas limitaciones se tomarán en cuenta al interpretar los resultados, reconociendo la necesidad de futuras investigaciones que aborden estas restricciones para una comprensión más completa de la caracterización mineralógica en yacimientos de baja sulfuración en la mencionada región.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Dueñas et al. (2018) en su investigación titulada “Recuperación de oro y plata por medio de concentración por flotación y lixiviación con cianuro” cuyo objetivo fue recuperar oro y plata a través de la concentración por flotación y lixiviación con cianuro. Esta investigación presentó un enfoque cuantitativo, siendo de tipo aplicada y con un diseño Explicativo. Realizar la investigación requirió una detallada caracterización mineralógica, la cual resulta fundamental para identificar aspectos clave del mineral, tales como la presencia de elementos, las dimensiones de partícula, su estructura, composición y el color. El mineral fue cuatro compósitos, siendo procesado de manera individual uno por uno. La caracterización del mineral y del concentrado se llevó a cabo mediante técnicas como microscopía electrónica de barrido, Difracción de rayos X y Ensaye al fuego. En este proceso, el compósito C exhibió la mayor ley, con 3.72 g/ton de oro y 488 g/ton de plata, mientras que el compósito A presentó la menor ley, pues presentó una concentración de oro de 2.52 g/ton y 365 g/ton de plata. Los tipos de minerales predominantes identificados fueron el cuarzo y la pirita. Luego, se sometió el mineral al proceso de flotación selectiva, empleando el xantato isopropílico de sodio (X-343) como colector y sulfato de cobre (CuSO_4) como activador. Los parámetros evaluados incluyen el porcentaje de sólidos, que es del 35% en las flotaciones Rougher y del 30% en Scavenger, con un tamaño de partícula de -200 mallas. El periodo de flotación fue de 5 minutos y 3 minutos para las etapas de Rougher y limpieza, respectivamente. Como resultado, se observó que, de las 4 muestras, el compuesto C presentó los mejores resultados, logrando una ley de oro en el concentrado de 124.1 g/ton, con una recuperación del 94.82%, y una ley de plata de 18,519 g/ton, con una recuperación del 94.8%. Se concluyó que la recuperación de oro y plata por medio de concentración por flotación y lixiviación con cianuro era viable y además que era el método más adecuado a emplear.

Chica (2019) En su tesis titulada “ Método de cianuración para la recuperación de plata en el mineral caimán-óxidos del grupo Gorminmets R.L de C.V”, cuyo objetivo fue determinar parámetros del proceso de cianuración para el mineral “ caimán-óxidos”.La investigación fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y de diseño explicativo. En la investigación se empezó dando los parámetros para la extracción y posterior trituración

del mineral que contiene plata hasta obtener un tamaño adecuado para el proceso de cianuración, no obstante, hace hincapié que, en la mayoría de los proyectos mineros, prevalece el uso de la técnica de Zonificación y Promedios (técnicas geoestadísticas), que implica calcular el promedio de los datos de una variable específica dentro de un dominio geotécnico. Esta técnica presenta diversas imprecisiones al no considerar aspectos fundamentales de algunas variables, como la falta de aditividad y la presencia de direccionalidad. Además, carece de la capacidad para proporcionar una medida de la incertidumbre en la estimación y no aprovecha la estructura espacial inherente a la variable, lo que resulta en una subutilización de la información disponible. Se concluyó que la plata se puede recuperar de forma completa con una concentración de 1.328 g de NaCN (400% de exceso estequimétrico) por cada 400g de mineral, PH de 11 y a 78 horas de realizada la lixiviación.

Emery y Suzuki (2020) en su investigación titulada “Modelamiento geoestadístico de la clasificación geomecánica de Bieniawski”, tuvo como objetivo hacer un modelo capaz de predecir la clasificación geomecánica de Bieniawski (Rock Mass Rating, RMR) presente en el yacimiento y medir la variabilidad o incertidumbre asociada a este parámetro. La investigación es de diseño explicativo, tipo aplicada y enfoque cuantitativo. Se concluyó que el modelo predictivo realizado hizo un modelo de la clasificación geomecánica de Bieniawski y cuantificó la incertidumbre de su clasificación geomecánica a través de la simulación geoestadística, además se obtuvo que el error promedio se encuentra dentro de una desviación estándar, definiéndose un 95% de probabilidad de que el valor original esté dentro del rango estimado.

Ruiz et al. (2019) en su artículo “Modelamiento estadístico y optimización del proceso de cianuración de un mineral aurífero” cuyo objetivo fue identificar las condiciones y variables óptimas para procesar un mineral de oro, buscando alcanzar una eficiencia elevada en recuperar dicho metal. Se inició con una caracterización del mineral mediante diversos ensayos de laboratorio, incluyendo un ensayo de moliendabilidad y la clasificación por tamices Tyler. Luego, se sometió el material a concentración gravimétrica en mesa Wilfley. Los resultantes de esta concentración fueron sujetos a pruebas de flotación convencional con granulometría 100 % pasante 170 mallas Tyler. Con el objetivo de optimizar la recuperación del oro durante la cianuración, se realizó un diseño experimental de análisis factorial 2k con punto central, considerando tres variables y utilizando el método de superficie de respuesta. El resultado que se obtuvo indicó que el mineral posee un alto

grado de lixiviabilidad en cianuro, logrando una recuperación de oro del 89.35 %. Como conclusión se confirmó que la utilización del diseño experimental es una herramienta valiosa en el procesamiento eficiente de minerales, posibilitando la identificación de los parámetros óptimos para la cianuración, tales como el tiempo de lixiviación, la granulometría y la concentración de NaCN.

Gu (2023) en su artículo titulado “Geostatistical Approaches for Resource Estimation in Mining and Exploration” cuyo objetivo fue describir el uso de técnicas estadísticas para analizar y comprender las propiedades de los minerales en una muestra o depósito. En ese contexto el autor refiere que la estimación precisa de los recursos minerales es fundamental para la toma de decisiones informada, la extracción eficiente y la gestión sostenible de los recursos, nos dice que la geoestadística, ha revolucionado la manera en que estimamos reservas, guiando a la industria minera hacia la precisión, la optimización y la reducción del impacto ambiental. Al desentrañar las complejidades espaciales de los depósitos subterráneos, las técnicas geoestadísticas proporcionan un marco sólido para aprovechar los tesoros de la Tierra minimizando la incertidumbre y el desperdicio. La estimación de recursos en minería y exploración es un esfuerzo multifacético que implica descifrar la distribución, forma y ley de minerales valiosos ocultos bajo la superficie terrestre. Los métodos tradicionales de estimación a menudo se basan en puntos de datos dispersos, lo que lleva a posibles inexactitudes y una representación inadecuada de la variabilidad espacial. La geoestadística entra en juego para abordar estos desafíos al incorporar relaciones espaciales y utilizar la abundancia de información incorporada en los datos. El autor concluye que los enfoques geoestadísticos han transformado la manera en que se estiman los recursos en la minería y la exploración. Al abordar las complejidades espaciales de los depósitos subterráneos, la geoestadística capacita a la industria para tomar decisiones bien fundamentadas, optimizar operaciones y contribuir a la gestión sostenible de los recursos. A través del uso de técnicas como el kriging, la variografía y la integración de diversas fuentes de datos, la geoestadística convierte la información cruda en modelos comprensivos que orientan la extracción eficiente de los valiosos minerales de la Tierra, a medida que la industria minera sigue evolucionando, la geoestadística se mantendrá como una herramienta esencial, cerrando la brecha entre las riquezas ocultas del planeta y la utilización responsable y respetuosa del medio ambiente de sus recursos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Portugal (2023) en la investigación titulada “Desarrollo de un modelo matemático que será usado para recuperar oro en una matriz de cuarzo en la unidad minera de Selene del grupo Hochschild Mining”, se centra el objetivo en identificar y evaluar la relación existente entre la recuperación de oro y plata y las variables de lixiviación, con el propósito de obtener un modelo matemático que lo represente y maximice la recuperación del concentrado. La investigación es aplicada, con un diseño explicativo, siguiendo un enfoque cuantitativo. Como resultados se determinó el modelo matemático para recuperar el oro del mineral refractario, en estadística nos proporciona que las interacciones de las variables de significancia resultaron efectivamente la granulometría, peróxido de hidrógeno y el tiempo, cuyos valores tienden a ser mejores cuando pasa mayor tiempo. Obteniéndose la ecuación:

$$\% \text{ Recuperación} = 46.38 - 0.0474 \text{ Granulometría} + 5.00 \text{ H}_2\text{O}_2 + 0.3646 \text{ Tiempo} + 4.25 \text{ Ct Pt}$$

Mendoza y Surichaqui (2019) en su investigación de título “Caracterización fisicoquímica y mineralógica de polisulfuros en la recuperación de oro por cianuración en el prospecto Canteño 2 – Lima – 2019” se plantean el objetivo de desarrollar un modelo de caracterización físico química y mineralógico en la recuperación de oro por cianuración en la zona de estudio. La investigación es aplicada de diseño explicativo y enfoque cuantitativo. Los resultados arrojan que la muestra en el análisis petro-mineralógico revela que el oro está vinculado a cristales de pirita, galena, arsenopirita y esfalerita, lo cual demanda procesos previos de desulfuración para liberar el oro, así como una molienda con la granulometría apropiada para llevar a cabo el proceso de cianuración. Se concluye que la evaluación petromineralógica efectuada mediante microscopía de luz reflejada a 10 μm evidencia que el oro se encuentra vinculado a polisulfuros presentes en galena, pirita, arsenopirita y esfalerita, con leyes promedio alcanzadas de 4.3 Oz Au/TM.

Gallegos (2018) en su investigación titulada “Evaluación de la recuperación de plata en la unidad minera Cerro Lindo”, cuyo objetivo fue la evaluación de la recuperación de plata de los concentrados de cobre y plomo en la Planta Concentradora Cerro Lindo. Se usó una metodología con enfoque cuantitativo, de tipo básica y nivel explicativo. En la investigación se hicieron pruebas de flotación con distintos reactivos como: Aerofloat 208, Aerofloat 404, Aerofloat 3406 y Aerophine 3418 para medir las recuperaciones de plata en las mezclas, las que tuvieron distinto comportamiento con relación a la recuperación de plata en los subproductos de cobre y plomo. Se concluyó en definir al Aerophine 3418 al 10%

como nuevo colector para el proceso de recuperación de plata en la etapa rougher I bulk, donde ve un aumento significativo en las pruebas de flotación.

Portilla (2018) en su tesis titulada “Modelo geoestadístico integrado a partir de la interpretación de datos de pozos para un campo petrolero ecuatoriano” planteó como objetivo la creación de un modelo geoestadístico implica la combinación de datos geofísicos, registros eléctricos de pozos e información litológica. Este proceso tiene como objetivo identificar posibles ubicaciones de yacimientos de hidrocarburos. Esta investigación es de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y diseño explicativo. En dicha investigación, se recopiló en campo información que abarca coordenadas de pozos, "surveys", "wellheaders", registros eléctricos, interpretaciones de facies y topes estratigráficos. Esta información se integró en una base de datos que se ingresó a la plataforma de trabajo "Openworks" y posteriormente se subió en sesiones individuales dentro del software "Decision Space Geoscience" (DSG). Esto posibilitó la creación de modelos geoestadísticos, que incluyen modelos de facies y propiedades petrofísicas, con el propósito de seleccionar aquel que mejor se ajuste a la realidad geológica del campo. De esta manera, se llevó a cabo la estimación de reservas. Como resultados se estableció que la Formación Hollín Superior presenta un grosor de 60.4 pies, mientras que la Formación Hollín Inferior asociada al intervalo 2 tiene un espesor de 70.5 pies. Para ambos intervalos de interés, se seleccionó un grosor de capas de 0.5 pies. Se llegó a la conclusión que la elaboración de modelos matemáticos, en particular los modelos geoestadísticos, se utiliza para validar la información del estudio y verificar los resultados de los modelos generados. Cabe destacar que la malla geoestadística diseñada para el Campo Oriente está compuesta por 842,400 celdas distribuidas en coordenadas X (60), Y (54) y Z (260).

Valenzuela y Buendía (2020) en su investigación “Evaluación geológica para el cálculo de reservas y estimación de recursos minerales del prospecto minero Chaupiloma 2007” cuyo objetivo fue hacer la evaluación de las reservas y estimar la cantidad de recursos minerales en el proyecto minero Chaupiloma 2007 mediante su evaluación geológica. Constituye una investigación de tipo aplicada o a su vez tecnológica, que implica la aplicación de conocimientos a la práctica. Asimismo, el rango de investigación se clasifica como descriptivo, también denominado investigación estadística, ya que implica la descripción detallada de datos y características de la población o fenómeno objeto de estudio. En el estudio se realizó una caracterización del clima, la vegetación y la geomorfología del lugar del proyecto. Además, se presentaron los recursos disponibles, tanto hídricos como

energéticos. Se proporcionó una descripción detallada de la geología regional y local, incluyendo la geología económica para abordar el contenido de mineral en la zona. Posteriormente, se profundizó en el modelo de yacimiento que contiene el prospecto fue caracterizado en términos de sus alteraciones hidrotermales y zonas de mineralización, documentando los métodos de muestreo implementados y las áreas específicas de toma de muestras. Esta caracterización permitió estimar las dimensiones, leyes y continuidad espacial de los minerales presentes. Posteriormente, las reservas y recursos fueron cuantificadas mediante técnicas de cubicación y aplicación de modelos matemáticos geoestadísticos. Los resultados indican que en el yacimiento minero Chaupiloma afloran cuerpos de rocas ígneas intrusivas, principalmente granito y diorita, pertenecientes a la familia de granitos de Sucllamachay, con un emplazamiento geológico que se remonta desde el Cretácico Superior hasta el Terciario Inferior. Estas intrusiones ígneas se superponen a estratos de rocas de clasificación metamórfica, como pizarras, cuarcitas y esquistos con venas de cuarzo, que forman parte de la unidad geológica conocida como Grupo Mitu. La mineralización se manifiesta de manera dispersa en el interior de dos cuerpos de cuarzo lechoso. Finalmente se concluyó que la mena presente en el yacimiento se compone principalmente de calcopirita, molibdenita en forma de chispas, y malaquita. En algunos segmentos se observa una menor presencia de crisocola, así como contenidos mínimos de óxidos de cobre. Como ganga, predomina el cuarzo blanquecino y la pirita. Es importante señalar que la calcopirita muestra una concentración más significativa en el cuarzo grisáceo, especialmente en las venillas de este material cerca del techo de la veta, mientras que la presencia de calcopirita es mínima en el cuarzo lechoso cercano al piso de la veta.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Características Geológicas de los Yacimientos

Los yacimientos que albergan plata pueden tener una diversidad de minerales asociados, como argentita, clorargirita, galena y otros (Vargas, 2007). Adicional a esto, Mattews y Véliz (2014) refiere que la baja presencia de minerales sulfurados en el depósito, como en el caso de yacimientos de baja sulfuración, influye en las estrategias de recuperación.

A. Yacimiento epitermal de baja sulfuración.

En el yacimiento epitermal de baja sulfuración, la caracterización mineralógica que afecta la recuperación de plata (Ag) puede variar en función de las condiciones específicas

del yacimiento (Berrezueta et al., 2021). Sin embargo, algunos minerales comúnmente asociados con la baja recuperación de plata en este tipo de yacimientos incluyen:

- Sulfuros de plata: La presencia de sulfuros de plata como argentita (Ag_2S) o sulfosales de plata pueden tener un impacto negativo en la recuperación de plata, ya que estos minerales pueden ser menos susceptibles a los procesos de extracción y separación.
- Minerales de ganga: La presencia de minerales de ganga como cuarzo, calcita o adularia puede dificultar la liberación de la plata y su separación de la matriz mineralógica, lo que afecta la eficiencia de recuperación.
- Minerales de alteración: Los minerales de alteración presentes en el yacimiento, como alunita, sericita o caolinita, pueden influir en la liberación y movilidad de la plata, afectando su recuperación.
- Textura y asociación de minerales: La textura de los minerales y su asociación con otros minerales presentes en el yacimiento también pueden desempeñar un papel importante en la recuperación de plata. Por ejemplo, la presencia de plata asociada a minerales de sulfuros de hierro puede requerir condiciones específicas de proceso para su extracción eficiente.

Es importante llevar a cabo un análisis mineralógico detallado del yacimiento epitermal de baja sulfuración para identificar la caracterización mineralógica específica que afecta la recuperación de plata en cada caso particular. Esto permitirá diseñar estrategias y procesos de extracción y recuperación adaptados a las características y desafíos del yacimiento en cuestión (Enríquez et al., 2018).

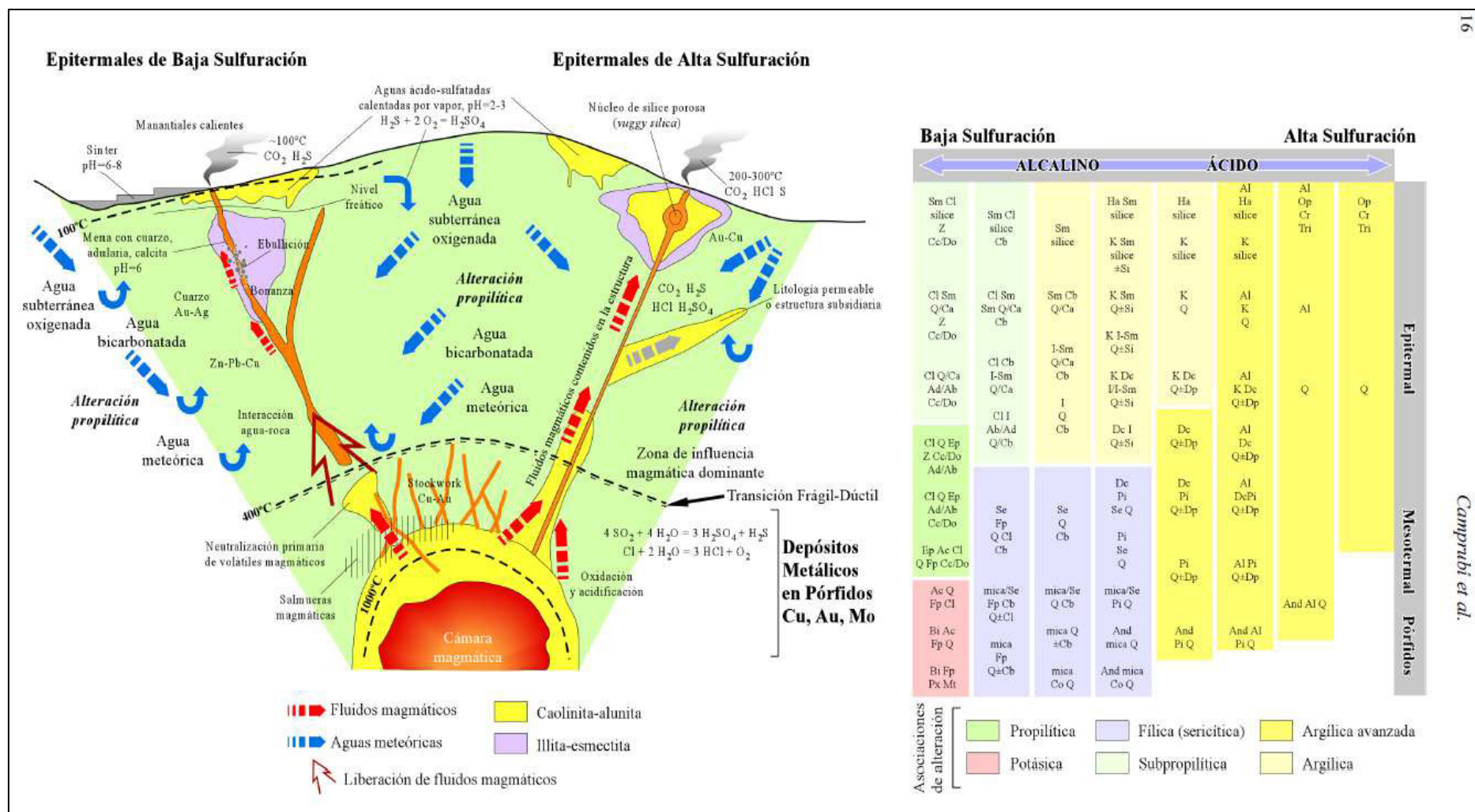


Figura 1. Diagrama de yacimientos epitermales de alta y baja sulfuración (Camprubi et al., 2003)

B. Elementos y minerales indeseables

Los elementos y minerales indeseables en la recuperación de la plata en yacimientos de baja sulfuración pueden variar dependiendo de las características específicas del yacimiento (Shatwell, 2023). Algunos de los elementos y minerales indeseables comunes que pueden afectar la recuperación de la plata incluyen:

- **Arsénico (As):** El arsénico es un elemento que a menudo se encuentra asociado con minerales de plata en los yacimientos de baja sulfuración. Su presencia puede tener un impacto negativo en la recuperación de la plata, ya que puede interferir con los procesos de extracción y separación debido a su toxicidad y propiedades químicas.
- **Antimonio (Sb):** El antimonio también es un elemento que suele estar presente en los yacimientos de baja sulfuración. Puede afectar la recuperación de la plata debido a sus propiedades químicas similares y su capacidad para formar compuestos insolubles que dificultan su separación.
- **Mercurio (Hg):** El mercurio es otro elemento indeseable que puede impactar la recuperación de la plata. La presencia de mercurio puede causar problemas durante los procesos de extracción y refinado debido a la formación de amalgamas con la plata.
- **Minerales de ganga:** Además de los elementos indeseables, ciertos minerales de ganga presentes en los yacimientos de baja sulfuración también pueden afectar la recuperación de la plata. Minerales como la calcita, el cuarzo u otros minerales carbonatados pueden dificultar la liberación y separación de la plata durante los procesos de extracción.

Es importante identificar y caracterizar estos elementos y minerales indeseables en el yacimiento de baja sulfuración para desarrollar estrategias adecuadas de extracción y procesamiento que minimicen su impacto en la recuperación de la plata. Se pueden emplear técnicas de análisis mineralógico y métodos de separación específicos para abordar estos desafíos y mejorar la eficiencia en la recuperación de la plata.

2.2.2. Procesos Metalúrgicos

Según Herrera (2017), los procesos metalúrgicos para el tratamiento de la plata son:

- **Chancado y Molienda:** Reducción del tamaño de la mena para facilitar su tratamiento posterior.

- Lixiviación: Métodos como la lixiviación con cianuro se utilizan para disolver la plata de la mena.
- Flotación: Separación de minerales valiosos mediante propiedades físicas y químicas.
- Fundición y Refinación: Obtención de un producto metálico de alta pureza.

2.2.3. Composición química del mineral

La composición química de un mineral en un yacimiento de baja sulfuración puede variar según el tipo de mineralización presente. Sin embargo, en general, los yacimientos de baja sulfuración suelen contener minerales de metales preciosos como el oro (Au) y la plata (Ag), así como minerales de sulfuros como la pirita (FeS_2) y la calcopirita (CuFeS_2). Estos minerales son comúnmente encontrados en yacimientos epitermales de baja sulfidación (Salado et al., 2018).

Además de los minerales mencionados, los yacimientos de baja sulfuración pueden contener otros minerales como la esfalerita (ZnS), la galena (PbS), la arsenopirita (FeAsS), la blenda (ZnS), la tetraedrita ($\text{Cu}_6[\text{Cu}_4(\text{Fe}, \text{Zn})_2]\text{Sb}_4\text{S}_{13}$), entre otros. La presencia y abundancia de estos minerales dependerá de las condiciones geológicas y la alteración hidrotermal que haya ocurrido en el yacimiento (Tapia y Mayorga, 2022).

Es importante tener en cuenta que la composición química de un mineral en un yacimiento de baja sulfuración puede variar significativamente de un yacimiento a otro. Por lo tanto, es necesario realizar un análisis detallado de muestras del yacimiento en específico para determinar con precisión la composición química y los minerales presentes en ese yacimiento en particular.

2.2.4. Métodos estadísticos en la caracterización de minerales

Los métodos estadísticos para la caracterización de minerales se utilizan para analizar y describir las propiedades y características de los minerales mediante técnicas estadísticas. Estos métodos permiten obtener información cuantitativa y cualitativa sobre los minerales, lo cual es importante para diferentes aplicaciones en la industria minera y en la investigación geológica (Giraldo, 2018).

Se pueden utilizar varios métodos estadísticos para la caracterización de minerales que afectan la recuperación de plata en un yacimiento de baja sulfuración. Estos métodos incluyen análisis de varianza (ANOVA), regresión lineal, análisis de componentes

principales (PCA), análisis de cluster, entre otras. Estas técnicas permiten identificar las variables minerales más relevantes, cuantificar su influencia en la recuperación de plata y agrupar muestras con características similares (De Corso et al., 2018). El uso de métodos estadísticos en la caracterización de minerales puede proporcionar información valiosa para optimizar los procesos de extracción y recuperación de plata en yacimientos de baja sulfuración.

A continuación, se exploran algunas de las áreas clave dentro de dichos métodos:

A) Descriptores Mineralógicos y Estadística.

Se emplean descriptores mineralógicos, como composición química, estructura cristalina y propiedades físicas, para definir las características de los minerales (Herrera, 2017).

La estadística descriptiva se utiliza para resumir y visualizar datos, proporcionando una visión general de la distribución de las propiedades minerales (Higuado, 2021).

B) Muestreo y Estimación de Recursos.

La teoría del muestreo estadístico es esencial para obtener datos representativos de un yacimiento mineral, los métodos de estimación de recursos, como el kriging, se basan en técnicas geoestadísticas para modelar la distribución espacial de los minerales (Higuado, 2021).

C) Análisis Multivariado.

Técnicas multivariadas, como el análisis de componentes principales (ACP) y el análisis de conglomerados, permiten identificar patrones y relaciones complejas entre múltiples variables mineralógicas.

D) Diseño Experimental.

El diseño de experimentos se aplica para planificar y organizar pruebas que proporcionen información valiosa sobre las propiedades de los minerales.

Experimentos factoriales y diseños aleatorizados ayudan a evaluar el impacto de variables múltiples en las características minerales.

E) Modelos de Regresión.

La regresión estadística se utiliza para desarrollar modelos que relacionan variables independientes con propiedades minerales específicas.

Estos modelos pueden prever comportamientos mineralógicos bajo diferentes condiciones.

F) Geoestadística en Modelado Espacial.

Métodos geoestadísticos, como la krigificación, se aplican para modelar la variabilidad espacial de las propiedades minerales, facilitando la interpolación entre puntos de muestreo.

G) Control Estadístico de Procesos (CEP).

En la etapa de procesamiento mineral, el CEP se utiliza para monitorear y controlar la calidad de los productos, identificando desviaciones significativas de las especificaciones. (Higuado, 2021)

La aplicación coherente de métodos estadísticos en la caracterización de minerales mejora la eficiencia de la exploración, optimiza la extracción de recursos y contribuye a la toma de decisiones fundamentada en la industria minera.

2.2.5. Recuperación de plata en un yacimiento

La recuperación de plata en un yacimiento de baja sulfuración se refiere al proceso mediante el cual se extrae y recupera plata de depósitos minerales que presentan concentraciones relativamente bajas de sulfuros. (Vargas, 2007).

Asimismo, Herrera (2017) afirma que los yacimientos de baja sulfuración se caracterizan por tener niveles reducidos de minerales sulfurados, lo que impacta en la forma en que se lleva a cabo la extracción y recuperación de los metales preciosos, como la plata. En este contexto, Figueroa y Parga (2012) define **recuperación de Plata** como el conjunto de operaciones y técnicas utilizadas para extraer la plata contenida en los minerales, separándola de otros componentes y concentrándola de manera eficiente.

Por otra parte, Matthews y Véliz (2014) define **Yacimiento de Baja Sulfuración** como un depósito mineral que contiene bajos niveles de minerales sulfurados, los yacimientos de baja sulfuración suelen tener características geológicas específicas que influyen en los métodos de procesamiento.

Además, el autor refiere que la recuperación de plata en este tipo de yacimientos implica la aplicación de tecnologías y procesos adaptados a las condiciones particulares de baja sulfuración. Esto puede incluir técnicas de lixiviación, flotación u otros métodos metalúrgicos diseñados para tratar minerales con bajos contenidos de sulfuros y obtener una recuperación eficiente de la plata presente en la mena.

2.2.6. Parámetros geoestadísticos descriptivos para la recuperación de la plata (Ag)

Al considerar la recuperación de plata (Ag) en yacimientos de baja sulfuración, los parámetros geoestadísticos descriptivos desempeñan un papel importante en la caracterización de estos depósitos minerales (Salazar y Lozada, 2018). Estos parámetros ayudan a comprender la distribución espacial de la plata y proporcionan información sobre la variabilidad de la recuperación en el yacimiento.

Algunos de los parámetros geoestadísticos descriptivos comúnmente utilizados son:

- **Media:** Este parámetro proporciona una medida de tendencia central de la recuperación de plata en el yacimiento. Indica el valor promedio esperado de recuperación y ayuda a entender el comportamiento general de la mineralización.
- **Varianza:** La varianza es un parámetro que cuantifica la dispersión de los datos de recuperación de plata alrededor de la media. Una varianza más alta indica una mayor variabilidad en la recuperación, lo que puede tener implicaciones en la viabilidad económica de la extracción del mineral.
- **Histograma:** Un histograma muestra la distribución de frecuencias de los valores de recuperación de plata en el yacimiento. Puede revelar si existe una distribución normal o si hay sesgos o asimetrías en los datos.
- **Análisis de semivariograma:** El análisis de semivariograma es una técnica geoestadística utilizada para estudiar la estructura de dependencia espacial de los datos de recuperación de plata. Proporciona información sobre la distancia a la que los valores de recuperación están correlacionados y ayuda a comprender los patrones espaciales en el yacimiento.

- Coeficiente de variación: Es el cociente entre la desviación estándar y la media, y proporciona una medida relativa de la variabilidad en la recuperación de plata. Un coeficiente de variación más alto indica una mayor dispersión relativa de los valores de recuperación.

Estos parámetros geoestadísticos descriptivos son herramientas clave en el análisis de la recuperación de plata en yacimientos de baja sulfuración. Proporcionan una comprensión más profunda de la variabilidad espacial de la mineralización y ayudan a los profesionales de la minería en la toma de decisiones informadas sobre la planificación y optimización de la extracción de este valioso metal (Córdova, 2018).

2.3. Geología Local

La Mina Inmaculada se encuentra en el sur del Perú, específicamente en el departamento de Ayacucho, abarcando territorios de las provincias de Parinacochas y Paucar del Sara Sara, se encuentra a alturas entre 3900-4800 msnm. Está ubicada dentro del cinturón metalogénico Miocénico Puquio-Caylloma de depósitos epitermales con vetas ricas en plata que se han trabajado desde la época colonial. La Mina Inmaculada pertenece a un distrito minero que incluye, de norte a sur las minas Selene, Pallancata e Inmaculada.

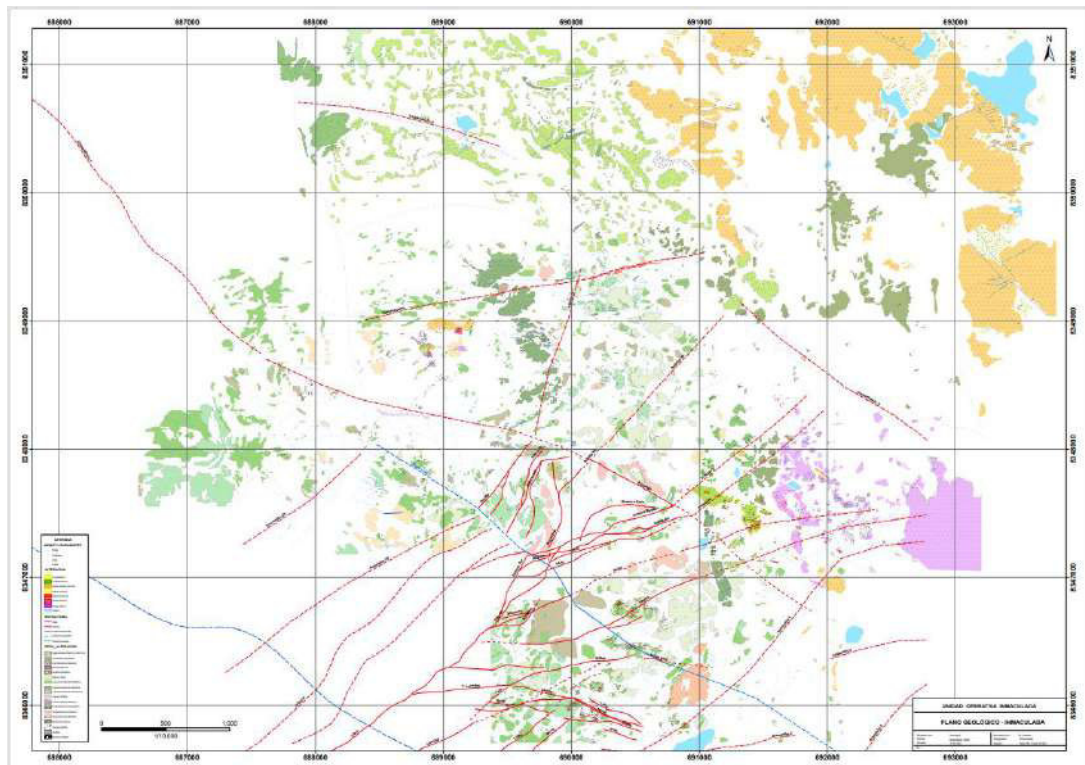


Figura 2. Mapa geológico de UM Inmaculada (elaboración propia)

2.3.1. Mesozoico

Formación Soraya (Jurásico)

Cereceda, C.; Martínez, J.; Siesquén, D. & Cerpa, L. (2025) describen que esta unidad está integrada por intercalaciones de areniscas de granulometría variable entre fina y media, cuyos tonos varían entre pálidos y blanquecinos. Dichas capas se presentan en alternancia con delgados niveles de areniscas de composición calcárea y margas, y localmente exhiben conglomerados con matriz soportada. Esta formación aflora en ambos márgenes del río Ermo, subyaciendo a las capas rojas de la Formación Mara y presentando buzamientos subverticales hacia el norte. A escala regional, se ubica en el tramo superior del Grupo Yura.

Fm. Mara

Esta formación está compuesta por secuencias de limolitas, areniscas y conglomerados de tonalidad rojiza que contienen clastos de cuarcitas, calizas con óxidos de plomo y areniscas. La formación aflora extensamente en la zona de San Salvador y en la quebrada Ermo, presentándose en bancos gruesos con laminación débilmente marcada. En el sur del Perú también es conocida como Formación Murco. Representa una secuencia sedimentaria constituida por lutitas intercaladas con delgados horizontes calcáreos, los cuales son notorios en el sector Noreste y alcanzan espesores cercanos a los 140 m. Portocarrero O. (2017)

2.3.2. Cenozoico

Grupo Tacaza

El grupo Tacaza está constituido por brechas con matriz andesítica en la base, las cuales se encuentran cubiertas por niveles de tobas líticas de composición riolítica a dacítica. Estos estratos presentan espesores considerables, que pueden oscilar entre 600 y 800 m.

- **Unidad Brecha- debris flow y lava andesítica**

Esta unidad se expone ampliamente en el sector de Patari, donde aflora una secuencia alternada de depósitos de debris flow con niveles de lavas andesíticas de tonalidades verde oscuro. Estas lavas son de grano fino y contienen cristales dispersos de plagioclasa y hornblenda. La matriz presenta textura fina y suele mostrar un magnetismo que varía de moderado a alto.

- **Unidad tobas líticas y tobas de lapilli andesíticas**

Esta unidad aflora desde las partes altas de Anta-Patari y Minascucho, hacia el suroeste de Minascucho, incluyendo el cerro Ojochailla y sus alrededores. Se encuentra superpuesta a los stocks subvolcánicos de Minascucho y a la unidad inferior denominada “brecha–debris flow y lava andesítica de Anta-Patari”. La secuencia está dominada por horizontes de tobas de lapilli soldadas y tobas líticas, organizadas en bancos masivos y delgados, parcialmente laminados. Los clastos incluyen líticos angulosos de volcanitas andesíticas de color verde a violáceo, con texturas que varían de grano fino a porfíricas, y en menor proporción, líticos de volcanitas riolíticas de color beige, así como sedimentos volcanoclásticos verdosos.

- **Unidad de areniscas y conglomerados**

Esta unidad aflora de manera localizada en Minascucho. Está constituida por horizontes de arenisca conglomerádica de granulometría gruesa, organizados en bancos masivos con laminación horizontal ligeramente sesgada, intercalados con conglomerados gruesos que contienen rodados subredondeados de composición andesítica.

Fm. Quellopata

La litología de esta formación está compuesta por alternancias de coladas de lava y depósitos de brechas y debris flow andesíticos, caracterizados por tonalidades verde violáceas. Forma parte del paquete volcánico de Huarmapata, el cual incluye flujos de masa con texturas dominadas tanto por clastos soportados como por matriz soportada, en los que se observan fragmentos de volcanitas andesíticas acompañados de una matriz volcánica constituida por tobas líticas, cenizas y material triturado, con frecuentes evidencias de autobrechamiento. Estos depósitos se intercalan con niveles de lavas andesíticas de textura fina a porfírica.

En la matriz se reconocen cristales dispersos de plagioclasa, hornblenda, magnetita fina y trazas de pirita. Los clastos y bombas muestran una composición polimíctica, con formas que varían entre subredondeadas y subangulosas, predominando los colores verdes y violáceos.

De manera transicional, la unidad puede pasar a tufos líticos de características similares y, en sectores puntuales —como al suroeste del campamento Quellopata— se registran delgados niveles lacustres. Los afloramientos más representativos se encuentran en el cerro Quellopata y en el corte de la quebrada homónima, donde se reconocen hasta cuatro

horizontes distintos de lavas andesíticas de color verde oscuro, con elevado magnetismo y minerales como piritita, plagioclasa y anfíboles. Esta formación constituye la roca huésped de las vetas de cuarzo presentes en el área de Quellopata.

- **Stock subvolcánico, domos y diques**

En el sector de análisis se exponen diversos cuerpos subvolcánicos y diques de composición andesítica que cortan y atraviesan al basamento mesozoico, así como diques andesíticos y riolíticos que cortan las unidades volcánicas suprayacentes. Los principales stocks subvolcánicos se distribuyen ampliamente en los sectores de Minascucho y San Salvador, el complejo volcánico de Huarmapata y las zonas de Puquiopata y Pararani.

- **Diques de andesitas**

En las periferias de San Salvador afloran diques andesíticos que intruyen a las secuencias sedimentarias jurásicas. Se diferencian dos familias principales según su textura.

La primera está constituida por diques de andesita de matriz fina, de tonalidades verdosas, con textura cristalina y plagioclasas equigranulares. Sus anchos varían entre 2 y 3 metros, intruyen a la Formación Mara con orientación NE–SW y buzamientos subverticales hacia el NW, y exhiben débiles bandeamientos de flujo en las zonas de caja.

La segunda familia corresponde a diques de andesita con matriz argilizada y textura porfírica, orientados NW–SE y con buzamientos subverticales. Presentan fenocristales de plagioclasa mayores a 1 cm en una matriz fina, mostrando también bandeamientos de flujo hacia las cajas. La edad de ambos tipos de diques es aún desconocida.

- **Unidad Subvolcánica de Pórfido Andesítico**

Esta unidad aflora al suroeste de Minascucho, especialmente en el cerro Ojochailla y zonas circundantes, donde forma alineaciones NW–SE con anchos que varían entre 200 y 500 m y una longitud aproximada de 1.6 km. Otro afloramiento significativo se ubica en el cerro Umachata, al norte de Minascucho. En ambas localidades se observan alteraciones argílicas y piritización, acompañadas de halos de propilitización y oxidación hacia los bordes de los cuerpos.

Hacia la margen suroeste del río Ermo, este subvolcánico intruye a la Formación Soraya, generando condiciones de hornfels y zonas con leve oxidación. Asimismo, corta la secuencia volcánica inferior correspondiente al Grupo Tacaza. En la zona de Quellopata, perforaciones

profundas revelan la presencia de un pórfido andesítico silicificado y piritizado, mientras que en Huarmapata se ha identificado un pórfido andesítico fresco.

• **Unidad de domos de riolita – riodacita**

Dentro del sector que abarca Minascucho, Quellopata y Pararani se han identificado varios domos de composición riolítica a riodacítica. En Minascucho, particularmente en el cerro Ojochailla, se reconocen hasta tres domos, algunos frescos y otros alterados, los cuales presentan halos de argilización, silicificación y piritización.

En Pararani (cerro Huachualluni–Puquiopata) emerge un domo riolítico silicificado, atravesado por una veta de cuarzo blanquecino con orientación NW. Hacia el noreste de Quellopata, en las proximidades de Huarmapata, se expone un domo de riolita alterada que atraviesa a las secuencias de debris flow y a las coladas andesíticas subyacentes.

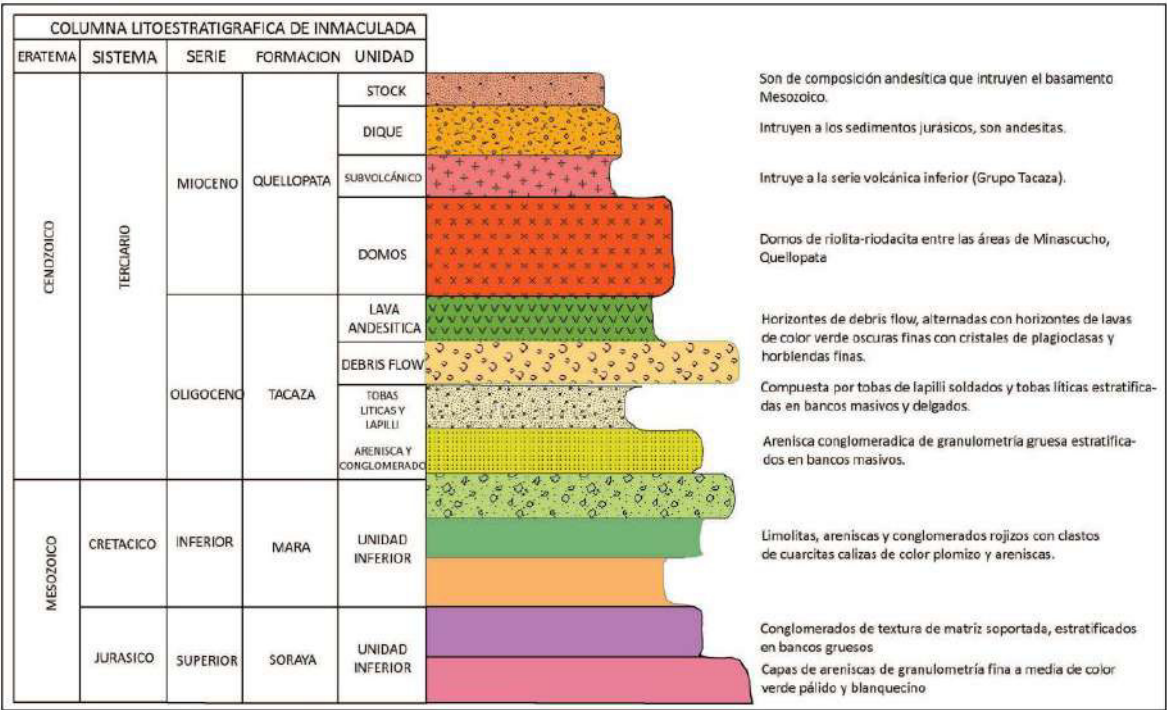


Figura 3. Columna Estratigráfica de UM Inmaculada (Fuente:UM Inmaculada)

2.4. Mineralogía

La mineralogía se caracteriza principalmente por un ensamblaje de acantita, esfalerita, galena y calcopirita, asociado a minerales de ganga tales como carbonatos de manganeso,

baritina y cuarzo cristalino-hialino. Las menas presentan texturas predominantemente brechiformes, crustiformes y bandeadas.

2.4.1. Minerales de mena

La mineralización asociada al oro y la plata es argentita, electrum, estefanita, platas rojas, galena argentífera con trazas de esfalerita, calcopirita y pirita.

✓ Electrum (Au, Ag)

Se presenta en parches irregulares fuertemente asociados a platas rojas, argentita y pirita, ocurre relleno intersticios en los agregados de cuarzo V y ocasionalmente se presenta como inclusiones en estos.

✓ Argentita (Ag_2S)

Se encuentra en parches irregulares relleno intersticios en agregados de cuarzo IV, están intercrecidos con platas rojas y electrum.

✓ Estefanita (Ag_5SbS_4)

Ocurre como parches irregulares relleno intersticios en cuarzo V, generalmente intercrecidos con platas rojas, argentita y electrum.

✓ Platas rojas (Ag_3SbS_3 / Ag_3AsS_3)

Se encuentra como parches irregulares relleno espacios en agregados de cuarzo V junto a esfalerita y calcopirita. Presentan reflexiones internas rojizas.

✓ Esfalerita (ZnS)

Se presenta como parches irregulares relleno intersticios en los agregados de cuarzo V. Está parcialmente remplazada por platas rojas y calcopirita.

✓ Calcopirita (CuFeS_2)

Ocurre como parches irregulares relleno espacios en agregados de cuarzo V y, ocasionalmente, como inclusiones en estos agregados. Está remplazando la esfalerita y suele encontrarse intercrecida con platas rojas.

✓ Galena (PbS)

Se encuentra como parches irregulares remplazando a esfalerita, relleno intersticios en los agregados de cuarzo V.

✓ Pirita (FeS_2)

Cristales anhedrales diseminados en los agregados de cuarzo V. En algunos sectores se encuentra intercrecida con calcopirita.

2.4.2. Minerales de ganga

El cuarzo es el principal mineral de ganga seguido de carbonatos y, en menor cantidad, rodonita, feldespato potásico y arcillas.

Cuarzo (SiO_2)

Carbonato (CaCO_3)

Rodonita ($(\text{Mn}^{2+}) \text{SiO}_3$)

Feldespato Potásico (XAlSiO_8)

Arcillas ($\text{K, H}_3\text{O}$) (Al, Mg, Fe) $_2(\text{Si, Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$



Figura 4. Veta Millet, taladro MIL19-012 con textura bandeada y brechada, con presencia de sulfuros grises, cuarzo blanco y carbonatos.



Figura 5. Veta Millet, taladro MIL19-012 con textura bandeada y brechada, con presencia de sulfuros grises, cuarzo blanco y carbonatos.

2.5. Alteración Hidrotermal

El modelo de alteración hidrotermal es típico de un sistema de baja sulfuración, los minerales identificados se formaron en un PH de 4 a 7 y una temperatura de 100°C a 250 °C.

En la zona de Inmaculada, las vetas presentan un halo de alteración argílica zonado, con una gradación desde la veta hacia la caja. La secuencia mineralógica de alteración está constituida, de manera concéntrica, por illita, illita-esmectita y clorita, de interior a exterior. La silicificación se encuentra restringida a la propia veta, con un halo máximo de aproximadamente 0,5 m, mientras que el halo de argilización alcanza hasta 3,0 m desde el eje de la veta. Adicionalmente, se observa caolinización ocasional, desarrollada en zonas de

interacción entre fluidos meteóricos y fluidos hidrotermales, indicando procesos de mezcla de origen superficial y profundo.

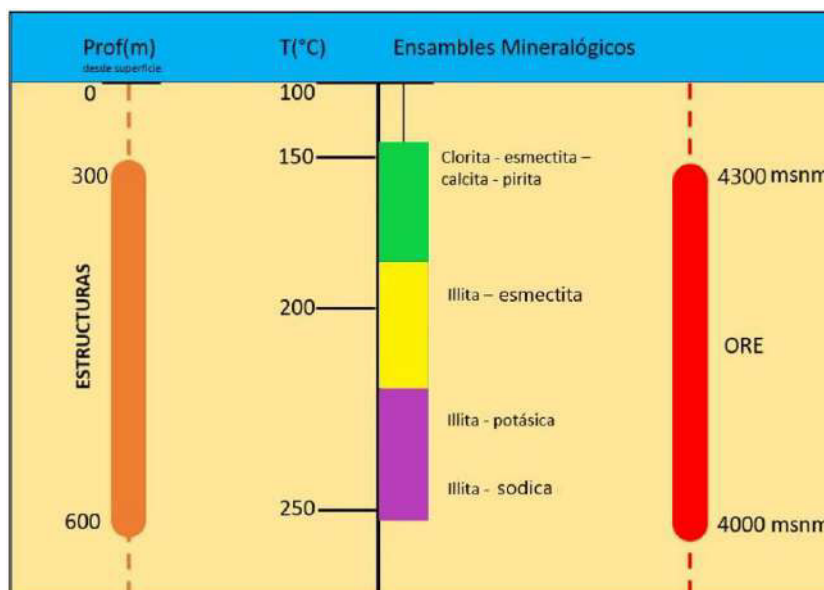


Figura 6. Modelo de alteración (Fuente:UM Inmaculada)

2.6. Marco conceptual

Método

Un método es un procedimiento sistemático, organizado y estructurado para llevar a cabo una actividad. Se refiere a una técnica o a un conjunto de acciones planificadas destinadas a ejecutar y desarrollar una tarea de manera eficiente. (Ruiz et al., 2019).

Geoestadística

La geoestadística es la disciplina estadística especializada en el análisis y la modelización de la variabilidad espacial de fenómenos con dependencia espacial. Permite cuantificar, describir y predecir patrones espaciales a partir de datos obtenidos en localizaciones específicas mediante coordenadas, empleando herramientas como semivariogramas, modelos de correlación espacial e interpolación por kriging, lo que facilita la estimación de valores en puntos no muestreados y la caracterización de la distribución espacial de las variables estudiadas. (Berrezueta et al., 2021).

Metalurgia

La metalurgia es la disciplina encargada de la extracción de metales a partir de sus menas, su posterior refinamiento y preparación para su uso industrial. El proceso implica modificar la composición química de los minerales con el fin de separar el metal de sus compuestos, ya sean sulfúricos, óxidos, silicatos o carbonatos. La elección de los métodos

metalúrgicos depende fundamentalmente del tipo de mena y de su composición química específica. (Oyarzun, 2011).

Mineralogía

La mineralogía proporciona un conocimiento profundo de los procesos geológicos responsables de la formación y evolución de los minerales, permitiendo interpretar las condiciones físico-químicas de los ambientes mineralogénicos. A través del estudio de la composición química, estructura cristalina y asociaciones paragenéticas, es posible reconstruir las condiciones de presión, temperatura, pH y potencial redox que rigieron la génesis de los depósitos minerales, así como identificar indicios de procesos hidrotermales, magmáticos o sedimentarios que controlan la mineralización. (Ruiz et al., 2019).

Yacimiento

Un yacimiento mineral es un sector de la corteza terrestre donde, como resultado de procesos geológicos, se ha concentrado materia prima mineral en cantidades significativas. La evaluación de su ley mineral, volumen de reservas y condiciones geotécnicas determina su rentabilidad económica. Estos depósitos presentan características físicas, químicas y estructurales que permiten su explotación mediante métodos mineros apropiados, considerando la viabilidad técnica, ambiental y económica del proyecto. (Vargas, 2007).

Veta

Se identifican zonas de mineralización de considerable longitud, caracterizadas por un buzamiento pronunciado, que pueden clasificarse según su potencia. Las vetas angostas presentan espesores menores a 3 m, mientras que las vetas anchas o de gran potencia superan los 3 m. Estas estructuras reflejan el control estructural de la mineralización, estando influenciadas por fallas, fracturas y pliegues, lo que determina la geometría, continuidad y distribución espacial de los minerales en el yacimiento. (Enríquez et al., 2018).

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Hipótesis y variables

3.1.1. Hipótesis principal

La aplicación de un método geoestadístico permitirá identificar y analizar los factores que afectan la recuperación de plata (Ag) en un yacimiento epitermal de baja sulfuración en la región de Ayacucho, Perú.

3.1.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de métodos geoestadísticos permite correlacionar eficazmente los elementos minerales deseables e indeseables con la recuperación de plata (Ag) en un yacimiento epitermal de baja sulfuración.
- El uso de métodos geoestadísticos facilita la identificación y delimitación de zonas con minerales favorables y desfavorables para la recuperación de plata (Ag) en el yacimiento epitermal de baja sulfuración.
- El ajuste preciso de los parámetros geoestadísticos mediante métodos específicos optimiza la recuperación de plata (Ag) en el yacimiento epitermal de baja sulfuración.

3.2. Identificación de variables

3.2.1. Variable independiente

- Método geoestadístico

3.2.2. Variable dependiente

- Recuperación de plata

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Método geoestadístico	El método geoestadístico es una herramienta utilizada en la caracterización de minerales que afectan la recuperación de plata en un yacimiento de baja sulfuración. Consiste en la aplicación de técnicas estadísticas y espaciales para analizar la distribución espacial de las propiedades de los minerales y su relación con la recuperación de plata (Galván y Auvinet, 2010).	Un método geoestadístico, implica varios pasos sistemáticos: primero, se recolectan datos espaciales de una variable de interés y se registran sus ubicaciones geográficas. Luego, se realiza un análisis exploratorio de estos datos para entender su distribución y detectar posibles anomalías. Se calcula y ajusta un variograma para modelar la dependencia espacial de los datos. A continuación, se construye un modelo utilizando el variograma ajustado, permitiendo interpolar y predecir valores en ubicaciones no muestreadas. Se calculan las incertidumbres asociadas a estas predicciones y se valida el modelo mediante técnicas como la validación cruzada. Finalmente, se interpretan los resultados y se utilizan para aplicaciones prácticas como la exploración de recursos o la gestión ambiental.	Correlación entre elementos minerales y recuperación de plata	Correlación de Pearson y regresión lineal múltiple	Ordinal
			Delimitación de zonas favorables y desfavorables	Zonas geoquímicas favorables/desfavorables (Kriging, Co-Kriging)	Nominal
			Optimización del modelo predictivo	Mejora en R^2 ajustado, reducción del error estándar	Ordinal

Recuperación de plata	La recuperación de la plata se refiere al proceso mediante el cual se extrae y recupera eficientemente la plata presente en los minerales extraídos de un yacimiento. Este proceso tiene como objetivo principal separar y concentrar la plata de otros minerales y elementos no deseados, obteniendo un producto final de alta pureza (Ramos, 2019).	La recuperación de plata es el porcentaje de plata extraída del mineral procesado en comparación con la cantidad total de plata presente en el mineral original. Se calcula siguiendo estos pasos: primero, se toma una muestra representativa del mineral y se determina su contenido total de plata mediante análisis químicos. Luego, se procesa el mineral utilizando un método específico de recuperación (como lixiviación o flotación) y se mide la cantidad de plata recuperada en el material procesado. Finalmente, se aplica la fórmula Recuperación de Plata (%) = (Cantidad de Plata Recuperada/Cantidad Total de Plata en el Mineral) × 100 para obtener el porcentaje de recuperación.	Eficiencia de la extracción de plata	Porcentaje de recuperación de plata	Ordinal
			Relación geoquímica con los elementos minerales	Correlación entre recuperación de plata y elementos minerales (Cu, Fe, Au, As, Pb, Zn)	Ordinal

Fuente: Elaboración propia

3.4. Diseño metodológico

La investigación es de tipo aplicada, pues tiene como objetivo resolver problemas prácticos y la aplicación de conocimientos teóricos en situaciones reales. Respecto a esto, Baena (2017) señala que la investigación aplicada se orienta a la ejecución de estudios específicos, experimentos o proyectos con el fin de generar nuevas tecnologías, optimizar procesos existentes, diseñar políticas efectivas y abordar desafíos concretos en diversos campos, tales como la medicina, la ingeniería, la educación y la economía. De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), los hallazgos derivados de la investigación aplicada constituyen insumos para soluciones prácticas y aplicaciones directas, susceptibles de ser implementadas en contextos reales y en la vida cotidiana, contribuyendo así al progreso tecnológico y social.

El nivel de investigación es explicativo, con un enfoque cuantitativo, ya que reuniremos información en el lugar referido que nos permitirá aplicar métodos estadísticos para caracterizar los minerales que afectan la recuperación de plata en un yacimiento de baja sulfuración. Respecto a esto, Ñaupas et al. (2018) define los estudios explicativos como aquellos que se encargan de establecer relaciones de causa y efecto entre las variables, esta va más allá de la descripción de hechos o fenómenos; busca entender las razones detrás de ellos y establecer relaciones causales

3.5. Diseño muestral

3.5.1. Unidad de análisis

Muestras de minerales del yacimiento de baja sulfuración en la región de Ayacucho.

3.5.2. Población de estudio

El estudio tiene como población 404 muestras de minerales extraídas del yacimiento epitermal de baja sulfuración en Ayacucho, Perú.

3.5.3. Selección de la muestra

La muestra estadística consiste de 404 muestras representativas de la Veta Millet serán seleccionadas para el análisis. A continuación, se muestra un mapa de distribución de las muestras en base a las coordenadas UTM registradas en la base de datos.

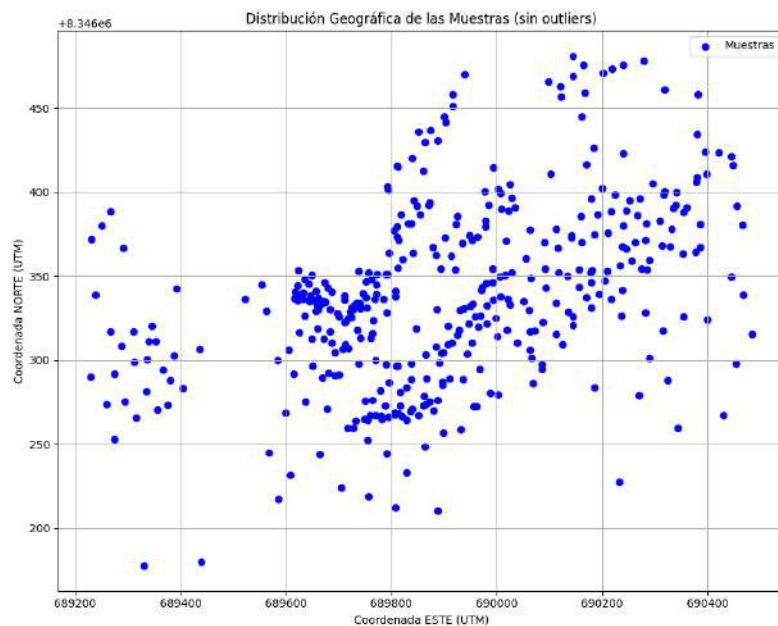


Figura 7. Distribución de la muestra en coordenadas UTM

3.6. Técnicas de recolección de datos

Observación simple utilizando formatos digitales y manuales:

- Formatos digitales como aplicaciones móviles o software especializado para registrar observaciones en tiempo real.
- Formatos manuales, que incluyen hojas de registro impresas para capturar datos específicos durante la observación directa en el campo.

Libreta de campo para la toma de notas detalladas:

- La libreta de campo es fundamental para registrar observaciones detalladas, condiciones ambientales, eventos relevantes, y cualquier otro dato importante que pueda influir en los resultados del estudio.
- Las notas deben ser precisas, fechadas y organizadas para facilitar el análisis posterior.

Conformación de bases de datos de campo y de resultados analíticos:

- Las bases de datos de campo deben estructurarse de manera que permitan la fácil entrada y consulta de datos recolectados durante la investigación.
- Las bases de datos de resultados analíticos deben incluir los datos obtenidos de pruebas de laboratorio como la difracción de rayos X, microscopía electrónica y ensayos al fuego.

Análisis de laboratorio mediante técnicas específicas:

- **Difracción de Rayos X:** Técnica empleada para identificar y caracterizar la estructura cristalina de materiales, permitiendo determinar fases minerales, parámetros de celda unitaria y la composición cristalográfica de las muestras.
- **Microscopía Electrónica:** Permite la observación de estructuras a nivel microscópico con alta resolución.
- **Ensayos al Fuego:** Evaluación de cómo los materiales reaccionan ante altas temperaturas, fundamental en estudios de resistencia al fuego y propiedades térmicas.

Ficha e informes de registro para documentar procedimientos y resultados:

- Las fichas de registro deben detallar los procedimientos utilizados en el laboratorio, condiciones de prueba, instrumentación empleada y resultados obtenidos.
- Los informes deben ser completos, con análisis detallados de datos, interpretaciones y conclusiones derivadas de los resultados analíticos y observaciones de campo.

3.7. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

Se incorpora dos tipos de procesamiento estadístico: el análisis descriptivo y el inferencial:

Análisis descriptivo e inferencial:

- **Descriptivo:** Utiliza medidas como media, mediana, desviación estándar, y distribuciones de frecuencia para resumir y entender la estructura de los datos recolectados.
- **Inferencial:** Aplica pruebas estadísticas como t de Student, ANOVA, pruebas no paramétricas (como la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney), y análisis de regresión

para sacar conclusiones sobre las relaciones entre variables y Permite realizar inferencias sobre las características de la población a partir de la información obtenida en la muestra.

Uso de software especializado en geoestadística:

- **SGeMS (Stanford Geostatistical Modeling Software) e Isatis:** Estos programas permiten realizar análisis geoestadísticos avanzados, crear mapas geoquímicos, modelamientos espaciales, y análisis variográfico para estudios geológicos y ambientales.

Diagramas y gráficos para evaluación de variables:

- **Diagramas de Caja (Boxplots):** Muestra la distribución y la variabilidad de los datos.
- **Dendrogramas:** Representa la agrupación jerárquica de variables o muestras basada en similitudes.
- **Gráficos de Dispersión:** Visualiza la relación entre dos variables.
- **Análisis de Correlación:** Evalúa la fuerza y dirección de la relación entre dos variables utilizando coeficientes como R de Pearson o Rho de Spearman.

La correlación, será interpretado mediante la siguiente escala:

Tabla 2. Escala de correlación directa

No existe correlación alguna	0.00
Correlación positiva muy débil	+0.10 a +0.24
Correlación positiva débil	+0.25 a +0.49
Correlación positiva media	+0.50 a +0.74
Correlación positiva considerable	+0.75 a +0.89
Correlación positiva muy fuerte	+0.90 a +0.99

Fuente: Hernández y Mendoza (2018).

El procesamiento de datos estadísticos se realiza con el Software SPSS_STATISTIC_V26.

3.8. Aspectos éticos

En la investigación abordan aspectos éticos como: primero es la recopilación de datos y muestras minerales deben llevarse a cabo con total respeto a los principios éticos, garantizando la integridad y la confidencialidad de la información recolectada. Segundo la participación de la comunidad local y la obtención de consentimiento informado son fundamentales para asegurar la transparencia y el respeto por los derechos de las personas afectadas por la investigación. Tercero se debe considerar la responsabilidad ambiental, asegurando prácticas sostenibles y minimizando cualquier impacto negativo en el entorno. La ética en la investigación no solo contribuye a la validez y credibilidad de los resultados, sino que también demuestra un compromiso hacia la calidad de vida de la comunidad y la conservación ambiental en el contexto específico de este estudio.

CAPITULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Análisis descriptivo

En el presente capítulo se detallan los resultados obtenidos a partir del análisis geoquímico de las muestras recolectadas en el yacimiento epitermal de baja sulfuración ubicado en la región Ayacucho, específicamente en la Veta Millet, unidad mineralógica de interés en este estudio. Las muestras fueron extraídas de manera sistemática a lo largo de diferentes puntos geográficos del yacimiento, registrándose con precisión sus coordenadas UTM (Este y Norte) y las cotas, que oscilan entre los 4238 y 4350 m.s.n.m. Esta adecuada distribución espacial del muestreo permite realizar un análisis representativo del comportamiento geoquímico y mineralógico del depósito.

La importancia de este análisis radica en la necesidad de identificar y caracterizar los elementos que afectan directa o indirectamente la recuperación metalúrgica de plata (Ag). En este contexto, se consideran como elementos de especial atención aquellos comúnmente asociados a minerales cianicidas o interferentes en procesos de lixiviación, tales como el arsénico (As), cobre (Cu), hierro (Fe), plomo (Pb) y zinc (Zn), los cuales pueden generar pérdidas metalúrgicas significativas al dificultar la recuperación eficiente del metal valioso. Asimismo, se incorpora en el análisis al oro (Au) como elemento mineral deseable, dada su frecuente asociación geoquímica con la plata en este tipo de yacimientos y su influencia positiva en los niveles de recuperación. Esta caracterización integral de los elementos presentes en el yacimiento permite sustentar la aplicación de herramientas geoestadísticas avanzadas, orientadas a optimizar los procesos de recuperación y planificación metalúrgica.

Tabla 3. Análisis descriptivo de los elementos que afectan la recuperación de plata (Ag)

	Indeseables				Deseables	
	As	Cu	Fe	Pb	Zn	Au
N Válido	404	404	404	404	404	404
Perdidos	0	0	0	0	0	0
Media	86	870	31388	2323	6734	3,55
Mediana	32	378	31074	1093	4358	1,62
Desviación	361	1410,20092	14437,00807	4520,75210	9187,60315	11,63
Varianza	130223	1988667	208427202	20437200	84412052	135,22
Mínimo	0,15	13,06	2391,36	4,47	24,96	0,15
Máximo	5307	12196	88912	47434	79411	181,94

Se realizó el análisis estadístico descriptivo de los principales elementos que afectan la recuperación de plata en la Veta Millet, considerando tanto los elementos indeseables (arsénico – As, cobre – Cu, hierro – Fe, plomo – Pb y zinc – Zn) como el elemento deseable oro (Au). Los resultados evidencian una alta variabilidad en las concentraciones, lo cual representa un desafío metalúrgico en el tratamiento del mineral. El arsénico (As) presenta una media de 86 ppm, con valores que alcanzan hasta 5307 ppm, reflejando una distribución heterogénea y alta dispersión. El cobre (Cu) muestra una media de 870 ppm, con concentraciones máximas de hasta 12,196 ppm, siendo un metal cianicidas que puede interferir en los procesos de recuperación. El hierro (Fe) alcanza una media de 31,388 ppm, con una varianza elevada y valores máximos de hasta 88,912 ppm, lo que sugiere su presencia significativa en el sistema mineralizado.

El plomo (Pb) presenta una media de 2323 ppm, con valores extremos de hasta 47,434 ppm, indicando su potencial efecto como elemento interferente en la recuperación de plata. El zinc (Zn) muestra una media de 6734 ppm y una amplia dispersión, con valores máximos de hasta 79,411 ppm, posiblemente relacionados con la presencia de esfalerita en el yacimiento. En cuanto al oro (Au), considerado un elemento deseable, presenta una media de 3.55 ppm y un valor máximo de 181.94 ppm. Aunque su concentración es menor en comparación con los elementos indeseables, su baja variabilidad y comportamiento más homogéneo reflejan una distribución más estable en el yacimiento. Dado que el oro presenta además una correlación positiva significativa con la recuperación de plata, su presencia constituye un factor favorable desde el punto de vista metalúrgico y geoquímico.

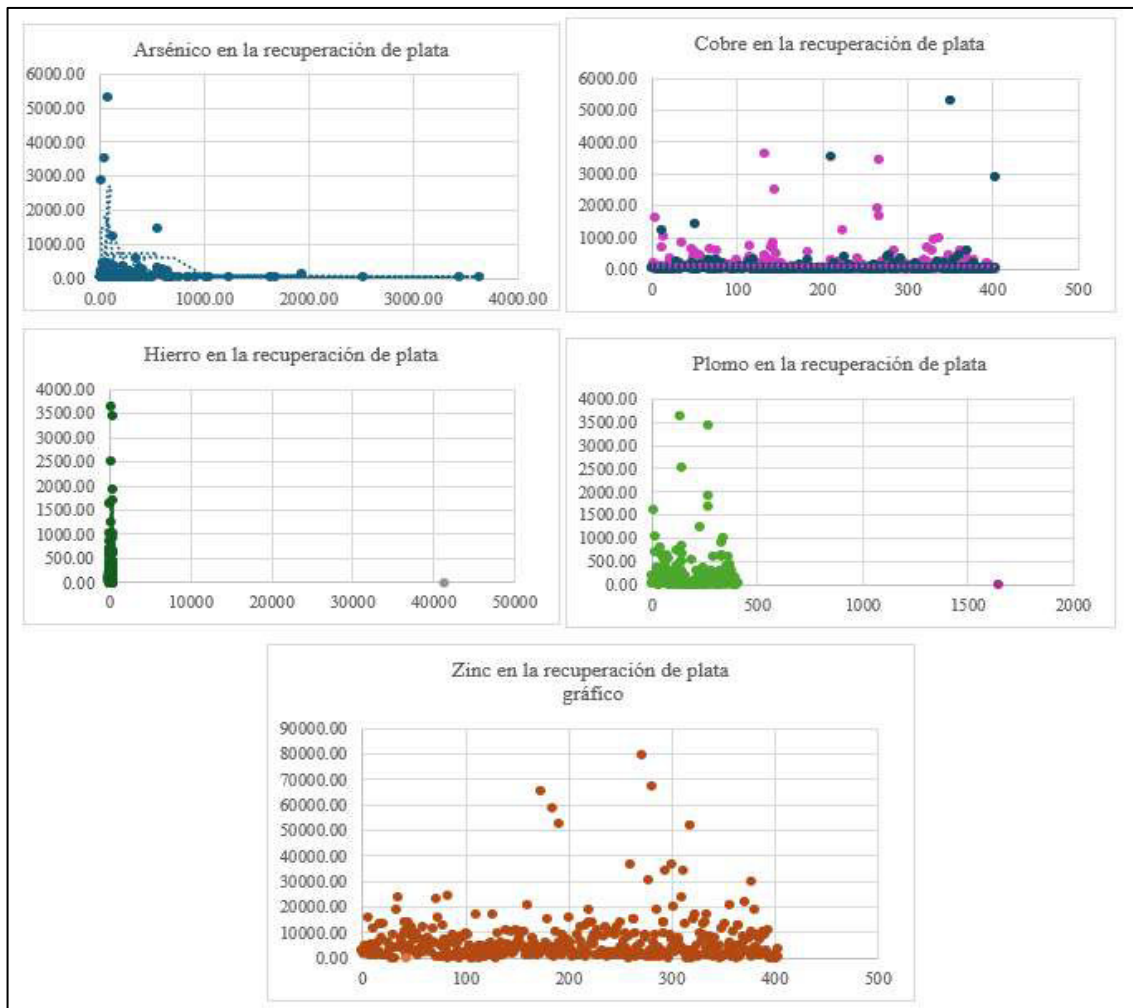
4.2. Relación entre recuperación de plata y elementos minerales indeseables

4.2.1. Análisis correlacional

Tabla 4. Análisis correlacional entre Ag y elementos minerales indeseables

		As	Cu	Fe	Pb	Zn
Ag	Correlación de Pearson	-,004	,108*	-,119*	,083	,037
	Sig. (bilateral)	,929	,030	,017	,097	,459
	N	404	404	404	404	404

Figura 8. Distribución de valores de As, Cu, Fe, Pb y Zn respecto a la recuperación de Ag.



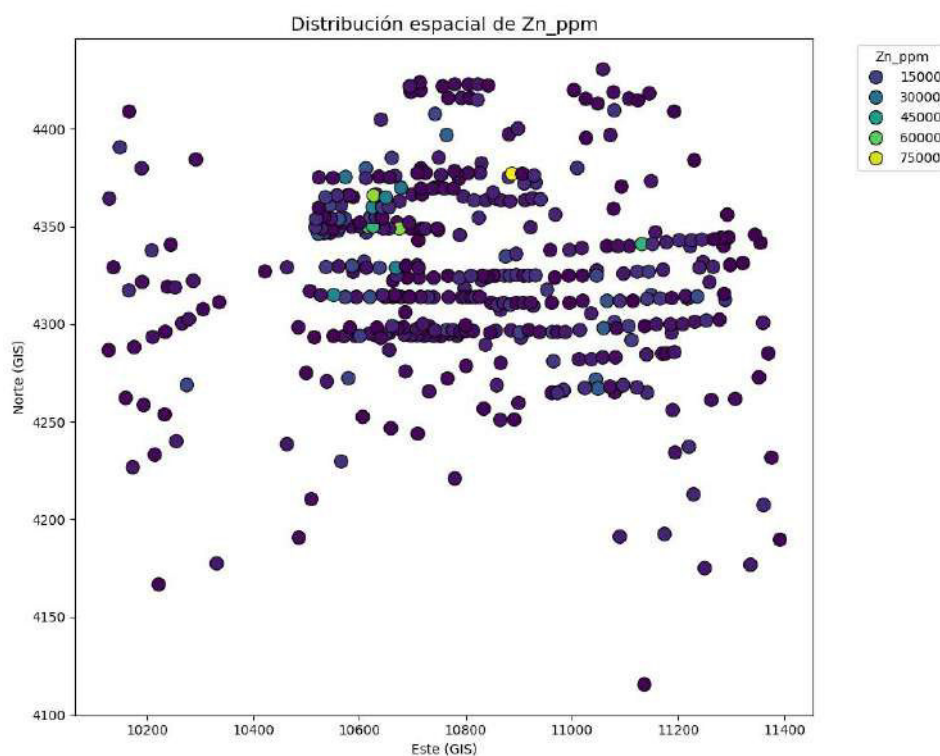
El análisis correlacional y gráfico permite examinar la influencia de los elementos minerales indeseables (arsénico, cobre, hierro, plomo y zinc) sobre la recuperación de plata en un yacimiento epitermal de baja sulfuración ubicado en Ayacucho. Además, se observa que la correlación de Pearson entre la recuperación de plata y los elementos analizados presenta valores bajos, lo que evidencia la ausencia de una relación lineal fuerte entre dichas variables. Sin embargo, el cobre y el hierro muestran correlaciones estadísticamente significativas. En el caso del cobre, se identifica una correlación positiva débil ($r = 0.108$; $p = 0.030$), lo cual indica que un incremento leve en su concentración podría asociarse a una ligera mejora en la recuperación de plata. En cambio, el hierro presenta una correlación negativa débil ($r = -0.119$; $p = 0.017$), lo que sugiere que su presencia podría influir desfavorablemente en la recuperación del mineral, posiblemente por interferencias en los procesos metalúrgicos.

Los elementos arsénico, plomo y zinc no presentan correlaciones significativas, ya que sus valores de significancia son mayores a 0.05, lo que indica que su influencia sobre la recuperación de plata resulta poco relevante desde el punto de vista estadístico. Esta interpretación se refuerza con los gráficos de dispersión presentados en la Figura 3, en los que se observa una elevada dispersión de los datos sin tendencia clara entre la concentración de los elementos y la recuperación de plata. En los casos del arsénico, plomo y zinc, los puntos se distribuyen de forma dispersa, sin mostrar un patrón definido, lo que concuerda con los bajos coeficientes de correlación obtenidos. En el gráfico correspondiente al hierro, se visualiza una mayor concentración de datos en los valores bajos de su contenido, con una leve tendencia descendente en la recuperación de plata. En cuanto al cobre, se aprecia cierta agrupación de puntos que respalda la correlación positiva observada, aunque su impacto sigue siendo marginal.

En síntesis, si bien los elementos hierro y cobre podrían ejercer un efecto débil sobre la recuperación de plata, no se evidencia una influencia significativa de los elementos minerales analizados, por lo que se considera probable que otros factores, como las características litológicas, mineralógicas o las condiciones del proceso metalúrgico, estén desempeñando un papel más determinante en la recuperación del mineral valioso.

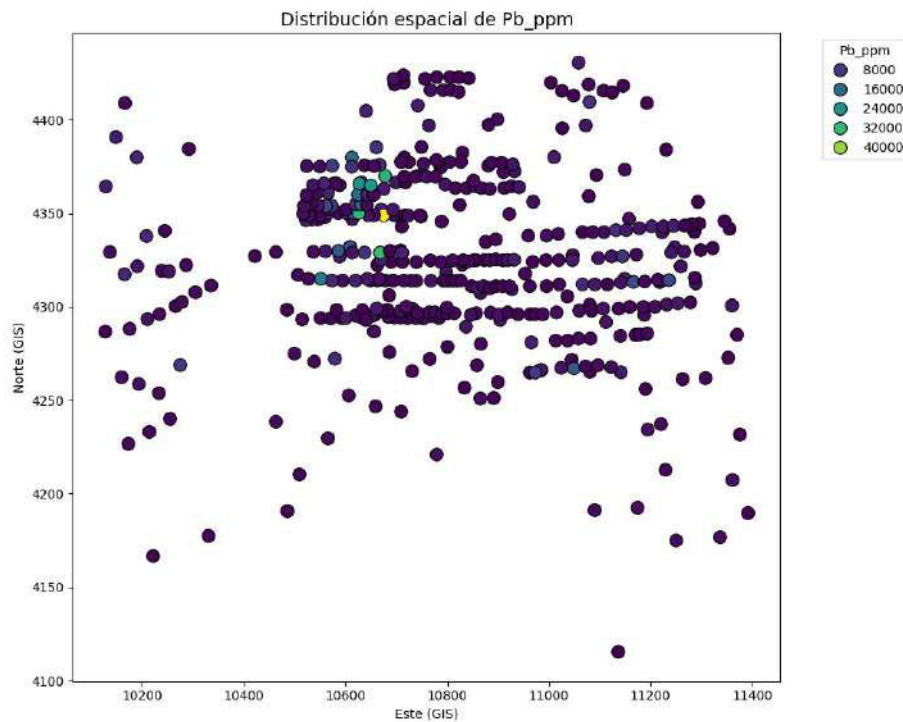
En base a los resultados mostrados se plantea la distribución espacial de los elementos que influyen en la recuperación de plata (Ag) en el yacimiento epitermal de baja sulfuración de la Veta Millet, en Ayacucho.

Figura 9. Distribución espacial de Zn (Zinc)



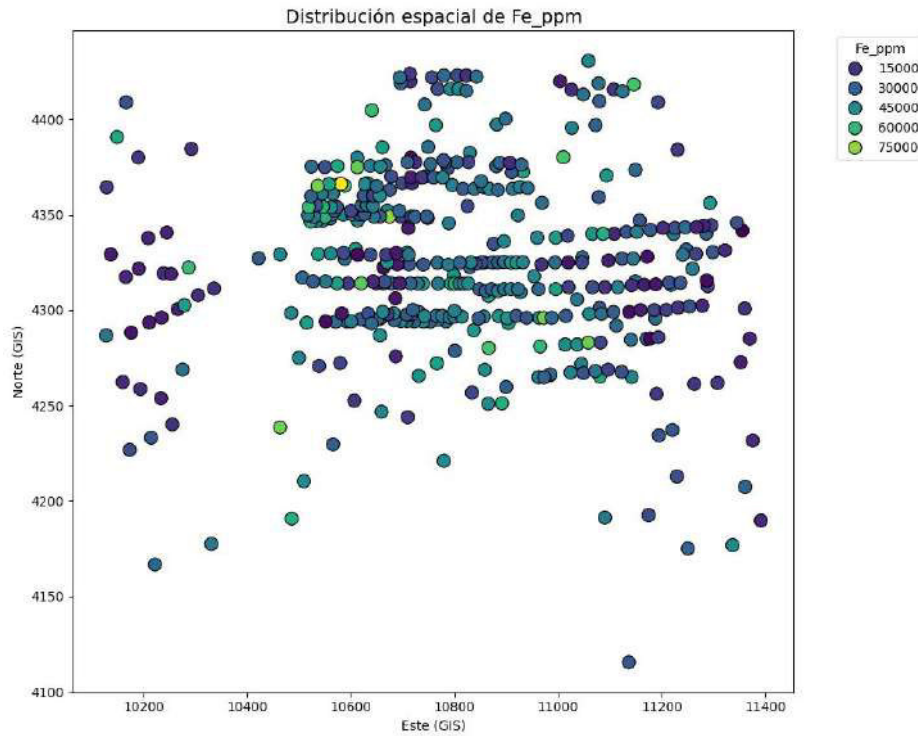
Se observa una mayor acumulación del metal en el sector central, particularmente entre las coordenadas GIS Este 10600 y Norte 4350, con valores que alcanzan hasta 75,000 ppm. Esta concentración elevada, representada por colores más claros como verde y amarillo, indica posibles zonas de contaminación o enriquecimiento natural de zinc.

Figura 10. Distribución espacial de Pb (Plomo)



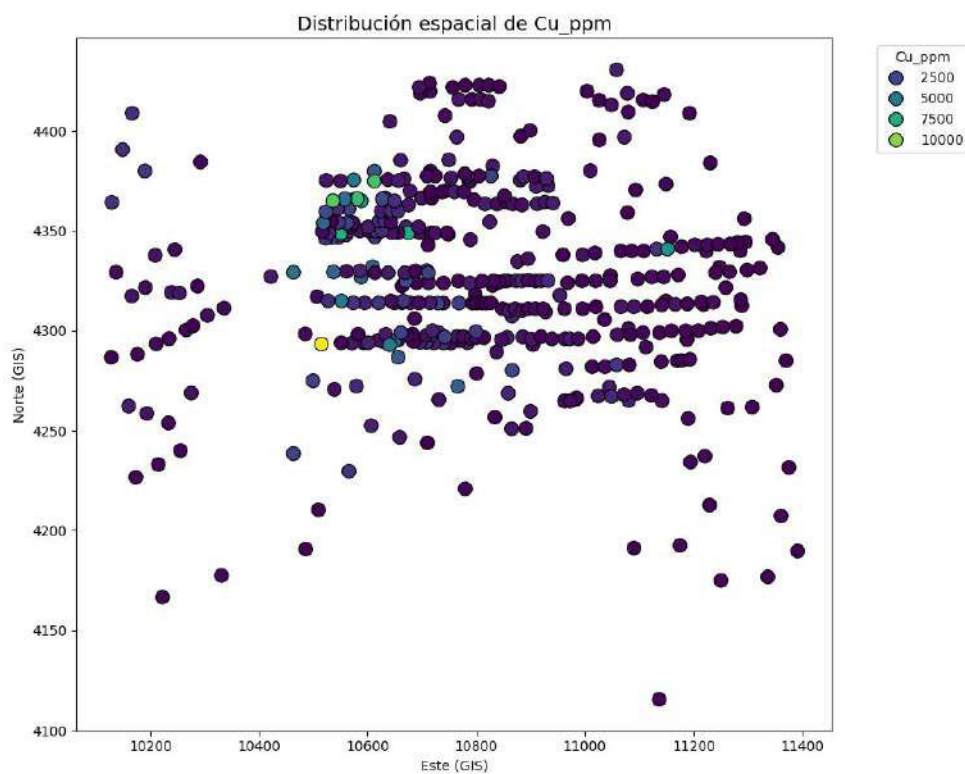
En la figura se muestra una mayor acumulación del metal en el sector central, especialmente cerca de las coordenadas Este 10600 y Norte 4350, donde se registran valores máximos de hasta 40,000 ppm.

Figura 11. Distribución espacial de Fe (Hierro)



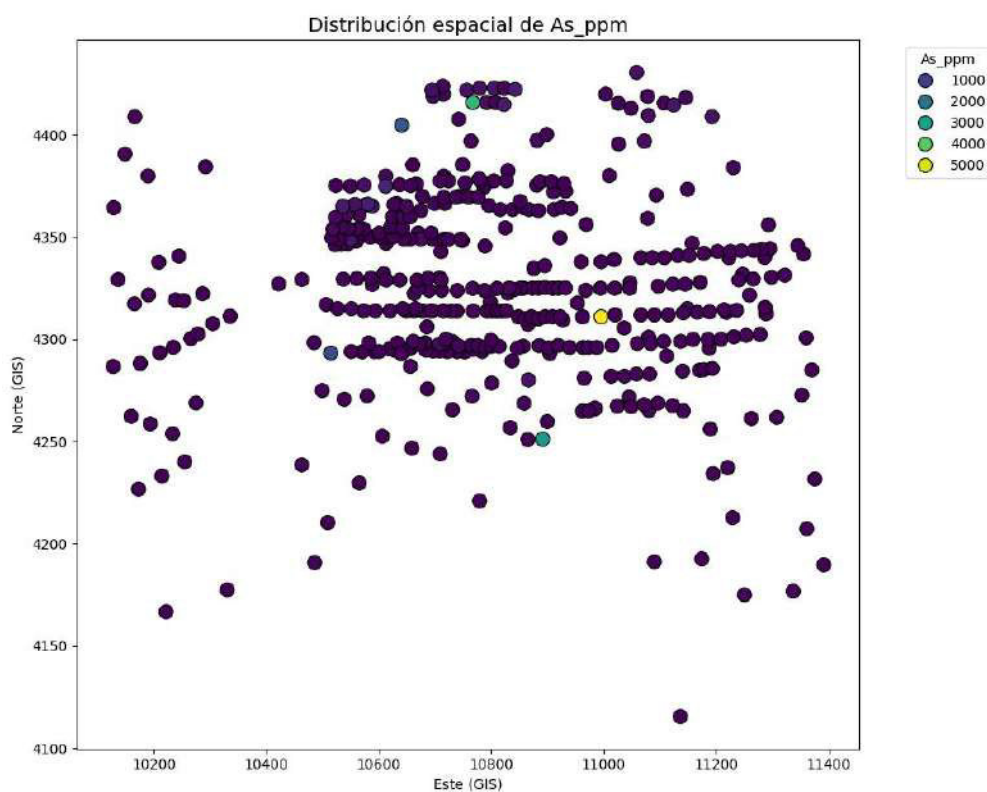
La figura muestra la distribución espacial del hierro (Fe) en la zona analizada, revelando una concentración considerablemente heterogénea, con valores que alcanzan hasta 75,000 ppm. Las mayores acumulaciones se localizan predominantemente en la parte central del mapa, especialmente en las coordenadas cercanas al Este 10600 y Norte 4350, representadas con tonalidades verdes intensas.

Figura 12. Distribución espacial del Cu (Cobre)



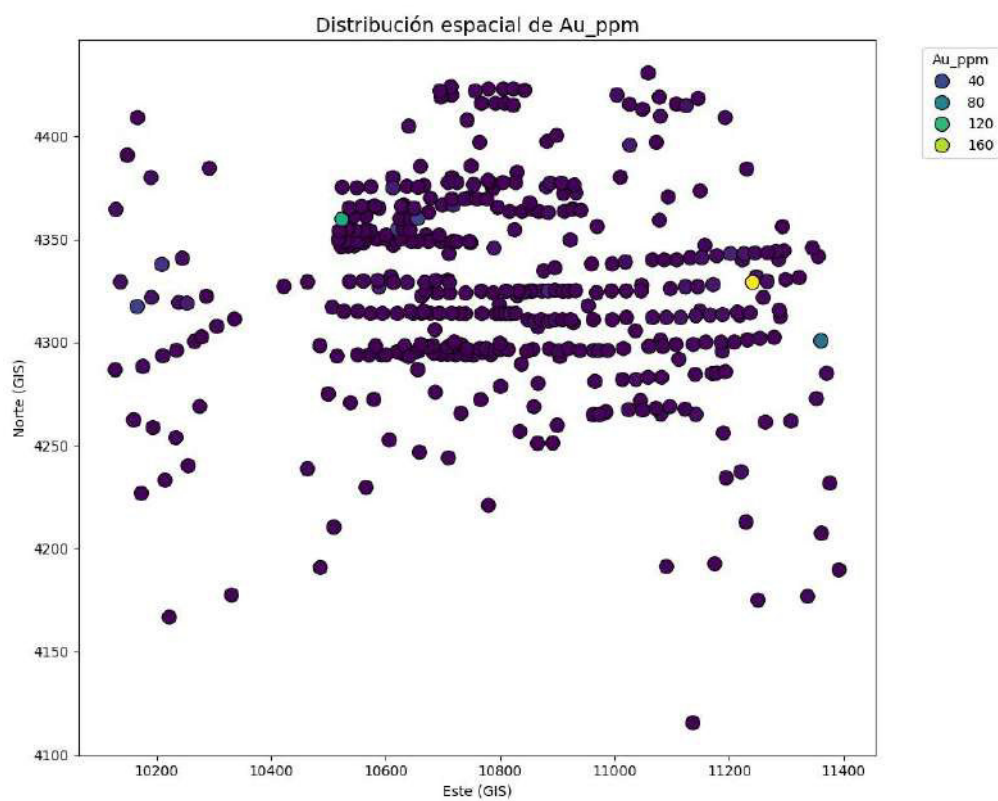
La representación espacial del cobre (Cu) muestra una distribución irregular, con concentraciones elevadas que alcanzan hasta 10,000 ppm, localizadas principalmente en la zona centro superior del área de estudio, alrededor de las coordenadas Este 10600 y Norte 4350. La mayor parte del territorio presenta niveles bajos del metal, evidenciados por los tonos oscuros predominantes.

Figura 13. Distribución espacial de As (Arsénico)



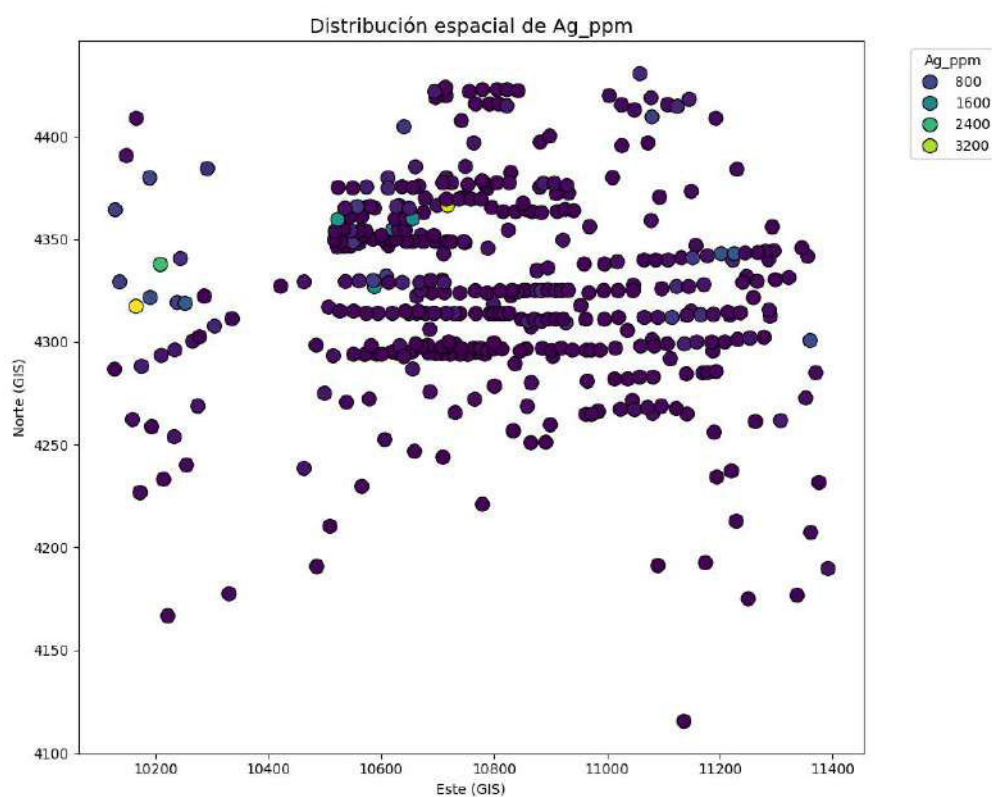
La distribución espacial del arsénico (As) revela concentraciones mayormente bajas en el área de estudio, con valores puntuales más elevados que alcanzan hasta 5,000 ppm, distribuidos de forma dispersa en sectores específicos hacia el lado derecho.

Figura 14. Distribución espacial de Au (Oro)



La distribución espacial del oro (Au) muestra concentraciones predominantemente bajas en la zona de estudio, con algunas áreas puntuales que presentan valores relativamente elevados, alcanzando hasta 160 ppm. Estos puntos de mayor concentración se localizan dispersos, principalmente hacia el centro y lado derecho del área analizada

Figura 15. Distribución espacial de Ag (Plata)



La distribución espacial de la plata (Ag) muestra una mayor concentración en puntos localizados principalmente hacia el sector occidental del área evaluada, con valores que alcanzan hasta 3200 ppm. Estas concentraciones elevadas se observan en focos aislados, especialmente entre las coordenadas 10200–10600 Este y 4300–4350 Norte

Tabla 5. Análisis correlacional con elemento deseable Oro(Au)

		Plata (Ag)	Oro (Au)
Plata (Ag)	Correlación de Pearson	1	,400**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	404	404
Oro (Au)	Correlación de Pearson	,400**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	404	404
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).			

Se presenta el análisis de correlación de Pearson entre la recuperación de plata (Ag) y el contenido de oro (Au), considerado como un elemento deseable dentro del sistema mineralizado del yacimiento epitermal de baja sulfuración. Los resultados muestran una correlación positiva moderada de 0.4, con un nivel de significancia estadística bilateral de $p = 0.000$, lo cual indica que la relación es altamente significativa.

Este resultado evidencia que existe una asociación directa y significativa entre el contenido de oro y la recuperación de plata, es decir, a medida que se incrementa la presencia de oro en las muestras, también tienden a aumentar los valores de recuperación de plata. Esta relación puede explicarse por la coexistencia mineralógica frecuente de Ag y Au en sistemas epitermales, donde ambos metales suelen encontrarse alojados en las mismas estructuras vetiformes o asociados a fases sulfurosas similares.

4.2.2. Análisis de regresión lineal múltiple

Elementos indeseables

$$Ag_{estimado} = \beta_0 + \beta_1(As) + \beta_2(Cu) + \beta_3(Fe) + \beta_4(Pb) + \beta_5(Zn)$$

Donde:

- B_0 es el intercepto.
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ son los coeficientes de regresión correspondientes a las concentraciones de As, Cu, Fe, Pb y Zn respectivamente.

Elementos deseables

$$Ag_{estimado} = \beta_0 + \beta_1(Au)$$

Donde:

- B0 es el intercepto.
- β_1 : Coeficiente de regresión que indica cuánto cambia Ag por cada unidad adicional de Au.
- Au: Contenido de oro.

Tabla 6. Análisis predictivo

Elementos	Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
Indeseables	1	,226 ^a	,051	,039	339,32406
Deseables	1	,400 ^a	,160	,158	317,61025
a. Predictores: (Constante), Zinc (Zn), Arsénico (As), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Plomo (Pb)					
a. Predictores: (Constante), Oro (Au)					

Se muestra los resultados del análisis predictivo basado en modelos de regresión lineal para estimar la recuperación de plata (Ag), utilizando por separado los elementos minerales indeseables (Zn, As, Fe, Cu y Pb) y el elemento deseable oro (Au) como variables predictoras. En el caso de los elementos indeseables, el coeficiente de correlación múltiple (R) es de 0.226, lo cual evidencia una relación débil entre las variables independientes y la recuperación de plata. El coeficiente de determinación (R^2) alcanza un valor de 0.051, indicando que apenas el 5.1% de la variabilidad en la recuperación de plata puede ser explicada por estos elementos. El R^2 ajustado es de 0.039, lo cual reafirma que el modelo posee una capacidad explicativa limitada, aun considerando el número de predictores. El error estándar de la estimación es de 339.32, lo que refleja una dispersión considerable entre los valores observados y los valores estimados, confirmando la baja precisión del modelo.

Por otro lado, al aplicar un modelo predictivo con el elemento deseable oro (Au) como único predictor, el coeficiente de correlación (R) se incrementa notablemente a 0.400, lo que indica una relación moderada y significativa entre el contenido de oro y la recuperación de plata. El R cuadrado obtenido es de 0.160, lo que implica que el 16.0% de la variabilidad en la recuperación de plata puede explicarse por la presencia de oro. Asimismo, el R^2 ajustado alcanza 0.158, confirmando la consistencia del modelo. Además, el error estándar de estimación disminuye a 317.61, evidenciando una mayor precisión predictiva en comparación con el modelo basado en elementos indeseables. Aunque los elementos indeseables presentan una influencia estadísticamente significativa en algunos

casos, su capacidad para predecir la recuperación de plata es limitada. En cambio, la incorporación del elemento deseable oro (Au) como variable predictora mejora sustancialmente la calidad del modelo, lo que refuerza su valor como indicador geoquímico positivo en el comportamiento metalúrgico de la plata.

Tabla 7. Análisis de ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Indeseables	Regresión	2457067,862	5	491413,572	4,268	,001 ^b
	Residuo	45826046,097	398	115140,819		
	Total	48283113,959	403			
Deseables	Regresión	7730852,667	1	7730852,667	76,637	,000 ^b
	Residuo	40552261,292	402	100876,272		
	Total	48283113,959	403			

a. Variable dependiente: Plata (Ag)

b. Predictores: (Constante), Zinc (Zn), Arsénico (As), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Plomo (Pb)

c. Predictores: (Constante), Oro (Au)

Se presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los modelos de regresión lineal que evalúan la relación entre la recuperación de plata (Ag) y los elementos minerales considerados como predictores. En el primer modelo, correspondiente a los elementos indeseables (Zn, As, Fe, Cu y Pb), se observa que la suma de cuadrados de regresión asciende a 2,457,067.862, mientras que la suma de cuadrados del residuo es de 45,826,046.097, y la suma total de cuadrados es de 48,283,113.959, que representa la variabilidad total de la recuperación de plata en los datos. El valor de F calculado es 4.268, con un nivel de significancia de 0.001, lo que indica que el modelo global es estadísticamente significativo, es decir, existe evidencia suficiente para afirmar que al menos una de las variables independientes tiene un efecto sobre la recuperación de plata. No obstante, considerando el bajo valor de R^2 obtenido en este modelo (0.051), se concluye que, si bien el modelo es válido desde el punto de vista estadístico, su capacidad explicativa y predictiva sigue siendo limitada.

En el segundo modelo, correspondiente al elemento deseable oro (Au) como único predictor, la suma de cuadrados de regresión se incrementa notablemente a 7,730,852.667, mientras que la suma de cuadrados del residuo se reduce a 40,552,261.292. El valor de F es 76.637, con un nivel de significancia de 0.000, lo que confirma que el modelo es altamente significativo. Este resultado se alinea con los indicadores del análisis predictivo previamente presentados, donde el R^2 del modelo con Au fue de 0.160, lo que evidencia una mejora sustancial en la capacidad explicativa del modelo respecto al anterior. En conjunto, los

resultados del análisis ANOVA demuestran que, aunque los elementos indeseables generan un modelo estadísticamente válido, es el oro (Au) el que presenta un efecto predictivo más fuerte y significativo sobre la recuperación de plata, consolidándose como un elemento deseable clave en el comportamiento metalúrgico del yacimiento.

Tabla 8. Coeficientes del modelo de regresión lineal múltiple para la recuperación de plata (Ag)

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
Indeseables	(Constante)	263,874	41,981		6,286	,000
	Arsénico (As)	,008	,048	,008	,162	,871
	Cobre (Cu)	,047	,014	,193	3,360	,001
	Hierro (Fe)	-,005	,001	-,213	-3,797	,000
	Plomo (Pb)	,005	,005	,072	,997	,319
	Zinc (Zn)	-,001	,003	-,029	-,401	,689
Deseables	(Constante)	108,678	16,525		6,577	,000
	Oro (Au)	11,911	1,361	,400	8,754	,000
a. Variable dependiente: Plata (Ag)						

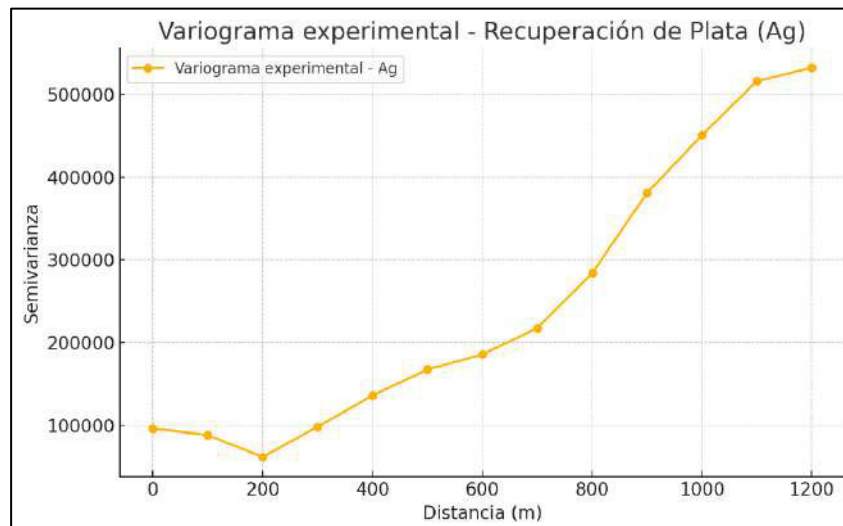
Se presenta los coeficientes del modelo de regresión lineal múltiple aplicado para evaluar el efecto de los elementos minerales sobre la recuperación de plata (Ag). Se detallan los coeficientes no estandarizados (B), los errores estándar, los coeficientes estandarizados (Beta), los valores t y los niveles de significancia para cada predictor. En el modelo correspondiente a los elementos indeseables, se observa que el cobre (Cu) presenta un coeficiente positivo y estadísticamente significativo ($p = 0.001$), lo cual indica que un incremento en su concentración se asocia con un aumento en la recuperación de plata. Su coeficiente estandarizado ($Beta = 0.193$) demuestra que es el predictor con mayor influencia positiva dentro del modelo.

En contraste, el hierro (Fe) muestra un coeficiente negativo también significativo ($p = 0.000$), lo cual sugiere que su incremento afecta negativamente la recuperación de plata. El valor estandarizado ($Beta = -0.213$) indica que es la variable con mayor efecto desfavorable en el modelo. Por el contrario, los elementos arsénicos (As), plomo (Pb) y zinc (Zn) no muestran efectos estadísticamente significativos, ya que sus niveles de significancia superan el umbral del 5%, lo que implica que su presencia no tiene un impacto relevante dentro del modelo predictivo. El valor de la constante o intercepto del modelo es significativo y representa el nivel base de recuperación de plata cuando las variables predictoras son nulas. Respecto al modelo de regresión con el elemento deseable (oro - Au),

se observa un coeficiente positivo y altamente significativo ($B = 11.911$; $p = 0.000$), lo que indica que, por cada unidad adicional de Au, la recuperación de plata se incrementa en promedio en 11.911 unidades. Además, su coeficiente estandarizado ($Beta = 0.400$) evidencia una influencia considerable del oro como predictor individual, confirmando su condición de elemento favorable en el sistema mineralizado.

En conjunto, los resultados permiten concluir que mientras cobre y hierro son los únicos elementos indeseables con efecto significativo sobre la recuperación de plata, el oro representa un elemento deseable con mayor capacidad explicativa, tanto desde el punto de vista estadístico como metalúrgico.

Figura 16. Análisis de variograma de recuperación de plata (Ag)



Se calculó el variograma experimental para la recuperación de plata (Ag), con el objetivo de analizar su comportamiento espacial. Los resultados muestran un aumento progresivo de la semivarianza con la distancia, lo que indica la existencia de dependencia espacial entre los puntos muestreados. A partir de aproximadamente 800 metros, la semivarianza tiende a estabilizarse, definiendo el rango estructural del modelo. Posteriormente, se ajustó un modelo variográfico esférico, determinando los parámetros fundamentales: nugget, sill y range, necesarios para aplicar técnicas de interpolación como el Kriging ordinario.

Determinación de parámetros del modelo variográfico aplicado

A partir del análisis del variograma experimental de la recuperación de plata (Ag), se procedió a identificar los parámetros fundamentales del modelo variográfico ajustado de tipo esférico:

- **Nugget (efecto pepita):** Se observó un valor inicial de semivarianza diferente de cero, lo cual representa la variabilidad a escala muy corta no capturada por el muestreo o los posibles errores asociados al análisis geoquímico. Este efecto indica que incluso entre puntos muy cercanos puede existir cierta variación en la recuperación de plata no explicada por la distancia.
- **Sill (umbral):** La semivarianza alcanzó un valor estable a medida que aumentaba la distancia, lo que define el umbral de variación espacial máxima. En el variograma generado, este valor representa la varianza total explicada por el fenómeno espacial, a partir de la cual las diferencias entre puntos ya no guardan relación con la distancia.
- **Range (alcance):** Se identificó un rango aproximado de 800 a 1000 metros, valor a partir del cual la semivarianza se estabiliza, indicando que más allá de esta distancia los datos dejan de estar espacialmente correlacionados. Es decir, los valores de recuperación de plata se vuelven independientes entre sí en esa escala espacial.

Estos tres parámetros son fundamentales para la correcta aplicación del modelo de Kriging ordinario, dado que permiten realizar estimaciones de recuperación de plata con base en la continuidad espacial observada en el yacimiento. Así, el modelo variográfico proporciona el soporte matemático necesario para generar superficies interpoladas confiables que representen la distribución geoquímica del yacimiento.

4.3. Discusión de resultados

El desarrollo metodológico planteado en esta investigación ha permitido cumplir de manera integral con el objetivo general, al establecer un método geoestadístico robusto y validado estadísticamente, capaz de identificar, correlacionar y representar espacialmente los elementos que influyen en la recuperación de plata (Ag) en el yacimiento epitermal de baja sulfuración de la Veta Millet, en Ayacucho. Este método se estructuró sobre la base de un enfoque multivariado y espacial, que combinó el análisis geoquímico descriptivo, la correlación de Pearson, la regresión lineal múltiple, el modelamiento variográfico y la interpolación por Kriging y Co-Kriging, siguiendo los lineamientos conceptuales propuestos

por Gu (2023) y Portilla (2018), quienes destacan que el modelamiento geoestadístico es una herramienta efectiva para entender la distribución y el impacto de variables geoquímicas sobre parámetros metalúrgicos clave.

Los resultados permitieron identificar a cobre (Cu) y hierro (Fe) como los principales elementos indeseables con influencia estadísticamente significativa, en concordancia con lo expuesto por Dueñas et al. (2018) y Salazar y Lozada (2018), quienes subrayan el rol interferente de estos metales en los procesos de lixiviación y recuperación de metales preciosos. Simultáneamente, el análisis reveló al oro (Au) como un elemento deseable, cuya correlación positiva y significativa con la recuperación de plata aporta valor predictivo al modelo, reforzando lo planteado por Berrezueta et al. (2021), quien sostiene que la presencia conjunta de Au y Ag en sistemas epitermales es geoquímicamente común y metalúrgicamente relevante. El ajuste preciso del modelo variográfico, mediante la determinación del nugget, sill y range, permitió aplicar el Kriging ordinario con estimaciones espaciales confiables, y el Co-Kriging como técnica complementaria que incorporó variables correlacionadas para afinar el modelo. Estas prácticas son consistentes con lo recomendado por Tapia y Mayorga (2022), quienes destacan la utilidad del Co-Kriging para mejorar la resolución espacial de variables metalúrgicas en ambientes geológicos complejos. Asimismo, la validación estadística mediante ANOVA y el análisis de los coeficientes de regresión permitió asegurar que el método propuesto no solo tiene validez teórica y técnica, sino también robustez predictiva, lo cual contribuye de manera significativa a la optimización de los procesos de planificación y explotación metalúrgica. Como lo plantea Mendoza y Surichaqui (2019), un modelo predictivo bien ajustado permite tomar decisiones estratégicas sobre el tratamiento de mineral, optimizando recursos y aumentando la eficiencia de recuperación.

El análisis estadístico evidenció que, entre los elementos considerados indeseables, el cobre (Cu) y el hierro (Fe) presentan una correlación significativa con la recuperación de plata. El cobre mostró una correlación positiva débil, mientras que el hierro presentó una correlación negativa, lo cual concuerda con lo señalado por Dueñas et al. (2018), quienes afirman que los minerales cianicidas como el Cu y Fe pueden interferir en la recuperación de metales preciosos mediante procesos metalúrgicos como la lixiviación con cianuro. Este comportamiento también es respaldado por Salazar y Lozada (2018), quienes identificaron que una alta concentración de hierro puede generar pasivación en superficies metálicas, disminuyendo la eficiencia del proceso de recuperación. En contraste, los elementos

arsénicos, plomo y zinc no mostraron correlaciones significativas, lo cual indica que su efecto sobre la recuperación de plata es estadísticamente irrelevante en el modelo aplicado. Por otro lado, el análisis incorporó al oro (Au) como elemento deseable, el cual presentó una correlación positiva y moderada con la recuperación de plata. Esta relación es coherente con lo descrito por Berrezueta et al. (2021), quienes destacan que en los yacimientos epitermales de baja sulfuración existe una frecuente asociación geoquímica entre el oro y la plata debido a su co-precipitación en ambientes hidrotermales.

A través del análisis geoestadístico se logró modelar la distribución espacial de los datos mediante el cálculo y ajuste de variogramas experimentales. Los parámetros fundamentales del modelo variográfico ajustado (nugget, sill y range) permitieron confirmar la existencia de una dependencia estructural en los datos de recuperación de plata, siendo el rango espacial de correlación entre 800 y 1000 metros, como se describe en el documento base. Este procedimiento metodológico responde a las recomendaciones de Gu (2023), quien afirma que el análisis variográfico proporciona una herramienta eficaz para identificar patrones espaciales en la variabilidad del yacimiento, permitiendo generar interpolaciones más precisas y confiables. Posteriormente, se aplicó Kriging ordinario y Co-Kriging multivariado, donde el cobre y el hierro fueron consideradas variables secundarias debido a su correlación significativa. Esta técnica, como lo sostiene Portilla (2018), permite refinar las estimaciones espaciales al integrar múltiples variables correlacionadas, favoreciendo una mejor delimitación de dominios geoquímicos en el yacimiento. Los mapas generados mediante estos modelos permitieron delimitar zonas favorables y desfavorables para la recuperación de plata. Zonas con baja concentración de hierro y alta presencia de oro fueron consideradas favorables, mientras que zonas con predominancia de hierro fueron identificadas como desfavorables, corroborando lo planteado por Córdova (2018), quien destaca la utilidad de los parámetros geoestadísticos en la planificación minera y selección de áreas de explotación.

La comparación entre los modelos de regresión aplicados mostró que el modelo con elementos indeseables posee un bajo poder explicativo ($R^2=0.051$), mientras que el modelo con el oro como predictor individual aumentó el valor de R^2 a 0.160, demostrando una mejor capacidad predictiva. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Mendoza y Surichaqui (2019), quienes evidencian que una adecuada caracterización mineralógica mejora la eficiencia predictiva en los procesos de recuperación. El análisis de varianza (ANOVA) reforzó esta afirmación, mostrando que el modelo con Au tiene un mayor valor

F (76.637, $p < 0.001$), evidenciando su superioridad estadística respecto al modelo multivariado con elementos indeseables ($F = 4.268$, $p = 0.001$). Este criterio también es avalado por Gallegos (2018), quien concluye que modelos predictivos con variables clave optimizan el tratamiento metalúrgico y reducen el uso innecesario de reactivos. El uso de técnicas avanzadas de interpolación como el Kriging, acompañado de una correcta identificación y ajuste de parámetros variográficos, permitió obtener estimaciones precisas y robustas, validando así la utilidad del enfoque geoestadístico propuesto en esta investigación, tal como lo indican Tapia y Mayorga (2022) en contextos similares de modelamiento mineralógico

CONCLUSIONES

Se concluye que el método geoestadístico propuesto resultó eficaz para identificar los elementos que afectan la recuperación de plata (Ag) en el yacimiento epitermal de baja sulfuración ubicado en la región Ayacucho. La integración del análisis estadístico, el modelamiento variográfico y la interpolación espacial mediante Kriging y Co-Kriging permitió representar adecuadamente el comportamiento geoquímico del yacimiento. El modelo con el oro (Au) como variable predictora alcanzó un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.160$, superando al modelo con elementos indeseables, cuyo R^2 fue de 0.051. Además, el variograma presentó un rango estructural de aproximadamente 800 metros, lo cual permitió una delimitación precisa de las zonas favorables y desfavorables.

Respecto al primer objetivo específico, se identificó que el cobre (Cu) ejerce una influencia positiva en la recuperación de plata ($r = 0.108$; Beta = 0.193; $p = 0.030$), mientras que el hierro (Fe) tiene un efecto negativo ($r = -0.119$; Beta = -0.213; $p = 0.017$). En contraste, los elementos arsénicos (As), plomo (Pb) y zinc (Zn) no mostraron relación significativa. El oro (Au), considerado elemento deseable, evidenció una correlación positiva moderada con la recuperación de plata ($r = 0.400$; Beta = 0.400; $p = 0.000$), consolidándose como un indicador favorable.

En cuanto al segundo objetivo específico, la aplicación del Kriging permitió delimitar zonas geoquímicas del yacimiento, asociando las áreas de mayor recuperación de plata con concentraciones más altas de oro (media de Au = 3.55 ppm) y menores niveles de hierro (media de Fe = 31,387.85 ppm). El rango obtenido en el variograma (800 m) confirmó la existencia de continuidad espacial, y el uso del Co-Kriging con cobre y hierro como variables secundarias mejoró la precisión de las estimaciones.

Finalmente, se cumplió el tercer objetivo específico mediante el ajuste de los parámetros geoestadísticos y la optimización del modelo predictivo. La incorporación del oro permitió mejorar el poder explicativo (R^2 ajustado = 0.158 frente a 0.039) y reducir el error estándar de estimación (317.61 frente a 339.32). Asimismo, el análisis ANOVA confirmó la mayor significancia del modelo con Au ($F = 76.637$; $p = 0.000$), en comparación con el modelo multivariado ($F = 4.268$; $p = 0.001$), demostrando que el método desarrollado es estadísticamente robusto y útil para optimizar la recuperación metalúrgica de plata en el yacimiento estudiado.

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados y conclusiones alcanzadas en esta investigación, se plantean las siguientes recomendaciones:

En relación con el método geoestadístico propuesto, se recomienda su aplicación sistemática en futuros estudios de caracterización mineralógica y estimación metalúrgica en yacimientos epitermales similares, considerando su eficacia para identificar elementos críticos que afectan la recuperación de metales preciosos. Asimismo, se sugiere utilizar este enfoque como herramienta de apoyo para la toma de decisiones en la planificación minera y el diseño de mallas de explotación selectiva.

Respecto a los elementos indeseables y deseables identificados, se recomienda que en los procesos metalúrgicos se implementen estrategias de control o pretratamiento que minimicen el impacto del hierro (Fe), dada su influencia negativa comprobada, y que se aproveche el potencial predictivo del oro (Au) como indicador de zonas con mayor recuperación de plata. Este tipo de análisis puede contribuir a una mayor eficiencia en el diseño del circuito de lixiviación.

En cuanto a la zonificación espacial del yacimiento, se recomienda que los mapas generados mediante Kriging y Co-Kriging sean integrados a los modelos geometalúrgicos del depósito, permitiendo orientar las labores de extracción hacia áreas de mayor rentabilidad y menor riesgo metalúrgico. Esta herramienta puede facilitar la gestión eficiente de recursos y reducir pérdidas económicas por procesamiento en zonas poco favorables.

En relación con la optimización del modelo predictivo, se sugiere que futuras investigaciones incorporen otros elementos indicadores o variables mineralógicas adicionales que puedan mejorar aún más el poder explicativo del modelo geoestadístico. Asimismo, se recomienda utilizar el modelo ajustado con Au como base para estimaciones operativas en tiempo real, contribuyendo así a una gestión más dinámica y eficaz del proceso metalúrgico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F: Grupo Editorial Patria.
- Berrezueta, E., Ordóñez, B., Espinoza, C., Loayza, J., Carrión, P., Morante, F., & Bonilla, W. (2021). Caracterización mineralógica y petrográfica de las vetas Vizcaya, Octubrina y Gabi del yacimiento aurífero epitermal Zaruma-Portovelo, Ecuador. *Geomin*, 132(4), 421-437. https://www.igme.es/Boletin/2021/132_4/BGM_132-4_Art-4.pdf
- Chica, M. (2019). *Método de cianuración para la recuperación de plata en el mineral "caimán-óxidos" del grupo Gorminmets R.L de C.V [Tesis de Ingeniería, Instituto Politecnico Nacional]*. <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/26787>
- Córdova, E. (2018). *Estudio geológico, geoquímico del proyecto Huayrapongo, sector California, distrito de San Bernardino - San Pablo. Cajamarca - Perú. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca]*. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1978>
- Dueñas, Z., Graff, J., y Valenzuela, J. (2018). *Recuperación de oro y plata por medio de concentración por flotación y lixiviación con cianuro [Tesis de Ingeniería, Universidad de Sonora]*. <http://repositorioinstitucional.uson.mx/handle/20.500.12984/1455>
- Emery, X., y Suzuki, K. (2020). *Modelamiento geoestadístico de la clasificación geomecánica de Bieniawski [Tesis de ingeniería, Universidad de Chile]*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176858>
- Enríquez, E., Iriondo, A., y Camprub, A. (2018). Geocronología de depósitos minerales mexicanos. VII: el distrito de depósitos Ag-Au epitermales de baja sulfuración de Tayoltita, Durango y Sinaloa. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 70(2), 531-547. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-33222018000200531&script=sci_abstract
- Figueroa, G., y Parga, J. (2012). *Recuperación de oro y plata por medio de un proceso Electroquímico*. Editorial Académica Española. <https://www.amazon.com/-/es/Gabriela-V-Figueroa-Martinez/dp/3659042064>

- Gallegos, C. (2018). *Evaluación de la recuperación de plata en la unidad minera Cerro Lindo [Tesis de Ingeniería, UNSA]*. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/2432925e-68f3-4a63-8639-4ce1c9621028>
- Galván, E., y Auvinet, G. (2010). Modelo geoestadístico y geotécnico de la generación de emanaciones de hidrocarburos en el fondo marino de la Sonda de Campeche, México. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 12(2), 223-234. <https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v12n2/v12n2a11.pdf>
- Giraldo, R. (2018). *Introducción a la geoestadística*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: Departamento de Estadística. https://geoinnova.org/wp-content/uploads/2021/08/LIBRO_-DE-_GEOESTADISTICA-R-Giraldo.pdf
- González, A., y Martínez, P. (2018). *Caracterización geomecánica de suelos y rocas. [Universidad de Cantabria]*. https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2899/course/section/2824/6.2.%20Clasificaciones%20geomeca%CC%81nicas_Revisado_OCW.pdf
- Gu, A. (2023). Geostatistical Approaches for Resource Estimation in Mining and Exploration. *Allied Academies*, VII(3). <https://www.alliedacademies.org/articles/geostatistical-approaches-for-resource-estimation-in-mining-and-exploration-26045.html#:~:text=Geostatistical%20techniques%20contribute%20to%20reducing,holistic%20understanding%20of%20the%20subsurface.>
- Hernandez, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F: McGraw-Hill Interamericana,.
- Herrera, J. (2017). *Introducción a la Minería*. Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/63396/>
- Higuado, R. (2021). *Introducción a la Geoestadística*. Universidad Nacional de Colombia. <https://geoinnova.org/libro/introduccion-a-la-geoestadistica-teoria-y-aplicacion/>
- Mattews, F., y Véliz, W. (2014). *El Factor Geológico*. <https://www.peruebooks.com/ebook/0125275/el-factor-geologico>
- Mendoza, S., y Surichaqui, M. (2019). *Caracterización físico química y mineralógico de polisulfuros en la recuperación de oro por cianuración en el prospecto Canteño 2 – Lima - 2019. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion]*. Archivo digital. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1759>

- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., y Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Oyarzun, R. (2011). *Introducción a la geología de minas*. Ediciones GEMM. <https://docta.ucm.es/entities/publication/951b3a1a-ba8d-4195-8d97-7f4f24e0df3e>
- Palma, D., Ruiz, R., Jovic, S., Guido, D., y de Martino, F. (2020). Molibdenita dendrítica del depósito epitermal (Ag-Au) Casposo, Cordillera Frontal, San Juan, Argentina: Detección a partir de Espectrometría Raman. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 78(1), 121-126. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/157731>
- Parga, J., y Carrillo, F. (2018). Avances en los métodos de recuperación de oro y plata de minerales refractarios. *Revista Metalurgica Madrid*, 32(4), 254-261. <https://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/download/907/920/925>
- Portilla, C. (2018). *Modelo geoestadístico integrado a partir de la interpretación de datos de pozos para un campo petrolero ecuatoriano [Tesis de posgrado, UNMSM]*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10362>
- Portugal Concha, S. J. (2023). *Desarrollo de un modelo matemático para la recuperación de oro en una matriz de cuarzo en la unidad minera de Selene del grupo Hochschild Mining. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]*. Archivo digital. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bb0f17d3-9814-48bf-969d-aa8231104094/content>
- Ramos, A. (2019). Lixiviación de plata a temperatura alta en mineral complejo de pirita. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(1), 97-108. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000100010
- Ruiz, J., Lopez, C., Carmona, M., y Bolivar, W. (2019). Modelamiento estadístico y optimización del proceso de cianuración de un mineral aurífero. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*(53), 33-51. <https://www.redalyc.org/journal/4139/413961282002/html/>
- Salado, N., Torres, P., y Souza, V. (2018). Estudio textural, mineralógico y metales asociados de la veta Julio Verne, depósito de Organullo, Puna salteña. *Acta geológica lilloana*, 30(1), 31-45. https://www.researchgate.net/profile/Natalia-Salado-Paz/publication/328638383_Estudio_textural_mineralogico_y_metales_asociados_

- de_la_veta_Julio_Verne_deposito_de_Organullo_Puna_saltena/links/5bd9c6c092851c6b279c7fe4/Estudio-textural-mineralogico-y-metale
- Salazar, A., y Lozada, D. (2018). Optimización de una operación minera (geometalurgia) – caso de estudio Minereicis S.A. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 5(1), 15-19. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2602-84842018000100015&script=sci_arttext
- Shatwell, D. (junio de 2023). *Instituto de Ingenieros de Minas del Perú*. Clasificación de minerales en tiempo real, mediante análisis de color y textura : <https://revistamineria.com.pe/tecnico-cientifico/clasificacion-de-minerales-en-tiempo-real-mediante-analisis-de-color-y-textura>
- Soto, A., Leguía, J., y Bustamante , J. (2020). Influencia mineragráfica en la recuperación de oro en los procesos metalúrgicos de la Minera Qero's Gold de Paucartambo-Cusco. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas*, 23(46), 139–146. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/19190>
- Tapia, M., y Mayorga, J. (2022). Combinación de métodos geofísicos para la exploración de depósitos epitermales de alta sulfuración profundos. *Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 2264-2280. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/3679>
- Valenzuela, G., y Buendía, C. (2020). *Evaluación geológica para el cálculo de reservas y estimación de recursos minerales del prospecto minero Chaupiloma 2007 [Tesis de Ingeniería, Universidad Continental]*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7892>
- Vargas, J. (2007). *Metalurgia del Oro y la Plata* (Segunda ed.). Editorial San Marcos. http://www.editorialsanmarcos.com/index.php?id_product=261&controller=product
- Portocarrero, H. (2017) *Procedimiento de ore control para vetas unidad operativa Inmaculada Oyolo – Ayacucho [Informe por Servicios Profesionales, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]*. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/46a6dd09-79d0-4aa1-b812-0f29806194f1>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.

DISEÑO DE UN MÉTODO GEOESTADÍSTICO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MINERALES QUE AFECTA LA RECUPERACIÓN DE PLATA EN UN YACIMIENTO DE BAJA SULFURACIÓN EN LA REGIÓN DE AYACUCHO, PERÚ

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es el método geoestadístico que permite identificar los elementos que afectan la recuperación de plata (Ag) en un yacimiento epitermal de baja sulfuración ubicado en la región Ayacucho, Perú? PROBLEMAS ESPECÍFICOS - ¿En qué medida un método geoestadístico permite correlacionar los elementos minerales deseables e indeseables con la recuperación de plata (Ag) en un yacimiento epitermal de baja sulfuración en Ayacucho, Perú? - ¿Cómo un método geoestadístico puede identificar y delimitar las zonas de minerales favorables y desfavorables para la recuperación de plata (Ag) en el yacimiento epitermal de baja sulfuración en Ayacucho, Perú? - ¿En qué medida un método geoestadístico puede optimizar la recuperación de plata (Ag) mediante el ajuste preciso de los parámetros geoestadísticos en un yacimiento epitermal de baja sulfuración en Ayacucho, Perú?	OBJETIVO GENERAL Establecer un método geoestadístico que permita identificar los elementos que afectan la recuperación de plata (Ag) en un yacimiento epitermal de baja sulfuración ubicado en la región Ayacucho, Perú. OBJETIVOS ESPECÍFICOS -Determinar un método geoestadístico que nos permita correlacionar los elementos minerales deseables e indeseables con la recuperación de plata (Ag) en un yacimiento epitermal de baja sulfuración en Ayacucho, Perú. -Determinar un método geoestadístico que nos permita identificar y delimitar las zonas de minerales favorables y desfavorables para la recuperación de plata (Ag) en el yacimiento epitermal de baja sulfuración en Ayacucho, Perú. -Determinar un método geoestadístico que nos permita optimizar la recuperación de plata (Ag) mediante el ajuste preciso de los parámetros geoestadísticos en un yacimiento epitermal de baja sulfuración en Ayacucho, Perú.	HIPÓTESIS GENERAL El uso de métodos geoestadísticos permite identificar y analizar los factores que afectan la recuperación de plata (Ag) en un yacimiento epitermal de baja sulfuración en la región de Ayacucho, Perú, optimizando así el proceso de extracción del mineral. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS -La aplicación de métodos geoestadísticos permite correlacionar eficazmente los elementos minerales deseables e indeseables con la recuperación de plata (Ag) en un yacimiento epitermal de baja sulfuración en Ayacucho, Perú. -El uso de métodos geoestadísticos facilita la identificación y delimitación de zonas con minerales favorables y desfavorables para la recuperación de plata (Ag) en el yacimiento epitermal de baja sulfuración en Ayacucho, Perú. -El ajuste preciso de los parámetros geoestadísticos mediante métodos específicos optimiza la recuperación de plata (Ag) en el yacimiento epitermal de baja sulfuración en Ayacucho, Perú.	V1: Método geoestadístico V2: Recuperación de plata (Ag)	Enfoque: Cuantitativo Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Explicativo Diseño: No experimental, transeccional correlacional simple. Unidad de análisis: Yacimiento de baja sulfuración en la región de Ayacucho. Población: 404 muestras de minerales extraídas del yacimiento epitermal de baja sulfuración en Ayacucho. Muestra: 404 muestras de minerales extraídas del yacimiento epitermal de baja sulfuración en Ayacucho. Muestreo: Censal Técnicas de recolección: Análisis de laboratorio Instrumento de recolección: Ficha de registro Técnicas de procesamiento y análisis de la información: SPSS, versión 26.

Anexo 2: Base de datos

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA	Ag_ppm	Au_ppm	As_ppm	Cu_ppm	Fe_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm	Este_Gis	Norte_Gis
TLO12-002	689554.24	8346344.75	4348.85	42.50	0.70	48.90	2438.63	43301.89	1265.01	3357.70	10454.23	4348.85
MIS18-011	689584.90	8346299.96	4299.23	34.56	0.64	24.44	268.27	42930.46	354.47	1900.02	10485.01	4298.40
MIS18-007	689567.24	8346244.83	4238.56	204.58	3.09	48.57	2480.60	70022.94	1321.92	5084.08	10463.27	4238.56
MIS18-006	689608.57	8346231.57	4211.96	18.59	0.15	46.82	44.46	44301.89	455.43	2378.12	10509.46	4210.35
MIS18-005	689686.99	8346310.31	4326.90	1624.59	16.90	50.15	3487.80	32201.89	3745.43	3654.78	10588.27	4326.90
MIL20-106	689637.59	8346275.12	4271.17	84.56	1.05	27.65	422.38	20651.89	757.51	4748.95	10538.64	4270.68
MIL19-038	689678.46	8346271.14	4272.75	92.54	1.22	13.01	1406.84	20201.89	5977.33	15850.02	10579.24	4272.27
MIL17-008	689788.40	8346272.96	4306.13	110.48	2.93	8.77	178.37	8107.06	115.14	1208.69	10686.03	4306.13
MIL17-001	689768.85	8346336.37	4352.43	115.28	1.68	37.39	1216.67	40128.49	3348.57	3103.98	10670.34	4352.04
LOU12-009	689439.88	8346180.05	4177.44	110.47	2.21	10.63	263.99	36806.65	779.24	5365.74	10330.75	4177.44
IMM23-288	689664.07	8346244.09	4230.68	45.89	0.71	35.15	1914.88	27681.89	1622.51	11488.95	10565.65	4229.68
IMM23-278	689615.03	8346291.99	4293.30	126.45	1.00	1224.32	12196.13	51716.89	437.93	1193.95	10514.99	4293.30
IMM23-284	689339.04	8346311.26	4319.59	700.59	6.00	11.06	601.13	12968.25	1010.58	1787.81	10238.53	4319.26
IMM23-279	689353.48	8346311.29	4319.24	1040.57	15.37	24.77	718.05	10821.12	2247.22	4595.30	10252.93	4318.91
SUS12-009	690468.32	8346338.61	4232.95	30.15	1.14	10.15	27.45	13286.10	124.55	1414.61	11375.89	4231.65
MIR13-003	690133.39	8346349.93	4305.57	35.24	0.93	38.22	107.03	36870.56	345.51	6050.12	11036.42	4305.57
MIL19-065	690355.04	8346326.10	4261.67	50.45	3.17	14.26	59.13	16426.33	620.76	2775.12	11263.10	4261.30
MIL19-040	690051.59	8346335.06	4317.76	111.15	3.25	47.74	839.97	43466.97	1069.32	13380.18	10953.64	4317.76
MIL18-033	690063.55	8346377.48	4356.20	126.56	3.53	34.19	359.00	33395.51	1734.72	8248.68	10969.26	4356.20
MIL17-010	690465.88	8346380.53	4285.02	103.54	4.42	12.35	73.99	11263.43	347.77	881.45	11370.31	4285.02
TLO20-026	689436.29	8346306.52	4310.88	55.26	1.28	4.59	342.24	14590.78	885.43	784.78	10335.66	4311.32
TLO20-009	689756.04	8346351.94	4385.32	265.48	3.03	19.53	741.76	49726.89	6755.64	13216.45	10660.68	4385.32
TLO12-001	689405.03	8346283.45	4307.73	370.48	4.69	10.15	408.63	13226.89	1201.26	1087.70	10305.04	4307.73
OLI17-001	690445.39	8346349.77	4273.82	135.45	5.72	10.15	54.29	10128.21	201.92	1226.71	11352.59	4272.73
MIS18-009	689704.95	8346224.35	4253.59	45.78	2.97	10.15	1108.99	16173.32	1043.05	977.88	10606.46	4252.57

MIR13-001	690340.95	8346399.78	4331.84	106.59	8.95	74.76	267.55	30462.57	2293.64	5757.93	11247.54	4331.84
MIL20-110	689366.63	8346294.20	4300.77	135.48	1.90	5.15	111.13	10201.89	803.76	3546.45	10265.96	4300.43
MIL20-108	689522.36	8346336.22	4327.26	22.45	0.89	30.15	846.13	26701.89	733.76	1466.45	10421.97	4327.14
MIL19-093	690279.19	8346478.21	4408.97	107.45	4.53	252.12	29.68	21071.63	13.50	71.06	11192.85	4408.97
MIL19-092	690453.81	8346298.04	4208.07	48.66	1.69	53.48	97.80	29835.22	1972.09	8718.12	11361.30	4207.33
MIL19-091	690289.51	8346301.33	4235.05	9.26	2.34	33.21	49.46	24765.78	1514.32	4116.73	11194.62	4234.28
MIL19-090	690381.70	8346458.16	4356.12	13.22	0.70	70.30	32.54	48256.16	19.02	164.31	11293.22	4356.12
MIL19-088	690245.14	8346366.03	4315.02	185.26	4.92	134.30	353.59	32989.92	4261.65	19078.28	11149.15	4315.02
MIL19-085	690282.61	8346328.34	4256.83	55.66	3.57	12.69	279.44	17535.79	852.15	4587.04	11190.09	4256.06
MIL19-082	690454.93	8346392.02	4300.74	836.29	66.30	25.02	176.45	15438.21	2534.47	4661.98	11360.41	4300.74
MIL19-078	690144.25	8346326.18	4271.68	81.15	2.46	73.69	927.75	38634.20	827.07	23848.99	11045.18	4271.68
MIL19-077	690240.34	8346423.26	4373.41	93.79	1.60	26.47	281.13	31391.36	1408.76	4416.71	11149.35	4373.41
MIL19-073	690323.63	8346288.12	4214.15	50.80	2.90	31.85	57.51	23425.29	1025.57	7977.41	11229.40	4212.76
MIL19-072	690285.16	8346353.93	4295.63	51.65	4.69	24.70	127.06	34876.52	1164.66	5888.35	11187.97	4295.63
MIL19-067	690141.79	8346374.37	4327.69	77.17	3.57	39.96	365.75	31553.81	1748.31	5296.51	11046.92	4327.69
MIL19-066	690209.41	8346352.92	4291.83	75.63	3.35	61.05	299.62	32115.27	2329.08	14305.27	11112.41	4291.83
MIL19-063	690179.61	8346331.16	4265.21	123.71	3.09	111.54	955.89	54722.91	434.36	3081.63	11080.83	4265.21
MIL19-061	690101.63	8346410.64	4380.09	51.33	0.85	74.15	459.13	64301.89	3830.76	10857.45	11010.08	4380.09
MIL19-055	690202.07	8346470.78	4414.06	75.56	0.86	60.15	111.13	16901.89	383.76	1776.45	11107.65	4415.60
MIL19-054	690177.28	8346351.80	4301.09	75.19	1.93	54.83	368.08	24346.05	904.08	14077.10	11080.31	4301.09
MIL19-046	690314.33	8346368.35	4313.17	46.62	4.11	34.13	144.85	39068.94	1451.29	4732.60	11218.28	4313.17
MIL19-045	690385.52	8346367.22	4312.54	140.51	4.35	22.62	129.64	19570.28	2098.42	11348.23	11289.10	4312.54
MIL19-044	690167.42	8346459.22	4409.58	645.41	6.20	206.58	275.42	28198.32	6740.90	12407.52	11079.85	4409.58
MIL19-043	690316.54	8346398.42	4339.96	394.72	4.00	52.96	392.91	38303.21	1886.54	8504.40	11223.11	4339.96
MIL19-039	690002.28	8346279.71	4259.73	68.33	1.08	23.19	765.91	27941.02	560.06	3040.58	10899.69	4259.73
MIL19-037	689738.50	8346353.01	4404.14	556.52	5.09	1433.05	580.16	60966.41	4248.44	7445.64	10640.58	4404.77
MIL19-036	689898.17	8346256.73	4279.09	71.89	2.34	18.50	223.80	27928.64	340.32	2202.60	10800.72	4278.58
MIL19-035	690028.32	8346396.47	4372.75	82.97	4.31	61.82	618.91	52207.45	2086.54	9673.67	10932.46	4372.54
MIL19-034	689756.99	8346218.97	4247.71	41.63	0.94	12.39	859.81	41862.42	666.52	1336.65	10659.12	4246.74

MIL19-032	689791.46	8346244.26	4275.75	132.84	1.76	11.36	1244.06	11288.10	837.04	2513.35	10686.59	4275.75
MIL19-031	689863.20	8346248.85	4272.79	114.06	1.78	146.11	3650.28	51714.66	648.55	1830.81	10765.86	4272.15
MIL19-030	689828.94	8346233.17	4266.20	68.16	1.59	45.49	492.36	46064.90	917.53	3495.83	10731.14	4265.56
MIL19-029	690025.53	8346333.24	4309.41	443.85	2.97	41.99	699.18	42569.71	2748.87	7199.04	10927.52	4309.41
MIL19-028	689846.94	8346319.06	4348.28	95.67	1.96	28.77	452.56	23602.17	1709.89	6574.54	10748.38	4348.28
MIL19-027	689730.16	8346332.99	4366.95	264.54	2.95	37.13	1264.34	43145.29	7482.16	12565.41	10631.81	4366.50
MIL19-026	689828.71	8346264.38	4299.16	167.80	2.33	43.26	1845.06	35424.85	883.35	2581.52	10731.46	4298.93
MIL19-025	690017.12	8346371.04	4349.68	171.10	3.03	38.43	502.28	37878.12	1476.38	5574.07	10922.44	4349.68
MIL19-024	689895.87	8346304.19	4318.76	213.85	3.03	40.68	187.45	47680.84	2165.60	7796.71	10798.20	4318.39
MIL19-023	689754.97	8346252.48	4287.29	208.36	3.28	80.68	3384.86	45843.22	1552.49	3936.78	10656.20	4286.77
MIL19-022	690000.35	8346314.08	4293.90	61.32	1.40	25.03	377.96	46492.13	2220.22	8162.43	10904.31	4293.05
MIL19-021	689886.78	8346330.42	4345.65	184.90	9.60	34.12	499.75	38032.92	993.76	6096.28	10789.05	4345.65
MIL19-019	689967.28	8346294.75	4280.15	119.91	2.46	284.35	2677.33	64193.89	969.56	2606.85	10866.14	4280.15
MIL19-018	689893.46	8346354.34	4364.97	25.27	1.29	21.98	280.80	40090.22	2324.59	6740.12	10795.81	4365.50
MIL19-017	689708.16	8346306.73	4332.04	649.60	3.97	24.70	3610.22	48956.44	10492.40	11696.00	10609.05	4332.04
MIL19-016	689964.61	8346319.96	4307.37	85.79	2.07	20.97	1200.98	52162.34	1580.63	5995.93	10865.67	4307.37
MIL19-015	689808.77	8346296.83	4330.15	97.42	1.11	70.92	2131.90	50324.97	790.30	6371.45	10708.41	4330.15
MIL19-014	689710.52	8346335.70	4379.61	342.66	4.02	143.72	3368.99	40151.89	16163.76	23116.45	10612.42	4379.88
MIL19-013	689931.54	8346258.76	4257.52	8.81	1.46	14.37	28.24	20459.67	196.32	536.78	10834.11	4256.76
MIL19-012	689972.66	8346343.47	4334.74	104.47	3.49	36.26	603.13	25236.63	586.76	16222.61	10875.74	4334.74
MIL19-011	689924.92	8346385.64	4381.95	38.13	2.25	25.15	731.13	39601.89	843.76	5371.45	10829.87	4382.48
MIL19-010	689807.32	8346341.03	4342.92	104.45	3.53	6.40	122.20	9292.96	175.72	318.06	10710.81	4342.92
MIL19-009	689674.98	8346334.28	4365.87	558.16	5.01	275.75	5385.53	65953.89	2803.56	4729.05	10575.86	4365.77
MIL19-008	689810.70	8346379.69	4379.36	126.47	2.47	6.58	48.99	6419.75	175.90	302.52	10715.58	4379.89
MIL19-007	689978.42	8346382.70	4376.23	129.77	7.20	96.36	806.65	31694.99	413.93	12789.38	10881.02	4375.44
MIL19-006	689838.37	8346381.30	4369.54	68.24	0.98	39.94	971.45	25092.32	1700.99	3765.17	10743.28	4370.07
MIL19-005	689928.86	8346317.80	4322.63	26.13	3.45	46.82	184.46	29401.89	595.43	7734.78	10829.87	4322.63
MIL19-004	689977.64	8346400.36	4398.15	42.50	1.12	182.65	145.19	37901.89	983.45	3422.70	10881.78	4397.36
MIL19-003	689761.61	8346313.11	4322.41	153.49	3.78	10.80	51.78	6030.92	81.34	203.55	10662.85	4322.41

MIL19-002	689861.20	8346412.69	4396.07	194.34	2.67	52.05	948.98	48463.43	2387.07	24282.68	10763.99	4397.00
MIL19-001	689935.71	8346288.75	4289.82	50.29	1.46	28.44	488.56	49310.46	2762.19	7518.88	10837.41	4289.43
MIL18-035	689993.33	8346414.63	4401.06	83.22	1.60	78.79	261.13	32620.07	1162.85	6742.36	10898.66	4400.27
MIL18-031	690484.92	8346315.76	4190.90	159.33	1.03	24.15	41.13	12001.89	414.76	879.45	11391.82	4189.67
MIL18-030	689991.51	8346354.38	4336.04	81.08	1.90	81.32	505.30	41925.19	865.56	9409.61	10895.47	4336.04
MIL18-029	689843.14	8346395.37	4384.94	121.87	2.05	52.18	928.22	33227.21	1070.41	5866.89	10749.26	4385.47
MIL18-027	690184.82	8346283.77	4192.78	17.40	2.48	26.15	55.13	37401.89	1476.76	6067.45	11090.28	4191.19
MIL18-026	690169.88	8346416.33	4359.19	122.23	2.28	31.06	33.86	26210.98	222.40	647.81	11078.56	4359.19
MIL18-024	689955.49	8346272.28	4268.91	136.23	2.64	71.78	1430.04	44541.02	885.28	7121.45	10858.68	4268.73
MIL18-023	689887.69	8346210.36	4220.94	37.88	0.15	37.84	124.21	44163.43	1697.22	3250.68	10779.50	4220.94
MIL18-021	690430.52	8346267.33	4178.03	24.18	3.07	70.95	67.13	43121.89	1403.96	5941.45	11336.98	4176.74
MIL18-020	690231.67	8346227.23	4117.10	4.90	0.15	23.01	13.99	25059.03	4.47	71.45	11136.62	4115.42
MIL18-019	689920.78	8346353.74	4354.53	112.57	3.80	38.80	750.59	21543.78	736.73	8703.07	10824.95	4354.53
MIL18-018	690269.39	8346279.22	4193.59	37.34	2.86	33.82	186.18	22046.84	1726.88	7841.91	11174.69	4192.53
MIL18-017	690063.07	8346305.85	4264.84	38.82	2.08	34.65	232.63	40706.89	600.76	2055.45	10962.53	4264.84
MIL18-015	689861.65	8346278.82	4295.96	127.68	2.21	10.15	264.72	21433.94	536.20	1776.19	10765.83	4295.99
MIL18-014	690400.33	8346324.17	4262.17	299.65	5.52	23.08	97.96	17526.89	958.91	2460.34	11308.05	4261.81
MIL18-013	690314.50	8346317.51	4238.60	44.27	6.92	28.33	321.87	25911.81	1304.46	9919.47	11220.70	4237.21
MIL18-012	689807.45	8346212.14	4245.00	14.75	3.81	23.48	47.80	18835.22	278.76	1324.78	10709.64	4243.95
MIL17-009	690236.21	8346326.42	4266.19	68.70	7.06	73.89	481.57	41139.41	3210.55	8754.68	11141.79	4264.97
MIL17-007	690344.52	8346259.63	4176.77	19.31	2.26	29.33	110.99	29906.01	1537.91	4992.48	11250.52	4175.01
MIL17-006	690251.04	8346395.34	4347.03	88.36	2.00	98.36	202.20	25137.60	1490.19	4967.52	11157.59	4347.03
MIL17-005	690354.04	8346388.21	4321.67	67.79	4.03	71.58	146.37	38418.43	1879.36	4404.81	11259.57	4321.67
MIL17-004A	690448.06	8346415.88	4341.71	85.97	1.66	0.15	13.06	2391.36	28.76	24.96	11355.64	4341.71
MIL17-003	690318.76	8346460.97	4384.08	111.89	4.23	106.43	33.92	16077.47	25.85	63.31	11230.76	4384.08
MIL17-002	690379.93	8346434.67	4339.78	83.63	5.80	30.94	82.84	29378.08	245.84	1012.24	11286.31	4340.10
LOU12-015	689330.79	8346177.82	4166.65	84.19	1.95	31.93	72.28	31632.92	323.47	693.86	10221.88	4166.65
LOU12-010	689586.00	8346217.47	4191.87	54.78	1.92	35.35	148.73	55797.89	551.96	2174.65	10485.92	4190.70
LIA18-013	689838.77	8346420.36	4406.80	86.14	1.72	27.65	380.77	34298.32	3613.40	17078.95	10742.32	4407.73

LIA18-012	690240.19	8346475.51	4416.76	283.28	1.29	105.15	319.13	63811.89	679.76	1947.45	11146.04	4418.29
LIA18-009	690098.40	8346465.92	4419.43	91.78	5.27	70.15	27.28	9209.58	75.68	277.60	11004.02	4419.98
LIA18-006	690144.18	8346480.98	4430.65	404.80	2.49	238.72	935.42	40059.03	3521.62	5145.74	11058.59	4430.65
INMA-68	689291.59	8346366.66	4379.80	750.14	5.97	52.93	2011.72	17206.17	4917.69	4936.85	10189.75	4379.95
INMA-60	689267.76	8346388.72	4408.74	77.80	1.37	60.15	1511.13	24501.89	908.76	861.45	10166.24	4408.96
INMA-210	689229.55	8346290.07	4287.20	10.33	1.04	0.15	19.46	36101.89	342.09	675.62	10127.58	4286.70
IMM23-371	690120.84	8346462.79	4414.94	86.27	2.54	37.74	70.79	13562.92	66.52	362.48	11026.10	4415.49
IMM23-369	690218.94	8346473.16	4413.15	374.24	7.92	324.36	40.08	36645.84	111.13	368.56	11124.66	4414.69
IMM23-368	690164.46	8346475.59	4418.88	168.70	1.85	54.35	662.49	33585.98	767.17	2310.65	11078.33	4418.88
IMM23-366	690144.09	8346468.96	4412.11	84.56	1.66	69.32	536.96	34362.72	377.43	1974.78	11048.73	4413.05
IMM23-364	689275.36	8346252.88	4227.53	98.32	0.92	27.07	114.98	22554.97	947.22	5221.45	10172.92	4226.71
IMM23-363	689259.99	8346274.03	4262.30	140.14	1.74	22.83	944.79	12257.99	1750.96	1422.91	10159.73	4262.30
IMM23-362	689356.78	8346270.40	4240.85	102.15	1.63	31.97	154.77	14946.44	553.31	6350.54	10255.15	4240.07
IMM23-357	689315.30	8346265.82	4233.90	60.46	1.10	20.15	145.71	26193.14	568.34	1372.70	10214.42	4233.13
IMM23-356	689293.86	8346275.26	4258.67	30.78	0.61	25.15	651.13	14496.89	1813.76	2076.45	10193.58	4258.67
IMM23-353	689375.77	8346273.62	4268.84	188.04	1.76	10.15	627.28	34505.74	8138.76	16946.07	10275.04	4268.84
IMM23-352	689335.46	8346281.55	4254.81	186.27	2.80	9.42	109.18	10576.52	530.71	296.33	10233.26	4253.82
IMM23-319	690184.00	8346426.27	4370.56	39.03	0.87	31.48	48.46	48876.56	40.09	143.45	11093.49	4370.56
IMM23-304	689379.76	8346288.16	4302.91	12.00	0.15	10.15	101.13	50841.89	1358.76	4291.45	10278.52	4302.58
IMM23-300	689267.47	8346317.18	4317.63	3626.10	34.80	34.50	632.43	12770.59	4976.15	9921.02	10165.66	4317.38
IMM23-298	689388.18	8346302.86	4322.65	11.77	0.15	6.82	57.80	61218.56	955.43	5151.45	10286.76	4322.32
IMM23-297	689392.59	8346342.76	4384.46	470.61	4.80	25.86	208.27	15227.60	1118.76	2120.02	10291.98	4384.46
IMM23-293	689336.44	8346300.49	4296.54	213.41	3.43	18.48	284.46	10431.56	873.09	1034.45	10234.46	4296.10
IMM23-285	689563.57	8346329.22	4329.74	158.99	1.47	43.44	4530.42	41670.32	824.47	5781.31	10463.38	4329.25
IMM23-283	689599.59	8346268.48	4275.71	227.87	0.57	43.15	2374.13	41869.39	934.26	1121.45	10499.60	4274.98
IMM23-281	689605.41	8346305.99	4317.02	138.43	3.55	22.15	265.13	32049.89	814.76	2939.45	10506.62	4317.02
IMM23-275	689274.49	8346291.89	4288.23	314.91	3.89	10.15	165.57	6635.78	1417.65	2221.45	10175.73	4288.23
IMM23-272	689250.84	8346380.21	4390.52	127.30	0.70	50.15	1667.13	54261.89	2902.76	11011.45	10148.64	4390.74
IMM23-270	689238.49	8346338.74	4329.05	674.81	7.59	6.65	357.63	9130.89	1698.26	1816.45	10136.64	4329.25

IMM23-269	689230.70	8346372.16	4364.61	691.95	6.54	34.73	1746.55	18622.31	3528.76	5180.62	10128.68	4364.39
IMM22-265	689288.00	8346308.43	4321.71	858.29	9.01	12.70	384.53	10341.89	2364.93	2849.32	10190.63	4321.71
IMM22-264	689312.62	8346299.08	4293.90	227.75	2.41	10.15	168.63	8241.39	2222.76	3120.45	10210.61	4293.46
IMM22-261	689310.54	8346316.91	4337.79	2509.14	27.71	12.46	624.98	11219.84	5303.89	10406.32	10208.77	4337.79
IMM22-245	689346.30	8346320.15	4340.69	502.85	6.71	15.78	327.38	10883.14	733.76	1705.20	10244.67	4340.69
1821398	689838.03	8346288.68	4314.00	3.30	0.15	31.15	458.13	50348.89	1019.76	4799.45	10739.18	4313.89
1821775	689880.49	8346270.16	4294.00	7.30	0.15	34.15	1181.13	37314.89	1005.76	4229.45	10783.84	4294.03
1817309	689891.09	8346298.34	4314.00	19.50	0.15	24.15	58.13	52286.89	1072.76	2897.45	10792.88	4313.89
1822229	689913.23	8346362.00	4363.00	3.30	0.15	21.15	980.13	27064.89	887.76	11177.45	10816.17	4363.53
1822282	689657.18	8346329.34	4348.00	209.80	0.76	33.15	1524.13	37862.89	1492.76	6424.45	10560.23	4348.00
1817373	689710.89	8346322.66	4347.00	22.40	0.15	31.15	1775.13	40955.89	2238.76	10841.45	10613.15	4347.00
1822459	689828.36	8346283.75	4314.00	230.70	0.63	70.15	2474.13	35970.89	812.76	7911.45	10729.12	4313.89
1823707	689934.74	8346369.48	4363.00	7.00	0.15	15.15	363.13	35224.89	806.76	5860.45	10838.25	4363.53
1823751	689864.83	8346273.70	4295.00	35.60	0.86	9.15	358.13	31899.89	761.76	4382.45	10768.56	4295.03
1824020	689644.28	8346335.12	4347.00	3.30	0.15	21.15	1098.13	33929.89	1249.76	4837.45	10545.34	4346.80
1823087	689632.82	8346336.53	4347.00	14.60	0.15	64.15	1988.13	37980.89	2935.76	10366.45	10533.75	4346.71
1823201	689898.39	8346304.68	4314.00	7.00	0.76	25.15	117.13	55870.89	1379.76	4066.45	10800.70	4313.89
1823314	689907.16	8346309.55	4314.00	3.30	0.15	12.15	30.13	38113.89	332.76	1155.45	10809.86	4313.89
1825176	689952.15	8346371.61	4364.00	7.30	0.15	40.15	318.13	30902.89	1295.76	4569.45	10855.77	4364.53
1821462	689621.70	8346335.36	4347.00	13.00	0.15	31.15	1752.13	55372.89	3898.76	21104.45	10522.25	4346.40
1823401	689851.03	8346267.13	4294.00	55.88	1.80	8.15	287.13	26825.89	1149.76	1952.45	10753.21	4293.88
1828026	689816.70	8346281.02	4314.00	113.50	1.53	18.15	815.13	30185.89	781.76	3274.45	10714.93	4314.00
1828062	689791.91	8346350.90	4349.00	12.30	0.60	16.15	488.13	18405.89	613.76	1016.45	10696.32	4349.00
1823288	689963.55	8346373.23	4363.00	9.49	0.15	31.15	407.13	43360.89	1277.76	5578.45	10867.27	4363.53
1828095	689915.31	8346310.25	4314.00	108.90	6.96	20.15	97.13	39260.89	1282.76	8141.45	10817.85	4313.85
1828647	689836.89	8346269.44	4295.00	3.30	0.15	32.15	1680.13	42592.89	717.76	2205.45	10739.39	4294.00
1825047	689977.86	8346379.30	4363.00	80.96	5.06	32.15	486.13	30649.89	1097.76	5644.45	10884.04	4363.00
1824637	689795.35	8346286.83	4314.00	6.99	0.15	14.15	219.13	21793.89	890.76	2895.45	10694.17	4314.00
1828441	689812.35	8346355.08	4349.00	3.30	0.15	18.15	128.13	21643.89	461.76	1380.45	10717.05	4349.00

1824782	689684.30	8346330.34	4350.00	3.30	0.15	30.15	720.13	44974.89	1389.76	2634.45	10585.41	4350.00
1827601	689820.98	8346360.28	4349.00	3.30	0.15	31.15	519.13	30328.89	1166.76	4472.45	10723.71	4348.85
1829067	689819.62	8346266.67	4295.00	9.60	0.15	44.15	1165.13	29575.89	599.76	1639.45	10721.98	4294.00
1827756	689771.29	8346339.46	4349.00	3.30	0.15	147.15	7316.13	74380.89	47433.76	65707.45	10674.79	4349.00
1829179	689779.56	8346282.10	4314.00	77.10	1.76	49.15	844.13	30179.89	1095.76	2511.45	10678.03	4314.00
1827908	689866.96	8346289.16	4314.00	11.50	0.63	44.15	2175.13	35860.89	2075.76	3738.45	10768.04	4313.89
1827970	690008.69	8346389.87	4363.00	3.30	0.15	49.15	911.13	36029.89	884.76	4502.45	10912.24	4363.58
1832519	689806.69	8346267.85	4295.00	3.30	0.15	25.15	1671.13	29985.89	1255.76	3679.45	10708.35	4294.26
1832101	689753.06	8346331.23	4349.00	26.00	0.15	9.15	313.13	29554.89	1827.76	6457.45	10655.91	4349.00
1832161	689660.97	8346330.36	4350.00	25.60	0.15	59.15	2418.13	31898.89	6227.76	15416.45	10564.10	4350.00
1832167	689699.99	8346325.92	4350.00	20.60	0.15	5.15	279.13	37544.89	3133.76	4536.45	10602.58	4350.00
1832217	690022.15	8346389.18	4364.00	68.00	0.86	39.15	595.13	38985.89	935.76	4971.45	10926.19	4364.54
1832683	689794.12	8346266.33	4295.00	3.30	0.15	30.15	950.13	42657.89	667.76	3844.45	10696.58	4294.26
1832822	689649.76	8346335.73	4349.00	542.60	1.90	308.15	7804.13	56974.89	735.76	1264.45	10550.36	4348.90
1832833	689714.52	8346322.98	4350.00	20.91	0.15	29.15	2792.13	23130.89	13728.76	58680.45	10616.80	4350.00
1825725	689764.53	8346276.08	4314.00	56.73	1.50	3.15	71.13	11616.89	104.76	343.45	10662.53	4314.00
1825750	689741.84	8346330.75	4349.00	3.30	0.15	19.15	530.13	36036.89	2059.76	4553.45	10644.69	4349.00
1829439	690034.40	8346390.68	4364.00	8.90	0.70	36.15	974.13	33297.89	2151.76	10858.45	10941.36	4364.00
1832383	689841.01	8346363.71	4349.00	77.95	1.10	16.15	150.13	27934.89	702.76	1670.45	10746.35	4349.00
1825876	689925.86	8346315.05	4314.00	16.31	0.15	12.15	68.13	43990.89	700.76	2827.45	10826.64	4314.00
1831231	689724.95	8346325.40	4350.00	23.78	0.76	17.15	1531.13	25529.89	31265.76	52491.45	10625.99	4350.12
1831238	689781.60	8346264.68	4295.00	3.30	0.15	21.15	124.13	29927.89	1152.76	6109.45	10684.04	4294.64
1829727	689628.05	8346338.27	4349.00	11.08	0.63	13.15	1218.13	38978.89	1626.76	5984.45	10528.76	4348.90
1788021	689751.06	8346275.53	4314.00	20.09	0.15	11.15	206.13	12043.89	231.76	1532.45	10649.07	4314.00
1830319	689616.71	8346337.10	4350.00	12.59	0.15	14.15	370.13	36913.89	1857.76	9349.45	10516.94	4349.73
1788219	689755.14	8346264.43	4296.00	31.61	0.70	17.15	526.13	20001.89	1090.76	2786.45	10656.39	4295.53
1826619	689748.16	8346264.84	4295.00	32.47	0.66	71.15	3585.13	35301.89	2119.76	6500.45	10649.61	4294.96
1830609	689981.75	8346321.77	4297.00	24.11	0.15	52.15	553.13	46118.89	872.76	5177.45	10885.62	4296.89
1830971	689727.20	8346259.76	4295.00	3.30	0.15	28.15	1822.13	31743.89	4038.76	5466.45	10629.26	4294.51

1798189	689947.78	8346374.49	4367.00	3.30	0.15	33.15	268.13	34214.89	1135.76	7462.45	10851.68	4367.53
1790812	689997.85	8346325.13	4296.00	30.50	1.60	48.15	800.13	48606.89	2103.76	15971.45	10901.94	4295.81
1790851	689717.47	8346259.77	4296.00	10.99	0.15	18.15	537.13	26750.89	1346.76	3312.45	10619.34	4295.28
1845055	689953.48	8346310.42	4297.00	7.70	0.63	40.15	1114.13	39912.89	1297.76	6433.45	10857.00	4296.61
1851501	689789.03	8346351.30	4352.00	20.19	0.15	14.15	543.13	31233.89	3135.76	3198.45	10693.49	4352.00
1851552	689665.30	8346332.90	4352.00	3.30	0.15	32.15	73.13	24128.89	253.76	316.45	10568.63	4352.00
1851610	689697.98	8346327.69	4352.00	3.30	0.15	6.15	950.13	20442.89	779.76	949.45	10600.73	4352.00
1845297	690018.53	8346318.07	4297.00	43.37	1.46	36.15	146.13	26871.89	595.76	1308.45	10919.22	4297.00
1851152	689943.58	8346303.94	4296.00	6.99	0.15	34.15	455.13	26567.89	2020.76	1700.45	10846.57	4295.61
1852648	689947.04	8346321.61	4311.00	3.30	0.15	14.15	173.13	27843.89	473.76	1008.45	10848.31	4311.00
1852760	689959.08	8346325.94	4310.00	308.02	4.83	24.15	857.13	30583.89	3374.76	9358.45	10860.69	4310.00
1836703	689863.13	8346429.68	4415.00	47.43	0.86	3540.15	799.13	22921.89	1575.76	814.45	10767.40	4415.93
1855013	689969.87	8346326.54	4311.00	75.83	1.83	9.15	553.13	27716.89	1450.76	6549.45	10871.49	4311.00
1838464	689981.93	8346332.48	4310.00	152.57	2.46	37.15	361.13	38716.89	801.76	12124.45	10884.02	4310.00
1860316	689887.81	8346430.48	4415.00	9.09	0.76	166.15	93.13	42353.89	532.76	3854.45	10792.05	4415.93
1852908	689993.54	8346335.77	4311.00	38.64	3.93	10.15	223.13	33921.89	248.76	1942.45	10895.87	4311.00
1784102	690006.44	8346337.69	4311.00	17.20	0.15	37.15	387.13	42932.89	569.76	2752.45	10908.89	4311.00
1864032	689672.01	8346334.89	4354.00	3.30	0.15	15.15	324.13	25424.89	7879.76	12998.45	10573.21	4354.00
1864511	689902.76	8346441.72	4415.00	44.77	0.90	72.15	468.13	43585.89	860.76	517.45	10807.93	4415.93
1860542	690020.46	8346336.47	4311.00	6.20	0.93	26.15	247.13	33357.89	727.76	2562.45	10922.75	4311.00
1855501	689658.38	8346333.10	4354.00	8.49	0.15	51.15	2282.13	44557.89	9584.76	19172.45	10561.75	4354.00
1864204	689860.76	8346273.01	4297.00	6.79	0.15	21.15	769.13	33694.89	1241.76	14034.45	10764.44	4297.03
1864364	689645.48	8346338.51	4354.00	269.13	1.76	55.15	1892.13	57217.89	2454.76	5221.45	10546.14	4354.20
1860576	689872.10	8346275.10	4297.00	59.46	1.90	24.15	378.13	34927.89	961.76	7031.45	10775.92	4297.03
1860626	689718.68	8346324.91	4355.00	1241.07	36.93	35.15	1550.13	30647.89	6403.76	14196.45	10621.11	4355.00
1860638	689839.92	8346271.09	4297.00	8.59	0.15	65.15	2307.13	41800.89	848.76	5386.45	10741.89	4296.82
1848833	689916.84	8346451.03	4414.00	226.71	1.53	386.15	468.13	32131.89	391.76	9240.45	10822.76	4414.93
1860688	689632.69	8346339.99	4355.00	15.29	0.15	63.15	52.13	26476.89	300.76	773.45	10533.23	4355.00
1860831	689728.04	8346330.10	4355.00	128.95	0.90	22.15	1388.13	36140.89	16211.76	8690.45	10630.88	4355.00

1864468	689617.99	8346340.53	4354.00	52.56	0.60	90.15	3760.13	60554.89	1507.76	11185.45	10518.65	4354.00
1799001	689887.37	8346276.17	4297.00	112.45	1.20	21.15	429.13	35425.89	780.76	1910.45	10790.46	4296.18
1799101	689813.58	8346268.38	4298.00	53.46	0.86	73.15	1951.13	38155.89	816.76	1617.45	10715.85	4297.80
1794068	689741.17	8346331.09	4355.00	7.70	0.15	12.15	372.13	38727.89	1324.76	1924.45	10642.69	4354.47
1794108	689806.42	8346268.61	4298.00	10.31	0.15	130.15	504.13	27371.89	1292.76	3261.45	10708.03	4297.65
1868125	689896.92	8346285.06	4297.00	3.30	0.15	26.15	448.13	40263.89	737.76	2714.45	10800.03	4296.55
1806027	689954.86	8346333.67	4325.00	39.39	11.13	44.15	622.13	31613.89	1404.76	8440.45	10857.16	4325.00
1806158	689970.25	8346341.44	4325.00	117.43	2.73	38.15	743.13	36144.89	931.76	12475.45	10873.16	4325.00
1806308	689910.72	8346289.11	4297.00	3.30	0.15	20.15	64.13	42545.89	669.76	2099.45	10814.13	4296.55
1858701	689950.31	8346332.01	4325.00	54.53	1.43	31.15	295.13	21995.89	545.76	2073.45	10852.48	4325.00
1784777	689937.82	8346330.70	4325.00	125.88	2.63	25.15	340.13	21097.89	2191.76	688.45	10841.08	4324.28
1784859	689780.24	8346266.97	4299.00	3.30	0.15	23.15	164.13	42159.89	522.76	2418.45	10682.52	4298.38
1806437	689980.42	8346345.80	4325.00	368.80	19.65	24.15	1250.13	23168.89	2313.76	10847.45	10883.68	4325.00
1794397	689929.82	8346329.60	4325.00	10.89	0.70	90.15	114.13	40433.89	567.76	1570.45	10831.85	4325.00
1799673	689992.29	8346346.37	4325.00	24.59	1.63	29.15	355.13	34958.89	1022.76	9971.45	10895.73	4325.31
1868973	689770.31	8346267.20	4298.00	7.31	0.15	24.15	270.13	16687.89	256.76	755.45	10671.75	4297.77
1800750	690005.08	8346349.47	4325.00	83.78	0.93	29.15	250.13	46316.89	633.76	2907.45	10909.30	4324.92
1795777	689759.70	8346267.38	4299.00	9.89	0.15	66.15	2418.13	41826.89	3240.76	9068.45	10661.32	4299.05
1800945	690016.00	8346350.61	4325.00	40.07	0.76	74.15	511.13	45972.89	2458.76	10846.45	10919.54	4325.00
1869435	690028.55	8346352.22	4325.00	82.63	1.13	45.15	1512.13	40635.89	4401.76	11857.45	10932.01	4325.12
1801015	689732.04	8346264.02	4299.00	149.35	1.83	1.15	798.13	23830.89	434.76	802.45	10633.22	4298.22
1922958	689692.62	8346290.69	4294.00	14.68	0.15	14.15	342.13	25307.89	937.76	4559.45	10592.16	4294.00
1920879	689701.10	8346291.42	4294.00	10.89	0.15	22.15	1160.13	38312.89	3014.76	13823.45	10600.68	4294.00
1887902	689738.47	8346298.25	4294.00	76.11	0.56	43.15	4961.13	31701.89	630.76	2441.45	10640.20	4292.97
1886905	689817.36	8346273.11	4300.00	9.21	0.15	54.15	1135.13	28591.89	2023.76	4601.45	10719.42	4300.08
1870214	689896.36	8346287.10	4300.00	3.30	0.15	37.15	1962.13	38871.89	592.76	857.45	10799.65	4299.55
1870227	689771.24	8346344.94	4363.00	3.30	0.15	19.15	816.13	27001.89	3838.76	6563.45	10675.21	4363.00
1887903	690006.67	8346399.44	4373.00	3.30	0.15	45.15	859.13	24081.89	1168.76	9980.45	10910.62	4372.21
1886911	689669.58	8346289.63	4294.00	20.90	0.15	34.15	731.13	32131.89	739.76	3662.45	10570.80	4293.88

1887907	689811.79	8346415.15	4419.00	7.29	0.15	102.15	162.13	14721.89	1031.76	2121.45	10714.98	4419.93
1870255	689661.71	8346336.88	4361.00	3.30	0.15	71.15	2489.13	39041.89	4519.76	8642.45	10565.40	4361.00
1870256	689650.94	8346296.42	4294.00	32.30	0.15	17.15	50.13	5383.89	36.76	46.45	10551.15	4294.00
1870258	689722.04	8346328.85	4360.00	71.24	1.26	9.15	900.13	26361.89	16528.76	36691.45	10624.80	4360.00
1886914	689794.58	8346401.53	4418.00	15.22	0.76	159.15	171.13	29716.89	395.76	1242.45	10696.65	4418.93
1887908	689643.13	8346345.59	4361.00	3.30	0.15	83.15	1583.13	37150.89	1315.76	15412.45	10544.33	4361.10
1887911	689739.95	8346333.83	4360.00	57.02	0.73	97.15	1571.13	18996.89	4596.76	15203.45	10643.08	4360.00
1870270	689622.72	8346344.61	4360.00	1928.80	110.23	110.15	2692.13	29571.89	1465.76	306.45	10523.22	4359.68
1870271	689752.43	8346337.28	4360.00	1689.80	36.63	36.15	1362.13	44621.89	1191.76	9931.45	10655.81	4360.00
1927358	689795.84	8346363.74	4366.00	155.83	2.46	34.15	569.13	21237.89	2602.76	4334.45	10699.38	4366.53
1876932	689813.59	8346371.63	4366.00	3439.80	14.63	14.15	96.13	12751.89	242.76	1569.45	10717.75	4366.53
1870253	689884.38	8346362.47	4374.00	34.45	1.89	22.15	193.13	21981.89	454.76	2472.45	10787.47	4374.53
1914903	689922.61	8346380.84	4377.00	123.40	1.52	22.15	2303.13	20291.89	455.76	5246.45	10827.15	4377.53
1886933	689983.92	8346392.50	4378.00	270.48	4.69	96.15	1018.13	30611.89	1010.76	79411.45	10887.36	4377.21
1914905	689900.82	8346372.78	4377.00	39.09	0.96	19.15	269.13	28841.89	609.76	2043.45	10804.75	4377.53
1914907	690002.74	8346401.90	4378.00	111.35	3.12	22.15	164.13	13241.89	378.76	1345.45	10906.93	4377.21
1925906	689791.41	8346328.49	4314.00	81.92	2.52	15.15	352.13	10421.89	200.76	799.45	10693.87	4314.00
1876982	690024.93	8346404.51	4377.00	109.07	1.52	40.15	1112.13	31131.89	2623.76	8985.45	10929.26	4376.21
1876983	689878.51	8346367.01	4377.00	27.53	0.73	31.15	1402.13	36361.89	1850.76	8238.45	10782.02	4377.53
1914913	689686.94	8346340.63	4365.00	96.13	0.55	391.15	6691.13	64691.89	692.76	586.45	10588.43	4365.11
1886938	689773.44	8346351.14	4370.00	72.74	1.30	30.15	632.13	23821.89	30408.76	30601.45	10677.95	4370.00
1886940	689679.94	8346342.88	4366.00	78.20	1.18	457.15	8315.13	88911.89	795.76	3110.45	10580.92	4366.11
1886941	689764.17	8346316.03	4315.00	62.42	1.18	41.15	1887.13	23331.89	1842.76	2500.45	10665.65	4315.00
1886943	689811.37	8346373.14	4369.00	71.32	1.55	2.15	32.13	9888.89	203.76	349.45	10715.67	4369.53
1886945	689724.20	8346331.22	4366.00	329.70	3.79	52.15	2575.13	43405.89	23678.76	67014.45	10627.16	4366.00
1914914	689741.60	8346313.10	4315.00	44.31	0.92	12.15	304.13	11981.89	2831.76	6321.45	10642.92	4315.00
1914916	689680.82	8346292.14	4299.00	67.02	0.67	4.15	62.13	8060.89	321.76	594.45	10582.34	4298.28
1886947	689656.69	8346341.06	4366.00	599.86	3.63	234.15	4468.13	51111.89	4749.76	9339.45	10557.70	4366.00
1925911	689719.23	8346307.00	4314.00	93.61	1.63	41.15	1797.13	66793.89	4285.76	18601.45	10620.10	4314.00

1886949	689832.57	8346381.49	4369.00	70.78	1.53	23.15	103.13	16791.89	740.76	2403.45	10737.51	4369.53
1876995	689837.52	8346298.13	4324.00	107.10	2.73	21.15	334.13	25881.89	658.76	2215.45	10739.50	4323.89
1876996	689693.62	8346304.49	4314.00	99.35	1.56	29.15	1080.13	17311.89	1656.76	3836.45	10594.36	4314.00
1925908	689864.70	8346303.14	4325.00	39.00	0.82	22.15	29.13	33221.89	206.76	464.45	10767.00	4324.89
1914924	689854.44	8346386.81	4369.00	56.38	1.24	35.15	971.13	27911.89	1873.76	3293.45	10759.77	4369.53
1876997	689635.11	8346348.10	4365.00	138.62	2.05	367.15	9105.13	71491.89	2342.76	13761.45	10536.07	4365.11
1877000	689885.33	8346308.15	4324.00	18.65	0.51	58.15	1072.13	38170.89	864.76	9948.45	10788.00	4323.89
1886950	689671.97	8346312.54	4314.00	63.08	0.43	45.15	1833.13	50833.89	5494.76	14261.45	10573.50	4314.00
1925912	689746.08	8346339.61	4365.00	256.48	3.77	90.15	1629.13	32866.89	25948.76	34361.45	10649.69	4365.00
1886952	689871.48	8346392.18	4369.00	37.23	0.68	42.15	268.13	41354.89	972.76	1446.45	10777.21	4369.53
1925916	689812.40	8346296.50	4324.00	44.19	0.94	25.15	458.13	25197.89	686.76	2558.45	10712.00	4324.00
1914930	689789.89	8346297.51	4324.00	11.44	0.63	16.15	29.13	7943.89	46.76	82.45	10689.67	4324.00
1886955	689906.75	8346320.16	4325.00	35.64	0.99	33.15	274.13	31371.89	1096.76	9451.45	10810.40	4324.89
1886960	689770.09	8346299.78	4325.00	139.26	1.63	53.15	2711.13	45821.89	3572.76	7296.45	10670.14	4325.00
1882904	689649.83	8346312.81	4315.00	69.60	1.21	113.15	4869.13	35501.89	19348.76	37071.45	10551.47	4315.00
1925927	689624.95	8346316.53	4315.00	23.98	0.75	25.15	1525.13	27541.89	842.76	4213.45	10527.01	4315.00
1969901	690063.04	8346316.79	4296.00	43.65	2.07	42.15	427.13	44521.89	1124.76	20041.45	10963.45	4296.00
1914946	690055.44	8346360.48	4338.00	5.35	0.15	25.15	82.13	41261.89	488.76	2164.45	10959.69	4338.00
1914998	690071.99	8346317.36	4296.00	53.43	2.31	58.15	929.13	70881.89	495.76	2963.45	10972.42	4296.00
1882914	690087.09	8346322.70	4296.00	31.91	1.55	51.15	305.13	32111.89	960.76	5662.45	10987.93	4296.00
1914950	690090.83	8346370.21	4338.00	46.06	1.53	14.15	476.13	49561.89	1904.76	6860.45	10995.79	4338.00
1886968	690113.46	8346333.86	4297.00	58.29	1.50	57.15	223.13	26941.89	1502.76	7838.45	11015.17	4297.00
1886970	690113.05	8346377.92	4339.00	145.93	5.83	13.15	199.13	20231.89	1182.76	4952.45	11018.60	4339.00
1835797	690156.63	8346353.83	4298.00	79.11	2.36	78.15	435.13	42791.89	1191.76	23573.45	11059.92	4298.00
1855160	690161.41	8346444.94	4397.00	3.30	0.15	225.15	934.13	29151.89	2764.76	4024.45	11072.62	4397.00
1882919	689766.17	8346323.77	4329.00	164.62	2.43	18.15	826.13	17811.89	32278.76	34191.45	10668.32	4329.00
1882920	690180.82	8346353.65	4298.00	35.86	1.59	51.15	101.13	32881.89	476.76	1852.45	11084.00	4298.00
1882924	690204.43	8346347.26	4299.00	21.29	0.73	63.15	179.13	29171.89	2479.76	13481.45	11106.96	4299.00
1902632	690039.45	8346310.43	4296.00	52.55	0.91	24.15	277.13	24623.89	252.76	2712.45	10939.40	4296.00

1882923	690160.09	8346385.79	4340.00	8.44	0.45	34.15	37.13	47401.89	76.76	167.45	11066.14	4340.00
1882929	690201.03	8346402.07	4340.00	141.72	2.62	19.15	154.13	11501.89	1462.76	2973.45	11108.35	4340.00
1886974	690179.65	8346396.06	4340.00	8.15	0.46	78.15	76.13	56671.89	1478.76	3320.45	11086.53	4340.00
1902633	690225.14	8346398.37	4341.00	79.57	2.26	60.15	1851.13	25161.89	6116.76	51985.45	11132.05	4341.00
1948901	689784.54	8346336.37	4330.00	96.09	2.70	2.15	80.13	8435.89	379.76	141.45	10687.71	4330.00
1882928	689735.72	8346318.04	4329.00	327.62	4.46	23.15	941.13	22231.89	6902.76	15571.45	10637.49	4329.00
1855169	689808.13	8346337.82	4329.00	234.31	1.79	50.15	2285.13	35772.89	4238.76	2795.45	10711.35	4329.00
1902634	689712.27	8346309.62	4329.00	86.70	2.17	2.15	166.13	4667.89	2107.76	3361.45	10613.39	4329.00
1882935	689684.10	8346316.82	4330.00	668.05	6.95	20.15	1144.13	22591.89	13013.76	17145.45	10585.96	4330.00
1886982	689659.56	8346318.97	4330.00	238.25	3.32	18.15	449.13	42767.89	2429.76	4873.45	10560.92	4329.71
1882938	689819.07	8346386.44	4377.00	102.59	2.03	2.15	242.13	14222.89	461.76	647.45	10724.49	4377.53
1882939	689804.68	8346376.97	4377.00	74.31	1.31	44.15	322.13	29476.89	933.76	1131.45	10709.33	4377.53
1855191	689810.70	8346415.38	4423.00	82.06	1.61	94.15	82.13	17069.89	712.76	1549.45	10713.92	4423.93
1886979	690246.01	8346388.88	4341.00	607.60	7.31	92.15	6278.13	39226.89	3101.76	9906.45	11152.01	4341.00
1886983	690271.56	8346396.21	4342.00	122.82	3.88	17.15	248.13	26122.89	2055.76	6560.45	11178.10	4342.00
1882942	690295.27	8346404.96	4343.00	916.44	17.75	25.15	414.13	13966.89	3660.76	8938.45	11202.49	4343.00
1855184	690066.51	8346301.12	4281.00	49.65	2.88	46.15	1051.13	60109.89	4057.76	13409.45	10965.54	4281.00
1882943	689636.08	8346326.55	4330.00	116.94	1.43	80.15	3899.13	50667.89	1623.76	14232.45	10536.91	4329.41
1855194	690113.53	8346315.49	4282.00	5.88	0.58	26.15	201.13	44122.89	677.76	3797.45	11013.64	4282.00
1882945	690141.43	8346373.04	4325.00	50.02	2.50	32.15	219.13	19932.89	3473.76	17060.45	11046.45	4325.00
1882946	689851.71	8346435.86	4421.00	73.79	4.41	240.15	30.13	23108.89	506.76	1517.45	10756.56	4421.93
1855199	689847.89	8346391.83	4376.00	84.98	1.66	33.15	655.13	31397.89	1187.76	4091.45	10753.67	4376.53
1855200	690318.90	8346400.17	4343.00	1015.92	10.68	62.15	383.13	22875.89	2546.76	8702.45	11225.61	4343.00
1902635	690135.85	8346329.00	4282.00	47.52	5.84	66.15	377.13	45662.89	717.76	6889.45	11037.05	4282.00
1902661	690155.94	8346343.43	4283.00	71.51	1.96	91.15	1946.13	69920.89	1124.76	3874.45	11058.32	4283.00
1882948	690115.35	8346366.82	4325.00	41.70	1.72	2.15	170.13	7369.89	561.76	685.45	11019.92	4325.00
1984953	689762.58	8346348.44	4376.00	92.68	1.21	30.15	682.13	30820.89	6722.76	7886.45	10666.90	4376.00
1952036	689792.51	8346403.26	4421.00	246.19	2.87	226.15	493.13	35025.89	1967.76	4527.45	10694.74	4421.93
1882950	689874.67	8346436.87	4422.00	39.02	0.57	227.15	71.13	31903.89	548.76	2061.45	10779.52	4422.93

1882953	690179.47	8346346.21	4283.00	110.05	1.97	29.15	92.13	19853.89	1067.76	3057.45	11082.01	4283.00
1882951	689872.85	8346393.86	4378.00	29.41	0.82	22.15	134.13	23906.89	400.76	1498.45	10778.72	4378.53
1882954	690191.35	8346386.59	4326.00	71.29	2.12	13.15	152.13	10113.89	1926.76	5053.45	11097.36	4326.00
1882955	690090.96	8346354.48	4325.00	6.12	0.15	14.15	33.13	32916.89	60.76	224.45	10994.55	4325.00
1886989	690217.39	8346388.40	4327.00	416.77	8.27	73.15	435.13	26952.89	2473.76	11757.45	11123.46	4327.00
1886993	690064.98	8346348.81	4324.00	52.33	1.41	15.15	152.13	14640.89	331.76	1189.45	10968.18	4324.00
1984955	690093.13	8346342.83	4311.00	73.38	2.66	5307.15	157.13	51004.89	299.76	383.45	10995.70	4311.00
1886994	690239.78	8346379.97	4327.00	106.07	3.85	75.15	372.13	36621.89	6882.76	13462.45	11145.03	4327.00
1886995	690060.99	8346329.89	4311.00	24.78	0.60	22.15	228.13	31016.89	466.76	1389.45	10962.56	4311.00
1882956	689899.96	8346444.95	4422.00	57.98	1.16	295.15	338.13	22423.89	829.76	1707.45	10805.41	4422.93
1882957	690117.20	8346351.98	4312.00	26.53	0.87	26.15	70.13	19099.89	492.76	2194.45	11020.47	4312.00
1882958	690266.28	8346386.25	4328.00	207.17	12.07	6.15	132.13	6284.89	1070.76	6122.45	11171.97	4328.00
1886996	689916.45	8346458.04	4422.00	59.07	2.59	92.15	238.13	14834.89	187.76	4746.45	10822.99	4422.93
1984962	690161.70	8346369.92	4312.00	106.94	4.46	14.15	749.13	22093.89	5494.76	20941.45	11066.37	4312.00
1984963	690234.07	8346356.09	4299.00	324.04	5.78	3.15	23.13	5577.89	82.76	294.45	11137.26	4299.00
1882960	690185.36	8346374.64	4312.00	125.36	6.08	3.15	667.13	15055.89	2792.76	10075.45	11090.35	4312.00
1984964	690255.80	8346359.29	4300.00	175.36	4.43	13.15	187.13	9554.89	390.76	4573.45	11159.19	4300.00
1999900	689938.92	8346469.78	4422.00	31.49	0.86	445.15	31.13	35117.89	342.76	934.45	10842.54	4422.32
1886997	690210.22	8346375.51	4312.00	621.95	8.84	2.15	22.13	40707.89	19.76	69.45	11115.19	4312.00
1886998	690281.56	8346371.32	4300.00	50.44	2.51	47.15	229.13	21288.89	1345.76	4855.45	11185.89	4300.00
1937401	690237.60	8346367.82	4313.00	110.04	4.74	58.15	216.13	15222.89	1782.76	13102.45	11141.80	4313.00
1984968	690262.26	8346369.88	4313.26	450.14	6.01	26.04	759.84	9678.49	10993.76	13024.45	11166.54	4313.26
1984969	690122.28	8346456.56	4395.70	91.20	14.78	79.59	113.56	39919.89	200.97	514.12	11026.59	4395.58
1882965	690302.56	690302.56	4300.78	49.31	1.73	38.95	132.53	18823.77	1665.26	4769.55	11208.92	4300.05
1984970	690283.29	8346381.58	4313.47	106.43	5.93	3.74	93.89	7775.10	668.79	1967.45	11188.51	4313.47
1882970	689711.43	8346338.32	4375.04	354.07	14.06	567.74	8620.53	68405.89	6649.56	8454.55	10612.54	4374.92
1984976	690238.81	8346341.73	4284.45	18.18	2.16	44.18	126.03	33894.89	1392.76	5643.35	11140.72	4284.45
1937403	690144.88	8346320.89	4267.70	118.40	1.76	14.51	1389.73	25037.89	12801.76	22462.45	11049.13	4267.08
1937404	690264.90	690264.90	4284.98	141.67	5.19	35.47	132.83	30530.89	775.38	3217.45	11170.46	4284.94

1951948	690335.04	8346390.40	4329.07	47.03	181.94	46.52	207.83	36131.89	2244.86	7084.45	11240.84	4329.07
1951949	690309.24	8346382.67	4314.48	42.05	3.28	29.50	116.89	24003.89	749.97	2790.75	11214.45	4314.48
1937407	690339.28	8346392.14	4343.31	82.11	3.95	101.84	249.54	32591.64	3551.96	7929.25	11245.21	4343.31
1937409	690275.05	8346354.60	4285.09	18.18	2.16	1.92	42.30	3250.98	232.15	719.09	11177.95	4285.09
1882971	689672.88	8346346.41	4375.18	284.38	2.80	225.39	4800.83	54338.09	8288.46	29982.45	10574.08	4375.50
1937411	690124.74	8346309.53	4267.30	66.32	4.58	67.78	763.58	40548.84	2175.76	10822.45	11024.28	4267.30
1937412	690170.18	8346337.23	4268.04	90.97	1.33	50.08	490.61	36129.44	420.50	3080.95	11071.97	4268.04
1984978	690331.78	8346377.89	4314.25	43.20	3.71	97.24	313.09	25994.33	10382.22	18817.82	11236.49	4314.25
1937413	690290.01	8346359.81	4285.69	42.28	1.91	17.57	151.35	18044.23	946.09	4671.42	11193.31	4285.69
1984980	690194.64	8346339.17	4268.77	76.98	4.37	23.03	332.17	18702.89	1580.74	9221.05	11096.51	4268.77
1984982	689734.05	8346333.89	4375.67	29.17	0.73	20.22	486.45	40789.89	741.93	778.28	10637.20	4375.67
1984983	690328.01	8346367.51	4301.24	63.96	3.37	14.64	70.77	15272.89	2010.66	3646.95	11231.83	4301.24
1882972	690217.37	8346336.46	4268.76	13.49	0.97	48.35	134.22	24664.89	1429.16	8235.35	11122.85	4267.60
1984986	690360.63	8346390.92	4329.50	91.20	7.08	41.05	219.08	20689.89	1534.96	7762.65	11266.37	4329.50
1882975	690086.15	8346294.65	4265.94	4.61	0.15	9.73	43.02	43275.89	294.09	1092.75	10984.55	4265.94
1882974	690085.96	8346297.42	4266.37	29.14	1.34	73.07	156.59	30178.89	3470.26	10571.45	10984.60	4266.37
1882977	689648.63	8346350.47	4375.09	48.10	0.90	17.01	494.54	23621.89	1154.16	1987.75	10549.75	4374.98
1882978	690068.61	8346286.22	4265.88	37.65	1.72	30.25	312.35	28893.89	8479.26	8925.65	10973.17	4264.84
1882980	689752.51	8346346.94	4375.24	64.25	0.75	30.23	1000.71	43018.89	1186.56	1973.55	10656.73	4375.24
1984987	689623.23	8346353.58	4375.06	50.72	0.89	40.79	692.59	32822.59	1646.12	3289.52	10523.77	4375.28
1937422	690353.09	8346363.27	4301.81	181.46	4.17	46.15	233.13	24132.89	3447.76	11036.45	11253.70	4301.93
1984939	690386.47	8346380.86	4315.76	14.14	0.95	22.15	39.13	12395.89	303.76	1218.45	11278.43	4302.34
1984943	690377.70	8346364.16	4302.34	135.59	3.12	6.15	20.13	5137.89	34.76	69.45	11287.24	4315.60
1937418	690398.10	8346410.73	4330.67	16.52	1.24	26.15	35.13	26457.89	99.76	499.45	11298.67	4330.41
1984938	690394.79	8346423.90	4345.16	32.95	1.15	15.15	20.13	19472.89	168.76	628.45	11295.70	4344.44
1984994	690380.31	8346408.97	4344.70	73.50	4.19	10.15	62.13	11357.89	324.76	957.45	11281.17	4344.21
1882988	690421.51	8346423.75	4331.16	88.27	1.67	29.15	24.13	13789.89	6.76	36.45	11322.35	4331.39
1882981	690378.57	8346406.18	4344.51	26.71	1.54	10.15	29.13	10886.89	89.76	175.45	11267.41	4343.45
2028915	690445.44	8346421.32	4346.12	20.15	1.47	24.15	33.13	24444.89	10.76	56.45	11345.43	4345.82

2028917	689961.86	8346272.23	4250.69	5.49	0.57	2878.15	233.13	56835.89	279.76	445.45	10891.71	4251.19
1882991	689988.20	8346280.44	4251.00	19.36	0.57	35.15	685.13	41945.89	1643.76	3486.45	10865.31	4250.99