

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



**MAESTRÍA EN CIENCIAS
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**



TESIS

**CONCENTRACIÓN DE MAGNETITA Y ORO LIBRE, EN LOS SUELOS
ALUVIALES DE INGURO (BELLAVISTA, JAÉN, CAJAMARCA) POR EL
MÉTODO GRAVIMÉTRICO, COMO UNA ALTERNATIVA AMBIENTAL.**

Para Optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presentado por:

César Fabiano Lobe Jinez

ASESOR:

Dr. Nilton Deza Arroyo

Cajamarca-Perú

2018

COPYRIGHT© 2018 by
CÉSAR FABIANO LOBE JINEZ
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



MAESTRÍA EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

CONCENTRACIÓN DE MAGNETITA Y ORO LIBRE, EN LOS SUELOS ALUVIALES DE INGURO (BELLAVISTA, JAÉN, CAJAMARCA) POR EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO, COMO UNA ALTERNATIVA AMBIENTAL.

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presentado por:

César Fabiano Lobe Jinez.

JURADO EVALUADOR

Dr. Nilton Deza Arroyo.

Asesor

Dr. Gilberto Cruzado Vásquez.

JURADO EVALUADOR

Dr. Alejandro Lagos Manrique.

JURADO EVALUADOR

Dr. Ricardo Uriol Valverde.

JURADO EVALUADOR

Cajamarca-Perú

2018



Universidad Nacional de Cajamarca

Escuela de Posgrado

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las *10:48* de la mañana del día 18 de diciembre de Dos Mil Dieciocho, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. GILBERTO CRUZADO VÁSQUEZ**, y como integrantes del Jurado Titular, **Dr. ALEJANDRO LAGOS MANRIQUE**, **Mg. RICARDO URIOL VALVERDE**; en calidad de Asesor el **Dr. NILTON DEZA ARROYO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada **“CONCENTRACIÓN DE MAGNETITA Y ORO LIBRE, EN LOS SUELOS ALUVIALES DE INGURO (BELLAVISTA, JAÉN, CAJAMARCA) POR EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO, COMO UNA ALTERNATIVA AMBIENTAL”**, presentada por el **Bach. en Ciencias de la Ingeniería de Minas CÉSAR FABIANO LOBE JINEZ**, con la finalidad de optar el Grado Académico de **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, con Mención en **GESTIÓN AMBIENTAL**.

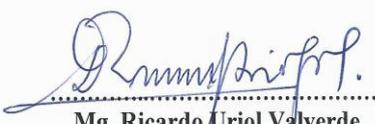
Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó... *aprobar*... con la calificación de *aprobado (10)*... la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bach. en Ciencias de la Ingeniería de Minas CÉSAR FABIANO LOBE JINEZ**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, con Mención en **GESTIÓN AMBIENTAL**.

Siendo las *10:48* horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Gilberto Cruzado Vásquez
Miembro de Jurado Evaluador


.....
Dr. Nilton Deza Arroyo
Asesor


.....
Dr. Alejandro Lagos Manrique
Miembro de Jurado Evaluador


.....
Mg. Ricardo Uriol Valverde
Miembro de Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A los mineros peruanos, que viven sobre un
banco de oro: producir sin contaminar.

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca,

Autoridades, Director, Coordinación de Sección y Docentes.

Gratitud al Dr. Nilton Deza Arroyo por su apoyo y
motivación para culminar la tesis.

RESUMEN

El Perú tiene ingentes recursos no renovables en forma general, y en forma particular en el sector en estudio, y para su concentración utilizan tóxicos. La formación del recurso obedece a fenómenos naturales a través del tiempo geológico como son: embalses y rotura de la cordillera oriental, sucesos que dieron origen al río Chinchipe, dejando las playas expuestas en forma de laderas de arenas aluviales con contenido de magnetita y oro libre. La investigación busca evaluar la concentración de magnetita y oro libre con la recuperación gravimétrica, utilizando equipos de concentración centrífuga. Allí se obtiene un concentrado de arenas negras, con oro fino y magnetita que tienen un valor económico y pueden extraerse con tecnología limpia, evitando el uso de tóxicos de la minería tradicional. La metodología basada en el muestreo de las arenas aluviales y analizados con el método combinado (Fire Assay y absorción atómica a la flama) determinan valores de oro libre y magnetita. La investigación es de carácter descriptiva, explicativa y experimental. Las leyes de entrada son: en oro libre 0,40 g/m³, en magnetita 15,00 mg/kg obteniéndose una recuperación gravimétrica del oro libre de 76,36% y la magnetita cuya recuperación es 72,58%; donde la granulometría es factor importante en la recuperación de los metales. Encontramos una relación positiva alta entre el mineral de entrada y concentrado para el oro libre; para la magnetita se encontró relaciones positivas entre el mineral de entrada: relave, concentrado y recuperación. Este método gravimétrico resulta ser una alternativa ambiental para la extracción de oro libre y magnetita

Palabras claves: Magnetita, oro libre, concentración por gravimetría.

ABSTRACT

Peru has huge not renewable resources in a general way and in a particular way in the sector study, in which for its concentration they use toxic substances. The formation of the resource obeys to natural phenomena through the geologic time as they are: reservoirs and break of the Eastern mountain range; events that gave rise to the Chinchipe River, leaving the banks exposed in the form of alluvial sand hillsides with content of magnetite and free gold. The research seeks to evaluate the concentration of magnetite and free gold with gravimetric recovery, using centrifugal concentration equipment. There, a concentrate of black sands is obtained, with fine gold and magnetite, which have an economic value and can be extracted with clean technology avoiding the use of toxins from traditional mining. The methodology based on the sampling of the alluvial sands and analyzed with the combined method (Fire Assay and atomic absorption to the flame) determine values of free gold and magnetite. The research is descriptive, explanatory and experimental. The entry grades are: in free gold 0.40 g/m³, in magnetite 15.00 mg/kg obtaining a gravimetric recovery of the free gold of 76.36% and the magnetite whose recovery is 72.58%; where granulometry is an important factor in the recovery of metals. We found a high positive relationship between the input ore and concentrate for the free gold; for magnetite, positive relationships were found between the input mineral: tailings, concentrate and recovery. This gravimetric method turns out to be an environmental alternative for the extraction of free gold and magnetite.

Keywords: Magnetite, free gold, concentration by gravimetry.

ÍNDICE DE CONTENIDO	Pág.
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	viii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema.	1
1.1.1. Descripción del problema.....	3
1.2 Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general.	3
1.2.2. Problemas específicos.	4
1.3. Justificación e importancia.....	4
1.3.1 Justificación científica	4
1.3.2 Justificación técnica-práctica	5
1.3.3. Justificación institucional y personal	5
1.4. Delimitación de la investigación	6
1.5.- Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo general	6
1.5.2. Objetivos específicos.	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Depósitos de placeres aluviales.	7
2.2. Tipos de yacimientos en el Perú.....	17
2.3. Cobertura superficial.....	17
2.4. El Oro.....	17

	Pág.
2.4.1. Propiedades del oro nativo.	17
2.5. La magnetita.....	18
2.6. Propiedades de la magnetita.....	18
2.7. Concentración gravimétrica	18
2.8. Criterio de concentración.....	18
2.9. Limitaciones en la recuperación del oro fino por procesos convencionales.....	20
2.10. Peligros y riesgos con el uso de tóxicos.....	22
2.11. Concentradores gravimétricos. ICON.....	24
2.12. Estudio de la línea de base.	26
2.12.1. Medio físico.....	26
2.12.1.1. Geología	26
2.12.2. Distribución espacial de los sismos	26
2.12.3. Perfil estratigráfico.....	30
2.12.4. Condiciones orográficas	31
2.12.5. Condiciones sísmicas	32
2.12.6. Zonificación sísmica del Perú.....	32
2.12.7. Sismicidad histórica.	33
2.12.8. Leyes de atenuación.	34
2.12.9. Peligro sísmico probabilístico.	34
2.12.10. Isoaceleraciones en el Perú.....	35
2.12.11. Clima.....	39
2.12.12.-Triángulo de Leslie Holdridge	40
2.12.13. Suelos	41
2.13. Medio biológico.....	41
2.13.1.-Zonas de vida	41

	Pág.
2.13.2. Flora	42
2.13.3. Fauna.....	43
2.14. Áreas naturales protegidas	44
2.14.1 Recursos e infraestructura.	44
2.15. Geología general.....	45
2.16.- Geología local.	46
2.17.- Geología estructural.....	46
2.18.- Geología económica.	47
2.18.1. Características del yacimiento.....	47
2.18.1.1. El gran lago Rentema antecedente del yacimiento.	48
2.18.2. Estructuras mineralizadas - alteraciones	49
2.18.3. Controles de mineralización.....	51
2.18.4. Génesis y paragénesis del yacimiento.....	51
2.18.5. Metodología de cálculos de bloques de mineral.....	53
2.18.5.1. Probado.....	53
2.18.5.2. Probable.....	54
2.18.5.3. Prospectivo (posible).....	54
2.18.5.4. Potencial	54
2.18.6.- Según su valor	55
2.18.6.1. Reservas minerales, mineral comercial (mena)	55
2.18.6.2. Reservas marginales.....	55
2.18.6.3. Reserva sub-marginales.....	55
2.18.6.4.-Bloqueo de placeres	56
2.18.6.5. Cubicación de reservas probadas probables	58
2.18.6.6. Trabajos exploratorios.....	58

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

3.1. Antecedentes.	61
3.2 Hipótesis.....	62
3.2.1 Hipótesis general	62
3.2.2 Hipótesis específicas	62
3.3. Variables	62
3.3.1. Operacionalización de variables	63

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación y acceso.	64
4.2.- Clima y fisiografía.....	65
4.3. Diseño de la investigación	69
4.4. Propósito general de las investigaciones.....	69
4.4.1. Primera etapa	69
4.4.2. Segunda etapa.....	69
4.4.3. Tercera etapa	70
4.5. Descripción del proceso de investigación.	70
4.6. Pruebas experimentales a realizar en equipos principales y auxiliares.	71
4.7. Determinación de oro libre y magnetita en la zona.	71
4.8. Metodología de estudio.....	72
4.9. Método de investigación.	72
4.10. Población, muestra, unidad de análisis.	73
4.11. Determinación promedio de la cobertura orgánica.....	75
4.12. Análisis del mineral.	75

	Pág.
4.13. Análisis químico de la muestra del mineral de entrada en material aurífero.	76
4.14. Caracterización mineralógica.	76
4.15. Pruebas metalúrgicas preliminares a realizarse al mineral de entrada del material aurífero.	77
4.16. Pruebas con el concentrador gravimétrico Falcón iCON.	77
4.17. Prueba experimental para concentrador Falcón.	77
4.18. Muestreo de la zona para el desarrollo de etapa de estudio de concentración.	78
4.19. Cálculo de la ley ponderada de oro libre y magnetita.	83
4.20. Análisis estadístico de leyes de puntos de muestreo.	84
4.21. Plan de pilotaje.	87
4.22. El muestreo.	88
4.23. Métodos manuales de muestreo.	88
4.24. Infraestructura de la unidad.	89
4.25. Maquinaria y equipo a utilizarse.	89
4.26. Condiciones ambientales de zona de prueba.	90
4.27. Eficiencia actual de las operaciones.	90
4.28. Aspectos críticos en el actual plan piloto.	91
4.28.1. Prospección y exploración.	92
4.28.2. Preparación de plataforma básica.	92
4.28.3. Acarreo y transporte.	92
4.26.4. Protección de las pozas de decantación.	93
4.28.4.1. Determinación del caudal del río Chinchipe.	93
4.29. Servicios Auxiliares.	93
4.30. Matriz de consistencia metodológica.	94
4.31. Recuperación.	96

	Pág.
4.32. Análisis del mineral y granulometría.	96
4.33. Análisis químico y malla valorada.	98
4.34. Análisis químico de la muestra del mineral de entrada en el material aurífero.	103
4.35. Caracterización mineralógica.	104
4.36. Pruebas experimentales.....	104
4.37. Pruebas experimentales con concentrador Falcón.....	106

CAPÍTULO V

DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

5.1. Identificación de posibles impactos ambientales potenciales.	107
5.1.1.-Generalidades.....	107
5.1.2.-Método de análisis.....	108
5.1.3.-Identificación de impactos.....	108
5.1.3.1.-Impactos sobre el ambiente físico.....	108
5.1.3.2.-Impactos sobre el ambiente biológico.....	110
5.1.3.3.-Impactos sobre el medio socio-económico.....	111
5.1.3.4.-Impactos sobre los recursos de interés humano.....	112
5.2. Calificación de impactos.....	112
5.3. Plan de manejo ambiental.....	117
5.3.1.-Organización y responsabilidad.....	117
5.3.2.-Controles y mitigación ambientales.....	118
5.3.3.-Programa de monitoreo.....	121
5.3.4.-Plan de seguridad y salud ocupacional.....	122
5.3.4.1.-Antecedentes.....	122
5.3.4.2.-Administración de salud ocupacional, manejo y manipulación de materiales.....	122
5.3.5.-Plan de desarrollo socioeconómico ambiental.....	123

CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Determinación de oro libre y magnetita.....	125
6.2. Resultados de pruebas metalúrgicas experimentales.....	125
6.3. Discusión de resultados.....	126
6.4. Análisis de resultados	127
6.4.1. Análisis estadístico del plan experimental.....	131
6.5. Consideraciones del uso del concentrador centrífugo.	145
CONCLUSIONES.....	154
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155
ANEXOS	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Volumen de tratamiento vs producción (g/día).....	12
Figura 2. Estratificación de las partículas dentro de los rifles	19
Figura 3. Caída de la aceleración diferencial.....	20
Figura 4. Teoría de granulometría y km de recorrido.....	22
Figura 5. Volumen de tratamiento vs producción (g/día).....	23
Figura 6. Contaminación vs tratamiento día	24
Figura 7. Concentradores gravimétricos iCON.....	24
Figura 8. Recuperación del oro en diversos equipos.....	25
Figura 9: Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú	27
Figura 10: Distribución de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 100 Años.....	28
Figura 11: Mapa de intensidades sísmicas regionales.....	29
Figura 12: Perfil estratigráfico	30
Figura 13. Mapa de Estructuras en el Perú	31
Figura 14: Mapa de sismos en el Perú	39
Figura 15. Diagrama de clasificación de vida de Holdridge.....	40

	Pág.
Figura 16. Columna Estratigráfica Local.....	52
Figura 17: Mapa Hidrográfico de la Región Cajamarca.....	66
Figura 18. Ubicación política de la zona en estudio.....	68
Figura 19. Metodología de investigación.	72
Figura 20: Correlación débil de la relación que existe entre Au y Fe_3O_4	87
Figura 21. Porcentaje de pasantes y equipo concentrador.....	97
Figura 22. Gráfico de malla valorada de oro en g/t.....	99
Figura 23. Gráfico de porcentaje pasante de magnetita.....	101
Figura 24. Gráfico de malla valorada en magnetita mg/kg.....	102
Figura 25. Flujo de materia aluvial	105
Figura 26: Esquema de alimentación y concentración del material aluvial.	131
Figura 27: Relación del mineral de entrada vs relave para el Au.	133
Figura 28: Relación del mineral de entrada vs concentrado para el Au.	134
Figura 29: Relación del mineral de entrada vs recuperación para el Au.....	135
Figura 30: Relación del mineral de entrada vs relave para Fe_3O_4	136
Figura 31: Relación del mineral de entrada vs concentrado para Fe_3O_4	137
Figura 32: Relación del mineral de entrada vs recuperación para Fe_3O_4	138
Figura 33: correlación que existe entre magnetita mg/kg y Au libre g/m^3	140
Figura 34. Porcentaje de recuperación en función a la granulometría.	144
Figura 35. Malla de valores en Au y Mg(Magnetita).....	144

ÍNDICE DE TABLAS	Pág.
Tabla 1. Comparación con otros equipos de concentración gravimétrica	11
Tabla 2. Tamaño de Partícula	21
Tabla 3. Factor zona	33
Tabla 4. Plantas que se desarrollan en el área.	42
Tabla 5. Animales silvestres	43
Tabla 6. Aves silvestres	43
Tabla 7. Tabla Anfibios	44
Tabla 8. Tablas reptiles	44
Tabla 9. Tabla Recursos Acuáticos	44
Tabla 10. Área de petitorios mineros	45
Tabla 11. Característica de la mineralización	57
Tabla 12. Metros cúbicos de las reservas preliminares	60
Tabla 13. Matriz para la operacionalización de variables	63
Tabla 14. Accesibilidad de la zona	64
Tabla 15. Vértices de la zona de estudio	67
Tabla 16. Puntos de muestreo, relación de gruesos a la arena.	73
Tabla 17. Coordenadas y dimensiones de las muestras	74
Tabla 18. Informe parcial de la empresa	76
Tabla 19. Características mineralógicas	76
Tabla 20. Condiciones de operación de la concentradora Falcón iCON:	77
Tabla 21. Leyes de muestreo	79
Tabla 22. Cálculo de la Variabilidad de Oro libre y Magnetita de los pozos de muestreo	82
Tabla 23. Cálculo de la ley ponderada de oro libre y magnetita.	83
Tabla 24. Cálculo del coeficiente de Pearson.	84
Tabla 25. Medidas de tendencia central.	85
Tabla 26. Caudal del río Chinchipe por meses	93
Tabla 27. Matriz de consistencia metodológica	95
Tabla 28. Cuadro de peso, porcentaje y malla, utilizado para análisis de Au.	96
Tabla 29. Datos de malla valorada en Au (g/t)	98
Tabla 30. Cuadro de peso, porcentaje y malla, utilizado para análisis de magnetita.	100
Tabla 31. Malla valorada en magnetita.	101
Tabla 32. Tabla de recolección de datos y variables.	103

	Pág.
Tabla 33. Leyes de la primera fase del estudio	103
Tabla 34. Características mineralógicas.	104
Tabla 35. Condiciones de la concentración.	106
Tabla 36. Monitoreo a realizar	121
Tabla 37: Balance metalúrgico de las muestras del proyecto primera etapa.	132
Tabla 38: Mineral de entrada y relave del Au en g/t para el coeficiente de correlación de Pearson (r).	133
Tabla 39: Mineral de entrada y concentrado del Au en g/t para el coeficiente de correlación de Pearson (r).	134
Tabla 40: Mineral de entrada y recuperación del Au en g/t para el coeficiente de correlación de Pearson (r).	135
Tabla 41: Mineral de entrada y relave de Fe_3O_4 en mg/kg para el coeficiente de correlación de Pearson (r).	136
Tabla 42: Mineral de entrada y concentrado de Fe_3O_4 en mg/kg para el coeficiente de correlación de Pearson (r).	137
Tabla 43: Mineral de entrada y recuperación de Fe_3O_4 en mg/kg para el coeficiente de correlación de Pearson (r).	138
Tabla 44: Relación que existe entre magnetita mg/kg y Au libre g/m^3 .	139
Tabla 45. Balance Metalúrgico del Concentrador Falcón	140
Tabla 46. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.	141
Tabla 47. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.	141
Tabla 48. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.	141
Tabla 49. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.	142
Tabla 50. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.	142
Tabla 51. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.	142
Tabla 52. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.	143
Tabla 53. Ratio de concentración y recuperación.	147

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema.

A nivel internacional, los yacimientos de placeres auríferos, la concentración gravimétrica, ha sido uno de los métodos tradicionales para su beneficio, este fenómeno gravimétrico de metales es también un proceso geológico, mediante el cual la madre naturaleza, ha concentrado un depósito de placer minerales como el oro y otros metales pesados (Fuerstenau y Han, 2003).

Los egipcios, hace 3000 años ya lavaban oro, los atenienses utilizaron el proceso de concentración gravimétrica de flujo de la película; para el manejo de las minas en la localidad de Laurium A.C. Agrícola (1556). En la revista, De Re Metálica, describe varios procesos y equipos de concentración gravimétrica; de uso en Europa en el siglo XIX, igualmente Rittinger señala, que en el mismo continente ya se utilizaba; la concentración gravimétrica, mediante estudios teóricos-prácticos.

Richards (1920), en Estados Unidos, establece las bases teóricas de la concentración gravimétrica; Finkey (1942), establece la mayoría de las relaciones matemáticas para describir el proceso y Taggart (1951), codifica estos principios y el año 1970 entra al mercado los concentradores centrífugos Knelson de fabricación, canadiense que supera las expectativas, en las minas de oro, denominadas “El Yukón al norte de Canadá”, cuyo principio es la fuerza centrífuga.

Por otro lado, en los países de América Latina mucho antes de la llegada de los españoles, los incas, los chibchas, los aztecas, ya lavaban las tierras sobre unas piedras lisas, donde el agua discurría por el canal y se llevaba a la tierra y quedaba el oro en la misma losa y de esta suerte lo recogían; por lo que, se estima como un método gravimétrico elemental; pero las leyes y los

contenidos bajaban de valor, entonces los invasores utilizaban el mercurio, que generó el final de la civilización inca, el cinabrio contamina el aire, el agua y el nivel de mortandad entre los incas fue muy alto, debido a la contaminación. El proceso de patio fue el método principal de obtención de oro y plata durante los 300 años siguientes de 1555 hasta 1855, hasta que en 1900 aparece el método de cianuración (Sancho, 1534).

El método de Amalgamación de Medina, llamado en esa época “Beneficio de Patio” o “Beneficio de Azogue”, provocó una revolución tecnológica, con importantes consecuencias económicas, políticas y sociales. Se utilizó, minerales de baja ley con buena rentabilidad, se extendió por toda América, con repercusiones en África y Asia; en los siglos posteriores (Regal, 2009).

En el Perú, por el uso indiscriminado de tóxicos, muchos yacimientos de placeres en sus diferentes características, con contenidos de oro libre y magnetita son explotados en forma informal, atentando con el medio ambiente y la comunidad en general, realizando procesos no adecuados, obteniéndose de esta manera bajas recuperaciones, en los metales pesados y el oro libre, dejando como consecuencia, en la no rentabilidad del proceso, aún informal de extracción; motivo por el cual varios yacimientos, se encuentran abandonados y desaprovechados, solo por no realizar un proceso adecuado metalúrgico (Palomino, 2003).

El concentrador Falcón, como método de preconcentración, previo al proceso de flotación, de reciente desarrollo, resulta una posible alternativa a los minerales auríferos que presentan oro libre; mostrando resultados muy satisfactorios en compañías mineras de oro en el mundo, como en Canadá, Kleek (2006), quien en su exposición “Nuevas aplicaciones de Concentración centrífuga”, en el Simposium de Mineralurgia desarrollada en Tecsup, muestra que en el depósito Elvington ubicada en Zimbabwe, dio un buen resultado sólo con el uso de concentrador centrífugo Falcón y se logró alcanzar hasta el 70 % de recuperación total de Au

de la planta, mostrando también resultados positivos en Australia en las minas de Ridgeway, Munni y Telfer.

1.1.1. Descripción del problema

En el Perú en las regiones de Madre de Dios, Puno, Cuzco, Abancay, Ica, La Libertad, Piura, Cajamarca, existe la actividad informal e ilegal de la minería aurífera; la falta de presencia del estado genera esta corriente de impacto ambiental negativo de la actividad extractiva; por lo que, se debe motivar a los mineros artesanales y pequeños a las prácticas legales de la minería con capacitaciones, fiscalización y tributación. La gran mayoría aplica la amalgamación con los impactos conocidos.

En relación a lo anterior, es conveniente desarrollar procesos alternativos de solución viables, aparte de la recuperación gravimétrica, va generar un concentrado con valor en el mercado de metales pesados, con el uso adecuado del concentrador centrífugo como método de concentración, el cual va permitir el apoyo a la pequeña minería, logrando incrementar su rentabilidad. Toda actividad extractiva exige la Declaración del Impacto Ambiental, para el inicio de las operaciones, por lo que se justifica dar las pautas específicas sobre los impactos que generará el proyecto.

De otro lado, la investigación se orienta a plantear alternativas de concentración de magnetita y oro libre mediante métodos gravimétricos, con el cuidado del medio ambiente, sin el uso de tóxicos.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general.

¿Cuál es el nivel de concentración de la magnetita y oro libre que se determina en los suelos aluviales de C.P. Inguero (Bellavista, Jaén, Cajamarca), con el método gravimétrico, como alternativa ambiental?

1.2.2. Problemas específicos.

¿Cuál es la recuperación de magnetita y oro libre mediante el método gravimétrico?

¿Cuál es el alcance del método gravimétrico como alternativa que controla el impacto ambiental?

1.3. Justificación e importancia

1.3.1 Justificación científica

En el año 2009, entró al mercado la firma Falcón con un modelo iCON, el cual es un concentrador centrífugo para la recuperación de oro y otros minerales. Este es un equipo que sirve para concentrar minerales pesados por su diferencia de peso específico, el mismo que es el resultado de la Cooperación de la Naciones Unidas y Global Mercury Project, quienes entregaron un aporte económico para que la Empresa Falcón invierta en el diseño de iCON (concentrador gravimétrico).

Este concentrador no requiere de ningún tóxico para recuperar la magnetita y el oro libre, y en el Perú operan 30 unidades solamente, para su funcionamiento se necesita agua y energía eléctrica (Palomino, 2008). La contaminación con mercurio es una gran preocupación mundial, por lo que la investigación permitirá conocer el nivel de concentración de oro y magnetita a obtenerse, con los sistemas descritos anteriormente y que será de gran utilidad para los mineros que se dedican a la actividad extractiva.

Al ejecutar el plan piloto de prueba, guiará al proceso adecuado metalúrgicamente a seguir, para dar las pautas seguras de operación en el cuidado del medio ambiente, la seguridad del personal y en el proceso extractivo; cumpliendo de esta manera las normas vigentes legales del ramo en el C.P. Inguero, en este sentido, la presente investigación busca relacionar las variables, granulometría, porcentaje de recuperación y flujo de agua.

1.3.2 Justificación técnica-práctica

Existe una serie de estudios para diferentes tipos de yacimientos auríferos en sus diferentes características, pero es muy escaso el tema de yacimientos aluviales auríferos con oro hidrófobo, por el cual se obtiene bajas recuperaciones artesanales. La eficiencia alcanzada en la extracción del oro libre y metales pesados debe ser examinada seriamente y es un reto a la ingeniería actual. El Perú goza el privilegio de poseer todas las clases de yacimientos auríferos que se conocen en el mundo y están prácticamente distribuidos en los 26 departamentos. Un aspecto es poseer las riquezas minerales y otra muy distinta es tener capacidad para una extracción con eficiencia y cuidando el medio ambiente. Pocos países privilegiados por la naturaleza tienen estos principios (Evangelista, 1998).

Estudios en el lugar de investigación no se ha encontrado, pudieron haber existido trabajos preliminares, pero no han sido documentados, motivo por el cual, consideramos importante hacer un trabajo de investigación.

1.3.3. Justificación institucional y personal

La evaluación de la concentración de la magnetita y oro libre en la zona de estudio, no se ubicó en anteriores muestreos, sino tan solo referenciales. Las muestras tomadas y requeridas fueron analizadas en laboratorios especializados de minerales, a fin de determinar el contenido de magnetita y oro libre.

Demostrar que existen tecnologías limpias para operar los recursos no renovables del país, es factible, pero falta el apoyo del estado y la toma de conciencia de los mineros de producir sin contaminar el medio ambiente donde se vive y se comparte con los comuneros y la biodiversidad. Este plan piloto, guiará a tomar la mejor opción de una operación sostenida, para el beneficio de los operadores y la comunidad que habitan en los alrededores.

El resultado de las investigaciones será de mucha utilidad para la comunidad científica y técnica, las autoridades regionales, locales, interesados, comunidades y organizaciones sociales de las zonas próximas al proyecto. La comunidad científica de la Universidad Nacional de Cajamarca, debe involucrarse en la investigación para una explotación racional de sus recursos naturales no renovables, con técnicas que contribuyen al cuidado del medio ambiente.

1.4. Delimitación de la investigación

La investigación se desarrolló dentro del área de las concesiones tituladas MANGAI con código 01-00639-16, cuyas coordenadas UTM son las siguientes:

Cuadro N° 1: Coordenadas del petitorio

VÉRTICES	NORTE	ESTE
V1	9395000	755000
V2	9394000	755000
V3	9394000	754000
V4	9395000	754000

Fuente: INGEMMET, 2005.

Área del petitorio: 100 ha.

1.5.- Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Determinar si la magnetita y oro libre en los suelos aluviales del C.P. Inguro (distrito Bellavista, provincia Jaén y departamento Cajamarca) pueden extraerse por el método gravimétrico, como alternativa ambiental.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Evaluar la recuperación de magnetita y oro libre mediante el método gravimétrico.
- Determinar el método gravimétrico como alternativa para controlar el deterioro ambiental de los suelos del lugar de investigación.
- Determinar la correlación de las variables en el proceso de concentración gravimétrica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Depósitos de placeres aluviales.

Velásquez (2009), afirma que son numerosos e importantes y están en la zona nororiental y sur oriental, en la vecindad de las rocas paleozoicas, metamorfoseadas e intrusivas de la cordillera orientales, erosionados por acción de la meteorización; el agua, contienen oro nativo y algunos metales pesados, los yacimientos son muy variados, incluyen las acumulaciones fluvio-glaciares antiguos, terrazas fluviales denominado “aventaderos” y playas o placeres actuales.

La definición de placer es un depósito de arena o grava u otros materiales residuales que contiene uno o más minerales de valor económico, los cuales se han acumulado por procesos de meteorización y concentración mecánica.

La mayor parte de los yacimientos aluviales se encuentran en terrazas recientes, cubriendo las llanuras de inundación formando meandros como producto de la concentración mecánica de detritus y minerales pesados.

López (2011), en su investigación: Concentración gravimétrica centrífuga de oro plata y su implementación en el circuito de molienda de la Mina El Pílon, ubicada en México, que trata 800 t/día de mineral 0,34 g Au/t y 320 g Ag/t, por el proceso de lixiviación, es una muestra del uso del equipo gravimétrico centrífugo, que maneja la granulometría de 76% de malla-200µm.

Piscoya (2011), en su investigación Minería y Contaminación Ambiental en Piura, en la Universidad Nacional de Piura, Escuela de Postgrado, el objetivo de la investigación, determinó la existencia de contaminación ambiental por los mineros en Piura, se realizó un estudio descriptivo, transversal, con trabajos a nivel nacional y del extranjero, se concluye: encontraron evidencias de contaminación de aire, suelo y agua que son ocasionados por el uso de mercurio y cianuro.

En la minería informal, artesanal (que produce un promedio de 24 t de oro al año), el problema se torna incontrolable por la falta de difusión, desconocimiento de las localidades donde se practica y la falta de estudios de Impacto ambiental, que generan poco desarrollo de estas comunidades, en todo el país se observa la informalidad que genera contaminación ambiental no cuantificada. Concluye: existe contaminación de suelos, aire, agua, hundimiento del suelo, ruido, vibraciones, generación de residuos sólidos, aguas servidas, drenaje ácido de roca (DAR); hay un desarrollo de conciencia ambiental, a nivel de gran minería, y mediana minería no así en la pequeña y artesanal.

Álvarez (2011), en el Informe Minería Aurífera en Madre de Dios y la contaminación con mercurio, una bomba de tiempo, Instituto de la Amazonía, Ministerio del Ambiente, nos detalla que el año 1980 se impulsa la minería artesanal, con informalidad en un contexto de recesión económica; se ha promulgado en el 2002, la ley N° 27651 “Ley de formalización y promoción de la pequeña minería y minería artesanal” con su respectivo reglamento D:S: 013-2002 EM, se ha creado las condiciones básicas para aspirar a una actividad formal; se han generado grupos económicos, por falta de presencia e inacción del estado, no es solamente dar leyes, el problema central es la contaminación por el mercurio.

Moschella (2011), en su investigación Impactos ambientales de la minería aurífera y percepción local de la microcuenca Huacamayo-Madre de Dios, presentada a la PUCP,

presenta un análisis de la problemática ambiental, de la minería aurífera, que presenta una aceleración del 2007 al 2010 y también una expansión. Indica que la percepción de las personas es la base para la toma de decisiones, las valoraciones están influenciadas por la posibilidad de percibir directamente el impacto y nivel de dependencia de la minería.

Los impactos son: deforestación, remoción del suelo, alteración de la morfología, y caudal de riachuelos, contaminación por hidrocarburos y emisiones de ruido. Hasta el 2010 la deforestación abarcaba 2077 ha, equivalente al 31% de la microcuenca, en la fase de banqueo de niveles se afectó la flora, fauna y salud humana, se estima que hasta el 2010 se emitieron 162,29 t de mercurio, falta que la gente tome conciencia y se debe difundir los impactos de esta actividad respecto a la contaminación por mercurio y su consecuencia sobre la salud humana y el ambiente. (Aramburu, 2015)

Vidalón (2001), en su investigación “Aspectos ambientales de la minería artesanal” los impactos ambientales que ocasiona la minería artesanal son: uso inadecuado del mercurio, inestabilidades de taludes, acumulación de desmontes, contaminación con relaves, generación de polvo produciendo alteración del paisaje natural, además de explotaciones inadecuadas del yacimiento, ausencia crítica del capital, frecuente informalidad, uso ineficiente del recurso, baja recuperación del oro, deficiente seguridad e higiene minera, falta de conciencia ambiental, difícil control ambiental por la autoridad del ramo.

Impacto ambiental por la minería artesanal y pequeña minería.

Uno de los principales impactos negativos de la minería en general, es el que tiene sobre el medio ambiente. El gran movimiento de tierras que ocasiona la extracción del recurso minero, altera la topografía de las zonas donde se realiza la exploración. Afortunadamente, el cambio tecnológico, experimentado en el sector ha permitido la creación o modificación de las técnicas mineras existentes, para que se reduzcan estos impactos ambientales. Lamentablemente estos

avances tecnológicos no son accesibles a los pequeños y mineros artesanales, hay una total desinformación sobre dichas tecnologías y parámetros técnicos que pueden incidir en la disminución de impactos ambientales. Las tecnologías requieren de una alta inversión para los mineros, ya sea en el aprendizaje o de recursos financieros. Si se opta en nuevas técnicas deben ser promocionadas por el gobierno, pero puede quedar en la buena intención, pero no en su utilización; hay un completo desconocimiento de la conexión entre el deterioro del medio ambiente y la salud humana, hace que los mineros obvien la necesidad de tener un manejo ambiental adecuado. Como referencia el año 2000 el accidente de derrame de mercurio en el transporte a Lima por contratista irresponsable, provoco la contaminación y hospitalización de varios pobladores y la indemnización de las víctimas, la publicidad del hecho llego hasta los mineros del sur medio y en muchos centros mineros, recién se dieron cuenta del peligro que entraña la manipulación directa del mercurio.

Contaminación por mercurio

Es el principal problema ambiental que ocasiona la minería artesanal, y en algunas ocasiones la pequeña minería, el uso indiscriminado e ineficiente del mercurio, para amalgamar el oro, ocasiona que grandes cantidades de esta sustancia se pierden y se viertan al medio ambiente, en forma líquida o se emanen sus gases libremente. Se estima que cada año se pierden alrededor de 70 t anuales de mercurio líquido en la zona del sur medio y alrededor de 15 t en la zona de Puno (Mosquera et al., 1999).

La pérdida sucede durante la amalgamación del oro, que se produce en los quimbaletes. Una vez lograda la separación del oro, la solución acuosa que se queda en el relave, tiene alto contenido de oro y mercurio (0,4 a 1, onzas de Au/t). El contenido de esta sustancia será mayor si el mercurio utilizado es reciclado, y pierde su poder de amalgamación.

En el momento de refogado se liberan 20 t de mercurio, 10 t liberadas en el Sur medio y las otras 10 t en Puno. Además, se sabe que el 50% de mercurio liberado se precipita o cae en los alrededores del quemado. Si esta operación se ejecuta en la casa del minero, con estudios se ha determinado que en los miembros de la familia se han encontrado niveles altos de mercurio en la sangre de dichos miembros.

Tabla 1. Comparación con otros equipos de concentración gravimétrica.

Equipo	Aplicación Ley g/m³	Tratamiento m³/día	Recuperación %	Producción g de Oro por día	Contaminación de Hg por día
Canaletas	Placeres 0,30	2000	50	300	840 gr
Trommel	Placeres 0,30	3000	60	540	1512 gr
Jigs	Placeres 0,30	960	80	230	644 gr
Monitor	Arcilloso 0,25	60	40	6	17 gr
Monitor 1	Aluvial 0,20	80	50	8	48 gr

Fuente: Olivari (2001).

Tabla 2. Resumen para hacer un gráfico.

m³/día	Recuperación (%)	Au g/día	Contaminación Hg/día en g.
3000	60	540	1512 Trommel
2000	50	300	840 Canaletas
960	80	230	644 Jigs
80	50	8	48 Monitor

Fuente: Olivari (2001).

La mayor recuperación de g por día de oro, provoca en forma proporcional más impacto por el uso del tóxico. Estos métodos deben combinar sus concentrados, con equipo concentradores centrífugo, para mitigar el impacto ambiental y dejar de usar los contaminantes.

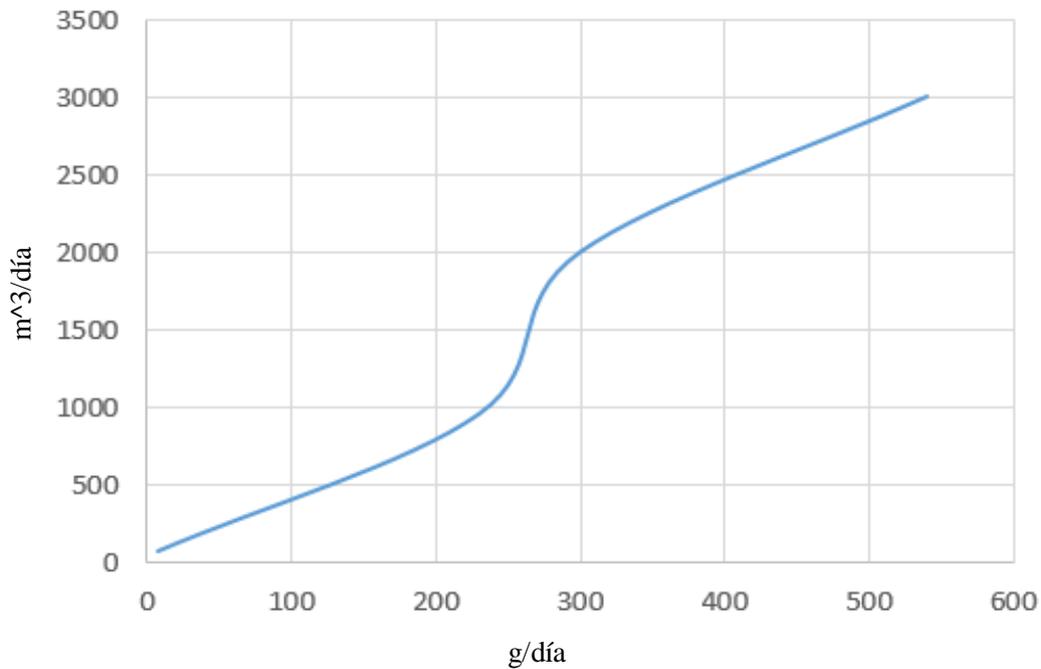


Figura 1. Volumen de tratamiento vs producción (g/día).

Efectos sobre el suelo

El movimiento de tierras durante la extracción de arena aluvial o mineral, genera la incapacidad de regeneración de la flora y fauna. En Madre de Dios la minería artesanal y mediana minería, están ocasionando un alarmante aumento de la erosión, producto de la tala indiscriminada y quema de los bosques, en estas operaciones se utiliza maquinaria pesada, los suelos se compactan, impidiendo que la vegetación vuelva a crecer, además de los posibles perjuicios que se dan por la contaminación de lubricantes y combustibles. Por otro lado, los desmontes que se producen al seleccionar la grava aurífera, reducen la capacidad del suelo de retener humedad impidiendo, el crecimiento de vegetación.

Contaminación de los cursos de agua

La contaminación de los cursos de agua es más evidente en aquellas zonas, donde los depósitos son aluviales, ya que el lavado de mineral requiere de grandes cantidades de agua. En Madre de Dios, el lavado de grava genera turbidez en las canaletas, la turbidez es debido a la

suspensión de finos que antes se sedimentarse viajan por los cauces durante largas distancias. El agua turbia impide que los rayos solares lleguen al fondo de río imposibilitando, el desarrollo de plancton y otras plantas subacuáticas, asimismo dificulta la difusión de moléculas de oxígeno a través de las branquias de los peces. Similar sucede en Ananea (Puno) al explotar morrenas.

A pesar de que los depósitos aluviales son beneficiados principalmente por métodos gravimétricos, hay ocasiones en que se utiliza la amalgamación para liberar el oro diseminado contenido en el material fino. La amalgamación y el bateado se realizan a las orillas de los cursos de agua, ocasionando pérdidas que terminan por contaminarlo. El mercurio líquido se transforma en el agua en una serie de compuestos que son altamente tóxicos y que contaminan a los seres que viven en los ríos, como los peces, que luego pueden contaminar a su vez al ser humano.

Por otro lado, cuando el mercurio se evapora durante el proceso de refogue, sus moléculas suspendidas en la atmósfera se precipitan por acción de las lluvias y van a dar a los cursos de agua siguiendo la misma transformación que el mercurio líquido.

El uso de lubricantes y combustibles en operaciones mecanizadas, como aquello en Madre de Dios, con escaso mantenimiento y sin prácticas seguras al usarlas en exceso se derraman en los suelos o en los cursos de agua. La acción de las lluvias contribuye a que estos contaminantes sean derivadas a los ríos (Aramburu, 2005).

Efectos sobre el ecosistema

La minería artesanal, de tener un efecto adverso para los cursos de agua, también suele tener serias repercusiones en el ecosistema. En Madre de Dios, los efectos son patentes, la desaparición de los bosques naturales y la consecuente erosión genera un impacto sumamente

negativo, en las especies vivientes de la zona. Aparte de la desaparición de la flora y fauna; los animales tienden a migrar a zonas que no están siendo explotadas, limitando su supervivencia. El acelerado ritmo de erosión impide que el ecosistema se pueda regenerar, el grado de erosión, limita la acción de la lluvia para la regeneración. La turbidez de agua, limita la vida de las plantas acuáticas que son sustento de las especies de animales. Por último, la contaminación de aguas, hace que las especies migren a zonas altas, pero llevan el mercurio en sus cuerpos, si se consumen los peces por la población ajena a la minería, pero pueden ser perjudiciales con la contaminación de mercurio (Zevallos, 1994).

Efectos sobre el clima

La atracción a los centros de la minería artesanal, ocasiona un crecimiento desproporcionado, en la provincia de San Antonio de la Putina, la concentración de la población está generando, un deshielo intenso y continuo. El quemado de los residuos sólidos e hidrocarburos (producto de la misma actividad minera), está agravando esta situación al incrementar el CO₂ en la atmósfera, lo cual contribuye aún más a su calentamiento (Sánchez, 1995).

Concentración centrífuga del oro y otros

La concentración gravimétrica, es un método para separar las partículas minerales de diferente peso específico, por las diferencias de movimiento, en respuesta a las acciones que ejercen sobre ellos, simultáneamente la gravedad y/u otras fuerzas como la hidráulica y de fricción. Es el método más sencillo y más económico de todos los métodos de concentración. Su aplicación se recomienda cuando sea practicable, porque permite la recuperación de minerales en tamaños tan gruesos como sea posible, reduciendo el costo de trituración, molienda, concentración y disminuyendo pérdidas en los finos que generalmente se forman en las operaciones de reducción de tamaños, o ya existen de entrada al proceso.

Los métodos de concentración gravimétrica se agrupan en tres categorías: 1) Separación por medio pesado, en la cual las partículas se introducen en un fluido de densidad intermedia, de tal modo que partículas de bajo peso específico flotan y las de alto peso específico se hunden; 2) Separación por corriente vertical, en los que se aprovechan las diferencias en velocidades de sedimentación como el caso de Jigs; 3) Separación en corrientes superficiales, como en el caso de las mesas concentradoras y los espirales (Brewis, 1995).

A tamaños finos, las fuerzas hidráulicas y de fricción rebasan a la gravedad, por lo cual la eficiencia de separación de los concentradores gravimétricos disminuye drásticamente. Para superar esto, se ha diseñado concentradores que intensifican las fuerzas gravitacionales para que la separación se lleve a cabo a un valor de varias veces la fuerza de la gravedad G 's (Ounpuu, 1992). Con estos concentradores se ha resuelto el problema de los concentradores gravimétricos, en la recuperación de oro libre de gran finura ($< 150 \mu\text{m}$), el balance de agua, la capacidad, el mantenimiento y el control de la operación de los concentradores en el circuito.

Los concentradores gravimétricos de este tipo, operan con un campo centrífugo de hasta 300Gs. Son fabricados actualmente por Falcón Concentrators Inc. y Knelson Gold Concentrators Inc. En Canadá, Brewis (1995). Sus operaciones consisten en introducir la pulpa, hasta el fondo de un reactor cónico truncado invertido, el cual gira a una velocidad de 400 rpm, para el caso de concentrador Falcón de 30 pulgadas de diámetro y capacidad de hasta 40 t/hora, de sólidos, en el fondo del reactor, este concentrador genera cerca de 45 a 47 G 's, con lo cual se concentran partículas de oro grueso. A medida que la pulpa asciende verticalmente, el valor de G 's aumenta para tener cerca de 68 G 's en la base del cono, creando condiciones para la concentración de partículas finas de oro.

La pared del cono esta acanalada, inyectándose agua en las canaletas para fluidizar las partículas presentes en ella, evitar la compactación y mejorar la eficiencia en la concentración de oro y mineral pesado (Falcón, 1998).

Consideraciones y apreciaciones complementarias

La minería artesanal es una oportunidad de oro para los pobres del Perú, existen cooperaciones bilaterales por ejemplo del gobierno de Suiza y Perú, este tipo de minería involucra a más de 50 mil familias (estudio realizado por Proyecto GAMA 2013) en todo el país, ha encontrado una oportunidad de salir del desempleo y pobreza, forjándose un medio de vida, aprovechar el yacimiento, que para las empresas a dejado de ser atractivo hace décadas (Viñas y Aranibar, 2003).

Este tipo de minería se dio impulso desde el año 1980, produce 17 t de oro al año, con el precio actual supera los 706 millones de dólares, con contaminación ambiental, por el uso desmesurado de mercurio, su descontaminación y rehabilitación por este metal líquido es complicado y costoso. Implica: trabajo infantil, carencia de medios de vida digna, los mineros artesanales, deben consolidar su actividad con organización, responsabilidad ambiental y tributar al estado. La tecnificación debe ser una meta, la electrificación; pero la ausencia del estado es evidente, no existe programas complementarios, para erradicar el uso de tóxicos, trabajo infantil, trata de personas. Pero ello supone un reto histórico, para el estado peruano, en su rol de promotor de desarrollo y bien común (Long y Roberts, 2001)

La ética ambiental no puede insistir solo en un conjunto de prohibiciones, dirigidas a la protección del medio ambiente a costa del sacrificio de las personas, sino que también tiene su cara política. La ética ambiental tiene que sustentar también del tipo de sociedad en la una persona se va desarrollar y que favorezca la conservación del mundo natural, al menos llevar una vida agradable y digna. El estado debe estar involucrado.

2.2. Tipos de yacimientos en el Perú

Henley (1975), los principales tipos de yacimientos en nuestro país son:

- **Vetas:** Constituye el tipo de yacimiento más común, presenta cajas, acompaña el cuarzo.
- **Placeres:** Formado por la acumulación de gravas, limos y metales pesados.
- **Diseminado:** Cuerpo de mineral que forman un reticulado en todas las direcciones, como motas y puntos, cubren grandes extensiones.
- **Como subproducto:** Asociado a los yacimientos polimetálicos.

2.3. Cobertura superficial

Es la superficie superior de la corteza terrestre y por lo general no es tan profundo, aproximadamente desde 15 cm hasta 25 cm, capa superior del suelo de la tierra, se mezcla el humus con minerales y material compactado, resultando en un sustrato nutritivo para las plantas y árboles, es uno de los recursos más vitales de la tierra, ya que representa un delicado equilibrio nutricional, que propone el alimento para muchos animales en la tierra, ya sea directamente en forma de material vegetal, o indirectamente en forma de productos procedentes de animales que comen las plantas (FAO, 2012).

2.4. El Oro

Etimología: Oro del latín “aurum” aurora brillante. Pertenece a la subfamilia IB, es un metal de color amarillo, dúctil, maleable resistente a la corrosión y a la oxidación. Actualmente tiene un valor en el mercado de metales.

2.4.1. Propiedades del oro nativo.

- Densidad del oro libre que generalmente es de 13 a 19 (g/cc), lo que lo hace separable por el método gravimétrico.
- Densidad del material acompañante varía de 2,6 a 8,5 (g/cc).

- Natural hidrofobia de la superficie del oro nativo lo hace flotante. El oro es humedecido por el mercurio, debido a que la tensión superficial entre el oro y el mercurio es baja.
- El tamaño de la partícula debajo de malla 150, por su forma de escamas, flota y se pierde en los desechos; es necesario la fuerza centrífuga para recuperarlo.

2.5. La magnetita

Es un mineral de hierro constituido por óxidoferroso-diférrico, se debe su nombre de la ciudad Magnesia de Tesalia.

2.6. Propiedades de la magnetita.

- Densidad relativa: 5,2
- Fórmula química: Fe_3O_4
- Dureza: 5,5 a 6,5
- Color y raya: negra
- Sistema cristalino: isométrico.
- Altamente magnético, se le utiliza en la terapia física, en la industria.

2.7. Concentración gravimétrica

Es esencialmente un método para separar partículas minerales de diferente peso específico, por las diferencias en movimiento en respuesta a las acciones que ejercen sobre ellos simultáneamente, la gravedad y otras fuerzas como la hidráulica y de fricción. (Valdivieso, 1999).

2.8. Criterio de concentración

El criterio de concentración es importante, en la determinación de qué clase de separación es posible, en un caso particular es la gravedad y alguna o más fuerzas, fundamentalmente, la primera en este caso se puede determinar la siguiente ecuación, que es una razón de concentración dada por la fórmula:

$R = \frac{P_e - 1}{P_d - 1}$ donde: P_e = peso específico del oro.

P_d = peso específico de la grava.

Asumiendo un ejemplo

$R = \frac{19 - 1}{2.2 - 1} = 15$ esto sucede cuando el proceso se realiza en agua y si el proceso es en seco la razón de concentración es:

$R = \frac{19 - 0}{2.2 - 0} = 8,6$, esto demuestra que, en el caso de oro, los procesos que se realizan en agua son más efectivos que los realizados en vía seca (Medina, 1998).

Las canaletas o sluices son otro ejemplo que consiste en una canaleta inclinada, con un ancho decreciente en la dirección de flujo. En el flujo descendente se establece un gradiente de velocidad y las partículas más finas y más pesadas se concentran en los niveles inferiores por una combinación de caída retardada y consolidación intersticial.

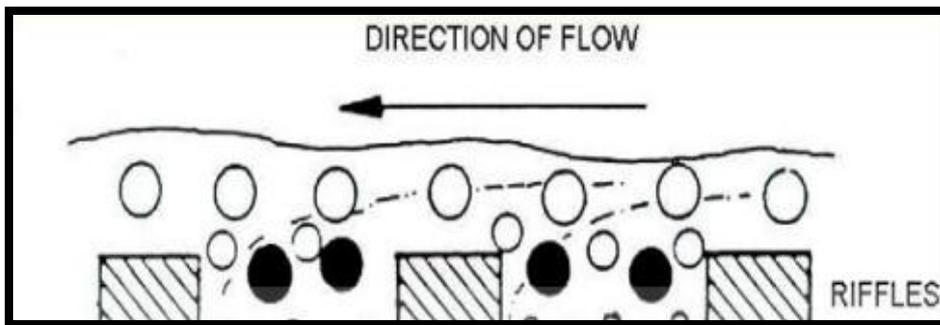


Figura 2. Estratificación de las partículas dentro de los rifles

Fuente: Rivera (2014)

Mucho más, de las aceleraciones iniciales (velocidades iniciales) que de las velocidades terminales. Esto significa que las partículas, estarán más afectados por la aceleración inicial que por su velocidad terminal.

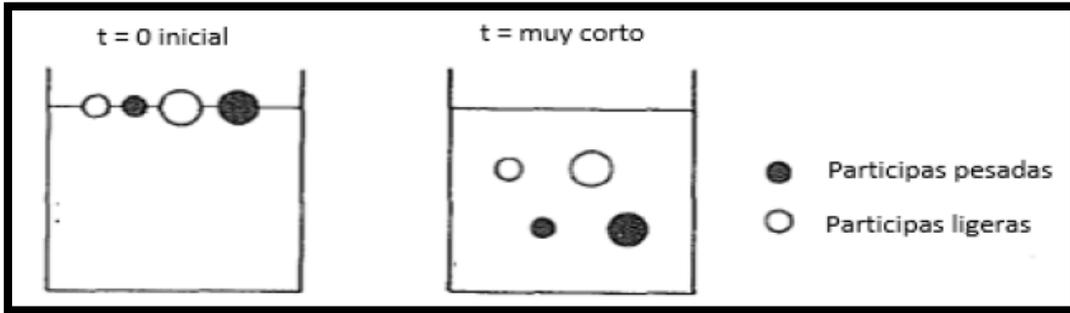


Figura 3. Caída de la aceleración diferencial

Fuente: Rivera (2014)

2.9. Limitaciones en la recuperación del oro fino por procesos convencionales

Es conocido que los equipos convencionales de recuperación de oro y metales pesados tales como los sluices (canalones), Jigs, trommels son relativamente eficientes con partículas gruesas, pero cuando la finura del material va más allá de los 100 μm , la recuperación se reduce en forma drástica. Las principales diferencias que hay entre yacimientos de placeres auríferos y otros yacimientos metálicos son:

- La bajísima ley de mineral a tratar, que puede estar en el rango de 0,1 a 0,4 g/m^3 , lo cual para llegar hasta el metal puede dar una relación de concentración altísima que puede elevarse hasta 5 o 10 millones a 1.
- El grado de liberación del mineral, que en el caso del oro es alta y también el rango de tamaños en el cual está distribuido tanto el material estéril como el oro mismo.

Estas características unidas a la alta gravedad específica del oro hacen factible la aplicación de procesos de concentración por gravedad realmente sencillos y económicos. Sin embargo, algunas características de ciertas partículas finas de oro hacen, que se pierdan las ventajas naturales de la concentración por gravedad del oro y estas son: la forma, sobre todo si es laminar, luego la porosidad y finalmente una cierta hidrofobicidad, o sea tendencia de rechazar el agua y por consiguiente flotar.

El efecto de la forma se traduce a través de una fórmula conocida como Factor Forma definida por Corey que es la siguiente:

$S_f = T + L * V$ Donde: T= espesor de la partícula de oro.

L= largo de la partícula de oro.

V= ancho de la partícula de oro.

Las partículas que tienen un factor de forma más bajo que 0,15 son sumamente difíciles de ser recuperadas por procesos gravimétricos convencionales (Gutiérrez, 1999).

En los últimos años van ganando aceptación los concentradores que utilizan la fuerza centrífuga, podemos mencionar los conos Knelson, o Falcón pueden recuperar hasta tamaños de 20 μm , sin embargo, su desventaja es su baja relación de concentración, que es del orden de 2 a 1 debido a lo cual, en las etapas de limpieza que debe dársele al concentrado para llegar a una ley comercial, va disminuyendo la recuperación (Vidalón, 1999).

Tabla 2. Tamaño de Partícula

Tamaño de Partícula	Km de Transporte
648	2.3
638	3.85
627	7.69
508	12.3
400	18.46
270	27.69
200	38.46
150	52.31
100	73.85
65	80
48	100
35	120
28	140

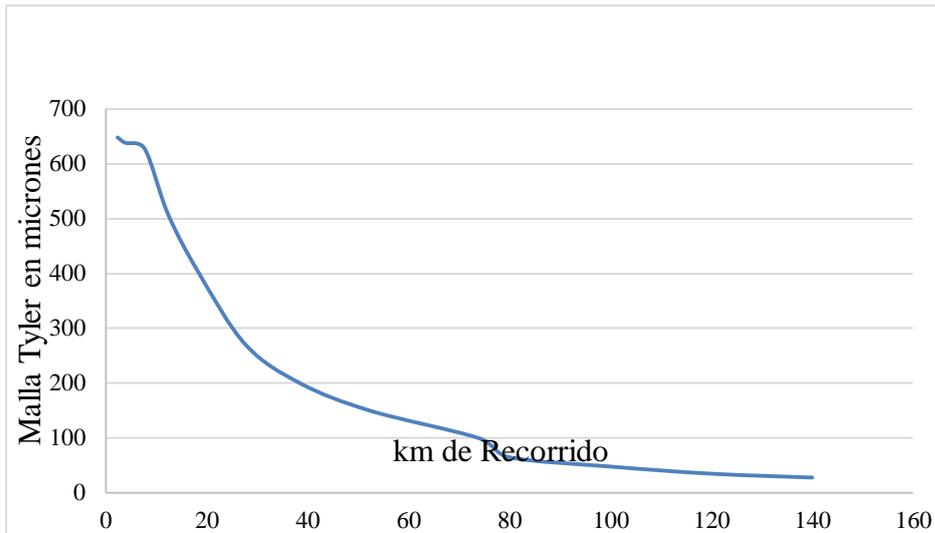


Figura 4. Teoría de granulometría y km de recorrido.

2.10. Peligros y riesgos con el uso de tóxicos

Algunos mineros reconocen haber recuperado el mercurio, con el uso de retortas, sin embargo, su uso no es masivo. La actividad, los peligros y el potencial riesgo indicamos:

Tabla 4. Peligros y riesgos por uso de tóxicos.

Actividad	Peligro	Potencial riesgo
Incorporación de mercurio (Hg) a la “arenilla negra”(por lo general de 2:1	Operación en contacto directo con el mercurio (Hg).	Bajo: Si el operario usa EPP. La absorción de Hg por la piel es muy limitada. Alto: Si el operario tiene una herida abierta, el Hg puede entrar al torrente sanguíneo.
Lavado de la amalgama de mercurio-oro	Derrames y/o pérdidas de Hg en el agua y suelo.	Moderado-Alto: Contaminación agua/suelo, si lavado no realiza adecuadamente.
Recuperación de Hg(amalgama es colocado en una tela y se exprime	Operario en contacto directo con Hg. Pérdida de Hg en el aguay/o suelo.	Bajo: Si operario usa EPP completo, guantes.

para eliminar el exceso de Hg).

Quemado refogado de amalgama
Emisión de vapores de Hg al ambiente si se realiza sin equipo adecuado (retorta).

Alto: Afectación de la salud si no utiliza EPP.

Bajo: La operación se realiza en recipientes y cualquier pérdida puede ser recuperada fácilmente.

Alto: Riesgo a la salud del operario por inhalación vapor Hg.

Alto: Atmósfera con Hg.

Fuente. MINAM (2011).

Los factores naturales como el clima, en estiaje y en época de lluvia, se altera el ecosistema, en el estiaje disminuye el agua superficial, se intensifica la explotación de laderas y pie de monte, el método semimecanizado requiere más volumen de agua, no cuentan con pozas de sedimentación, ni cosechan el agua en épocas de lluvias, bregan sin ningún planeamiento adecuado.

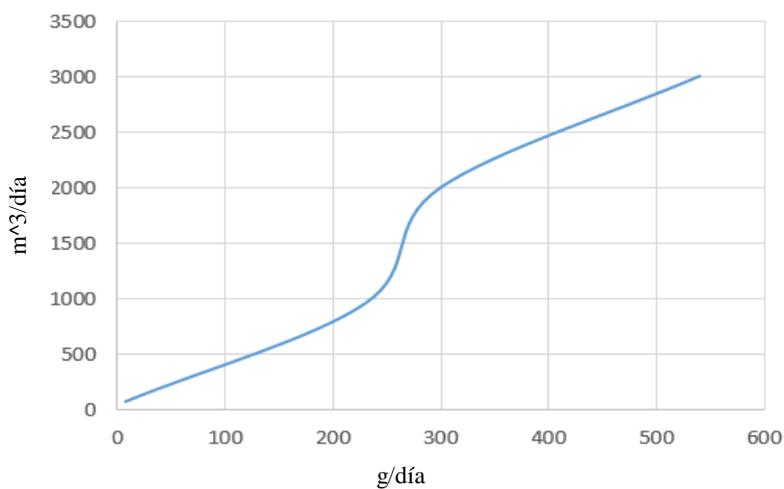


Figura 5. Volumen de tratamiento vs producción (g/ día)

Fuente: Olivari (1999).

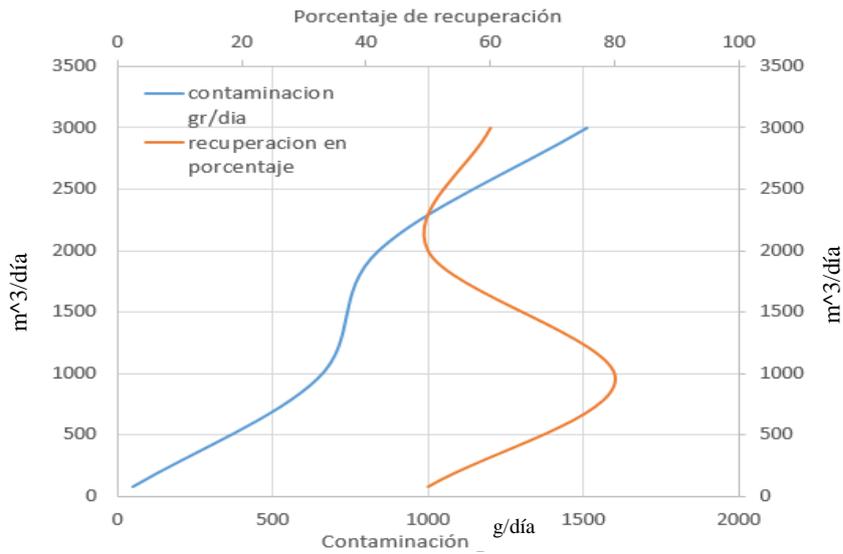


Figura 6. Contaminación vs tratamiento día

Fuente: Olivari (1999)

El tratamiento y la contaminación están en una proporción directa, existe un punto de convergencia, al tratar 2250 m³/día, con un porcentaje de recuperación del 50%, con una contaminación de 1000 g/día de tóxico.

2.11. Concentradores gravimétricos. ICON

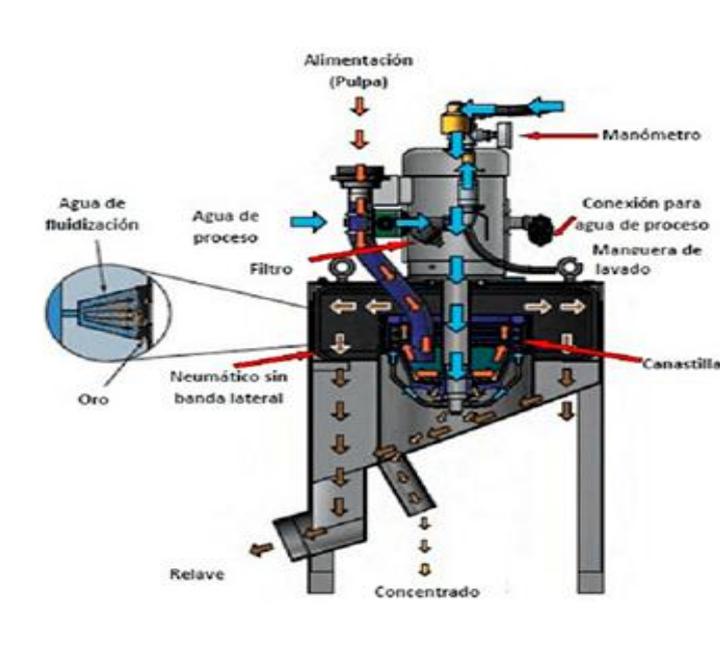


Figura 7. Concentradores gravimétricos iCON.

Fuente: FALCÓN (2010)

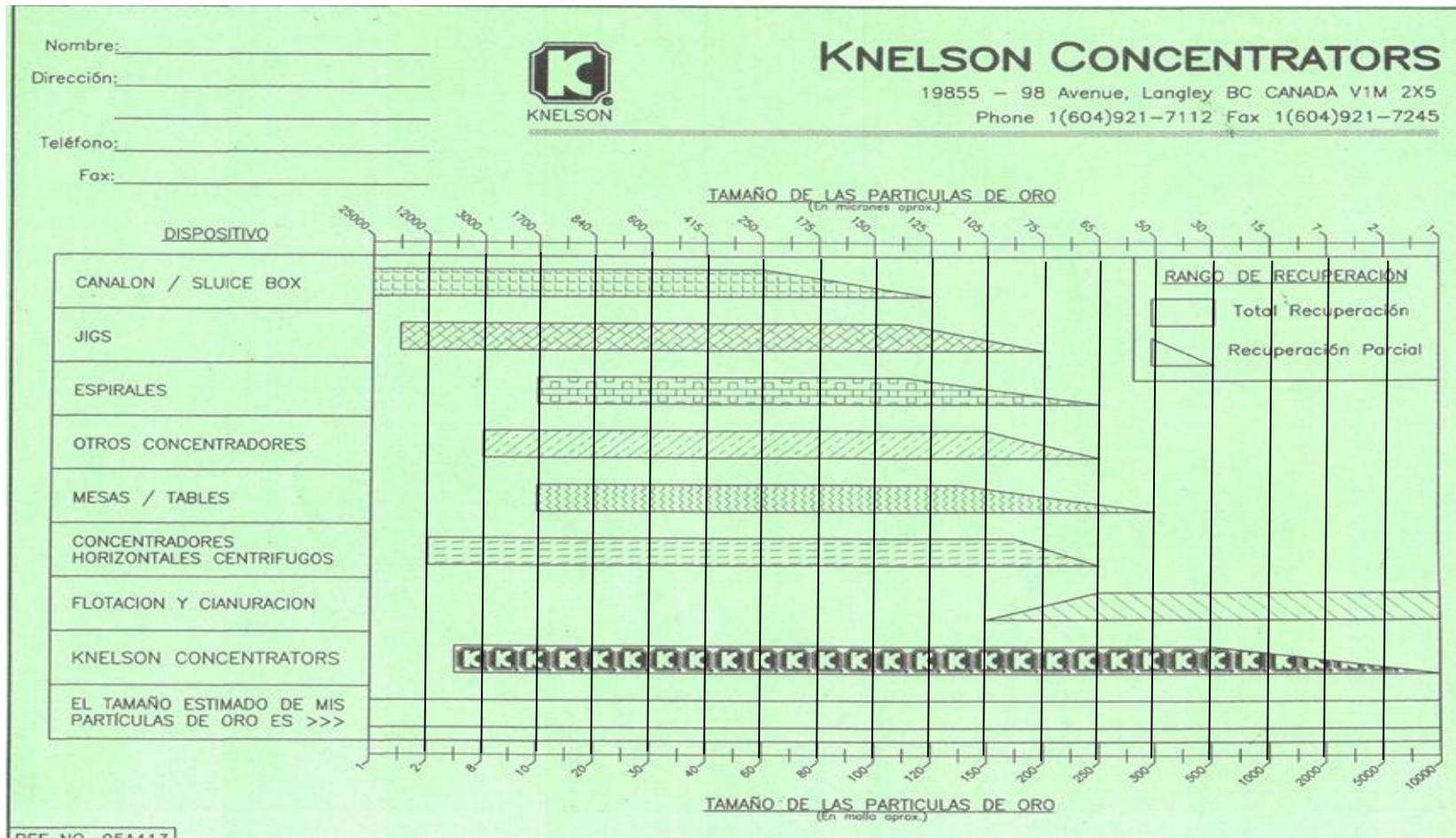


Figura 8. Recuperación del oro en diversos equipos.

Fuente: FALCÓN (2010)

2.12. Estudio de la línea de base.

2.12.1. Medio físico

2.12.1.1. Geología

En el flanco oriental se presentan rocas de variada consistencia y litología, que corresponde al Cretácico superior y Paleógeno de las Formaciones: Celendín, Chota, Cajaturo y El Milagro, de la Hoja 11-f Chirinos-INGEMMET, respectivamente. En el flanco occidental se tiene depósitos de conglomerados del sistema Neógeno superior, representados por la formación Tamborapa cuya distribución es de mucha amplitud en esta zona, esto es, en la cuenca del río Chinchipe, las que contienen oro libre de diferente granulometría, por lo que en la margen izquierda se tiene la presencia de margas, limoarcillas, calcarenitas gris-amarillentas, calizas de color gris claro; todo este panorama en las partes altas; en las partes bajas se tienen depósitos aluviales de naturaleza limoarcillíticas que cubre a los conglomerados materia de estudio, formando una superficie moderadamente accidentada en el meandro denominada La Manga, aproximadamente 15 metros (Huayhua, 1996).

2.12.2. Distribución espacial de los sismos

Se presenta el mapa sísmico del Perú en ella se presenta la distribución espacial de los eventos con magnitudes igual o mayores a 4,0 en la escala “magnitud momento” (Mw), ocurridos durante el período de 1960-2017. La información utilizada corresponde a los catálogos del Instituto Geofísico del Perú y de Engdahl & Villaseñor (2002). Los sismos fueron clasificados se indica la magnitud del sismo y representa la cantidad de energía liberada y que puede ser expresada en las escalas de Richter (ML), ondas de volumen (mb), ondas superficiales (Ms) y recientemente a partir del momento sísmico (Mw). Otra forma de cuantificar al sismo es por la fuerza de sacudimiento del suelo y por los daños que causan en las zonas urbanas, siendo medidos en grados de intensidad en la escala de Mercalli Modificada (MM), debemos tener en cuenta que el poder destructivo de un sismo y/o terremoto depende de factores como su cuerpo,

profundidad del foco, duración del movimiento, propiedades de las rocas, por donde viajan las ondas sísmicas, los materiales y características constructivas de las viviendas, edificios y obras de ingeniería (IGP, 2015).

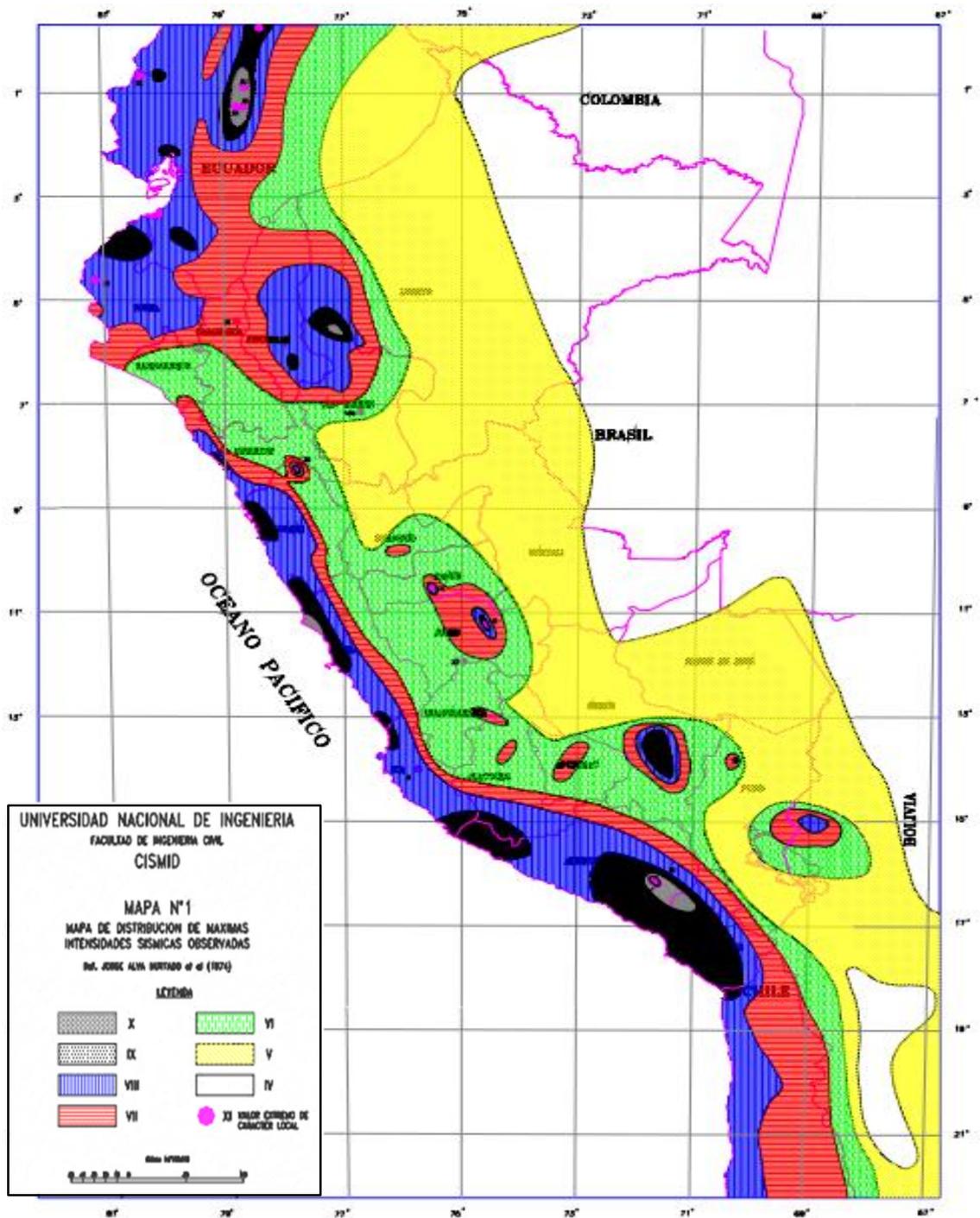


Figura 9: Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú.

Fuente: Hurtado (1984)

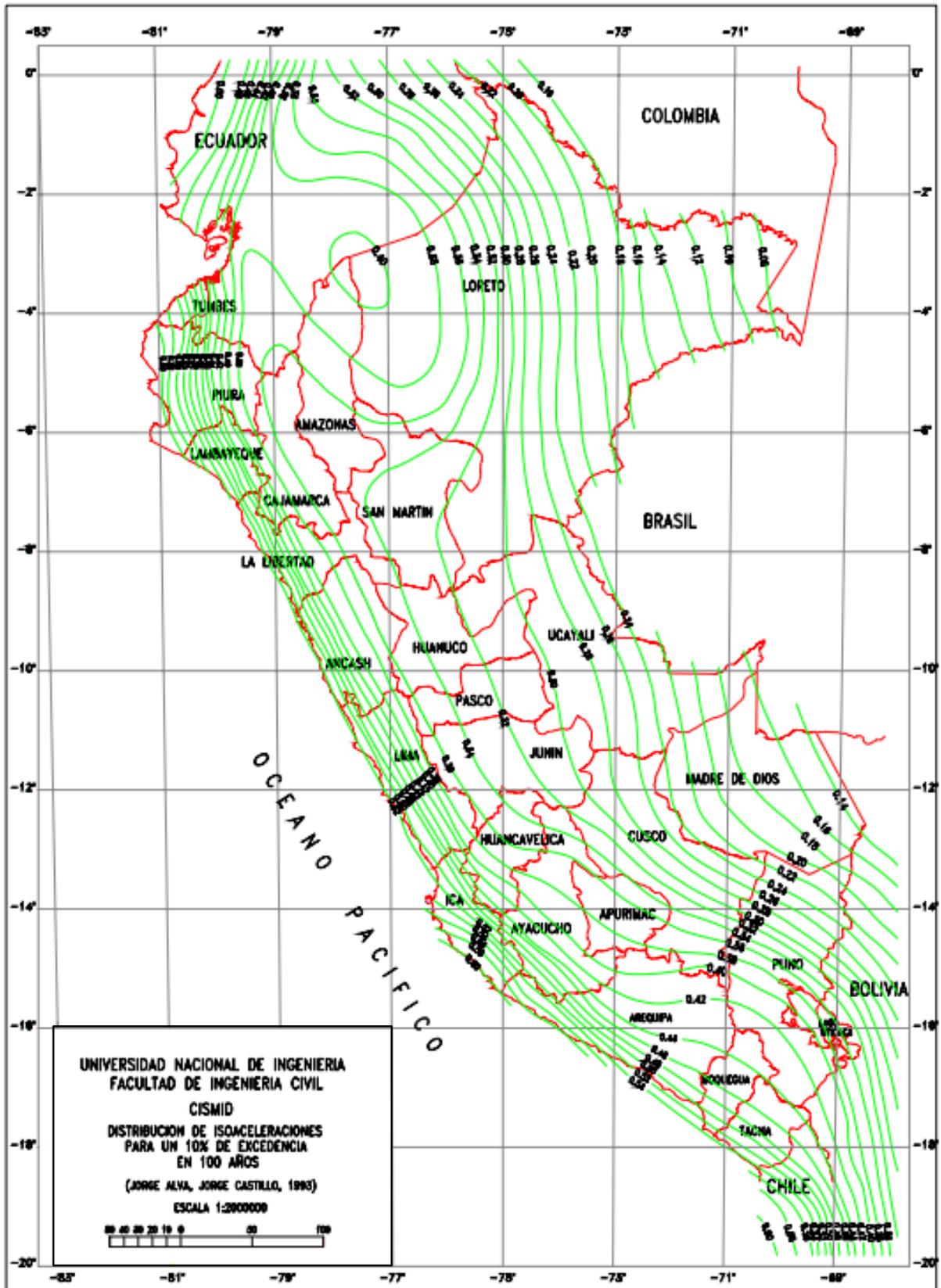


Figura 10: Distribución de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 100 Años.

Fuente: Hurtado (1984)



Figura 11: Mapa de intensidades sísmicas regionales.

Fuente: IGP (2015).

2.12.3. Perfil estratigráfico

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS	ROCAS ÍGNEAS		
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósito Aluvial	Q-al		
			Depósitos Fluviales	Q-fl		
			Depósitos Coluviales	Q-co		
	NEÓGENO	PLIOCENA	Formación Tamboraque	NQ-ta		
		MIOCENA	Formación Bellavista	N-be		
	PALEÓGENO		Formación El Milagro	PN-m		
			OLIGOCENA			
			EOCENA	Formación Cajaruro		P-ca
			PALEOCENA	Formación Chota		KsP-ch
				Formación Celendín		Ks-ce
MESOZOICA	CRETÁCEO	SUPERIOR	Formación Cajamarca	Ks-ca	Plutón Rumipite Plutón Picorana	
			Grupo Quilquiñán	Ks-q		
			Grupo Pullucana	Ks-p		
		INFERIOR	Formación Chuléc	Ki-ch		
			Grupo Goyllarisquizga	Ki-g		
			Formación Sayaraquillo	Js-s		
	JURÁSICO	SUPERIOR	Formación Oyatún	J-o		
		INFERIOR				
		SUPERIOR	Grupo Pucará	JR-pu		

Figura 12: Perfil estratigráfico

Fuente: INGEMMET (2005)

2.12.4. Condiciones orográficas

Los rasgos orográficos del área corresponden a la Cordillera Oriental, donde su topografía es variada con áreas fuertemente disectadas por ríos y quebradas, laderas suaves y onduladas, cuya altitud va desde los 500 m.s.n.m. a 680 m.s.n.m. cotas que involucran la zona del proyecto.

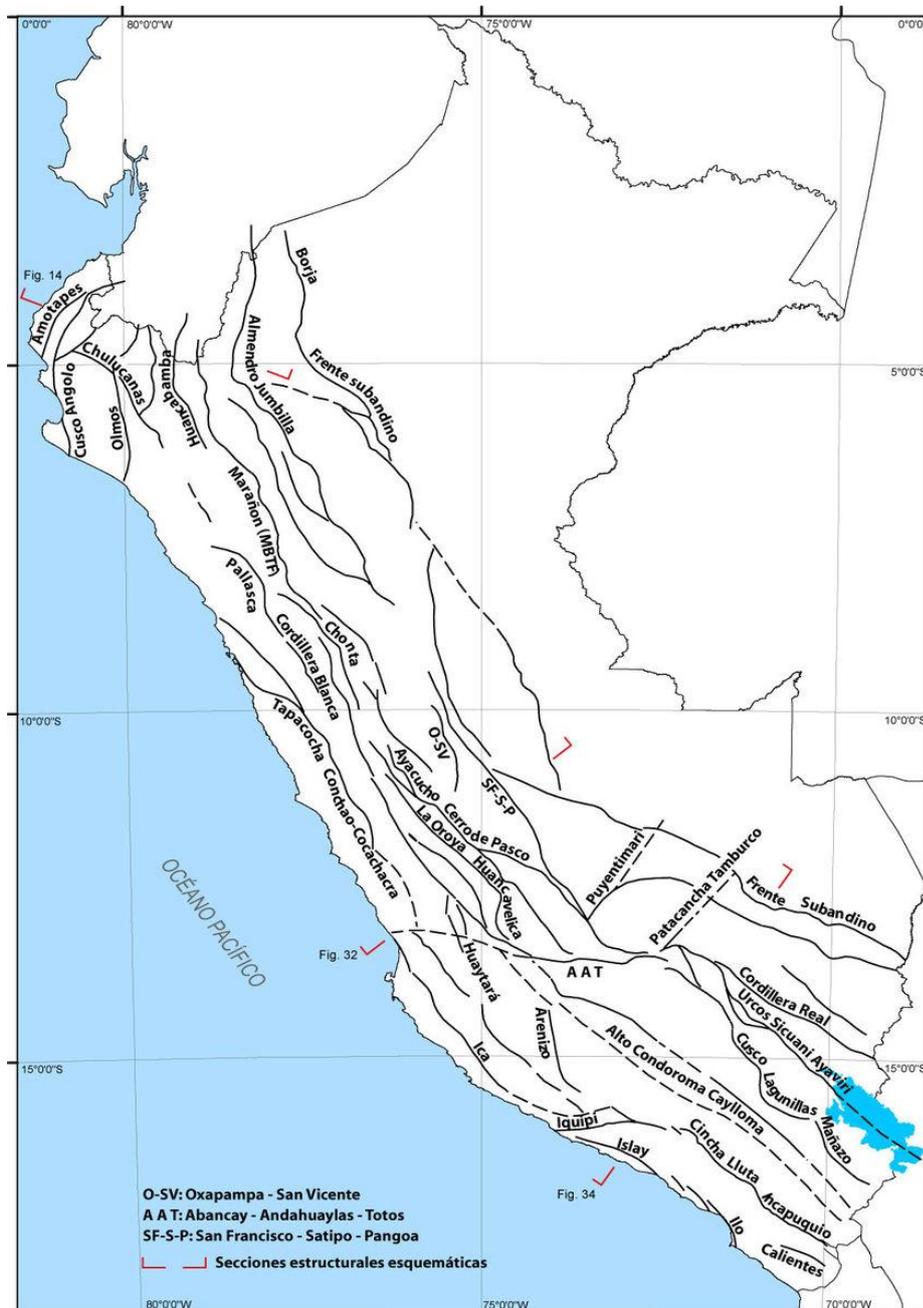


Figura 13. Mapa de Estructuras en el Perú

Fuente: INGEMMET (2005)

El proyecto se ubica en el flanco este de la falla Huancabamba, y al oeste de la falla Marañón, que nos da una aparente estabilidad, porque las ondas sísmicas no pasarían a la planicie del proyecto.

2.12.5. Condiciones sísmicas

El objetivo de un análisis de peligrosidad sísmica es para determinar cuál será el movimiento sísmico que puede afectar al área del proyecto. Esta actividad superficial en la placa Continental, hace que algunos casos presente fallas en la cordillera que involucra al departamento de Cajamarca y por ende la zona de estudio, sin embargo a través del tiempo en Cajamarca, no se ha registrado movimientos sísmicos severos que afecten a las terrazas aluviales o estructuras geológicas similares, este caso probablemente se debe tanto en la cordillera oriental como en la occidental haya un sistema de graben y sirva como un elemento de amortiguamiento de los movimientos sísmicos, de tal forma que Inguero, Bellavista y sus alrededores no haya problemas de geodinámica interna que comprometa el proyecto.

En lo que respecta al lugar estudiado, predominan rocas areniscas, intercalados con lutitas, donde haciendo un examen cuidadoso del relieve, indica que no existen movimientos recientes de fallas asociados a eventos generadores de sismos, ni afectación a los depósitos coluviales, aluviales, que podrían implicar fallamiento del proyecto (Cruzado, 2015).

2.12.6. Zonificación sísmica del Perú.

Según la norma peruana E.030-97 de Diseño sismorresistente, el territorio nacional se considera dividido en tres zonas, según se muestra en la Figura 9. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en información geotectónica. A cada zona se asigna un factor “z” según se indica en la tabla, este

factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El valor del factor “z” esta expresado en gals (g).

Tabla 3. Factor zona

Zona	Factor de zona
3	0,40
2	0,30
1	0,15

Fuente: IGP (2015).

En la zona 3 está el departamento de Cajamarca y sus provincias.

2.12.7. Sismicidad histórica.

La distribución de los valores de intensidad máxima evaluada para los sismos históricos, en el interior del país, especialmente Cajamarca está en el último lugar en intensidad y la reseña histórica es:

1928 mayo 14,17:12 en la población interandinas del norte del Perú, total destrucción de Chachapoyas, graves daños en Jaén, Cajamarca; deslizamientos en el valle de Chamaya, en Pinpincos, 25 sepultados.

1928 julio 18,14:05 réplica del 14 de julio.

29 de mayo de 1990,21:34, terremoto en Amazonas, Cajamarca, Rioja, Moyobamba Jaén. Magnitud de 6,4 grados Richter, 77 muertos, 1680 heridos, 58,835 damnificados, 11 mil viviendas destruidas.

25 de setiembre de 2005, la región nororiental del Marañón fue sacudida por un sismo de magnitud 7,0 en la escala de Richter con intensidad V, en Cajamarca 6 heridos, 78 viviendas destruidas (Silgado, 1978).

Agrupando las regiones en que la frecuencia de los sismos con intensidad IV en escala MM son casi nulos en Cajamarca (IGP, 2015).

2.12.8. Leyes de atenuación.

La fuente de mayor incertidumbre en los estudios de peligrosidad sísmica es la determinación de la ecuación de atenuación que se va utilizar. La ecuación o ley de atenuación es una ecuación semiempírica que relaciona: magnitud-distancia-intensidad sísmica, entendiéndose por estos últimos paralelos a la aceleración, velocidad, desplazamiento e intensidad propiamente dicha de evento sísmico; estas relaciones se obtienen de los datos que existen sobre los parámetros mencionados.

En general los procedimientos utilizados para obtener las leyes de atenuación, consiste en ajustar curvas a los datos de movimientos sísmicos ocurridos en diferentes regiones, por lo que las expresiones así obtenidas reflejan las características geotécnicas de la región en estudio. La filosofía de las leyes de atenuación podemos sintetizar en dos aspectos:

- A una distancia R se espera tener la misma intensidad sísmica (aceleración, velocidad, desplazamiento e intensidad propiamente dicha).
- La intensidad sísmica disminuye conforme la distancia aumenta y viceversa (EAPIG, 2017)

2.12.9. Peligro sísmico probabilístico.

Entendemos de probabilidad, el peligro sísmico puede ser evaluado con el método de Cornell (Cornell y Marcke, 1969). La teoría indica que el peligro sísmico corresponde a la probabilidad de que ocurra un sismo de determinada magnitud que se genere, en un punto específico, una aceleración igualo mayor a un valor dado para un período de tiempo determinado. Considerando que la ocurrencia del sismo obedece a una distribución de Poisson debe tenerse en cuenta lo siguiente:

-El número de eventos que ocurren en un intervalo de tiempo es independiente de lo que ocurre en otro.

-La probabilidad de ocurrencia durante un período de tiempo muy corto es proporcional a la longitud del intervalo de tiempo.

-La probabilidad de que ocurra más de un evento sísmico durante un intervalo de tiempo muy corto es insignificante. Por otro lado, la intensidad (I) de un sismo en un lugar determinado, es considerado como dependiente de tamaño del sismo (magnitud y/o intensidad) y de la distancia al lugar de interés. El tamaño del sismo (s) y su ubicación (r) son considerados como variables aleatorias continuas definidas por sus funciones de densidad de probabilidad, $f_s(s)$, $f_r(r)$, entonces el peligro sísmico definido por la probabilidad de que la intensidad (I) sea igual o mayor que una intensidad dada (Tavera 2014).

2.12.10. Isoaceleraciones en el Perú

El mapa de peligro sísmico o isoaceleraciones para el Perú, corresponde a las máximas horizontales del suelo o PGA, obtenidos utilizando los parámetros definidos en anteriores estudios, una malla de nodos espaciados cada $0,1^\circ$ y el algoritmo CRISIS-2007. Los valores de PGA para períodos de 50 y 100 años con un 10% de probabilidad de excedencia se muestran en la Figura 10. En general las curvas de isoaceleración siguen las mismas tendencias observadas en los estudios realizados por Castillo y Alva (1993), siendo sus características más resaltantes los siguientes:

-Las curvas de isoaceleración máximas se distribuyen paralelamente a la línea de la costa, coincidiendo con la dirección en la cual se produce el proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana.

-Los valores de aceleración disminuyen paulatinamente conforme se tiende ir hacia el interior del país.

-Los valores de aceleración, próximos a la línea de la costa, son menores en la región norte, para incrementarse hacia la región sur, coherente con las zonas de mayor ocurrencia de sismos, tanto en frecuencia como de los grandes sismos ocurridos.

-En la región Nor-oriental, las curvas de isoaceleraciones, se encuentran en la región del Alto-Mayo (San Martín) y esto debido a la presencia del sistema de fallas: Rioja-Moyobamba.

-En todo el territorio peruano se observa que los valores de aceleración son menores a lo largo de la Cordillera de los Andes, coincidiendo con el índice o frecuencia de sismos; es decir menor número de sismos y sobretodo de magnitudes moderadas (menor a 6 Mw), similar situación se observa en el llano amazónico, hay una disminución de frecuencia y aceleración.

-Para estudios puntuales, se recomienda estudios específicos, para el peligro sísmico. (Instituto Geofísico del Perú).

Es importante que los organismos del estado, y los organismos privados, dispongan de información de base para todos los proyectos, tareas que se ejecutan en la gestión de riesgos en desastres. Tavera (2015), indica que los mapas sísmicos del Perú son instrumentos que ayuda a entender y comprender que vivimos en un país por excelencia muy sísmico, y estos peligros siempre están presentes, mientras el prevenir sigue siendo el único camino para la población y a convivir con ellos.

El mapa muestra la distribución espacial de todos los sismos ocurridos desde el año 1960, todos de magnitudes mayores a 3Mw. Estos eventos fueron clasificados en función a la profundidad a la cual ocurren en superficiales, intermedias y profundas, en el país existen hasta de profundidades de 700 km.

El Perú está considerado como uno de los países con mayor actividad sísmica, en el mundo debido a su ubicación en el “Cinturón de Fuego”. Situado en las costas del Océano Pacífico, este anillo de fuego es importante por concentrar el 75% de volcanes activos e inactivos del mundo y porque han tenido lugar ahí el 80% de los terremotos más poderosos de la historia. Ante esto nuestro país ha venido implementando medidas para mitigar los daños de un sismo, que como es sabido no se puede predecir. Solo en lo que va del 2016, el Instituto Geofísico del Perú (IGP), ha detectado 120 sismos, la mayoría de los cuales no han sido percibidos por las personas.

Según la institución, en el país existen tres fuentes donde recurrentemente ocurren movimientos telúricos. La primera abarca toda el área que se encuentra entre la línea de la costa y fosa peruano-chilena, lugar donde se genera la mayor cantidad de sismos. La segunda fuente comprende las fallas geológicas activas que producen sismos con menor frecuencia y magnitudes moderadas, pero que pueden producir grandes daños porque su epicentro se ubica cerca de la superficie. La tercera fuente que da origen a los sismos, se da en los niveles de profundidad entre 71-300 km y debido a ello usualmente no son percibidos en la superficie y no causan daños.

Para detallar más las zonas sísmicas en el país, los movimientos fueron agrupados por rango de intensidad y son los siguientes:

Sismicidad nula, se consideran las regiones donde no han sentido sismos de intensidad IV en la escala de Mercalli (MM). Las regiones son: Loreto, Ucayali y Puno.

Sismicidad baja, agrupa las regiones en que la frecuencia de los sismos con la intensidad IV en la escala Mercalli (MM) son casi nulas, están las regiones: Amazonas, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Cuzco, Huancavelica, Huánuco, Junín, Madre de Dios y Pasco.

Sismicidad baja, este grupo considera a las regiones en las cuales la frecuencia de sismos con intensidad IV en escala Mercalli (MM) es regular. Las regiones son: Tumbes, Piura, Moquegua, Tacna, Lambayeque, La Libertad y San Martín.

Sismicidad alta, en este punto se considera a las regiones en las cuales la frecuencia de sismos con intensidades mayores a IV en la escala de Mercalli (MM) es alta se ubica a: Región del Callao, Lima, Ica, Ancash y Arequipa. (IGP, 2015).

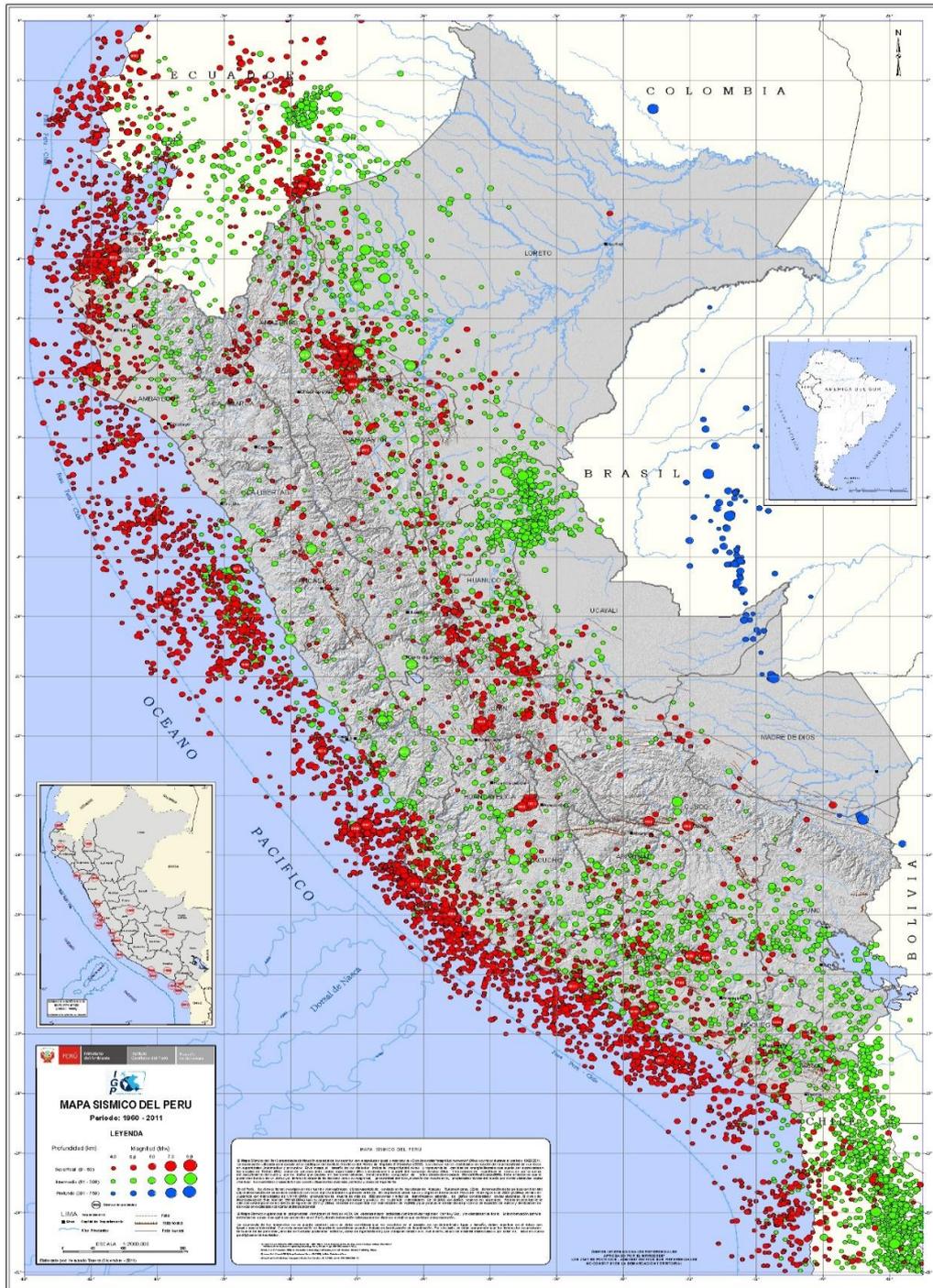


Figura 14: Mapa de sismos en el Perú

Fuente: IGP (2015)

2.12.11. Clima

Según la clasificación de Leslie Holdridge, la precipitación es igual a la evapotranspiración potencial ambos con un promedio de 784 mm al año 65,3 mm al mes, el promedio en temperatura mensual 24,0°C. Generalmente presenta una estación seca y otra húmeda, esta

condición favorece a la producción de cultivos zonales que llegan a la madurez en la época seca, facilitando de esta manera su cosecha. El maíz, la papaya, la palta, chirimoya, limón entre otras, están adaptados a este medio ecológico.

Se puede criar ganado con éxito en esta formación climática, siempre que se practique un buen manejo. Está dentro de un desierto, súper árido pre montano tropical (ds-PT) (Alcántara, 2001).

2.12.12.- Triángulo de Leslie Holdridge

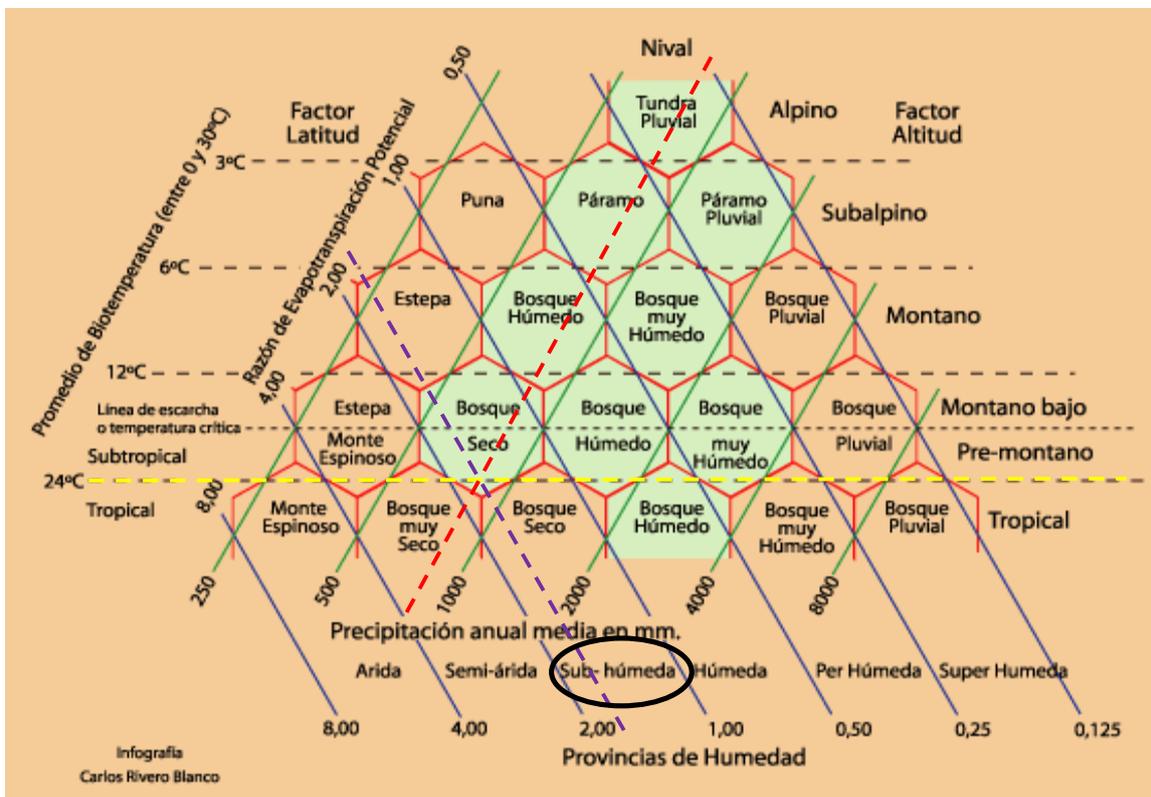


Figura 15. Diagrama de clasificación de vida de Holdridge.

Fuente: Alcántara (2001).

Con la temperatura de 24,0°C multiplicado por 58,93 obtenemos 1414,32, calculamos la relación de evapotranspiración potencial que es: $1414,32/784$ obtenemos 1,80, con este dato vamos a la región regiones latitudinales (lado izquierdo), por el lado derecho ubicamos las

precipitaciones anuales (784), en la intercepción nos da el hexágono correspondiente (bosque muy seco). Obtenemos provincia de humedad (sub-húmeda).

2.12.13. Suelos

Geológicamente los suelos de la zona de proyecto son residuales, a zonales aluviales, arenosos gravosos con plasticidad y contracción nula, suelos de la Yunga tropical en la que mayor parte de estos son de escaso desarrollo agrícola, ácidos y se presentan en pendientes 30-50% y poco profundos (litología variada) los suelos aluviales con alto contenido de areniscas, cuarcitas, con una capa orgánica (top soil) de 0,16 m en promedio, de 3,20 m de cobertura estéril que reposa sobre las arenas aluviales y coluviales, desde el punto de vista de clasificación científica estos suelos corresponden al orden de Andosol-Regosol (T-R) Haplustands-Ustorthents). Las características de estos suelos se originan de la descomposición de materiales volcánicos, mayormente andesíticos, asimismo desarrollados a partir de materiales no consolidados de origen aluvio - coluvial, suelos jóvenes, localizados en las terrazas medias o como deposiciones en ladera y pie de monte, moderadamente ácida, permeabilidad moderada, textura media, fertilidad limitada (Alcántara, 2011).

2.13. Medio biológico

2.13.1.-Zonas de vida

La zona de vida identificada en el área del proyecto es desierto súper-árido pre-montano tropical (ds-PT), según la clasificación de Poma, piso de altitud de 0- 1000 m.s.n.m, con precipitación de 59,6 mm, temperatura 24 °C, vegetación predominante de algarrobo, sapote, faique, caña brava, chilca; la cubierta vegetal es escasa; la zona de vida es estepa espinosa, sin embargo, en algunos lugares, la vegetación original primaria se mantiene y ha sido destruida por el sobrepastoreo y recolectado como material energético (Poma, 2011).

2.13.2. Flora

La flora, es diversa en el área donde se desarrollará el proyecto y se puede advertir, dos grupos de plantas desde el punto de vista de su origen:

Plantas introducidas por el hombre; con fines alimenticios son:

Maíz, plátano, papa, café, yuca; frutales como: papaya, naranja, limón, coco, ciruela, berenjena, piña, pastos cultivados como alfalfa, rye grass y arbustos como el faique, cedro, morero; no se observa árboles.

Especies amenazadas

En el área de influencia indirecta del proyecto, la especie amenazada es la palmera de hojas blancas (caserío La Palma), por la tala de estas plantas sin saber cuál es su forma de reproducción; lo utilizan para construir sus viviendas rústicas, su hábitat un microclima de alta humedad y en lugares un tanto inaccesibles. Otras especies amenazadas es el thunso, el romerillo; la vegetación leñosa está en peligro de extinción por el impacto antrópico que demanda especies leñosas (Peña, 2008).

Especies endémicas.

Observando toda la zona de influencia del proyecto, se ha detectado alguna especie en este estado por información de los pobladores y son: cernícalo primilla, lechuga común, murciélago de varias especies.

Tabla 4. Plantas que se desarrollan en el área.

Nombre común	Nombre científico
Penca verde	<i>Furcraea andina</i>
Cola de caballo	<i>Equisetum giganteum L.</i>
Berenjena	<i>Cyphomandra betacea</i>
Zarzamora	<i>Rubus sp</i>

Anís	<i>Tajetes filifolia</i>
Berro	<i>Roripa nastirtium acuaticum</i>
Granadilla	<i>Passiflora lingularis Juss</i>
Matico	<i>Piper sp</i>
Helecho	<i>Polypodium</i>

Fuente: Fukuara (2017)

2.13.3. Fauna

La fauna del área de influencia del proyecto es variada considerando a los animales domésticos y a los de la vida salvaje; ella depende de las condiciones directas e indirectas y de la disponibilidad de alimento y de condiciones de vida que el medio ofrezca.

La población de fauna doméstica se tiene al ganado vacuno, equino y porcino. El ganado vacuno (cebú) cumple más el propósito de producción de leche, el porcino para carne y grasa y el equino para el transporte. De otro lado se ha ubicado animales menores como cuyes, gallinas y patos. Dentro de la floresta que es relativamente escasa, se encuentran animales silvestres que son los siguientes:

Tabla 5. Animales silvestres.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Hábitat
Conejo silvestre	<i>Sylvilagus brasillensis</i>	Lagomorfos	Lomas con pasturas
Zorro	<i>Pseudalopex culpaeus</i>	Canidae	Lomas secas
Venado	<i>Mazama americana</i>	Cervidae	Lomas con pastura
Zorrillo	<i>Mephitis macroura</i>	Mephitidae	Madrigueras

Tabla 6. Aves silvestres.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Hábitat
Indio pishgo	<i>Zonotrichia capensis</i>	Emberizidae	Lomadas
Cernicalo	<i>Falco sparverius</i>	Falconidae	Afloramientos rocosos

Tabla 7. Tabla Anfibios.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Hábitat
Sapo terrestre	<i>Atelopus peruensis</i>	Bufoidea	Humedales
Sapo acuático	<i>Telmatobus brevipes</i>	Leptodactylidae	Espacios con agua

Tabla 8. Tablas reptiles

Nombre común	Nombre científico	Familia	Hábitat
Serpiente (varias especies)	<i>Bothriechis schlegelii</i>	Viperidae	Habitan dentro matorrales y debajo de piedras

Tabla 9. Tabla Recursos Acuáticos.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Hábitat
Tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i>	Cichlidae	Río Chinchipe
Bocachico	<i>Prochilodus magdaliniae</i>	Prochilodontidae	Río Chinchipe

Además, existen arácnidos, insectos, zancudos y aves de diversos órdenes, que hacen que la zona sea muy interesante para el turismo de naturaleza, la recreación y vida salvaje.

2.14. Áreas naturales protegidas

Dentro del ámbito del proyecto, no se han encontrado áreas protegidas por el estado peruano, sin embargo, como se tiene conciencia ambientalista y durante la etapa de ejecución del proyecto, será obligatorio cuidar el medio ambiente y la estabilidad de los taludes.

2.14.1 Recursos e infraestructura.

Constituidos, por la carretera de acceso a la zona del proyecto, que están afirmadas, para los niveles de operaciones actuales, los campamentos de estadía del personal, que son de material noble, con proyección de ampliación, y talleres a implementar en el proceso de pilotaje. El

agua para el proceso industrial será abastecida de la quebrada Colorado, o del río Chinchipe con un sistema de bombeo establecida y sus respectivas tuberías de envío.

Para el uso doméstico de agua no contamos con la dotación de agua potable, se compensa con agua envasada por el momento. Los terrenos superficiales son de propiedad de la Sociedad Minera, y el área de los petitorios mineros titulados con el emplazamiento siguiente son:

Tabla 10. Área de petitorios mineros

PETITORIO	ÁREA (ha)	CONDICIÓN
MANGAI	100	TITULADO
LUCILA	200	TITULADO
TOTAL	300	

Fuente: INGEMMET (2017)

Contamos con la infraestructura y recursos básicos, la infraestructura y planta está en estudio de factibilidad.

2.15. Geología general.

La región en estudio está constituida por una secuencia donde afloran unidades litoestratigráficas correspondientes del sistema Cretácico superior al sistema Neógeno superior, lo mismo que al Cuaternario; afectados por un sistemas de fallas regionales y otras locales cuya morfología superficial está dada por esta característica última y la litología del área, la zona presenta rocas del Precámbrico, del Paleozoico y del Mesozoico; superficialmente se observa la presencia de una monótona formación morrénica-cuaternaria, el yacimiento de arenas aluviales aurífera de Tamborapa y Chinchipe, que son de la característica aluvional aglomerático, presentándose en horizontes más o menos gradados donde la ocurrencia de oro libre y magnetita, va desde la zona de contacto con la roca base hasta la superficie (Huayhua, 1996).

2.16.- Geología local.

En relación a lo anterior, el mismo autor señala que en el flanco oriental, se presentan rocas de variada consistencia y litología, correspondiente al Cretácico superior a Paleógeno de las Formaciones: Celendín, Chota, Cajaturo y El Milagro respectivamente. En el flanco occidental se tiene depósitos de conglomerados del sistema Neógeno superior, representados por la Formación Tamborapa cuya distribución es de mucha amplitud en esta zona, esto es, en la cuenca del río Chinchipe, las que contienen oro libre de diferente granulometría, por lo que en la margen izquierda se tiene la presencia de margas, limoarcillas, calcarenitas gris amarillentas, calizas de color gris claro; todo este panorama en las partes altas, en las partes bajas se tienen depósitos aluviales de naturaleza limoarcillíticas que cubre a los conglomerados materia de estudio, formando una superficie moderadamente accidentada en el meandro denominada La Manga aproximadamente: 15 metros.

Se muestra la secuencia de la columna estratigráfica obtenida de la zona mediante mapeo y correlación de la estratigrafía del lugar de estudio.

2.17.- Geología estructural.

El área presenta un sistema regional de fallas como el denominado El Recodo y el Porvenir, cuya proyección da lugar al curso del río Chinchipe con curso de NW-SE, existiendo también fallas locales, cuya presencia y afecto está dado por la topografía actual del área. En el meandro de La Manga hacia el sur se observa a 15 metros encima del nivel del agua, los horizontes sedimentarios con rumbo y buzamiento visible, el primero S 50°W con un buzamiento de 15° al SE, que nos puede indicar el límite inferior de los depósitos aurífero arenoso (El investigador, 2010).

2.18.- Geología económica.

En general para todas las áreas las condiciones y recursos existentes lo hacen atractivo el llegar a conocer el real potencial aurífero aluvional, de los aventaderos y también de las playas donde localmente se han observado trabajos de mineros informales, posiblemente por la profundidad de estas labores y desconocimiento de técnicas artesanales habrían abandonado los trabajos. Es conocido y comentado que logran picar el estrato de arena aluvional, de las partes más oscuras, lo ciernen en malla menos media pulgada, este fino lo ensacan y lo llevan a lavar en el plato o “puku”, obteniéndose la arena negra con los fragmentos medios y finos de oro, la arenilla negra en una observación macro se observa metales pesados como magnetita y molibdenita, los informales lo descartan, llevándose solamente el oro libre grueso. Los estudios de campo que se va realizar y cuyos resultados nos permitirán estimar reservas minerales, cuyas leyes deben justificar una exploración detallada, que justifique la explotación racional del recurso no renovable, buscando la rentabilidad sostenible y el cuidado del medio ambiente (El investigador, 2012).

2.18.1. Características del yacimiento.

El petitorio minero MANGAI y LUCILA, están emplazados en un tipo de yacimiento de carácter secundario aluvial aurífero subtipo fluvial (según Mc Donald), como producto de la concentración mecánica y la del agua en movimiento sobre sedimentos a los que arrastra, transporta, produciendo choques zarandeo, martilleo; haciendo que los más ligeros sean transportados con más facilidad y los pesados con más dificultad. Se ha establecido fehacientemente la presencia de oro en el área, en volúmenes regulares, falta corroborar la presencia de metales pesados, contenidos en mg/kg. A lo largo del río Chinchipe se registran zonas favorables para la formación de placeres, entre los que destaca La Manga, en términos generales, en el área se identifica un nivel de cauce subactual-actual constituido por material detrítico, en el cual se concentran los minerales pesados, entre ellos el oro. Por las dimensiones

de las partículas, se asume que han sufrido largo transporte, pues el oro se presenta mayormente en forma de finas partículas en forma de laminillas con vesículas de aire, a veces alcanzan los tres milímetros de largo. La deposición ha sido cíclica, generalmente en época de crecida y el lavado se realiza en lugares donde mengua la corriente. La dirección predominante de estos paleocanales y canales es N-S. En las terrazas se obtuvieron valores de 0.45 g/m³ puntuales, en algunos sectores de exploración, que debe ser corroborado el contenido de metales pesados (Observación de campo, 2016).

2.18.1.1. El gran lago Rentema antecedente del yacimiento.

Una masa rocosa expuesta a la intemperie es atacada por agentes meteóricos que producen cambios; por un lado, rompe la roca en pedazos más chico y por otro lado provoca un ataque químico sobre los minerales constituyentes (Medina, 1998). Está cubierta alterada se llama regolito, esta es una roca sedimentaria, formada por porciones aún reconocibles de las rocas primitivas. En todos los casos, el destino final no es siempre el océano, porque existen paradas en cinturones de cordillera, en terrazas de la cuenca de ríos, estos yacimientos con constituyentes duros, pesados y valiosos, estamos frente a la formación de los placeres.

Pero al ocurrir un estancamiento se genera la deposición por gravimetría, de los metales pesados frente a las arenas, hay una degradación que al final los cantos rodados de mayor diámetro quedan cerca de la roca base, como aventadero, que posteriormente los sedimentos de menor peso han conformado el suelo, al hacer presión hidrostática, el estancamiento sobre la cordillera, rompe y discurre el agua, hacia el Marañón, dejando el valle con los sedimentos descritos, materia de investigación (Huayhua, 1994).

En tanto las aguas del Marañón se abrían paso por las fisuras y fallamientos de la cordillera oriental, cortando y erosionando las formaciones rocosas sedimentarias en su ruta hacia la gran Llanura Amazónica y hacia el Atlántico. Este “gran lago”, es posible que haya alcanzado su

máximo nivel y estabilidad en el Oligoceno (30-40 millones de años). Infranqueable que represó las aguas durante millones de años y que al ceder provocó la total vaciante y extinción definitiva del espejo lacustre.

La zona de Inguro-Guayape-Bellavista, presenta actualmente parajes semiáridos, cubiertos por arbustos espinosos y rodales de cactáceas Marañón, denominados “Lago Rentema” y que diera lugar a las llanuras baja de las provincias actuales de Jaén, Bagua y Utcubamba. Es posible que estas llanuras en el Plioceno medio y superior se vieron valles ribereños y los valles fluviales, han sido prácticamente extinguidos por la reciente colonización humana del siglo pasado (Lozano, 1948).

En consecuencia, el agua, con su enorme poder de arrastre, de destrucción en una parte y construcción en otra, ha llevado la mayor parte en la formación de los yacimientos fluvio-aluviales, produciéndose en todo el trayecto la concentración mecánica, basados principalmente en las diferencias de peso específico, tamaño y forma de las partículas, conjuntamente para efectuar la separación de los minerales finos y ligeros de los pesados y gruesos (Gutiérrez, 1991).

Lo anteriormente explicado se refiere al fenómeno de la formación de los suelos y subsuelos, que contienen los metales pesados y que de alguna forma han contaminado el suelo en el proceso de deposición natural (Huayhua, 1996).

2.18.2. Estructuras mineralizadas - alteraciones

Los conglomerados en mención con contenido de oro y metales pesados, encerrados en la arenilla negras, presentan una disposición anisotrópica de los fragmentos redondeados y una orientación Norte-Sur de sus ejes mayores intercaladas con estructuras lenticulares de arena gruesa a fina de color pardo rojiza en la que la concentración de oro es mayor a los de manera práctica, los mineros siguen como guía en sus labores.

El conglomerado en el área está exento de material arcilloso y en algunas zonas no tiene matriz cementante, lo que permitirá una adecuada labor; la potencia o espesor del conglomerado y arenas aluviales auríferas se estima en 5 metros a 20 metros. Los conglomerados conformados por fragmentos redondeados a sub-redondeados, heterométricos y heterolecitos, constan generalmente de rocas de origen de material intrusivo, sedimentario, volcánico y metamórfico, aglutinados por una matriz limoarcillosa-arenosa ocasionalmente intercaladas por estructuras lenticulares delgadas de arena fina con gravas, limo de color pardo rojizo y con presencia de oro libre, con una estratificación nada definida y de espesores de 30 a 50 metros, que corresponden a la Formación Tamborapa (Salazar, 1967), que pertenece a la provincia metalogénica occidental (Ponzoni, 1980), genéticamente relacionada a la evolución del territorio durante el ciclo andino (sedimentación-plutonismo-tectonismo).

La Formación Bellavista cuya presencia se observa en la zona de la curva de la confluencia del río Tabaconas con el río Chinchipe, correspondiente al sistema Neógeno, serie Mioceno con litología semejante a la anterior en las que las estructuras lenticulares son muy escasas respecto a la Formación Tamborapa, también con presencia de oro libre en sus diferentes granulometrías.

En la parte noreste del petitorio partes altas, de los cerros hacia la margen izquierda del río Chinchipe, en las inmediaciones de la quebrada Agua Roja, Monte Grande, Zapotal, Santa Rosa, Puerto Guayape, se tiene distribuida la formación El Milagro, material conglomerádico con semejantes características que las anteriores, las que también presentan estructuras por efecto de la erosión por lluvias, en las partes que afloran, presentan contenidos de oro libre, variando en la forma laminar y de menor espesor (Huayhua, 1994).

2.18.3. Controles de mineralización

La presencia de arena aluvial, con clastos de diferentes formas, tamaños y orientación; los colores, las alteraciones que se destacan en este estrato, nos permiten definir la presencia inicial de arenas negras que representan en macro los metales pesados y el oro libre que es afín a los mismos.

2.18.4. Génesis y paragénesis del yacimiento

Las diversas ocurrencias mineralizadas que contienen oro y otros metales pesados han sido sometidas a un proceso de meteorización mecánica y química, mediante las cuales las menas se desintegran y se descomponen. Los principales agentes de meteorización son las aguas cargadas con oxígeno, dióxido de carbono, sales y ácidos, los cambios de temperatura y los efectos biológicos, principalmente de la vegetación. El proceso erosivo comienza cuando el material meteorizado es removido de la roca madre, ya sea como material rocoso disuelto en aguas circulantes o por gravedad, viento o hielo y depositados subsecuentemente en otros lugares (Huayhua, 1994).

La mayor parte de minerales de mena y los que forman la roca son inestables y al ser sometidos a condiciones de temperatura y presión superficiales, más bajas que aquellas a las cuales se formaron, tienden a descomponerse formando minerales estables, bajo estas nuevas condiciones. Por las circunstancias y procesos descritos, el material removido puede sufrir transporte o permanecer insitu. Sin embargo, existen algunos minerales que son más resistentes a cambiar, que la mayoría, dependiendo de sus propiedades químicas y físicas (dureza, clivaje, asociaciones texturales).

Los placeres mecánicos (exsitu-con transporte), la concentración mecánica de los metales y minerales se produce por la acción combinada de gravedad, acción del agua y martilleo de acuerdo al desplazamiento; aquellos que se encuentran en el área de origen sin sufrir proceso

alguno de transporte, ni selección son los llamados “placeros eluviales”, la movilización de este material puede dar lugar a otro tipo de placeros: coluviales, aluviales, eólico (Milla, 1998).

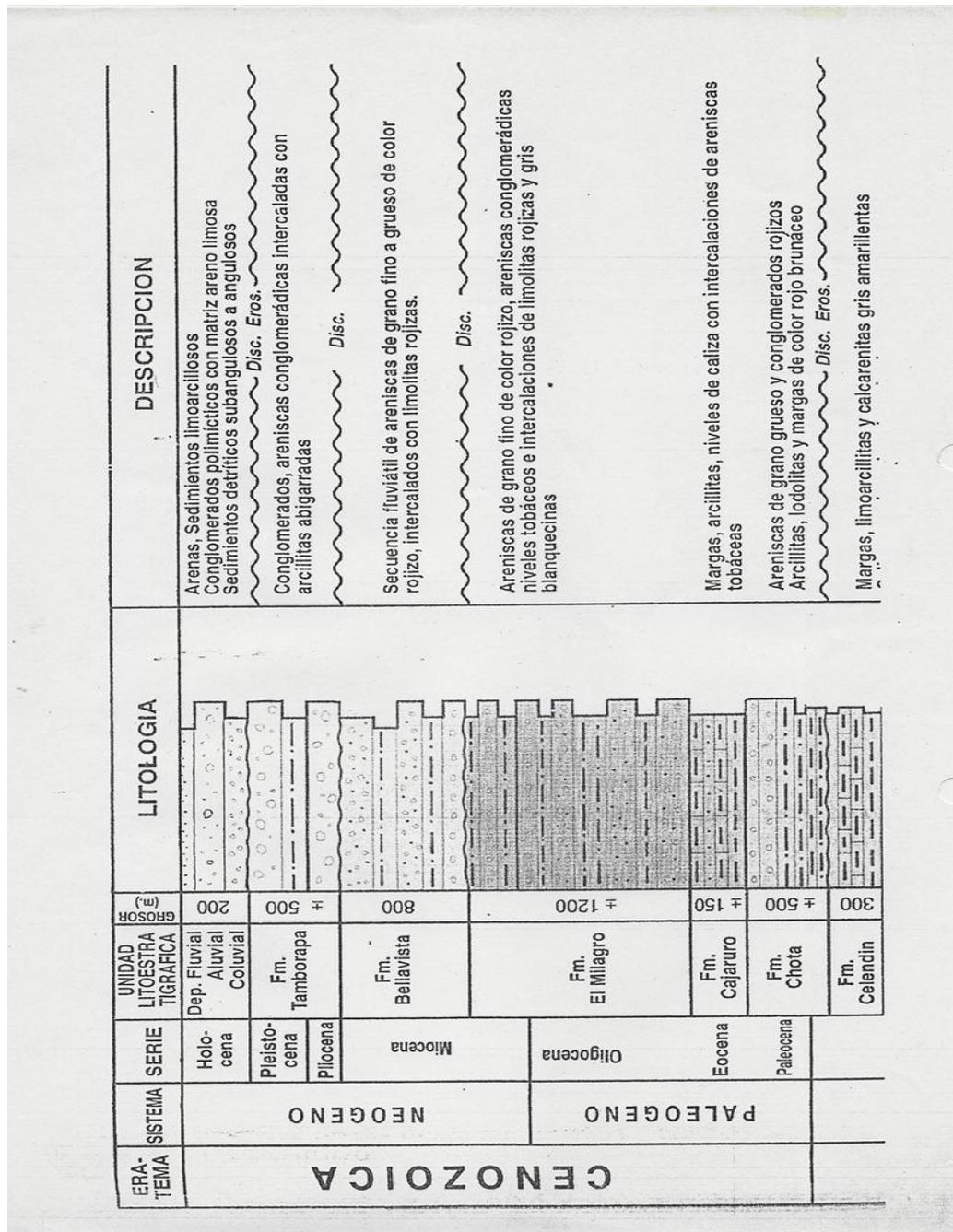


Figura 16. Columna Estratigráfica Local.

Fuente: INGEMMET (2011)

Estas variedades, químicas y físicamente estables dan lugar a minerales detríticos persistentes que pueden concentrarse en placeros bajo condiciones favorables.

Los depósitos fluvio-aluviales tienen su origen en la meteorización de rocas antiguas de la Cordillera El Cóndor, las que contienen vetillas de cuarzo aurífero, transportado y depositado en áreas o zonas con condiciones favorables a su sedimentación por corriente de agua torrentosa a grandes distancias de su origen, en la que el oro disgregado por acción física ha sufrido un martilleo constante que dio origen a la disminución de tamaño, tomando formas particulares y laminares.

El caso del proyecto el “depósito tipo placer” que viene a ser un depósito de arena, grava u otros materiales residuales o detríticos que contiene uno o más minerales de valor económico; los cuales se han acumulado por procesos de meteorización y concentración mecánica. Las características que presentan este tipo de depósitos son:

- 1) Contiene por lo menos un elemento valioso, el cual es relativamente pesado y resistente a la abrasión y erosión.
- 2) El mineral valioso está libre de la roca a la que estuvo asociado (roca matriz).
- 3) El metal valioso se encuentra concentrado en contenidos relativamente económicos.

El oro libre y los metales pesados (magnetita) por su peso específico, se encuentran en estado nativo, de tamaño varían desde polvos finísimos hasta partículas en condiciones de ser vistas en macro (Huayhua, 1994).

2.18.5. Metodología de cálculos de bloques de mineral

Según su certeza:

2.18.5.1. Probado

Es aquel en el que no existe virtualmente ningún riesgo de discontinuidad entre los puntos muestreados, presentando además evidencias geológicas de continuidad por el tipo de formación. El coeficiente de certeza aplicable al volumen de recurso probado es de 1.

2.18.5.2. Probable

Es aquel en el cual el factor de riesgo es mayor que el indicado para el probado, pero que tiene suficientes evidencias geológicas para suponer la continuidad del mineral, sin poder asegurarse su dimensión ni el contenido de sus valores, en base a las características geológicas conocidas del yacimiento. El coeficiente de certeza aplicable al volumen del recurso es de 0.75 (Naupari, 2000).

2.18.5.3. Prospectivo (posible)

Es aquel mineral cuyo volumen y leyes estimadas se basan mayormente en el amplio conocimiento de carácter geológico del depósito debiendo tener algunas muestras y mediciones para su dimensionamiento. El estimado o apreciación se basa en la continuidad asumida o inferida o la repetición de evidencias geológicas.

Las evidencias geológicas pueden ser:

- Diagrama de curvas de isoleyes y/o cocientes metálicos.
- Cateos, trincheras accesibles.

Áreas de influencia cercanos a bloques de mineral probado y probable.

El coeficiente de certeza aplicable al volumen del recurso prospectivo es de 0.5 estos no constituyen reserva.

2.18.5.4. Potencial

Es el volumen de recurso o mineral cuya estimación se basa mayormente en el conocimiento del carácter geológico del yacimiento, es decir no depende de la exposición directa del yacimiento sino de indicaciones indirectas, tales como: litología favorable, estructuras geológicas, anomalías geofísicas o geoquímicas. En el caso de dimensionarse, muchas veces

se localiza más alejado que el mineral prospectivo y en áreas donde las evidencias geológicas son favorables.

2.18.6.- Según su valor

Se considera:

2.18.6.1. Reservas minerales, mineral comercial (mena)

Son los recursos económicos, porque con la infraestructura a plantearse podrán obtenerse productos aceptados en el mercado bajo las condiciones vigentes y porque su valor excede todos los gastos directos (gastos de operación y regalías) e indirectos incluyendo íntegramente la depreciación anual (máquinas, equipos, instalaciones) amortizaciones y gastos financieros.

La reserva de mineral de una mina es la suma del mineral probado y probable existente en ella, que sea económicamente explotable (Naupari, 2000).

2.18.6.2. Reservas marginales

Son aquellos que cubren los gastos directos (incluyendo regalías) pero no los indirectos, considerando amortizaciones, depreciaciones y gastos financieros. Su operación no da utilidades, pero ayuda a disminuir las pérdidas provocadas por los gastos fijos e indirectos que no se evitarían con la paralización o disminución de la escala de operaciones. Este recurso es potencial, porque con mejoras en los parámetros económicos (reducción de costos o aumento de los precios de los metales) pueden convertirse en reservas minerales.

2.18.6.3. Reserva sub-marginales

Son los que no cubren los gastos directos bajo las condiciones existentes y que aún bajo las condiciones previsibles no alcanzarían a cubrir adicionalmente los gastos indirectos; requerirán variaciones favorables más allá de lo actualmente previsible en los parámetros económicos, para transformarse en mineral económicamente explotable, es decir en reservas.

2.18.6.4.-Bloqueo de placeres

La reserva probada y probable que se estima en los placeres, está relacionada a las ejecuciones de zanjas o calicatas en nuestro caso, generalmente se ejecutan en los vértices de cada hectárea, que se adecuan a las características del depósito mineral y a la experiencia acumulada sobre este tipo de depósito de mineral. Generalmente los depósitos minerales que presentan mayor irregularidad en la mineralización, requieren de espaciamientos más amplios que los depósitos que presentan distribuciones erráticas.

El conocimiento de la geomorfología y del régimen depositacional estacional permite delinear mallas primarias de prospección y exploración con el contorno de anomalías que facilita el diseño de mallas secundarias de zanjas para obtener una mejor precisión en el bloqueo de reservas (Naupari, 2000).

Cuando la variabilidad de la mineralización es uniforme (isotrópica) o no se conoce su comportamiento se usa mallas cuadradas; pero si se observa que en una dirección presenta una mayor variabilidad en la mineralización (anisotrópica) los intervalos de perforación serán menores y se adoptara una malla rectangular o romboidal (Naupari, 2000). Se muestra el block diagrama de los blocks probado, probable y potencial, sobre el petitorio minero-topográfico y con los puntos de muestreo preliminar de la zona en estudio que son las 5 ha.

La exploración por “analogía” con otros depósitos minerales similares, especialmente en placeres, nos lleva a usar los parámetros que ya han sido utilizados previamente, en el caso de los depósitos aluviales, la variabilidad de los valores en las concentraciones de oro, magnetita están generalmente entre 40% y 200%. En base a esta fuerte variabilidad las mallas de los pozos o calicatas deben seguir los intervalos recomendados para mineralizaciones irregulares y muy irregulares de acuerdo a la Tabla 11. (Naupari, 2000):

Características de la mineralización.

Tabla 11. Característica de la mineralización.

Depósito de	Tipo de Sondeo	Malla de Perforación	Muy uniforme	Uniforme	Irregular	Muy irregular
Placeres	Prospección	Primaria	200 m.	150 m.	100 m	50 m.
Placeres	Exploración	Secundaria	100 m.	75 m.	50 m.	25 m.
Coefficiente de		Variabilidad	0-20%	20-40%	40-100%	100-200%

Fuente: Naupari (2000)

El bloqueo de placeres se realizará entre las calicatas o huecos que se agrupen dentro de las anomalías. La cubicación se efectuará siguiendo cualquiera de los métodos siguientes: por secciones transversales, por polígonos y por triángulos. Es recomendable el método de triángulos aplicando interpolaciones de los valores cut-off para el contorno del mineral económico.

El cálculo de potencia y leyes promedio para cada triángulo se seguirá el método del promedio aritmético pesado. El cálculo de las reservas totales se hará en función de las leyes promedio y de las áreas de los triángulos.

El mineral probable se ubicará en la periferia del polígono formado por las calicatas o huecos con leyes económicas. El mineral probable se extenderá hasta el valor interpolado que sea igual al cut-off o hasta la distancia igual al radio de influencia, o sea hasta la mitad del intervalo que media entre los huecos de calicata (Rivera, 1999).

Las mallas de calicatas o huecos deben de seguir los intervalos recomendados para mineralizaciones irregulares y muy irregulares de acuerdo a la Tabla 11.

El coeficiente de variación o de variabilidad = V

Desviación estándar = σ

Promedio aritmético = **Mar**

Número de muestras = **n**

Valor individual = **M**

$$V = \sigma / \text{Mar} * 100\% = \sqrt{\Sigma(M - \text{Mar})^2 / \Sigma M/n}$$

2.18.6.5. Cubicación de reservas probadas probables

En nuestro plan pilotaje se ejecutó trabajos preliminares, utilizando el sistema de puntos de muestreo sobre el lugar ya desbrozado, con intervalos de distancia a determinarse con el cálculo de la variabilidad en cada tipo de metal, inicialmente se ha optado, las dimensiones de una hectárea con un punto central, que son distancias de 100 a 71 metros. En malla cuadrada con saltos verticales que suman 25 metros de potencia.

Volumen = 10,000 m²/ha x 5ha x 15,06 m = 753,000 m³.

2.18.6.6. Trabajos exploratorios

Gestionado los permisos y autorizaciones ante los ministerios del ramo, se ejecutaron labores exploratorias en la zona de Inguro, el trabajo de campo consistió en la excavación primero del top soil, (manto orgánico) luego excavar la secuencia de la arena aluvial aurífera, se procedió al muestreo sistemático de 17 muestras preliminares y pozos en una extensión de 5 ha, tal como se observa en el plano de ubicación de muestreo, con su respectiva ubicación de coordenadas UTM.

Los pozos exploratorios, en los cuales algunos cogieron los taludes de horizonte a muestrearse, los pozos tienen secciones de 2.0 metros de lado como mínimo, excavados a diferentes profundidades, cortando la grava aurífera, el material de grava fue clasificado, a menos 3mm, obteniéndose muestras de cada punto 50 kg.; la arena fina fue lavada en un canal, que tiene la

base cubierta de una alfombra o yute y esta sujeta por trampas o compuertas, una vez terminado de lavar, se junta la arenilla negra en el plato o “puku” por observación directa de la arenilla negra que queda en el plato después del lavado, se estima el contenido de oro y la cantidad de metal pesado, se almacena y va pasar al sistema iCON (concentrador centrífugo portátil) para la recuperación final, de los metales cuantificándose la ley de entrada, las recuperaciones y análisis granulométrico.

La exploración se inicia en el lado este de la concesión hacia el oeste, en un área que comprende 5 ha de un perfil tipo ladera nos permite decir:

-La sobrecarga que es el primer material que se encuentra al iniciar la excavación, está compuesto por una tierra arcillosa con material orgánico, que presenta una potencia variable de 0,15 metros hasta 0,25 metros; de color marrón oscuro el material de sobrecarga tiene una potencia variable de 1,80 metros hasta 3,20 metros. No tiene valores auríferos comerciales, no se han tomado en cuenta como valores recuperables.

-La grava que es un material que se encuentra cubierto por la sobrecarga orgánica y está compuesto, por una matriz arenosa, silícea. El contacto entre la sobrecarga y la grava es completamente distinguible, primero por el color marrón claro oscuro de la sobrecarga y el color claro de la grava, que presenta el conglomerado de cantos redondos; segundo por el alto contenido de tierra orgánica y material limoso de la sobrecarga; en relación al material arenoso de la grava.

-El 90% de la grava está compuesto por cuarcitas y areniscas en forma de pequeños guijarros.

-El 60% de la grava está compuesto por materiales gruesos con más de ¼” de diámetro.

-El oro se ubica entre las partículas finas de una arena negra que se obtiene al lavar la arena fina de color claro y está compuesto mayormente por magnetita, el oro libre y otros metales

pesados; la potencia promedio de la grava es 25.00 metros. Como resultado de los trabajos exploratorios se han determinado los siguientes parámetros:

Área explorada: $100 \text{ m.} * 500 \text{ m.} = 50,000.00 \text{ m}^2$.

Potencia de la cobertura orgánica promedio: 0,16 m.

Potencia de la cobertura estéril promedio: 3,20 m.

Potencia promedio de grava: 15,06 m.

Reservas probadas: $50,000.00 \text{ m}^2 * 15,06 \text{ m.} = 753,000.00 \text{ m}^3$.

Volumen de cobertura orgánica: $50,000.00 \text{ m}^2 * 0,16 \text{ m} = 8,000.00 \text{ m}^3$.

Volumen de cobertura estéril: $50,000.00 \text{ m}^2 * 3,20 \text{ m} = 160,000.00 \text{ m}^3$.

Relación sobrecarga-grava: 0,22

Es decir que para extraer 1 m^3 de grava se necesita romper o retirar $0,22 \text{ m}^3$ de sobrecarga, del sector en estudio que abarca 5 ha.

Reservas Probables: corresponden al área periférica de las reservas probadas con una influencia de 15,06 metros de potencia= $32,500.00 \text{ m}^2 * 15,06 \text{ m.} = 489,450.00 \text{ m}^3$.

Tabla 12. Metros cúbicos de las reservas preliminares

RESERVAS-VOLUMEN	METROS CÚBICOS (m³)
RESERVAS PROBADAS	753,000.00
RESERVAS PROBABLES	489,450.00
VOLUMEN DE SOBRECARGA	168,000.00
VOLUMEN A REMOVERSE	1 410,450.00

Fuente: Proyectos Mineros de Inversión (Naupari, 1994).

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

3.1. Antecedentes.

La extracción del oro en forma artesanal, ya es conocida desde épocas anteriores, pero con métodos tóxicos (amalgamación) que contaminan el ambiente, y limitados por que no cuentan con los controles técnicos, que en proceso de lavado artesanal se da. Denominando al oro fino, oro hidrófobo (partículas de oro tan pequeñas y delgadas que flotan y tienden a ser transportadas por el agua) (Villachica, 1996).

Se han ubicado labores que han generado en nombres de la zona en donde se ha ubicado mineral, pero han sido épocas solamente, no ha existido un trabajo sostenido, ni tampoco un estudio que investigue la baja recuperación, con el sistema artesanal, si partimos de que Chinchipe significa oro fino (Carbajal, 1997). El área, es peticionada en el año 1994, luego explorada obteniéndose datos que confirman la presencia de metales pesados y oro libre, se ejecuta un pilotaje preliminar con lavado en canaletas, con recuperaciones bajas, alfombras, uso de bombas para el lavado de la arena aluvial, posteriormente en el año 2014 con varios datos de base se van implementando los campamentos, para complementar pruebas, pero con una alternativa más viable, el minado por el método de transferencia y la reforestación adecuada de las zonas explotadas para el uso agropecuario del sector en estudio. En un inicio se plantea 1000 m³/día, es posible calificar como pequeños productores mineros, para acceder

a la autorización de operaciones de parte de DREM se debe de ejecutar los tramites de Declaración de Impacto Ambiental y presentación del plan de minado.

3.2 Hipótesis

3.2.1 Hipótesis general

La concentración de magnetita y oro libre en los suelos aluviales de C.P. Inguero, Bellavista, Jaén, Cajamarca, son factibles de recuperarse mediante el método gravimétrico, como alternativa ambiental.

3.2.2 Hipótesis específicas

La granulometría influye en la recuperación metalúrgica gravimétrica utilizando los concentradores centrífugos para la magnetita y oro libre.

El alcance del método gravimétrico en el proceso concentración del oro y magnetita tiende a eliminar el uso de tóxicos.

3.3. Variables

Variable Independiente

Sistema Gravimétrico

Componentes

Basado en la granulometría, diferencia de densidades en materiales heterogéneos.

Variable Dependiente

Concentración del material fino

Concentración de magnetita

Concentración del oro libre

Componentes

Volumen de arena

Arenilla negra, propiedades magnéticas

Escamas y finos

3.3.1. Operacionalización de variables

Tabla 13. Matriz para la operacionalización de variables.

VARIABLES	Definición Conceptual		Definición Operacional	
			Indicadores	Índices
Variables independientes	Sistema gravimétrico de concentración	Basado en granulometría, en la diferencia de densidades en materiales heterogéneos.	Intervalos diarios	día
Variables Dependientes	Concentración Magnetita	Imantada arena fina	mg/m ³	---
	Oro libre	escamas, finos	mg/m ³	---
	Concentración de material fino	Volumen	Promedio Recuperación diario	m ³ % g/m ³
Variables específicas	Presión de agua		p.s.i	
	Velocidad rotación		rpm	

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación y acceso.

El petitorio minero MANGAI, se encuentra ubicado en el flanco oriental de los Andes orientales del Norte del Perú; en el centro poblado de Inguro, distrito de Bellavista, provincia de Jaén, región de Cajamarca. El yacimiento aluvial se encuentra en una terraza aluvial y presenta una ligera inclinación hacia el sur, tema de este reporte, se encuentra en el cerro Grande a 1500 metros del centro poblado Inguro en dirección sureste.

Las coordenadas UTM, que comprenden el área de estudio son **(1)** 9 395,460 N, 755,000 E, **(2)** 9 395,260 N, 755,000 E, **(3)** 9 395,260 N, 754,600 E, **(4)** 9 395,360 N, 754,600 E, **(5)**

9 395,360 N, 754,900 E y **(6)** 9 395,460 N, 754,900 E. a una altitud promedio de 500 m.s.n.m.

El acceso es por vía terrestre, pero también existe una alternativa aérea de Chiclayo a aeropuerto de Shumba que está en la vía Jaén-Yacimiento, partiendo de Lima:

Tabla 14. Accesibilidad de la zona

TRAMO	Km	TIPO CARRETERA	TIEMPO (HORAS)
Lima-Chiclayo	770	Asfaltada 1er Orden	10
Chiclayo-Jaén	320	Asfaltada 2do Orden	6
Jaén-Yacimiento	45	Asfaltada 2do Orden	1
TOTAL	1135		17

Recién se ha habilitado la vía que sale de la ciudad de Cajamarca hacia el yacimiento y se ahorra tiempo en 50%. Cajamarca-Hualgayoc-Bambamarca-Chota-Cutervo (San Juan de Chiple)-Jaén-Yacimiento.

4.2.- Clima y fisiografía.

El clima es variable en función a la altitud, cálido en el fondo de los valles y templado en las partes altas. La precipitación pluvial se presenta durante todo el año y se intensifica en los meses de diciembre a marzo, que corresponde al invierno; el verano que comprende de abril a noviembre, con clima caluroso y escasa precipitación que llega a 45 mm/mes; existe una vegetación de arbustos, el drenaje es por el río Chinchipe que hacia el noreste se une al Marañón. La clasificación climática del sistema Werren Thornthwaite SENAMHI califica al clima del proyecto C, que corresponde a un clima semiseco, cálido, con deficiencia de lluvia en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmeda.

La fisiografía es del tipo relieve moderadamente accidentado, un tanto más acentuado en el río Chinchipe, con elevaciones de 200 metros aproximadamente. El aluvión aglomerádico que ha sido cortado y retrabajado por los ríos y quebradas; este aluvión por su posición puede definirse como un aventadero con valores de metales pesados (magnetita y oro libre) la vegetación cubre incipientemente las colinas siendo un tanto exuberante en las quebradas.

Mapa fisiográfico e hidrológico de la región de Cajamarca.

Es moderadamente accidentado, un tanto más acentuado en el río Chinchipe, con elevaciones encima de los 500 msnm, con 200 metros en donde se observa las terrazas aluviales, que nos indica, el momento que hubo la descarga de la laguna Rentema, por rotura o falla de la cordillera oriental, que dio lugar al río Marañón.

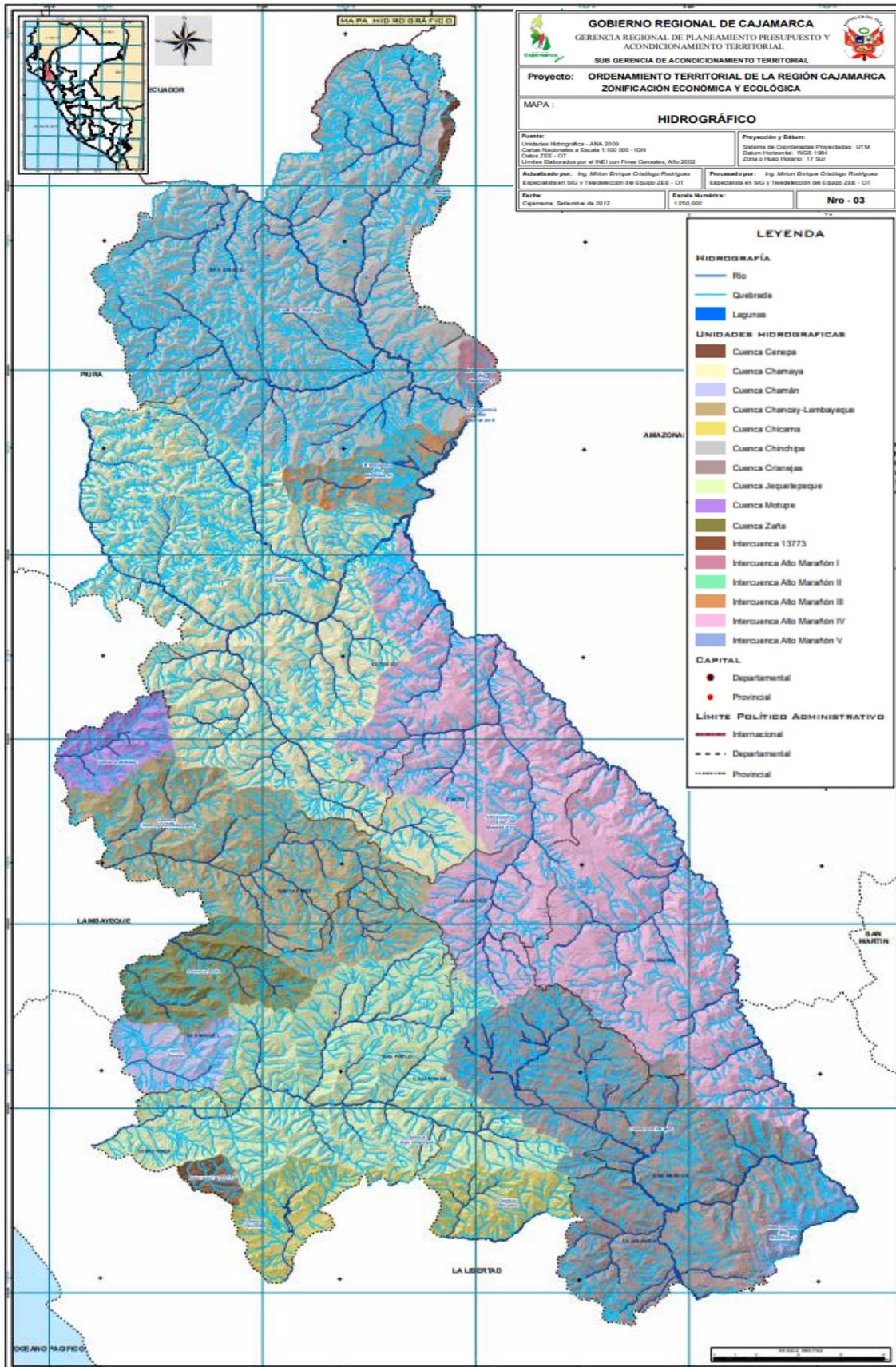


Figura 17: Mapa Hidrográfico de la Región Cajamarca.

Fuente: GRC (2012).

El drenaje es hacia el Atlántico, siendo el río Chinchipe que drena hacia el río Marañón, que finalmente desemboca al río Amazonas.

El área de estudio abarca una extensión de 5 ha y se ubica en la zona 17S con coordenadas UTM en el sistema WGS-84, cuyos vértices son:

Tabla 15. Vértices de la zona de estudio

VÉRTICES	NORTE	ESTE
V1	9 394700	755000
V2	9 394500	755000
V3	9 394500	754600
V4	9 394600	754600
V5	9 394600	754900
V6	9 394700	754900

Fuente: INGEMMET (2005).

El área de estudio se encuentra en el centro poblado de Inguro, distrito de Bellavista, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, entre las coordenadas (755,000 E, 9 395,000 N y 754,000 E 9 394,000 N) hacia el este de la vía a San Ignacio, en el desvío a Shumba y a una altitud de 500 m.s.n.m.



Figura 18. Ubicación política de la zona en estudio

Fuente: GRC (2012).

4.3. Diseño de la investigación

Empleamos la metodología, que requiere ejecutar un análisis cualitativo y cuantitativo, la investigación se sustenta en el diseño de pruebas experimentales a nivel de laboratorio, de las cuales algunas pruebas se realizaran en el laboratorio de la empresa, y otros se realizaran por empresas privadas, dedicadas a la experimentación e investigación de carácter metalúrgico, asociado al diseño de investigación descriptivo y explicativo.

- Laboratorios LABMIN SRL para análisis de leyes.
- Almacenes y oficinas de MANGAI SAC.

4.4. Propósito general de las investigaciones.

Propiciar y determinar la factibilidad económica de la instalación de una planta gravimétrica, para la concentración de oro libre y magnetita para el proyecto MANGAI, teniendo en cuenta los análisis y comparaciones de los datos obtenidos, para el cálculo costo/beneficio, para lo cual se aplicó la siguiente metodología de investigación. El diseño metodológico se realizó en tres etapas:

4.4.1. Primera etapa

La información de campo constituida por una serie de visitas, en plan explorativo y de reconocimiento de las áreas peticionadas y denunciadas, para reconocimientos preliminares de los materiales que presenta los terrenos aluviales, terrazas aluvionales, no hubo restricciones.

4.4.2. Segunda etapa

El año 2010 se indago si hubiese alguna estadística de operación minera anterior, mecanizada o semimecanizada, no se halló información de alguna operación extractiva, se procedió a ejecutar cateos y prueba de contenidos en cuadrillado de 50 m por 50 m, obteniéndose contenidos de oro libre y minerales pesados.

4.4.3. Tercera etapa

Durante los años 2012 al 2017 se procedió a la investigación más detenida de cada punto de muestreo en un área de 5 ha, que comprende 17 muestras sistemáticas, ejecutando calicatas y zanjas para la toma de la muestra representativa y proporcional, una vez codificada se asegura para su envío a Trujillo para su análisis en el laboratorio de LABMIN SRL y pruebas metalúrgicas con datos de cabeza (mineral de entrada), concentrado, recuperaciones y relave.

4.5. Descripción del proceso de investigación.

1.-Caracterización de las arenas aluviales. Al pretender realizar un estudio metalúrgico que nos acceda a conocer la información valiosa, donde las arenas como material aglutinante, los contenidos de oro libre y magnetita, los tamaños de fragmentos de mineral, donde el oro libre y la magnetita están distribuidos, asimismo conocer que otros materiales acompañan a los del estudio de investigación, como referencia, en la obtención del concentrado (caracterización de las arenas negras).

Para obtener datos, se muestreo las laderas de las arenas aluviales (insitu), para reunir la muestra representativa de la zona a trabajar. Estas muestras pertenecen a un compósito de aproximadamente 1000 kg, del punto de muestreo, debajo de la cobertura orgánica, de los sectores pertenecientes al petitorio minero MANGAI-Inguro. Del cual se realizará una homogenización y cuarteo para dividir en cuatro tipos de muestra: 1 para el análisis granulométrico, 2 para el análisis mineralográfico, 3 para el análisis químico del mineral de entrada, 4 prueba metalúrgicas, utilizables, para el pase y rendimientos de trommel y concentrador Falcón iCON.

2. Determinación de los parámetros para la instalación futura de una planta gravimétrica.

La toma de datos de campo, consiste en la ubicación de los puntos de muestreo UTM (Universal Transversal Mercator) de cada uno, su elevación, con el equipo GPS (Global Positioning

System) Sistema de Posicionamiento Global, tomando los datos en los puntos definidos en el plano y campo, tomándose los datos complementarios de los puntos, presencia de arena aluvial, densidad, porcentaje de humedad, vías de acceso, recopilándose otros datos que van a ser utilidad.

4.6. Pruebas experimentales a realizar en equipos principales y auxiliares.

Estará constituido por un principal y dos auxiliares, que la descripción anterior lo indica, la entrada del material al circuito, merecerá sea clasificado a menos $\frac{1}{4}$ ", al entrar al tambor rotatorio, despejará de inmediato la grava gruesa, y entrará al sistema de lavado menos $\frac{1}{8}$ ", que permitirá determinar la recuperación de los valores de oro libre y magnetita, en los porcentajes a calcular.

En el análisis y la interpretación de información obtenida, comprende analizar los resultados con aplicación de las técnicas de análisis estadístico de los datos de prueba obtenidos, para realizar las comparaciones y descripciones de la capacidad de los equipos a proponer en función a la opción financiera de MANGAI SAC.

4.7. Determinación de oro libre y magnetita en la zona.

El método de determinación tiende a ser simple, se extrae muestra de la matriz arenosa se clasifica a menos $\frac{1}{4}$ " y procedemos a lavar en el plato o "puku", que muestra 40 cm de diámetro, por 8cm de altura en el centro, después del lavado disgregando la posible arcilla que puede tener, queda al final un material pesado denominado arenilla negra, en donde para demostrar la presencia de magnetita, se acerca un imán y el material magnético es atraído; el restante es material de otros metales que no están consignados en el estudio, al proseguir el lavado con cuidado, se va observando las laminillas de oro libre, bastantes partículas finas que se puede observar en macro, y a través de la lupa de 20 aumentos.

4.8. Metodología de estudio

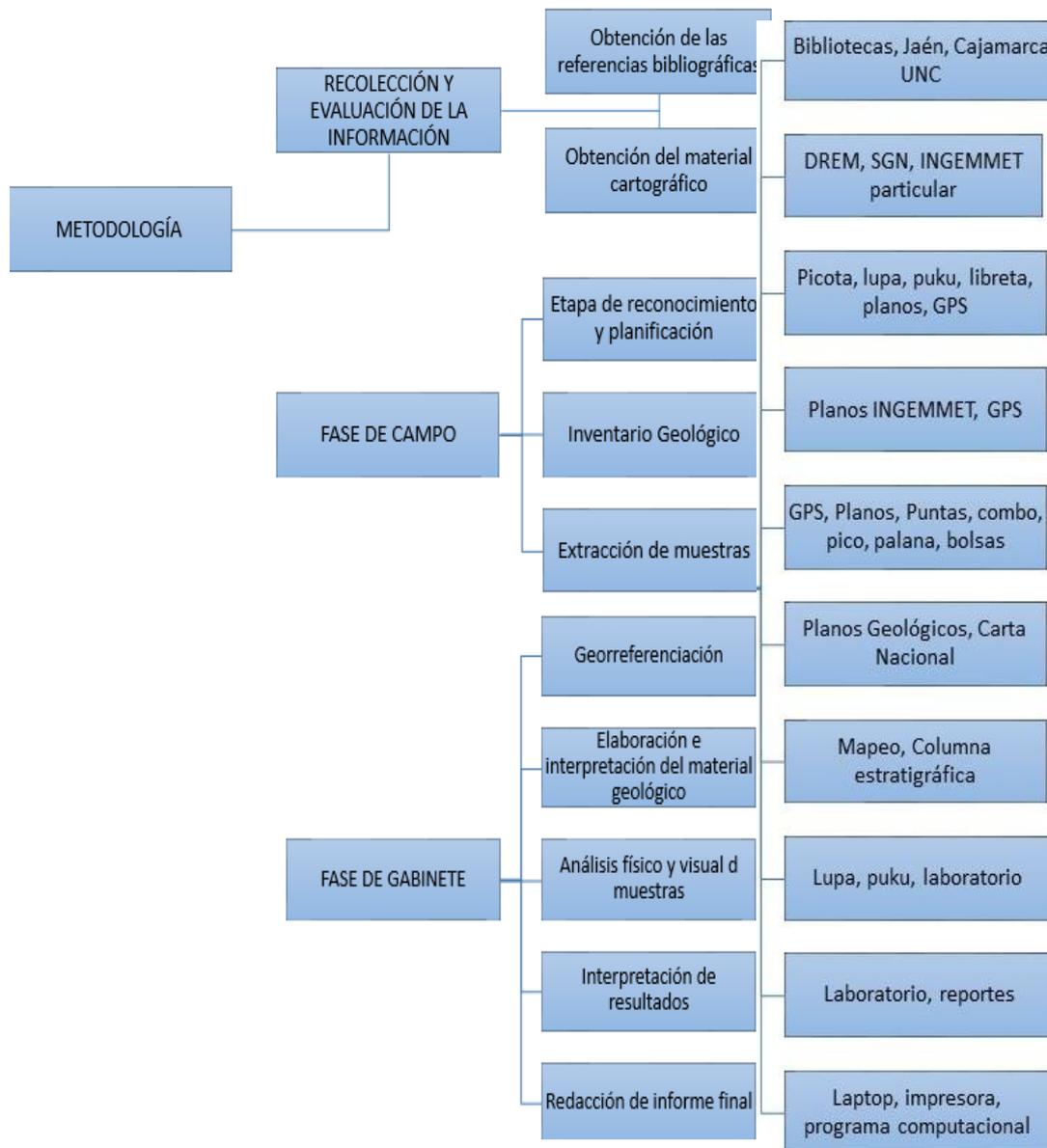


Figura 19. Metodología de investigación.

4.9. Método de investigación.

De la variada cantidad de métodos, es aplicable el método inductivo, de ir de lo particular a lo general, es decir desplazarse de hechos particulares hacia las afirmaciones de carácter general, implicando la obtención de resultados de las observaciones empíricas realizadas, para lograr un salto en el conocimiento; el método analítico al descomponer un todo en sus partes, observando causas, naturaleza y efectos y el método sintético, es decir los elementos aislados

se reúnen y se obtiene el todo concreto, nuestra investigación porcentajes de estos métodos (Ruiz, 1999).

4.10. Población, muestra, unidad de análisis.

Es claro y de vital importancia para el proyecto, que el material muestra de cada pozo o calicata sea representativa, proporcional, con el fin de asegurar, los resultados comparables a la realidad que vamos a ejecutar.

Para el muestreo se va hacer 17 calicatas o pozos, representativas del sector en estudio, en el cuadro resumen, podemos observar, ubicación, dimensiones y otros, cada calicata se va extraer 1000 kg de muestra, tal como se indicó servirán para una serie de pruebas metalúrgicas.

Sin embargo, también este muestreo fue elemental, para determinar: el mapa de isovalores de leyes de oro libre y posteriormente de magnetita, con el fin de poder visualizar los tipos de concentración.

A continuación, indicamos los puntos de muestreo, así como la relación de gruesos a la arena cernida de menos 1/8", es el siguiente:

Tabla 16. Puntos de muestreo, relación de gruesos a la arena aluvial.

Muestra	Cota m.s.n.m.	Cobertura Orgánica(m)	Cobertura Estéril (m)	Peso bruto kg	Peso Fino kg	% de Finos
MI-1	507	0,15	2,92	63,00	28,00	44,00
MI-2	509	0,18	3,90	86,00	39,00	41,80
MI-3	480	0,22	3,43	45,00	33,00	73,30
MI-4	508	0,14	1,40	72,00	34,00	47,20
MI-5	509	0,13	1,70	67,00	31,00	46,20
MI-6	510	0,15	3,37	83,00	37,00	44,60
MI-7	495	0,18	2,87	75,00	54,00	72,00
MI-8	502	0,23	3,80	68,00	34,00	50,00
MI-9	504	0,22	2,81	59,00	27,00	45,80

MI-10	506	0,20	3,02	62,00	29,00	46,80
MI-11	509	0,15	3,99	65,00	48,00	73,80
MI-12	512	0,10	3,72	75,00	34,00	45,30
MI-13	515	0,08	3,97	49,00	22,00	44,90
MI-14	512	0,14	4,38	59,00	26,00	44,10
MI-15	502	0,15	3,48	63,00	45,00	71,40
MI-16	510	0,13	4,22	65,00	40,00	61,50
MI-17	498	0,12	1,46	78,00	35,00	44,90
PROMEDIO	505	0,16	3,20	66,70	35,10	52,80

Fuente: LABMIN SRL (2017)

El desarrollo de los pozos fue de manera manual, como etapa de exploración y más aún con la presencia de la vegetación tipo de arbustos, la presencia de maquinaria fue utilizada en los sitios con accesibilidad regular y segura; se necesitó 2 obreros y las herramientas conocidas, obteniéndose la muestra de manera manual.

Tabla 17. Coordenadas y dimensiones de las muestras

MUESTRA	UTM (N)	UTM (E)	COTA (msnm)	DIMENSIONES (m³)
MI-1	9 394,700	755,700	507	2 x 2 x 10
MI-2	9 394,600	755,000	509	2 x 2 x 9
MI-3	9 394,650	754,950	480	2 x 2 x 12
MI-4	9 394,700	754,900	508	2 x 2 x 13
MI-5	9 394,600	755,000	509	2 x 2 x 18
MI-6	9 394,650	754,950	510	2 x 2 x 22
MI-7	9 394,500	755,000	495	2 x 2 x 19
MI-8	9 394,500	754,900	502	2 x 2 x 21
MI-9	9 394,550	754,800	504	2 x 2 x 23
MI-10	9 394,600	754,800	506	2 x 2 x 18
MI-11	9 394,500	754,800	509	2 x 2 x 16
MI-12	9 394,550	754,750	512	2 x 2 x 14
MI-13	9 394,600	754,800	515	2 x 2 x 10

MI-14	9 394,500	754,800	512	2 x 2 x 12
MI-15	9 394,550	754,750	502	2 x 2 x 13
MI-16	9 394,600	754,600	510	2 x 2 x 11
MI-17	9 394,500	754,600	498	2 x 2 x 15
PROMEDIO			505,1	2 x 2 x15,06

Fuente: LABMIN SRL (2017)

4.11. Determinación promedio de la cobertura orgánica

Es el material fértil o material orgánico compuesto por limo y arcilla es la parte donde están las raíces del hábitat vegetal, por debajo de esta capa se encuentra las gravas auríferas, por lo que es importante determinar el promedio de esta cobertura que es 0,16 m, de la cobertura estéril que es promedio 3,20 m, dato que servirá para determinar el volumen que se va remover, para acceder a la arenas aluviales, por otro lado cada tipo de material debe ser depositado en un lugar apropiado, para su reutilización, porque las gravas arenosas una vez tratadas, serán retornadas a los tajos de donde fue extraída, para que posteriormente sea cubierta por este material orgánico, con el fin de revegetar, los sitios del tajo, minimizando el impacto ambiental a la zona.

4.12. Análisis del mineral.

Para obtener la seguridad de los datos y resultados de las pruebas metalúrgicas, se ve por conveniente realizarlos en el laboratorio especializado, se contrata los servicios de LABMIN SRL solicitan 500 kg, por cada punto de muestreo y de la columna de material arenoso aluvial, del sector en estudio en la concesión minera MANGAI-Inguro.

La empresa especializada LABMIN SRL ha realizado un informe sobre las 17 muestras de cada punto de muestreo, con los análisis de cabeza (mineral de entrada), concentrado, relave y recuperaciones, para luego proceder hacer una muestra compósito dado que la variabilidad de las leyes de oro libre, como de magnetita, califican como mineralización uniforme. Ejecutarán

un informe para hacer las comparaciones de los resultados obtenidos y la distribución de los valores.

Tabla 18. Informe parcial de la empresa

	Fuente de los datos	Técnica	Instrumento
Actividad diaria concentración	Inicio y término de operación	Observación cronómetro	Supervisión, reportes
Ley de mineral de entrada	Toma de muestra de aluviales	Absorción atómica	Análisis laboratorio especializado
Ley de concentrado a obtenerse	Toma de muestras del concentrado	Absorción atómica y vía seca	Análisis laboratorio especializado

4.13. Análisis químico de la muestra del mineral de entrada en material aurífero.

Los ensayos químicos de la muestra compósito con un peso de 500 g, de las arenas a evaluar en su primera fase de ensayo, y primera fase de muestreo, va ser analizado por el método combinado FIRE ASSAY y absorción atómica para determinar las concentraciones de oro libre y magnetita.

4.14. Caracterización mineralógica.

Una de las muestras que es representativa del compósito parcial de muestras de las arenas aluviales, fue analizada, y reporto las siguientes propiedades de la muestra:

Tabla 19. Características mineralógicas.

Densidad del mineral	2,2 t/m³
Porcentaje de humedad	3,0 %

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017).

La densidad, fue determinada por varias pruebas del método del picnómetro; la humedad, fue determinada con secado en el horno de laboratorio de varias muestras.

4.15. Pruebas metalúrgicas preliminares a realizarse al mineral de entrada del material aurífero.

De acuerdo al flow sheet planteado y mostrado en la figura adjunta, se realizará las pruebas metalúrgicas a las arenas aluviales auríferas, en una primera parte del proceso de investigación, para observar la recuperación de la siguiente forma:

4.16. Pruebas con el concentrador gravimétrico Falcón iCON.

1.-El producto del lavado que pasa por la clasificación, el canal y alfombras, pasan a ser la cabeza (mineral de entrada) de las pruebas en Falcón iCON.

Gravedad específica de la muestra parcial 2.2 t/m³.

4.17. Prueba experimental para concentrador Falcón.

Según LABMIN SRL las variables de velocidad y presión de agua a utilizarse en la prueba será lo indicado, con predicción de recuperación de oro y magnetita.

Tabla 20. Condiciones de operación de la concentradora Falcón iCON:

Velocidad	Presión de agua	Caudal	Predicción para recuperar Au	Predicción para recuperar Fe₃O₄
Rpm	psi	m ³ /hora	%	%
2100	6	0,24	76,08	78,2
2100	6,5	0,30	78,39	79,1
2100	7	1,20	80,00	82,0

Fuente. Laboratorio LABMIN SRL (2017).

Con una velocidad de operación de 2100 rpm y 7 psi de presión de agua, se estima una recuperación de Au en 80,0%, para la magnetita 82,0%, con el concentrador centrífugo Falcón iCON.

La variable específica es la presión de agua y la constante es la velocidad de rotación que genera las 300 G.

4.18. Muestreo de la zona para el desarrollo de etapa de estudio de concentración.

Se programó 17 calicatas-pozos, de las cuales se obtuvo las muestras representativas, proporcionales de cada uno, distribuidas simétricamente en la zona de estudio con profundidades fraccionadas hasta 22 metros.

A continuación, indicamos las ubicaciones de muestra, codificado, con las leyes, expresado en las unidades indicadas, es un avance del estudio, lo demuestran, en el caso del oro libre expresado en g/m³ (gramos por metro cúbico), en el caso de la magnetita en mg/kg (miligramos por kilogramo).

Para la obtención de las diecisiete muestras, no hubo problemas de accesibilidad, en este proceso se extrae 1m³ de material (clastos, arena aluvial), en una de las opciones se procede a concentrar el oro y la magnetita, haciendo los pesajes respectivos, esta operación se ejecuta con los platos o “pukus”; el grado de recuperación regular a buena depende de la habilidad del operador, es una operación repetitiva hasta que quede la arenilla negra y el oro libre, en donde está contenido: la magnetita, el oro libre, que al final se obtiene un peso promedio de 10 kilos por muestra, que será embolsado, codificado y enviado a Trujillo o Lima según corresponda.

Complementando el trabajo total del muestreo de los 17 pozos-calicatas, es posible utilizar, las técnicas de análisis estadísticas, para definir zonas de mayor concentración de mineral, espaciamiento adecuado de muestreo, en base a la variabilidad de muestreo y otros aspectos afines. A continuación, indicamos las leyes preliminares de muestreo:

Tabla 21. Leyes de muestreo

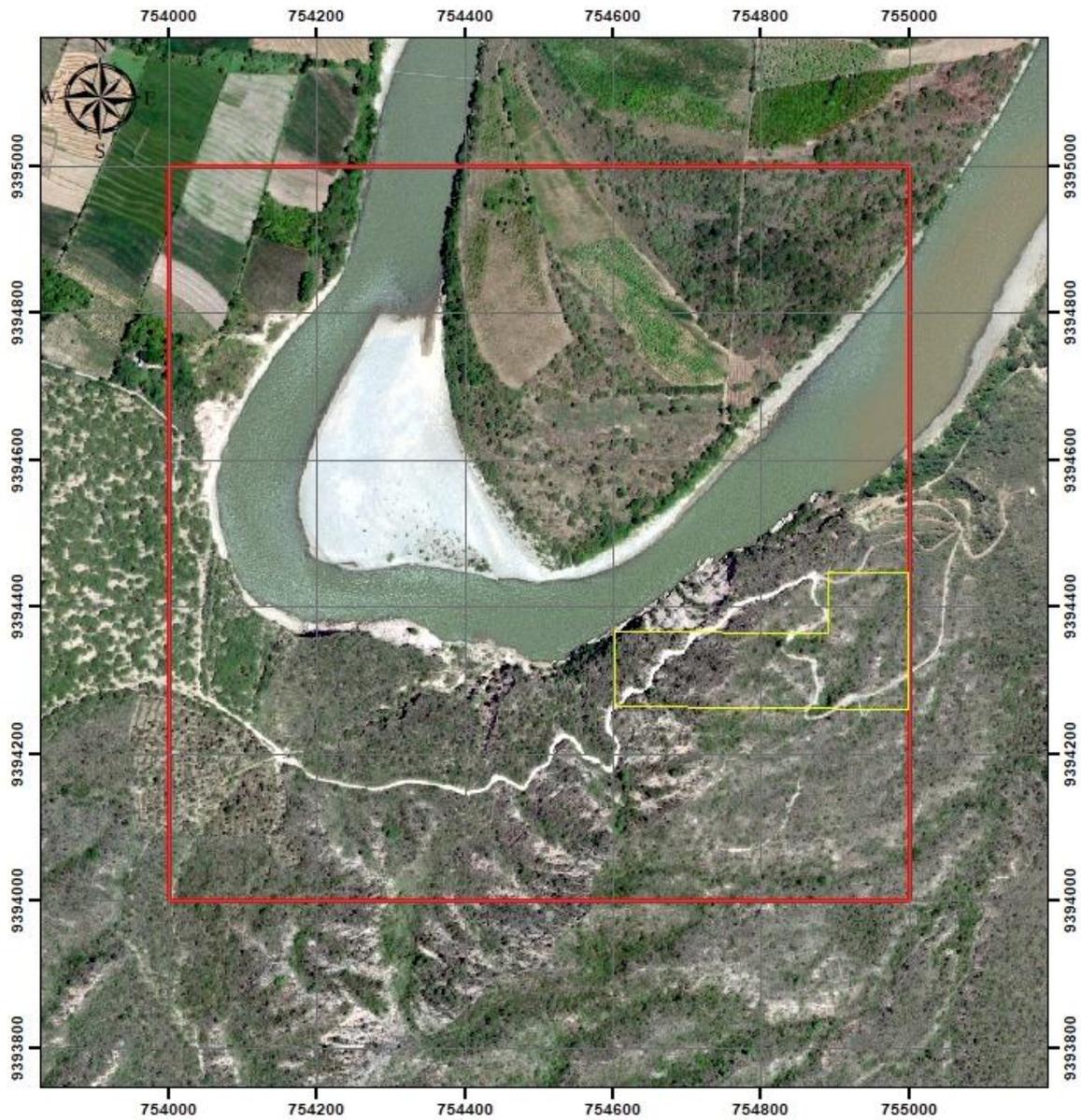
MUESTRA	UTM(N)	UTM(E)	COTA	Au (g/m³)	Fe₃O₄ (mg/kg)
MI-1	9 394,700	755,700	507	0,65	10.70
MI-2	9 394,600	755,000	509	0,47	16.68
MI-3	9 394,650	754,950	480	0,40	12.14
MI-4	9 394,700	754,900	508	0,60	14.01
MI-5	9 394,600	755,000	509	0,32	11.55
MI-6	9 394,650	754,950	510	0,29	13.69
MI-7	9 394,500	755,000	495	0,58	16.79
MI-8	9 394,500	754,900	502	0,52	17.78
MI-9	9 394,550	754,800	504	0,43	16.71
MI-10	9 394,600	754,800	506	0,59	17,02
MI-11	9 394,500	754,800	509	0,26	18,20
MI-12	9 394,550	754,750	512	0,35	13,42
MI-13	9 394,600	754,800	515	0,31	15,24
MI-14	9 394,500	754,800	512	0,25	14,23
MI-15	9 394,550	754,750	502	0,42	22,45
MI-16	9 394,600	754,600	510	0,32	16,72
MI-17	9 394,500	754,600	498	0,34	17,87

Fuente Laboratorio LABMIN SRL (2017).

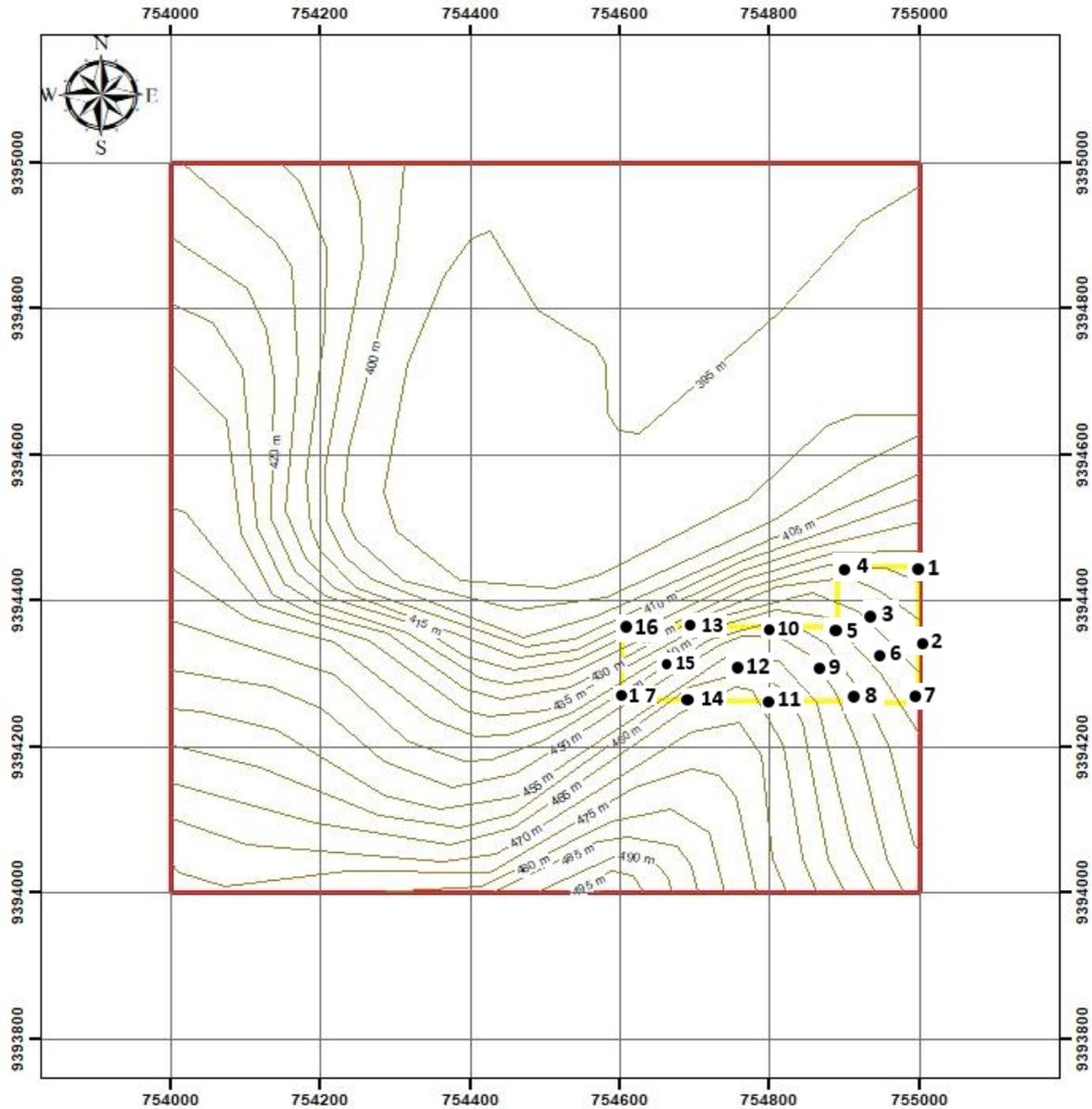
Para el cálculo de la desviación estándar (σ) para el caso del oro y las de magnetita analizada en el laboratorio químico metalúrgico de la Empresa LABMIN SRL (Trujillo). Se va a aplicar la siguiente fórmula:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (M - \text{Mar})^2}{(n-1)}} / (\sum M/n).$$

Es importante cuantificar los datos preliminares para su complementación final, y poder obtener la desviación estándar de las muestras y en base a este resultado, plantear la optimización del espaciamiento de muestreo.



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
	ESCUELA DE POSTGRADO			
	TESIS			
	Concentración de magnetita y oro libre, en los suelos aluviales de Inguro(Bellavista, Jaén, Cajamarca) por el método gravimétrico, como una alternativa ambiental			
	IMAGEN SATELITAL DE LA ZONA DEL PROYECTO			
	TESISTA: César Fabiano Lobe Jinez	FECHA: Mayo 2018	ESCALA: 1/8000	PLANO N° 03
ASESOR: Nilton Deza Arroyo	DATUM: WGS-84/Zona 17			



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
	ESCUELA DE POSTGRADO			
	TESIS			
	Concentración de magnetita y oro libre, en los suelos aluviales de Inguro(Bellavista, Jaén, Cajamarca) por el método gravimétrico, como una alternativa ambiental			
	PLANO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DEL PROYECTO			
TESISTA: César Fabiano Lobe Jinez	FECHA: Mayo 2018	ESCALA: 1/8000	PLANO N° 05	
ASESOR: Nilton Deza Arroyo	DATUM: WGS-84/Zona 17			

Con el cálculo de la variabilidad o del coeficiente de variación se va determinar el tipo de la característica de la mineralización tanto para el oro libre y la magnetita, y en base a este resultado se diseña la malla de muestreo preliminar por exploración.

Tabla 22. Cálculo de la variabilidad de oro libre y magnetita de los pozos de muestreo

MUESTRA	Au (g/m ³)	Fe₃O₄ (mg/kg)	(MI-Mar) Au	(MI-Mar)² Au	(MI-Mar) Fe₃O₄	(MI-Mar)² Fe₃O₄
MI-1	0,65	10,70	0,23	0,0529	-5,187	26,905
MI-2	0,47	16,68	0,05	0,0025	0,793	0,629
MI-3	0,40	12,14	-0,02	0,0004	-3,747	14,040
MI-4	0,60	14,01	0,18	0,0324	-1,877	3,523
MI-5	0,32	11,55	-0,10	0,0100	-4,337	18,810
MI-6	0,29	13,69	-0,13	0,0169	-2,197	4,827
MI-7	0,58	21,67	0,16	0,0256	5,783	33,443
MI-8	0,52	17,78	0,10	0,0100	1,893	3,584
MI-9	0,43	16,71	0,01	0,0001	0,823	0,677
MI-10	0,59	17,02	0,17	0,0289	1,133	1,284
MI-11	0,26	18,20	-0,16	0,0256	2,313	5,350
MI-12	0,35	13,42	-0,07	0,0049	-2,467	6,086
MI-13	0,31	15,24	-0,11	0,0121	-0,647	0,419
MI-14	0,25	14,23	-0,17	0,0289	-1,657	2,746
MI-15	0,42	22,45	0,00	0,0000	6,563	43,073
MI-16	0,32	16,72	-0,10	0,0100	0,833	0,694
MI-17	0,34	17,87	-0,08	0,0064	1,983	3,932
Σ	7,10	270,08		0,2676		170,022
Mar	0,42	15,887				

Fuente: LABMIN SRL (2017)

$$V_{Au} = \sqrt{0,2676/16 / (7,1/17)} = 0,129325171/0,42 \times 100 = 30,97\%$$

$$V_{Fe_3O_4} = \sqrt{170,022 / 16 / (270,08/17)} = 3,25981211 / 15,887 \times 100 = 20,52\%$$

La variabilidad del oro libre es 30,97% y la de la magnetita es 20,52%, según la Tabla 11, la característica de la mineralización es uniforme, para una prospección primaria, en el tipo de yacimientos de placeres, el espaciamiento de muestreo es 150 m. entre cada muestra, se determina el espaciamiento de 75,00 a 150,0 metros.

4.19. Cálculo de la ley ponderada de oro libre y magnetita.

Tabla 23. Cálculo de la ley ponderada de oro libre y magnetita.

MUESTRA	Au (g/m³)	Fe₃O₄ (mg/kg)	Longitud de canal (m)	(g/m³* L. de canal)	(mg/kg*L. de canal) Fe₃O₄
MI-1	0,65	10,70	10,00	6,50	107,00
MI-2	0,47	16,68	9,00	4,23	150,12
MI-3	0,40	12,14	12,00	4,80	145,68
MI-4	0,60	14,01	13,00	7,80	182,13
MI-5	0,32	11,55	18,00	5,76	207,90
MI-6	0,29	13,69	22,00	6,38	301,18
MI-7	0,58	21,67	19,00	11,02	411,73
MI-8	0,52	17,78	21,00	10,92	373,38
MI-9	0,43	16,71	23,00	9,89	385,94
MI-10	0,59	17,02	18,00	10,62	306,36
MI-11	0,26	18,20	16,00	4,16	291,20
MI-12	0,35	13,42	14,00	4,90	187,88
MI-13	0,31	15,24	10,00	3,10	152,40
MI-14	0,25	14,23	12,00	3,00	170,76
MI-15	0,42	22,45	13,00	5,46	291,85
MI-16	0,32	16,72	11,00	3,52	183,92
MI-17	0,34	17,87	15,00	5,10	268,05
Σ	7,10	270,08	256,00	107,16	4117,48
x	0,42	16,08			

Fuente: LABMIN SRL (2017)

Utilizando las siguientes relaciones obtendremos el promedio ponderado en Au:

$$Au = (\Sigma \text{ (g/m}^3 \cdot \text{L. de canal)}) / (\Sigma \text{L. de canal}) = 107,16 \text{ g/m}^3 / 256 = 0,42 \text{ g/m}^3.$$

Para el caso de la magnetita el promedio ponderado es:

$$\text{Fe}_3\text{O}_4 = \Sigma (\text{mg/kg} * \text{L. de canal}) / (\Sigma \text{L. de canal}) = 4117,48 \text{ mg/kg} / 256 = 16,08 \text{ mg/kg}.$$

4.20. Análisis estadístico de leyes de puntos de muestreo.

El coeficiente de Pearson nos va indicar como están relacionados las variables que son los g/m^3 en el caso del oro libre, y de la magnetita expresado en mg/kg para ello construimos la siguiente tabla:

Tabla 24. Cálculo del coeficiente de Pearson.

MUESTRA	Magnetita mg/kg (x)	Oro Libre g/m ³ (y)	x ²	y ²	x.y
MI-1	10,70	0,65	114,49	0,4225	6,96
MI-2	16,68	0,47	278,22	0,2209	7,84
MI-3	12,14	0,40	147,38	0,1600	4,86
MI-4	14,01	0,60	196,28	0,3600	8,41
MI-5	11,55	0,32	133,40	0,1024	3,70
MI-6	13,69	0,29	187,42	0,0841	3,97
MI-7	21,67	0,58	469,59	0,3364	12,57
MI-8	17,78	0,52	316,13	0,2704	9,25
MI-9	16,71	0,43	279,22	0,1849	7,19
MI-10	17,02	0,59	289,68	0,3481	10,04
MI-11	18,20	0,26	331,24	0,0676	4,73
MI-12	13,42	0,35	180,10	0,1225	4,70
MI-13	15,24	0,31	232,26	0,0961	4,72
MI-14	14,23	0,25	202,49	0,0625	3,56
MI-15	22,45	0,42	504,00	0,1764	9,43
MI-16	16,72	0,32	279,56	0,1024	5,35
MI-17	17,87	0,34	319,34	0,1156	6,08
Σ	270,08	7,10	4460,80	3,2328	113,36

Fuente: LABMIN SRL (2017)

Para ello calculamos el coeficiente de Pearson, con las siguientes relaciones matemáticas obtenidas en la tabla anterior, donde:

r = Coeficiente de correlación de Pearson.

$$r = \frac{n(\sum x \cdot y) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$r = \frac{17(113,36) - (270,08)(7,10)}{\sqrt{(17(4460,80) - (270,08)^2)(17(3,2328) - (7,10)^2)}}$$

$$r = \frac{1927,12 - 1917,568}{\sqrt{(2890,394 * 4,548)}}$$

$$r = 9,552 / 114,649$$

$$r = 0,0833$$

Que significa que los valores de magnetita actúan directamente sobre los valores de oro, pero en una correlación positiva débil.

Es posible también calcular el coeficiente de determinación que es r^2 y es:

$$r^2 = (0,0833)^2$$

$r^2 = 0,00694$ expresándola en porcentaje podemos decir:

$r^2 = 0,694 \%$ que significa que la variación del oro libre es en $0,694 \%$ respecto a los valores de magnetita.

Con lo que concluimos que los valores de magnetita y oro libre tienen una relación nula, los valores son independientes, y no están relacionados a fórmula de ecuación predictiva.

4.20. Medidas de tendencia central.

Tabla 25. Medidas de tendencia central.

MUESTRA	Au	Fe ₃ O ₄	(MI-Mar)	(MI-Mar) ²	(MI-Mar)	(MI-Mar) ²
	(g/m ³)	(mg/kg)	Au	Au	Fe ₃ O ₄	Fe ₃ O ₄
MI-1	0,65	10,70	0,23	0,0529	-5,187	26,905
MI-2	0,47	16,68	0,05	0,0025	0,793	0,629
MI-3	0,40	12,14	-0,02	0,0004	-3,747	14,040
MI-4	0,60	14,01	0,18	0,0324	-1,877	3,523

MI-5	0,32	11,55	-0,10	0,0100	-4,337	18,809
MI-6	0,29	13,69	-0,13	0,0169	-2,197	4,827
MI-7	0,58	21,67	0,16	0,0256	5,783	33,443
MI-8	0,52	17,78	0,10	0,0100	1,893	3,583
MI-9	0,43	16,71	0,01	0,0001	0,823	0,677
MI-10	0,59	17,02	0,17	0,0289	1,133	1,284
MI-11	0,26	18,20	-0,16	0,0256	2,313	5,350
MI-12	0,35	13,42	-0,07	0,0049	-2,467	6,086
MI-13	0,31	15,24	-0,11	0,0121	0,647	0,419
MI-14	0,25	14,23	-0,17	0,0289	-1,657	2,746
MI-15	0,42	22,45	0,00	0,0000	6,563	43,073
MI-16	0,32	16,72	-0,10	0,0100	0,833	0,694
MI-17	0,34	17,87	-0,08	0,0064	1,983	3,932
Σ	7,10	270,08		0,2676		170,020

Fuente: LABMIN SRL (2017)

La media es una de las primeras medidas de tendencia central y para los valores de magnetita y oro libre:

Media de la magnetita (mg/kg) = $\sum_i x_i/n = 270,08/17 = 15,088$ m/kg.

Media de oro libre (g/m³) = $\sum_i x_i/n = 7,10/17 = 0,42$ g/m³.

Varianza de la magnetita = $\sum_i (x-x_i)^2/n = 170,020/17 = 10,000$ (mg/kg)².

Varianza del oro libre = $\sum_i (x-x_i)^2/n = 0,2676/17 = 0,016$ (g/m³)².

Desviación típica de la magnetita = $+\sqrt{\sum_i (x-x_i)^2/n} = \sqrt{10,000 \text{ (mg/kg)}^2} = 3,162$ mg/kg.

Desviación típica del oro libre = $\sum_i (x-x_i)^2/n = \sqrt{0,016 \text{ (g/m}^3)^2} = 0,127$ g/m³.

Coefficiente de variación de la magnetita = $s/x = 3,162/15,887 = 0,20$.

Coefficiente de variación del oro libre = $s/x = 0,127/0,42 = 0,30$.

Error Estándar de la magnetita = $s/\sqrt{n} = 3,162/\sqrt{17} = 0,767$ mg/kg.

Error Estándar del oro libre = $s/\sqrt{n} = 0,127/\sqrt{17} = 0,030$ g/m³.

Gráfica de las variables de magnetita y oro libre en las arenas aluviales

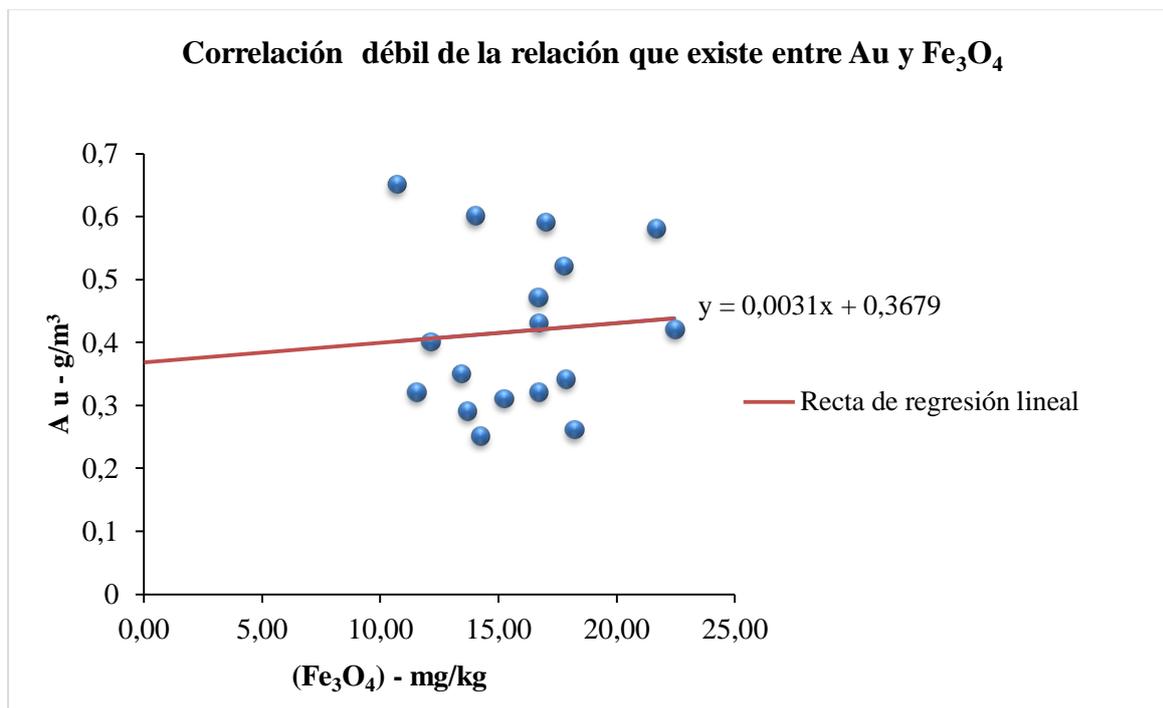


Figura 20: Correlación débil de la relación que existe entre Au y Fe₃O₄.

4.21. Plan de pilotaje.

En lo que respecta a los trabajos de pilotaje se ha ejecutado en varios meses, en el nivel 515, se hizo y trazo la malla de muestreo de distancias de 100,0 metros y 70,5 metros, para el muestreo sistemático de malla, en donde la finalidad era dimensionar la cobertura orgánica en cada punto de muestreo, abriendo un pozo con una sección de 2.00 metros por 2.00 metros y ejecutar la calicata o el pozo dependiendo de la topografía de la superficie, luego se procedió a extraer el producto de la grava aurífera, que era depositada en sacos de yute con su respectiva numeración o código, para el control y prueba de cernido y lavado con la obtención de la arenilla negra, en todo el proceso, debemos de obtener muestra de cada punto ubicado con sus coordenadas UTM, en el campo de muestreo.

4.22. El muestreo.

Son técnicas, para obtener muestras que deben ser representativas, proporcionales, cuyos resultados, serán utilizados para la evaluación preliminar económica y sistemática del yacimiento, estamos en una etapa de exploración.

4.23. Métodos manuales de muestreo.

Son los siguientes a ejecutar:

a) Método Integral. Este método, consiste en extraer manualmente por separado, todo el volumen del material en cada horizonte diferenciado o por capas de 1m de espesor, clasificándolos en sobrecarga, grava superior, intermedia e inferior, es posible considerarla como una muestra compósito y hacer la columna geológica.

b) Método por Canales. Preparada las paredes del pozo, puede ser vertical en lo posible, se procede a extraer la muestra por este método, cuya sección recomendable de 25 x 25 cm. por la potencia variable del pozo. Las muestras se extraen por capas que constituyen un horizonte litológico, ya sea por el tipo de material, granulometría de la grava, coloración, enseguida se procede al zarandeo a menos 1/8", y luego entramos al proceso de lavado posteriormente al bateado con el "puku".

La muestra MI, nos indicara (Muestra Inicial) en otras palabras ley de cabeza (mineral de entrada), que ha sufrido un proceso pre concentración, porque al sistema de lavado entra la arena fina separada de los gruesos más de 1/8". En el proceso industrial futuro tendrá la misma característica, al entrar al proceso de cernido, la muestra sufre un zarandeo (sacudida), que permite que las partículas finas de cualquier material, se precipiten por gravedad, al sistema de lavado.

4.24. Infraestructura de la unidad.

Para los accesos, a la zona se ha ejecutado trochas con el apoyo de una retroexcavadora, haciendo la mejora de la vía de acceso, el sistema de bombeo de agua se utiliza una estación de bombeo del río Chinchipe. La tubería de succión, es de 6 pulgadas de diámetro, para la columna de agua se utiliza tubería de 3 pulgadas de diámetro. Se tiene planeado la construcción de una poza forrada con vinimanta para dejar decantar los sólidos en el agua producto del lavado de arenas en el futuro, para evitar la contaminación del río Chinchipe; el agua decantada puede volverse a utilizar para las otras pruebas de pilotaje.

Como parte de los campamentos, se tiene una infraestructura básica para la llegada del personal técnico, de las pruebas, al igual que el comedor para el servicio de las visitas técnicas, contándose con un baño séptico.

4.25. Maquinaria y equipo a utilizarse.

Para la exploración preliminar en la fase pilotaje contamos con un equipo elemental para el avance de los trabajos de accesibilidad a la zona de proyecto.

- 1 Retroexcavadora 420 R Fiat Allis de 80 HP
- 1 Bomba de agua honda de 11 HP succión de 6 pulgadas y alimentación de 3 pulgadas.
- 100 metros de mangas de alimentación de 3 pulgadas de diámetro.
- 1 trommel móvil para la clasificación de arena fina a menos 3mm.
- 1 canalón de fierro con sus sluices, ancho de 0.50 metros y 2.50 metros de longitud.
- Tapizones que van encima del canalón, para la retención de los metales, para determinar las recuperaciones preliminares.
- 1 grupo electrógeno gasolinero.

-1 campamento de estadía de trabajadores y supervisión incluido el baño séptico.

-1 camioneta 4 x 4 para el traslado y servicios de personal de prueba.

-Herramientas y botiquín de primeros auxilios.

4.26. Condiciones ambientales de zona de prueba.

En el medio donde se estableció el sector de pruebas, las temperaturas ambientales en época de estiaje de 25° C a 32°C, en las épocas lluviosas en 18°C a 23°C, existe presencia de mosquitos, que es necesario el uso de repelentes, y protección en los dormitorios, es usual ir a posta médica del lugar para vacunarse con alguna campaña que se estuviese ejecutando. La ropa de trabajo debe ser apropiada y debe de proteger adecuadamente al personal que labora.

4.27. Eficiencia actual de las operaciones.

Es referente a lo cuantificado preliminarmente al rendimiento del personal, equipo a utilizarse:

Método de desbroce: 20 m³/hora.

Método de extracción grava: 10 m³/h.

Rendimiento de hombre-guardia: 0.80 m³/h.

Personal en la prueba: 3

Existe una serie de inconvenientes en las operaciones:

- En el proceso de desbroce se levanta polvo.
- En el proceso de retiro de raíces se levanta polvo, en el punto de muestreo.
- Retirar el top soil a una escombrera adecuada y regularmente ubicada.
- El rellenado de los pozos o calicatas de muestreo, para evitar incidentes.

Como plan de pruebas y pilotaje nos va servir de referencia para plantear, una serie de actividades en forma industrial, indicando las falencias e inconvenientes para su control y mitigación adecuada, al ejecutar la declaración de impacto ambiental (DIA).

4.28. Aspectos críticos en el actual plan piloto.

Se tiene que ejecutar un plan bien detallado para evitar contaminar, operar; el plan piloto fue la primera opción para poder sacar conclusiones del tipo de operaciones que debemos plantearnos, con actitudes que se acerquen a la realidad de nuestro entorno, para las diversas áreas que vamos a interrelacionar.

Iniciando por las relaciones comunitarias con el C.P. Inguro, que se ubica a 1500 metros del Proyecto, en este tema se hizo saber al teniente gobernador, sobre nuestro plan de trabajo, mostramos los documentos de titularidad del terreno superficial, petitorio titulado expedido por el MEM, en una primera fase de pilotaje, en una segunda etapa el proyecto en plan industrial, en todas las fases el no uso de tóxicos.

La adquisición de terreno eriazo superficial a la empresa agrícola ganadera “El Limón” en los petitorios concedidos por el estado peruano.

Toda esta gestión nos llevó a una reunión con la comunidad, la empresa y la autoridad, explicándoles y sustentando el motivo y el plan del proyecto sin el uso de tóxicos ni contaminantes, y el plan de reforestación de los terrenos a desbrozar para un plan agrícola-ganadero posteriormente una vez concluida la operación autorizada. Incluso en el sector más alejado del inicio de operaciones, está en proceso de la siembra de viveros de cacao, aprovechando infraestructura de bombeo de agua.

Existirá la opción de utilización de mano de obra de la zona, para los trabajos que se requiera hacer en el ámbito operativo del yacimiento, exploraciones y trabajos de remediación de medio ambiente, seguridad y otros afines, en forma rotativa para los pobladores del centro poblado.

Existen situaciones ligados a la política, pero al final es la comunidad del centro poblado de Inguro, la que nos proporciona la licencia social de apertura, y operación en la fase de pilotaje, posteriormente habrá otra en donde se indicara los planes del proyecto con fines sostenible, cuidando y mitigando los posibles impactos que van a surgir del proceso inicial, de construcción, operación y cierre.

4.28.1. Prospección y exploración

En los inicios de la prospección ha sido difícil, por la accesibilidad, la estadía, la pensión, el personal; pero en el transcurso del tiempo de trabajos preliminares, se ha ido mejorando todas las necesidades básicas, para el logro de los datos iniciales del proyecto y sacar los parámetros básicos de la operación.

4.28.2. Preparación de plataforma básica.

En el plan de pilotaje se ha preparado un banco o plataforma para, pruebas de inicio de piloto, se pudo ver la estabilidad de talud de trabajo del banco, su ángulo estable, su cohesión, su posible deslizamiento y la altura apropiada y segura. Así como el ancho de plataforma adecuada a la operación en época de estiaje y lluvia. Se tiene canales de coronación para contrarrestar la presencia de agua en el área de trabajo.

4.28.3. Acarreo y transporte.

En este rubro con la operación piloto no hubo, pero en el proceso industrial del proyecto va existir, la opción fajas, la opción transporte convencional; debemos optar el que genere menos impacto a la población y al área de operación (polvo, sonido, contaminación ambiental).

4.26.4. Protección de las pozas de decantación.

El lavado de arenas cernidas, va generar agua turbia, la construcción de esta infraestructura está planificada en un piloto prueba industrial, que debe de cumplir las normas y tiene que estar forrada con vinimanta (geomembrana) de 1 mm de espesor, va cumplir su objetivo al almacenar y decantar los sólidos del lavado, en el plan industrial operativo, debe de existir dos pozas en serie, la segunda seria poza de recirculación de agua de tratamiento, en su calidad de aguas que presenta un PH de 6.5 para evitar impactar al río Chinchipe, cuenta con el estudio de estabilidad y afines.

4.28.4.1. Determinación del caudal del río Chinchipe.

El agua elemento principal en el proceso del método gravimétrico, hay épocas de estiaje y de lluvias, se ha hecho las mensuras del caso y se ha obtenido en la siguiente tabla:

Tabla 26. Caudal del río Chinchipe por meses

Meses de estiaje	Distancia recorrido por flotador(m)	Tiempo recorrido por flotador(s)	Velocidad de agua (m/s)	Ancho de río (m)	Profundidad promedio de río (m)	Caudal de río (m ³ /s)
Mayo	30.00	13.65	2.20	50.00	5.00	550
Junio	30.00	16.80	1.79	48.00	4.80	412
Julio	30.00	17.78	1.69	45.00	6.00	456
Agosto	30.00	21.20	1.42	42.00	5.50	328
Setiembre	30.00	20.70	1.45	49.00	5.10	362

Fuente: CIMELCO (2008)

Es importante colocar el cerco de seguridad, para cualquier nivel de trabajo y evitar caídas del personal que labora en el plan piloto. El agua presenta un pH de 6,5.

4.29. Servicios Auxiliares

Los equipos a utilizarse en el futuro deben contar con cabinas apropiadas para la época de lluvia y también para tiempo de estiaje, en el pilotaje se ha observado que la planta industrial tiene

que estar protegida del sol, por la temperatura que alcanza el ambiente en época de estiaje (32°C), la planta industrial constara de un cernidor de doble piso, un trommel, sistema de lavado (canaletas), sistema de concentración (concentrador centrífugo). En el sistema de clasificación que inicialmente contamos con un dato inicial existe un 52% de finos respecto a los gruesos de más de 1/8”.

4.30. Matriz de consistencia metodológica.

Tabla 27. Matriz de consistencia metodológica

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variabes	Metodología	Población
<p>Problema General Es posible cuantificar el nivel de concentración de magnetita y oro libre que se ubica en los suelos aluviales de C.P. Inguero, con el método gravimétrico como alternativa ambiental?</p> <p>Problemas específicos Evaluar la recuperación de magnetita y oro libre mediante el método gravimétrico. Considerar el método gravimétrico como alternativa para controlar el impacto ambiental.</p>	<p>Objetivo General Determinar la concentración de magnetita y oro libre en los suelos aluviales de C.P. Inguero con leyes porcentuales en mg/kg, g/m³</p> <p>Objetivos Específicos Evaluar la recuperación de magnetita y oro libre mediante el método gravimétrico. Determinar el método gravimétrico como alternativa para controlar el deterioro ambiental de los suelos del lugar de investigación. Determinar la correlación de las variables en el proceso de concentración gravimétrica.</p>	<p>Hipótesis General La concentración de magnetita y oro libre en los suelos aluviales del C.P. Inguero, son factibles de recuperarse por el método gravimétrico, como alternativa ambiental.</p> <p>Hipótesis específica La granulometría influye en la recuperación metalúrgica gravimétrica, utilizando los concentradores Centrífugos para la magnetita y oro libre.</p>	<p>Las variables existen, la variable independiente basada en la granulometría, en la diferencia de densidades y el sistema gravimétrico de concentración.</p> <p>La variable dependiente la concentración y la recuperación de oro libre y magnetita. Las variables específicas: presión de agua, velocidad de rotación</p>	<p>Tipo de Investigación El tipo de investigación utilizada en nuestras investigaciones descriptivas y explicativas, las variables, específicas independientes y dependiente, tienen una posición relativa. El método analítico e inductivo, en el modo descriptivo, explicativo Diseño de Investigación Recolección y evaluación, fase campo, gabinete:</p> <p>.M1</p> <p>.M4</p> <p>.M3 .M</p>	<p>Población Está constituido por las áreas del suelo eriazo, en donde por debajo de este se ubican las arenas auríferas aluviales en un área de estudio de 5 ha. La muestra que se utiliza es el método integral y el método por canales y calicatas. Será una muestra por punto, la otra de la secuencia capa de arena aluvial aurífera que suman 17 Muestra de Au: g/m³ Fe: mg/kg. 1 2...17 Tomándose muestras en sectores, planos empinados, semiempinados, hondonadas, las muestras cumplirán una serie de condiciones. El muestreo es una etapa importante para tener los elementos de juicio suficientes para obtener los parámetros calculados, que nos va definir la prefactibilidad del proyecto.</p>

4.31. Recuperación

La fase de recuperación se tiene varias fases, una que es: pre concentración previa al proceso de lavado, al clasificarlo a menos 1/8", en donde las partículas de los metales están contenidas, que permite tratar, más volumen de material con mejores valores de cabeza (mineral de entrada) de oro libre (g/m^3) y en magnetita (mg/kg). Que va permitir mejores recuperaciones cuando se ejecute las pruebas preliminares de pilotaje.

4.32. Análisis del mineral y granulometría.

Continuando con los procesos de análisis para la determinación experimental de la recuperación de oro libre y magnetita, utilizamos los laboratorios de LABMIN SRL. Solicitan 500 kg por cada punto de muestreo y de la columna de material arenoso aluvial, del sector en estudio en la concesión minera MANGAI-Inguro.

Se realiza un análisis granulométrico (A.G), desde los fragmentos de mineral de material de 4 pulgadas hasta malla 200 ($75 \mu\text{m}$). A continuación, indicamos resultados:

Tabla 28. Cuadro de peso, porcentaje y malla, utilizado para análisis de Au.

Malla ASTM	kg	% Peso	% Retenido	% Pasante
+4"	80,2	15,4	15,4	84,6
+3"	40,7	7,8	23,2	76,8
+2"	58,5	11,2	34,4	65,6
+1"	81,7	15,7	50,1	49,9
+3/4"	19,8	3,8	53,9	46,1
+1/2"	22,5	4,3	58,2	41,8
+1/4"	16,2	3,1	61,3	38,7
+m6	30,8	5,9	69,6	32,8
+m10	12,5	2,4	71,8	30,4
+m14	11,4	2,2	75,9	28,2
+m20	21,2	4,1	78,8	24,1
+m30	15,2	2,9	82,2	21,2
+m40	17,7	3,4	83,7	17,8
+m50	14,4	2,8	85,0	15,0

+m70	13,1	2,5	87,5	12,5
+m100	10,9	2,1	89,6	10,4
+m150	11,8	2,3	91,9	8,1
+m200	8,9	1,7	93,6	6,4
-m200	33,2	6,4	100,0	0,0
TOTAL	520,7	100,0		

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017).

Los equipos de concentración gravimétrica operan con una granulometría menor a 3mm, es decir 100% de malla -10 μm , y según la Tabla 28, el 69,6% será retenido por los diferentes equipos antes que llegue a la etapa gravimétrica, la granulometría de entrada a planta es de 4", por lo tanto, la parrilla es de esta abertura. Analizando la Tabla 28, el 15,4% de material retenido es más 4", el 84,6% pasara a la siguiente etapa, este material pasante será alimento para el trommel clasificador, con abertura de 1/2", según a la Tabla 28 el 58,2% será retenido y tan solo el 41,8 % de mineral pasara al equipo de gravimetría, y esta trabaja con menos 2mm. En donde se realiza la concentración gravimétrica, en resumen, en la etapa de clasificación el 69,6% es retenido y el 30,4% pasa a la etapa gravimétrica, entre las líneas azul y roja tal como se observa en el gráfico.

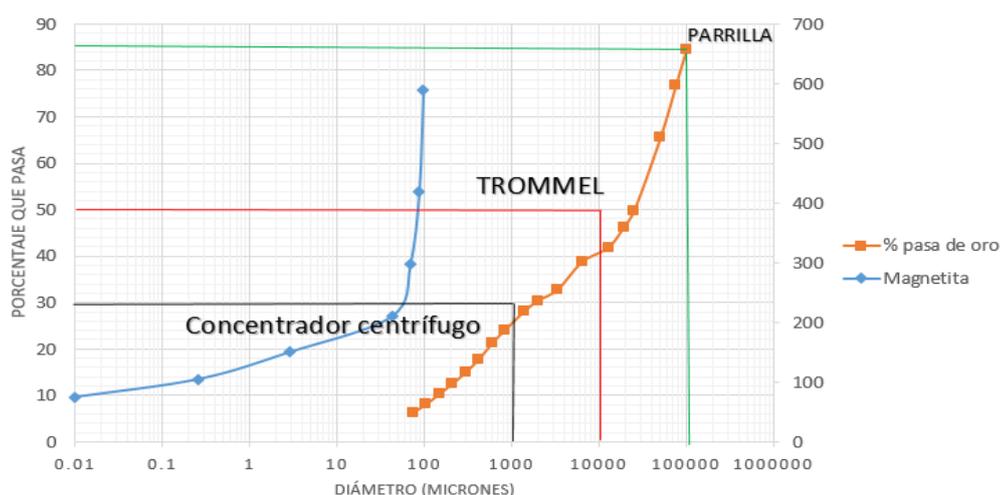


Figura 21. Porcentaje de pasantes y equipo concentrador.

Fuente: LABMIN SRL (2017).

4.33. Análisis químico y malla valorada.

Complementando al trabajo de realizar el análisis granulométrico de las arenas auríferas aluviales, se ejecutó el análisis químico por el elemento oro y magnetita, para cada fracción intercalada de tamaños de las arenas, obteniéndose la Tabla 29, de la malla valorada para el oro libre. Está constituido por el compósito de todas las muestras de proyecto (17).

Tabla 29. Datos de malla valorada en Au (g/t)

Malla ASTM	Abertura μm	Peso en kg	Ley de Au g/t	Contenido mg	Distribución Parcial (%)	Acumulado g de Au $\times 10^{-5}$
+4"	101600	80,2				
+3"	76200	40,7				
+2"	50800	58,5				
+1"	25400	81,7				
+3/4"	19050	19,8				
+1/2"	12700	22,5				
+1/4"	6350	16,2				
+m6	3360	30,8	0,0020	0,0616	0,41	6,16
+m10	2000	12,5	0,0030	0,0375	0,25	9,91
+m14	1410	11,4	0,0009	0,0103	0,07	10,94
+m20	840	21,2	0,0012	0,0254	0,17	13,67
+m30	590	15,2	0,0956	1,4530	9,78	158,98
+m40	420	17,7	0,1010	1,7880	12,03	337,91
+m50	297	14,4	0,0320	0,4608	3,10	384,12
+m70	210	13,1	0,1800	2,3580	15,86	619,92
+m100	150	10,9	0,3100	3,3790	22,73	957,82
+m150	105	11,8	0,2300	2,7140	18,26	1229,22
+m200	75	8,9	0,0470	0,4180	2,81	1271,05
-m200	-75	33,2	0,0650	2,1580	14,53	1486,85
TOTAL		201,1	0,0650	14,8640	100,00	

Fuente: laboratorio LABMIN SRL (2017).

A continuación, se muestra la Figura 22, lo comentado líneas arriba que desde la abertura de 3360 μm a 1410 μm la presencia de oro es casi nula, y el oro con granulometría de 590 μm ya representa el 9,78% del oro total, disminuyendo en la malla 297 μm siendo esta el 3,10% del total de oro presente en la muestra, el pico más alto está en el oro con una granulometría de 150 μm que viene a ser el 22,73% del total de oro existente en el mineral, esta granulometría es malla +100 que es fina.

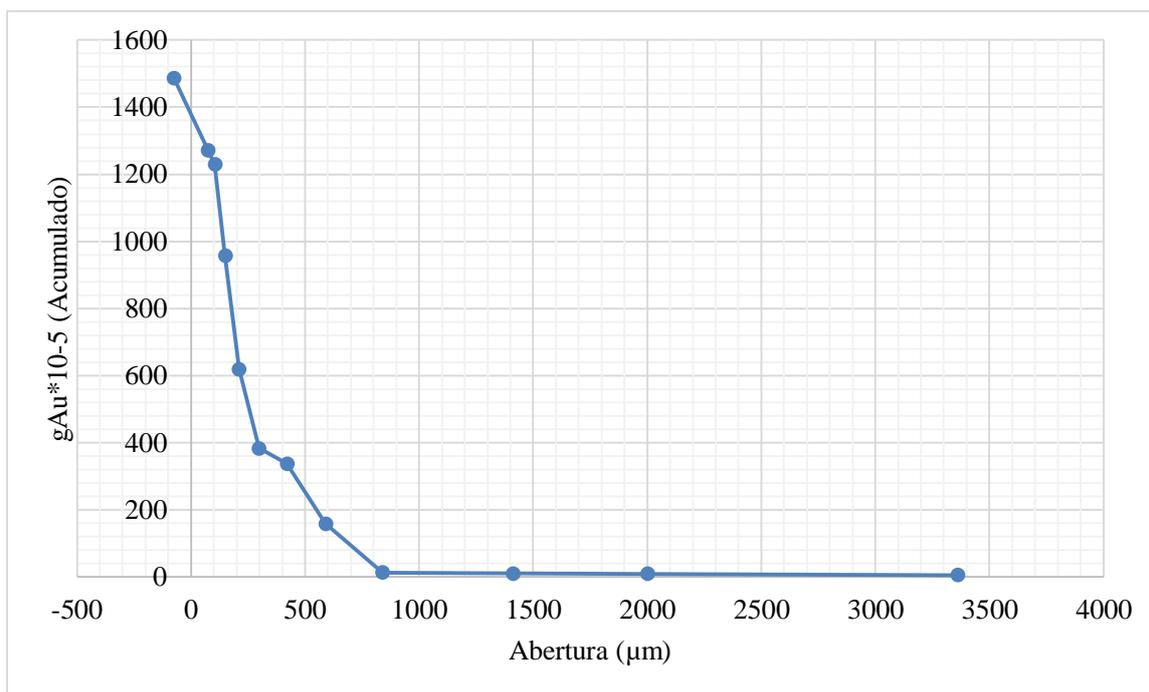


Figura 22. Gráfico de malla valorada de oro en g/t

Fuente: LABMIN SAC (2017).

En la malla +6(3360 μm) la presencia de oro es 0,0020 g/t, y se incrementa hasta la malla +40(420 μm) con 0,1010 g/t, el pico más alto es en la malla +70 (210 μm) y malla +100(150 μm) con 0,18 y 0,31 g/t de ley respectivamente, obteniéndose la cantidad de mg, multiplicando el peso (kg) por ley (g/t) obteniéndose miligramos (mg) en la siguiente columna,(30.8*0.0020=0.0616 mg) y en base a la cantidad de miligramos (mg), sumados, obtenemos el porcentaje parcial de cada malla,(0.0616/14.8640 *100=0.41 y el acumulado

es la suma acumulativa de los parciales. Es una relación inversa a menor abertura de malla, los valores de oro se van incrementando.

La granulometría de entrada a planta es de 4", por lo tanto, la parrilla es de esta dimensión, observando la Tabla 17, entra el 100% al pasar por la zaranda de doble piso, a partir de la malla +30 μm de abertura de 590 μm queda retenido el 2,57% y pasa el 97,43% el 84,6% pasara a la siguiente etapa de clasificación de zaranda de doble piso, al trommel ingresa de 3 mm, el equipo de gravimetría trabaja con menos 2 mm. En donde se realiza la concentración gravimétrica. Es una relación inversa, a medida que la abertura va disminuyendo, los porcentajes en peso se van incrementando. El porcentaje de pasante acumulado, va disminuyendo conforme disminuye la abertura de malla en μm , en una relación directa, a partir de la malla +30 μm de abertura 590 μm .

Tabla 30. Cuadro de peso, porcentaje y malla, utilizado para análisis de magnetita.

Malla ASTM	Abertura μm	kg	% Peso	% Retenido	% Pasante
+m30	590	12,85	2,57	2,57	97,43
+m40	420	50,5	10,07	12,64	87,36
+m50	297	91,05	18,21	30,85	69,15
+m60	250	56,10	11,22	42,07	57,93
+m70	210	78,05	15,61	57,68	42,32
+m80	177	118,95	23,79	81,47	18,53
+m100	150	78,50	15,70	97,17	2,83
+m150	105	12,85	2,57	99,74	0,26
+m200	75	1,30	0,26	100,00	0,00
TOTAL		500,00	100,00		

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017).

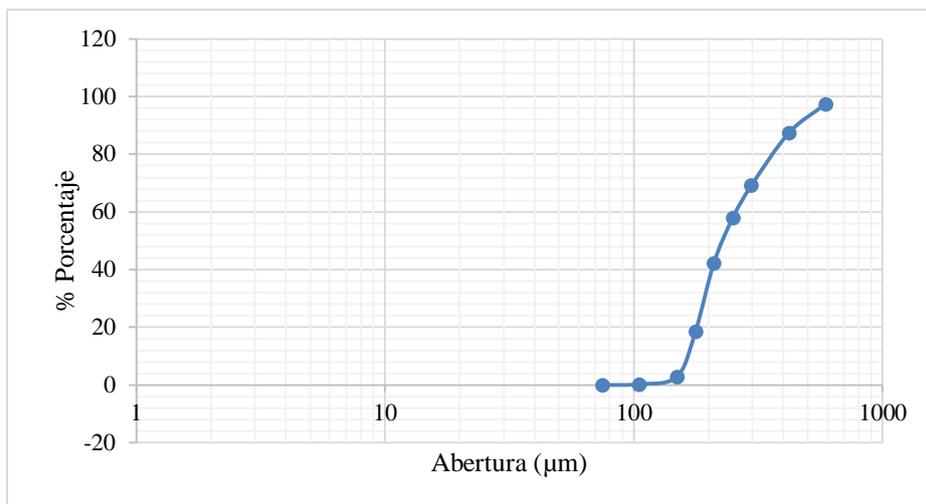


Figura 23. Gráfico de porcentaje pasante de magnetita.

Fuente: LABMIN SRL (2017).

A continuación, indicamos los resultados del análisis químico para la magnetita, para cada fracción de tamaño de las partículas.

A partir de la malla +30 μm (590 μm de abertura) los contenidos de magnetita se van incrementando desde 0,0257 mg/kg, hasta la malla +80μm (abertura de 177μm), disminuyendo la malla hay un decremento de los contenidos de magnetita de 120,419 mg/kg hasta cantidades ínfimas. El mayor contenido de magnetita se encuentra entre las mallas +70μm hasta malla +100μm, la afinidad respecto al oro es similar, que permite la recuperación apropiada de oro libre y magnetita.

Tabla 31. Malla valorada en magnetita.

Malla ASTM	Abertura μm	Peso en kg	Magnetita mg/kg	% Contenido Magnetita	Distribu ción. Parcial %	Acumulado Magnetita mg
+m30	590	12,85	0,0257	0,002	0,006	0,33
+m40	420	50,35	1,2084	0,024	0,263	61,17
+m50	297	91,05	4,9167	0,054	1,071	508,59

+m60	250	56,10	7,9662	0,142	1,734	955,49
+m70	210	78,05	55,4155	0,710	12,065	5280,67
+m80	177	118,95	267,9943	2,253	58,348	37158,51
+m100	150	78,50	120,419	1,534	26,218	46611,48
+m150	105	12,85	1,34925	0,105	0,294	46628,82
+m200	75	1,30	0,0117	0,009	0,001	46628,84
TOTAL		500,00	459,3067		100,000	

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017).

Para el cálculo de magnetita en mg/kg ($0,002 \cdot 12,85 = 0,0257$ mg/kg) para el cálculo de la distribución parcial en % ($0,0257 / 459,3067 \cdot 100 = 0,006$), los parciales se van sumando al acumulado, los contenidos de magnetita desde la abertura en μm de 420 se incrementan hasta llegar a un pico de 268 mg/kg y luego desciende a cifras similares a la abertura de 420 μm .

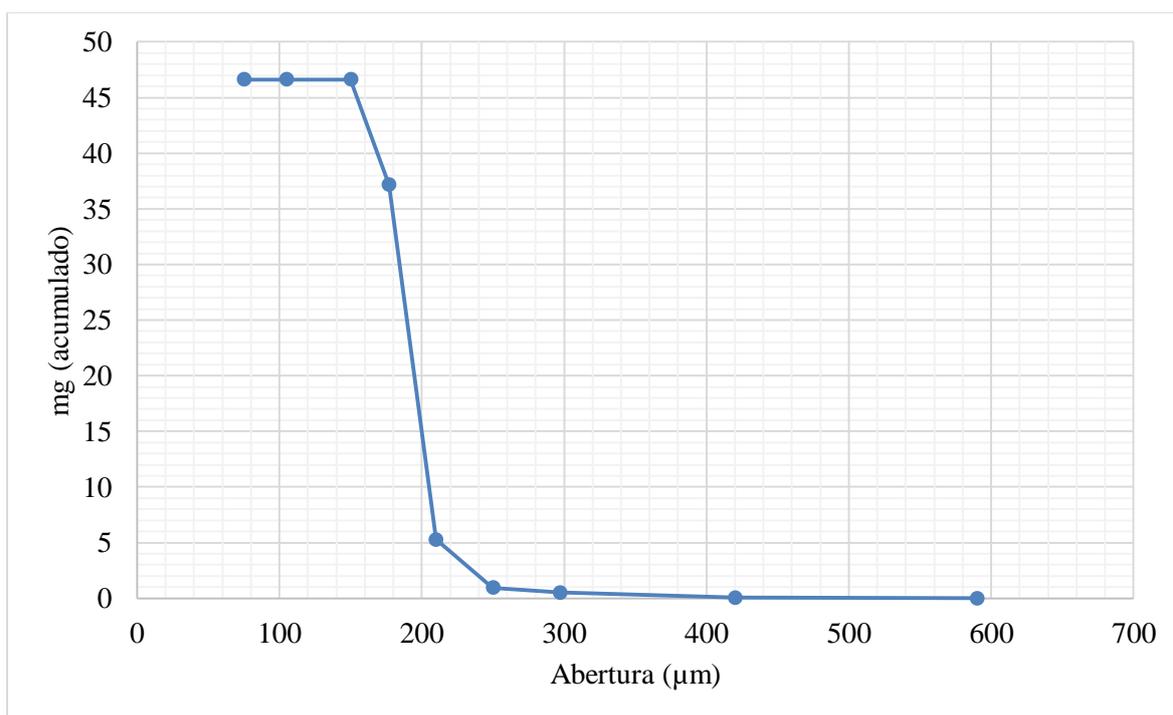


Figura 24. Gráfico de malla valorada en magnetita mg/kg

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017).

Tabla 32. Tabla de recolección de datos y variables.

Variable	Recolección	de	Datos
	Fuente de los datos	Técnica	Instrumento
Actividad diaria	Inicio y termino de	Observación	Supervisión
Concentración	Operación	Cronometro	Reportes
Ley de mineral de entrada	Toma de muestras de aluviales	Absorción Atómica	Análisis Laboratorio Especializado
Ley de concentrado Obtenido	Toma de muestras del concentrado	Absorción Atómica y vía seca	Análisis Laboratorio Especializado

4.34. Análisis químico de la muestra del mineral de entrada en el material aurífero.

Los ensayos químicos de la muestra compósito con un peso de 5000 gramos, que es representativa, proporcional del muestreo del sector en estudio (5 ha), fue analizado por oro y magnetita obteniéndose las leyes de entrada de mineral son las siguientes:

Tabla 33. Leyes de la primera fase del estudio

Mineral Analizado	Laboratorio de Ensayes
Au (g/m ³) – Au (g/t)	0,40 – 0,18
Magnetita (mg/kg)	15,45

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL. Con método FIRE ASSAY y absorción atómica (2017).

4.35. Caracterización mineralógica.

Después de varios ensayos se obtuvo el promedio de compósito de muestras y pruebas de las arenas aluviales, reporta las siguientes propiedades de muestra:

Tabla 34. Características mineralógicas.

Densidad del mineral	2,2 t/m ³
Porcentaje de humedad	2,80%
Mineral aurífero	Oro libre Au
Mineral ferrífero	Magnetita
Otros minerales	Gangas (silicatos, carbonatos)
Geometría de entrelazamiento	Siempre están libres

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017).

4.36. Pruebas experimentales

De acuerdo al flow sheet que se ha diseñado (ver Figura 25) se realizó las pruebas metalúrgicas a las arenas aluviales auríferas, para cuantificar la recuperación y concentración del oro libre y la magnetita.

FLOW SHEET EXPERIMENTAL.

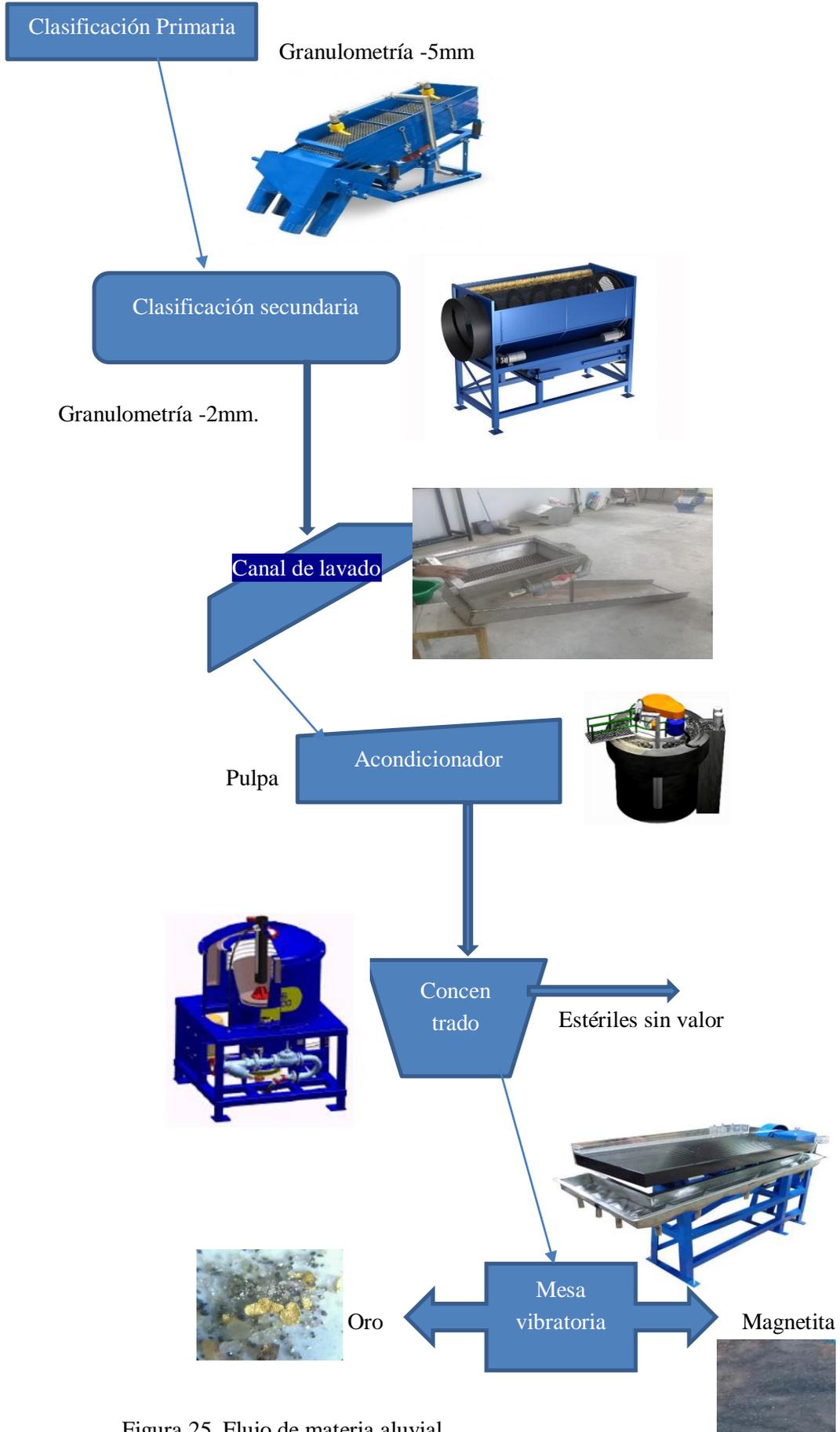


Figura 25. Flujo de materia aluvial

4.37. Pruebas experimentales con concentrador Falcón

La pulpa generada por el sistema de lavado, en esta etapa consiste básicamente en recuperar el oro libre y la magnetita, por diferencia de densidades global del mineral que contiene los elementos, toda la pulpa entra al proceso de centrifugado del concentrador, la granulometría y ley considerada como variable independiente, y la variable dependiente es el porcentaje de recuperación y el método de concentración.

Tabla 35. Condiciones de la concentración.

Peso de Muestra	5000 g
Fuerza de gravedad	60 G's(60 veces la gravedad)
Granulometría	29,03%,45,8%,74,60%,90,0% -200 malla
Presión de agua	3 -6 psi
Densidad de pulpa	1400 g/l
Velocidad	1500 a 1800 rpm

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017).

Procedimiento:

- 1.-Una vez que se cuenta con la pulpa de lavado en el acondicionador que viene a ser la cabeza (mineral de entrada) de la prueba experimental.
- 2.-Encender el Falcón y abrir la llave de agua de 1 a 3 psi, el agua debe ser limpia, para evitar obstrucciones en el filtro del concentrador, alimentar la pulpa en forma continua y regular.
- 3.-La descarga es cada hora o depende de la capacidad de la cámara.
- 4.-Se obtiene un concentrado que contiene oro y magnetita, con humedad del 6%.
- 5.-Separar los dos productos con la mesa vibratoria, con agua.
- 6.-Pesar los productos y analizar los contenidos en porcentajes o cantidades, para realizar los balances metalúrgicos, determinar los radios de concentración, las recuperaciones preliminares de oro y magnetita en los diferentes productos de prueba de las 17 muestras.

CAPÍTULO V

DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

5.1. Identificación de posibles impactos ambientales potenciales.

5.1.1.-Generalidades

Para el desarrollo de la acción de exploración, se hace un estudio preliminar del impacto ambiental, el estudio va permitir evaluar e identificar los posibles impactos ambientales que implica un plan de exploración y pilotaje en la zona de arenas aluviales es implementar el Plan de Manejo Ambiental, para lograr la conservación del medio ambiente que involucra esta actividad extractiva primaria, aplicando medidas de control y mitigación; en este sentido, la identificación de los impactos ambientales es el conjunto de interrelaciones e interacciones entre los componentes ambientales físicos, biológicos, socioeconómicos, estéticos y culturales que definen la estructura y funcionamiento del ecosistema, tiene como fin evaluar la manera que será afectado por el conjunto de operaciones unitarias que conlleva la ejecución del proyecto.

En concordancia con el decreto supremo N° 038-98-EM, que es el reglamento ambiental para las actividades de exploración minera, y que cualquier efecto perjudicial ocasionado al medio ambiente deberá ser rehabilitado, utilizando las mejores prácticas disponibles.

5.1.2.-Método de análisis

En la identificación y evaluación de los impactos ambientales, se ha optado por metodologías basadas en la comparación de escenarios a corto, mediano y largo plazo; es decir, se han tomado las previsiones de análisis para las etapas de planificación y extracción de las arenas aluviales auríferas y del top soil.

La metodología seguida en forma integral es de tipo discrecional, que ha permitido identificar los impactos desde una perspectiva general a una perspectiva específica, dicha aplicación permitirá cubrir globalmente las implicancias ambientales de la extracción de las arenas aluviales auríferas, y la acumulación planificada del top soil, tomando como base la matriz de Leopold, que se basa en las categorías ambientales que se plantean dentro de la metodología sistemática establecida por el Battelle Institute. Ello ha permitido formar elementos de análisis preliminares para entender las principales relaciones que se podrían establecer entre el proyecto y el medio ambiente, dentro del área de influencia (Henry, 2005).

5.1.3. Identificación de impactos

La identificación de impactos ambientales constituye el elemento más importante en el proceso de la Declaración de Impacto Ambiental. Para alcanzar este objetivo ha sido necesario conocer los ambientes: físicos, biológicos, socio económicos y de interés humano existente en el área de la concesión minera, así como algunos detalles técnicos del proyecto MANGAY SAC.

5.1.3.1.-Impactos sobre el ambiente físico

a. Topografía

La modificación del área de la exploración y stock pile de top soil será mediano, debido a que el material cuaternario, será reutilizado en el plan de reforestación, y la estructura del recurso no renovable tiene la forma tabular (manteada) poco profunda aproximadamente de 15 a 20 m, ello indica el poco cambio topográfico que sufrirá.

b. Área de mina

Los contaminantes en el aire, serán en el proceso de desbroce y extracción de las arenas aluviales, pero también temporalmente por la construcción de los accesos al proyecto, excedentes, stock pile, y depósitos de operaciones de minado, remoción, carguío y transporte del mineral. Otras contaminantes son las emisiones producidas por la operación de camiones, volquetes y/o camionetas que se desplacen en el área.

c. Ruido

En el proceso de exploración, será el generado por los cargadores, camiones y camionetas, en promedio son menores a 85 decibeles, ya que los mismos se disiparán en el medio, son actividades puntuales, no se utilizará la voladura, por la incompetencia de las arenas aluviales, y de la cobertura, en cuanto al entorno no existen centros poblados cercanos que pudieran ser afectados.

d. Erosión de suelos

Los impactos que podrían afectar al suelo, se debe a la remoción y erosión que va acarrear las modificaciones de la superficie relacionadas al proyecto.

La primera fase del proyecto es 5 ha de suelo superficial aproximadamente, el método va a ser a tajo abierto.

La carretera de acceso, a la Guayaba (18 km + 350), continuará dando apoyo y acceso a la economía agropecuaria de la población aguas abajo del proyecto.

e. Estabilidad de suelos

El proyecto, implica hacer trabajos de minado, por lo tanto, la acumulación de top soil (horizonte orgánico) y de las gravas arenosas lavadas, seguirá un plan de reforestación, y tendrá

lugares específicos de almacenamiento. Los taludes de trabajo y naturales serán de 50°, que son estables para el grado de cohesión que presenta la arena aluvial aurífera.

f. Calidad de agua

Aguas superficiales

En el área del futuro proyecto, no existen aguas superficiales, la presencia de torrentes se encuentran distantes del área de futura operación. El agua producto de posibles lluvias serán colectadas por canales de escorrentía, que serán ejecutados en los bordes superiores del proyecto, y conducidas finalmente a los cauces de los torrentes más cercanos.

Aguas subterráneas

Debido al clima seco, no se ha ubicado fuentes subterráneas de agua.

5.1.3.2.-Impactos sobre el ambiente biológico

a. Flora

Durante, la exploración del proyecto, se va ejecutar el desbroce planificado, tanto para la obtención del recurso (arenas aluviales auríferas), como también del proceso de reforestación, la pérdida, de flora estará compensada, relativo empobrecimiento del terreno por la alteración de horizonte orgánico (top soil), se va dar contaminación con polvo de áreas naturales por dispersión de partículas por acción del viento.

b. Fauna

El impacto, durante las operaciones de minado de las arenas aluviales, va ser moderado dado que los terrenos son eriazos y de acuerdo al estudio realizado, en el área de influencia directa no se ha encontrado, especies endémicas o en vía de extinción (amenazadas).

5.1.3.3.-Impactos sobre el medio socio-económico

Uso de la tierra

Se estima, que los trabajos a efectuarse tendrán un impacto mínimo, sobre las 05 hectáreas de terreno, los mismos que no son terrenos agrícolas.

Impactos sobre la población

Con la actividad extractiva, no se presenta riesgo para la población, ya que, en los alrededores de la zona de influencia, no hay viviendas ni actividad productiva o económica a la que podría afectar.

Transporte y comunicaciones

Para la extracción, del recurso y transporte de material, existe ya el acceso ejecutado, que puede servir de acceso y tránsito a los pobladores de la zona.

Servicios e Infraestructura

En el centro futuro de operaciones, no existe infraestructura de parte del estado, pero MANGAY SAC. Cuenta con campamentos e instalaciones, que pueden acondicionarse a las necesidades de primeros auxilios; los centros educativos son de primaria, distantes a 4,5 km, en el mismo radio esta las oficinas del gobernador del C.P. Inguro.

MANGAY SAC, evaluara cada cierto tiempo la necesidad de contribuir, al mejoramiento de servicios del C.P. Inguro, en función a la disponibilidad de recursos. El acceso al proyecto ha sido mejorado parcialmente.

Economía Local y Regional

Respecto a este rubro, entre los impactos positivos se prevé que, durante la exploración, se dará empleo a 6 a 8 personas procedentes de los caseríos cercanos al proyecto. El costo social del

desplazamiento de la fuerza laboral será mínimo, ya que el personal vive cerca del ámbito del proyecto.

5.1.3.4.-Impactos sobre los recursos de interés humano

Calidad del paisaje, no será afectada en gran forma o significativa debido a la naturaleza de la zona, y al proceso; y la reforestación, que se incluye en todo el proceso, del área intervenida.

Vestigios arqueológicos: No se encontró, evidencias arqueológicas en superficie ubicados en área del proyecto. El INC realizará, la evaluación arqueológica correspondiente emitiendo el CIRA correspondiente.

5.2. Calificación de impactos

La evaluación, de impactos ha sido realizada sobre la base a la información de implementación y explotación del yacimiento.

Para cubrir, los efectos ambientales del Proyecto se han preparado la matriz de Leopold modificada, que incluye la interacción de las variables ambientales, afectadas en un eje y las condiciones del proyecto en el otro; siendo la interacción de ambas, en términos cualitativos (Fuerte, Moderada o Leve).

**MATRIZ CROMÁTICA DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS TIPO LEOPOLD
DE MANGAY SAC. CAUSA-EFECTO**

LEYENDA			CONDICIONES DEL PROYECTO											
			Preparación de caminos	Construcción de pozos de extracción y almacenamiento	Construcción de instalaciones sanitarias	Instalación de líneas para drenajes del agua de extracción	Transporte del mineral	Construcción de bancos	Limpieza de derrumbes que obstruyen los bancos	Reparación y limpieza de drenes	Mantenimiento de señales informativas	Reparación y limpieza de vías de acceso	Construcción de muros secos para estabilizar los taludes de escombros si hubiese	
Impacto positivo alto	+													
Impacto positivo moderado	+													
Impacto positivo ligero	-													
Componente no alterado	X													
Impacto negativo ligero														
Impacto negativo moderado														
Impacto negativo alto														
FACTORES AMBIENTALES														
A. Características Físicas y Químicas	Tierra	a. Suelo												XX
		b. Geomorfología												
	Agua	a. Superficiales												
		b. Subterráneas												
		c. Calidad												
	Atmósfera	a. Calidad de aire												
		b. Clima												
		c. Temperatura												
	Procesos	a. Inundaciones												

		e. Estilo de vida											
		f. Lugares históricos arqueológicos											
	Aspectos Socioeconómicos	a. Empleo	++	++	-	-	++	++	++	++	++	++	++
		b. Industria y comercio	+		-	-	++	++	++				
		c. Agricultura y ganadería	++										
		d. Revalorización del terreno	++										
		e. Nivel de vida	++		++		++	++	++				
		f. Salud y seguridad	-		++							++	++
		g. Densidad de población	-		-		-						
	Servicio e Infraestructuras	a. Estructura y postes eléctricos y telefónicos	++										
		b. Red de transporte	++		-		-				++		
		c. Red de servicios	++								++		
		d. Eliminación de residuos sólidos	++				++					++	

5.3. Plan de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental (PMA), tiene por finalidad mitigar los impactos ambientales que se produzca, mientras se opere y cierre de proyecto MANGAY SAC.

5.3.1.-Organización y responsabilidad

La empresa MANGAY SAC, en su organización establecerá un departamento área ambiental, que se responsabilizará de la evaluación, monitoreo e información de los asuntos ambientales.

a. Auditoría de los planes de manejo

La empresa, desarrolla un sistema de auditoria y evaluaciones periódicas que se pondrán en marcha regularmente, mediante una Supervisión Ambiental Interna; de sus programas ambientales y evaluar su rendimiento.

Auditoría Ambiental Externa, de la empresa, será fiscalizada anualmente, por el Ministerio de Energía y Minas.

b. Capacitación

El área ambiental, proporcionará la capacitación ambiental, para el personal de línea y supervisión y operadores, periódicamente.

c. Normas ambientales

La empresa, desarrollara una política ambiental de salud y seguridad que se utiliza durante la operación y cierre del proyecto.

Las normas, adoptadas en esta política deben cumplir a las que están especificadas en los lineamientos peruanos.

d. Cierre y post cierre

Después, del cierre se realizarán monitoreo de cierre y post-cierre, con el objetivo de evaluar el éxito del plan de rehabilitación y confirmar la calidad del geo espacio; de tal manera, que no cause un efecto negativo ambiental a largo plazo. Los detalles y la frecuencia de monitoreo, se determinarán antes del inicio de cierre, cuando se hayan obtenido datos operacionales. Se monitoreará los trabajos de rehabilitación.

e. Informes

La empresa MANGAY SAC, asentará en conocimiento del Ministerio de Energía y Minas, los datos ambientales requeridos, tal como lo exige la ley.

5.3.2.-Controles y mitigación ambientales

Se implementará, medidas de control para prevenir y mitigar los impactos ambientales; que pudieran generarse durante las fases de operación, cierre o post-cierre.

a. Ambiente físico

Topografía, el impacto a la topografía será leve.

- Al final, de la operación se procederá a la restauración geomorfológica y la revegetación donde sea factible, mimetizándose con el entorno.
- La carretera, de acceso que se encuentra adyacente al yacimiento será rehabilitada permanentemente, en su sistema de drenaje, estabilidad de los taludes y bacheo de plataformas, de tal modo que el impacto sea positivo.

Aire, polvos de premiado y minado, las medidas para prevenir, controlar o mitigar las emisiones de polvo incluyen:

- Uso de respiradores, para evitar la inhalación de partículas de mineral.

- Establecimiento, de límites de velocidad en el momento de carguío.
- Implementación, de cobertura y estabilización de las áreas expuestas.
- Rehabilitación, progresiva de áreas perturbadas tan pronto como resulta práctico.
- Los equipos, a motor diésel utilizar depuradores para minimizar las emisiones de gases.

Ruido

Se aplicarán las siguientes medidas de mitigación:

- En lo posible, utilizar silenciadores, para evitar interferir con los ciclos vitales de la vida silvestre.

Suelos

Se implementarán, las siguientes medidas de control, para la preservación de suelos:

- El suelo, que haya sido disturbado, será revegetado tratando de establecer sus capas originales y reconstruir su morfología original. Para tal efecto, se realizará una ligera compactación del área restaurada.
- Se construirán, canales de derivación, (zanjas de coronación), para el control del ingreso del agua de lluvia, a los bancos de trabajo, stock pile de top soil y área de almacenamiento de mineral extraído.
- Se construirán, una serie de pozos de decantación de los sólidos, para la reutilización del agua utilizada, ahorrando el consumo del agua.

Las áreas, que requieren un manejo especial de estabilización son: las áreas a reforestar y el stock pile de top soil.

Agua

Calidad

- A pesar, que en el lugar donde está el proyecto, no existen cuerpos de agua superficiales, se tendrá especial cuidado, si se presentara aguas de escorrentía superficial y se desviarán a las corrientes principales.
- Las aguas, servidas se derivarán a silos, cuya ubicación de estos serán, fuera del alcance de aguas subterráneas, para lo cual se excavarán, previamente calicatas para verificar la ausencia del nivel freático. De esta manera, se hará la prevención para, no contaminar las aguas subterráneas.
- Para el control, de sedimentos se diseñarán y construirán donde se requieran, infraestructura para reducir el volumen de sedimentos, descargados al ambiente receptor.

Flujo superficial

La construcción, de drenes colectores para evacuar las aguas que provengan, de los bancos de trabajo, y para evitar las mezclas que afectan a los procesos fluviales naturales; se construirá pozas de sedimentación, forradas con vinimanta, y serán protegidas mediante alambrados, con su respectiva señalización, donde se indique la profundidad y el riesgo que demanda su uso como agua, para uso doméstico.

b. Ambiente biológico

Flora

La principal, actividad de la población cercana de Inguro y otros caseríos cercanos al yacimiento, es la agricultura, ganadería; con poca tecnología, por lo tanto, el proyecto MANGAY SAC, ofrecerá una alternativa económica a la población.

Fauna

Al personal, que labore en el proyecto MANGAY SAC se le prohibirá totalmente, la caza de animales silvestres.

c. Ambiente socioeconómico

Los impactos, sobre la población, transporte, comunicaciones, servicios e infraestructura y economía local y regional, son positivos.

d. Ambiente de interés humano

Calidad del paisaje: será afectado de forma moderada, por las características del método futuro de explotación a tajo abierto.

e. Vestigios arqueológicos

En el momento, de la visita e inspección de campo no se ha encontrado restos arqueológicos, en el área del proyecto.

Rehabilitación

Esta, es una parte integral del proyecto y se realizará durante, todas las fases de operación y cierre.

5.3.3.-Programa de monitoreo

Un componente esencial, del sistema de manejo ambiental del proyecto, es el programa de monitoreo, cuyo desarrollo rutinario determinará, el rendimiento ambiental.

Tabla 36. Monitoreo a realizar.

Operación	Aspectos a monitorear
Meteorología	Temperatura, dirección y velocidad del viento, precipitación y humedad relativa
Calidad del aire	Cuarzo y otros elementos

5.3.4.-Plan de seguridad y salud ocupacional

5.3.4.1.-Antecedentes

El Programa, de seguridad y salud ocupacional es un elemento vital del proyecto MANGAY SAC y estará vigente durante, todas las fases del mismo.

5.3.4.2.-Administración de salud ocupacional, manejo y manipulación de materiales

Todos los materiales, que serán utilizados en el proyecto estarán acompañados de las hojas de datos de seguridad, de materiales. Los materiales peligrosos, serán inventariados para evitar accidentes. El personal de línea y supervisión utilizaran su equipo completo de EPP.

Materiales inflamables

Los combustibles, lubricantes y solventes, serán claramente identificados mediante, etiquetas en la parte externa de los contenedores, por lo que estará prohibido fumar y hacer fuego abierto en y alrededor, de las áreas donde se encuentran, los materiales inflamables.

Almacenamiento y manejo de combustibles

Se utilizarán, las siguientes medidas de prevención y contener eventuales derrames, de tanques de almacenamiento de combustible, aceite y lubricantes.

- Todos, los tanques de almacenamiento, serán monitoreados visualmente en forma diaria.
- Para, todos los tanques, se proporcionarán sistemas de contención secundarios, capaces de contener el 110 % de la capacidad de tanque.
- Los tanques, de almacenamiento se ubicarán en zonas protegidas, lejos de los canales superficiales de drenaje.
- Se mantendrá, un inventario actualizado de los volúmenes de todos los tanques, para monitorear el uso y los volúmenes de entrega.

Capacitación

Todo, el personal recibirá capacitación general en seguridad, salud e higiene minera continuamente y se exigirá, que reciban capacitación de iniciación antes de emprender las tareas, que le serán asignadas. Esta, capacitación será proporcionada, por el área de seguridad y salud, con el apoyo de área de Capacitación.

Respuesta ante emergencias

El proyecto, dispondrá de dos vehículos y personal de emergencia capacitado, quienes se ubicarán y estarán disponibles, en el emplazamiento minero para hacer frente, a cualquier situación de emergencia. Esto incluirá, personal capacitado en medidas contra incendios y de rescate; con una unidad móvil de rescate, plenamente equipado, ubicado cerca del área administrativa del proyecto.

5.3.5.-Plan de desarrollo socioeconómico ambiental

La empresa, está comprometida con la aplicación de los principios de desarrollo sostenible, para dicho fin gestionará:

- 1.-Ejecutar, sus actividades explicativas en el marco de una política, que busca la excelencia ambiental.
- 2.-Proceder, con respeto frente a las instituciones, autoridades, cultura y costumbres locales, manteniendo una relación propicia, con la población del área de influencia del proyecto.
- 3.-Se sostendrá, un dialogo continuo y oportuno con la población, las autoridades locales y regionales, del área de influencia de la exploración minera y sus organismos representativos, alcanzándoles información; cuando lo requieran.

4.-Lograr, con las poblaciones del área de influencia de la operación minera, una integración mutua mediante la creación de oportunidades, de desarrollo sustentable; más allá de la vida de la actividad extractiva.

5.-Promocionará, preferentemente el empleo local, brindando las oportunidades de capacitación, referente a la creación de alternativas empresariales, para un desarrollo, integral después que concluya, la actividad extractiva.

6.- Comprará, preferentemente los bienes y servicios locales, para el desarrollo de otras actividades, tales como la venta de productos de pan llevar, vestimenta, medicamentos y la atención del personal, en condiciones razonables de calidad, oportunidad y precio.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Determinación de oro libre y magnetita.

Sobre, la presencia de oro libre en las arenas aluviales y de magnetita. De la primera se ha observado en forma de láminas, con bordes redondeados, en el muestreo y análisis parcial de las 17 primeras muestras; el oro libre, es visible a simple vista, después de lavar una porción de arena aluvial, del sector en estudio; obtenemos una arenilla negra y en ellos se observa el oro, en forma de escamas alargadas, en el caso de la magnetita acercamos, un imán a la arenilla negra y son atraídas las partículas de magnetita. Por consiguiente, el método de concentración, sin duda es el método gravimétrico, pero es necesario cuantificar. El método es simple y amigable con el medio ambiente y de bajo costo sin uso de tóxicos. Hay presencia también de oro grueso, en las arenas aluviales y es necesario el uso de equipos que realicen, las recuperaciones colectivas más que selectivas, tal es el caso de los concentradores centrífugos tipo Falcón **iCON**. La correlación de oro libre y magnetita es nula.

6.2. Resultados de pruebas metalúrgicas experimentales.

El oro fino, denominado hidrófugo, está dentro del área del proyecto, y es este oro el que flota y hace que algunas operaciones no lleguen a la meta calculada, al hacer un simple ensayo de cuántos gramos tiene un metro cúbico de arena aluvial; motivo por el cual los mineros artesanales creen que porque le adicionan mercurio y más del tóxico, van a lograr captar el oro de tamaño de 100 μm a 150 μm de malla en forma de hojuelas. Los resultados nos indican que

es importante, la fuerza centrífuga; si solamente se emplea la corriente, no se pasa de una recuperación del 45%.

En el plan experimental, la recuperación es inmediata, al hacer que el oro hidrófugo deje de serlo; es decir, volviéndolo mojable y con ellos recuperable por gravimetría, utilizando el concentrador centrífugo Falcón, que genera “alta gravedad” de 60 G's, producida por la centrifugación. Prácticamente “obliga” a este oro a mojarse y hundirse en el agua, permitiendo su recuperación, por gravimetría hasta finuras debajo de malla 150 μm (micrones).

Aparte, que no contamina al medio ambiente, solamente utiliza: presión, caudal, corriente de agua, disminuyendo a la mínima expresión el riesgo, del retorno de la inversión.

Se ejecuta en un inicio una preconcentración, al cernir las arenas aluviales a menos 3 mm, la granulometría encima de 3 mm, es descartada; por los análisis en malla valorada, de los valores de oro y magnetita.

6.3. Discusión de resultados.

El criterio de concentración, aplicando la fórmula $CC = Pe^{-1}/Pd^{-1}$, empleando los datos de campo es: $CC = 19,0^{-1}/2,2^{-1} = 15$; dato que nos indica que la concentración preliminar es relativamente fácil, el parámetro mínimo es 2,5; también nos demuestra que los procesos que se realizan en agua, son más efectivos que los realizados en vía seca (Medina, 1998).

Se ha obtenido, las leyes ponderadas del muestreo de las 5 ha, que son la zona de estudio, comparando los resultados de análisis y promedio ponderado, está dentro de los límites de error permisible, y no supera el 5%.

En una prueba preliminar, se ha lavado el top soil (cobertura orgánica) de las arenas aluviales, no se ha detectado, fragmentos de oro libre, ni de magnetita, que nos sugiere que este material,

debe ser almacenado, con las precauciones del caso, para su reutilización; en el proceso de reforestación (restauración geomorfológica).

6.4. Análisis de resultados

En el muestreo sistemático, de la zona del proyecto, observamos una agrupación de leyes de 0,625 g/m³ hacia el noreste; hacia el noroeste una ley favorable de 0,37g/m³; al lado este la ley favorable es de 0,56 g/m³, está sobre el promedio, hacia el oeste 0,33 g/m³, debajo de la media; por el lado sur, en el promedio; la parte céntrica, presenta una media cercana a 0,38 g/m³; el agrupamiento nos permite, tener una visión panorámica, global de cómo están distribuidos los valores en oro libre; en el caso de la magnetita la distribución, es la media hacia el noreste que es 12,36 mg/kg, debajo del promedio; hacia el noroeste 15,99 mg/kg, sobre el promedio; hacia el este 16,37 mg/kg que supera a la media; hacia el oeste 17,30mg/kg que supera a la media; hacia el sur 18,15 mg/kg que también, supera al promedio y la parte céntrica del proyecto, presenta una media de 15,68 mg/kg, que es superior al promedio. Con los datos de campo, se obtiene un promedio ponderado; de oro libre de 0,40g/m³ y en magnetita 15,887 mg/kg.

Para el espaciamiento, de los pozos de muestreo; se utiliza la base de datos de leyes y se obtiene; la variabilidad del Au en 30,97% y para la magnetita: 20,52%, referente a la tabla 11, es un tipo de mineralización, uniforme, referido al oro libre y magnetita.

El depósito fluvioaluvional, se caracteriza por presentar una gradación del tamaño de clastos, y cuando ésta, esté sobre el basamento de arenisca; se comporta como un depósito aluvional, en este caso se determina la roca base, y ha habido varias secuencias de deposición, de variada ley en oro libre y magnetita.

El tamaño, de las partículas de oro, se observa que están totalmente liberados, de los minerales asociados, el tamaño de las partículas se ha reducido, porque ha tenido una distancia larga de transporte, por eso presenta más finura; y se observa poco oro grueso que alcanza el 30%.

No existe un acuerdo internacional para designar en forma técnica el tamaño de las partículas de oro, razón por la cual varía la definición de oro fino o grueso de un lugar a otro, con la preposición que presenta (Medina, 1998); estamos en oro fino menos 0,315 +0,10(-48 μm a +150 μm).

El oro fino, según el análisis granulométrico, están en relación directa según, la longitud de transporte, según esquema idealizado de (Medina, 1998) y colocando el porcentaje acumulado de Au en malla Tyler experimental.

Se puede visibilizar, la presencia de laminillas de oro libre, de similar forma la magnetita en escamas, son vistas a simple vista, confirma la presencia de oro libre y magnetita; el oro en granulometría comparada a pequeños fragmentos, en el caso de magnetita, es más visible y al tacto.

La forma de las partículas que presenta son del tipo laminares y placoides, debido al golpe, martilleo, choques, zarandeo, recibidos por parte del material clástico, durante el transporte, las partículas de oro, por los efectos descritos adoptan diversas formas, las formas determinan su deposición, el espesor de la partícula de oro, decrece cuando disminuye de tamaño, y tiende a fragmentarse, en el transporte; por su adelgazamiento.

El oro, flota cuando el factor Corey es alto, puede flotar (oro hidrofóbico) y ser transportado en suspensión, a pesar de su alto peso específico, y eso es lo que sucede en la zona de estudio, con los métodos artesanales, obtienen recuperaciones del 30%, y es una de las razones de que los mineros artesanales, no solo de la zona de estudio, sino a nivel nacional, creen que adicionándole más mercurio, al producto de su lavado, van a juntar mejor las partículas de oro, el fenómeno, ha sucedido en el proceso de lavado en sus canalones, que el oro fino, flota y se va junto con la arenilla al desecho. En nuestro caso el efecto del factor Corey es:

$$Sf = T + L * V$$

$$Sf = 0,4 + 0,8 * 0,5 = 0,6 \text{ oro grueso } 30\%$$

$$Sf = 0,2 + 0,4 * 0,25 = 0,15 \text{ oro fino } 70\%$$

Las partículas pequeñas de oro fino, que han sufrido una longitud larga de transporte, tienen mayor fineza que el oro grueso, esta se expresa en partes por mil, la fineza determinada por LABMIN SRL es de 22/24, o sea oro de 22 quilates.

Los índices metalúrgicos gravimétricos, son números adimensionales que precisan la calidad efectuada, en una o varias etapas de concentración, en nuestro caso, el índice que relaciona la calidad, que ha sucedido en la etapa primaria de concentración: La recuperación de oro libre y magnetita, definida como la relación que existe, en una operación de concentración entre el peso de material útil, que existe en el concentrado con respecto, al mineral que hay en la alimentación en base a la Tabla 37:

$$R_{Au} = (t_a - t_t / t_c - t_t) (t_c / t_a) = (0,189 - 0,05 / 4,50 - 0,05) (4,50 / 0,189) = 74,37 \%$$

$$R_{Fe_3O_4} = (t_a - t_t / t_c - t_t) (t_c / t_a) = (15,887 - 5,09 / 66,14 - 5,09) (66,14 / 15,887) = 73,62 \%$$

La razón de enriquecimiento, es el índice de la relación que existe entre la ley del mineral útil, en el concentrado, respecto a la ley del mineral de entrada:

$$R_{E_{Au}} = t_c / t_a = 4,50 / 0,189 = 23,81$$

$$R_{E_{Fe_3O_4}} = t_c / t_a = 66,14 / 15,887 = 4,16$$

La recuperación del mineral en el caso del oro, está en relación directa, a la razón de enriquecimiento, la concentración gravimétrica concentra y enriquece el valor del mineral en

23,81 veces, recupera valor en un 74,37%, prácticamente le da un valor agregado, sin contaminar el medio ambiente.

De igual modo, en el caso de la magnetita, recupera 73,62% de la magnetita, con una razón de enriquecimiento de 4,16 veces, su contenido en las arenas, sin contaminación del medio ambiente.

Otro índice importante, es el índice de selectividad, en la cual se compara, la calidad de separación entre la magnetita y el oro libre; que se desea separar en el proceso gravimétrico, lo definimos:

$$I.S. = t_a (\text{Au}) * t_t (\text{Mg}) / t_a (\text{Mg}) * t_t (\text{Au}) = (0,189 * 5,09) / (15,887 * 0,05) = 1,21$$

Nos indica, que la selectividad entre los dos metales es buena, supera la unidad.

Los índices, que nos van a permitir relacionar la capacidad de tratamiento; uno de los índices importantes es:

La razón de concentración (RC) se define como el flujo másico de sólidos, en la alimentación, (A) con respecto al flujo de sólidos en el concentrado (C), la relación es:

$$RC_{\text{Au}} = A/C = 4,50 / (0,189 * 71,51) = 33,29$$

$$RC_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = A/C = 66,14 / (15,887 * 73,28) = 5,68$$

Nos indica, cuantas toneladas se va alimentar, para obtener una tonelada de concentrado.

Otro índice importante, es el rendimiento de la concentración (V) que se define, como la relación entre el flujo másico, en el concentrado respecto, al flujo másico de sólidos en la alimentación:

$$V = C / A = 1 / RC$$

$$V_{\text{Au}} = 1 / 33,29 = 0,030$$

$$V_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 1 / 5,68 = 0,176$$

La eficiencia de separación (E), es un índice que combina, la información obtenida en los cálculos anteriores:

$$E = (R - V) / (1 - ta)$$

$$E_{\text{Au}} = (74,37 - 0,030) / (1 - 0,189) = 91,67\%$$

$$E_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = (73,62 - 0,176) / (1 - 0,0158) = 74,62\%$$

La eficiencia de separación; en el caso del oro libre, es alta, dado que el metal se encuentra exento de masa mineral, con quien se formó en el yacimiento primario, en caso de la magnetita, no es tan alta, presenta algunas combinaciones, con otros metales.

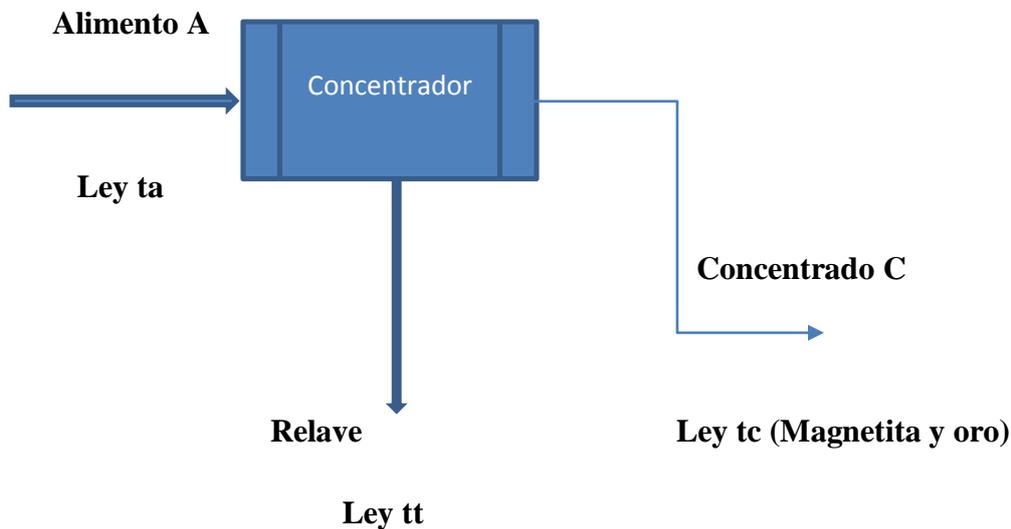


Figura 26: Esquema de alimentación y concentración del material aluvial.

6.4.1. Análisis estadístico del plan experimental

Para confirmar, los resultados experimentales de campo, debemos de aplicar los cálculos de análisis estadístico, en el proceso de alimentación de mineral, concentración, recuperación y relave de todas las muestras obtenidas; en el plan de exploración inicial. Para ello en una primera fase, se tabula los datos de campo, obteniéndose: los promedios ponderados, para luego confirmar su correlación entre las variables asignadas.

Tabla 37: Balance metalúrgico de las muestras del proyecto primera etapa.

	MINERAL DE ENTRADA g/t Au	MINERAL DE ENTRADA mg/kg Fe ₃ O ₄	RELAVE g/t Au	RELAVE mg/kg Fe ₃ O ₄	CONCENTRADO g/t Au	CONCENTRADO mg/kg Fe ₃ O ₄	RECUPERACIÓN Au %	RECUPERACIÓN Fe ₃ O ₄ %
MI-1	0.295	10.70	0.03	4.59	6.23	41.17	65.50	64.27
MI-2	0.214	16.68	0.05	5.26	5.18	61.74	67.49	74.84
MI-3	0.182	12.14	0.04	3.82	4.52	50.56	78.70	74.13
MI-4	0.273	14.01	0.05	4.42	5.74	60.48	64.87	73.85
MI-5	0.145	11.55	0.06	4.07	3.61	48.45	74.80	70.70
MI-6	0.132	13.69	0.03	4.31	5.21	59.06	67.40	73.91
MI-7	0.264	21.67	0.07	6.83	5.48	87.67	61.37	74.27
MI-8	0.236	17.78	0.06	5.62	5.26	76.71	64.86	73.80
MI-9	0.195	16.71	0.05	5.17	4.74	72.18	71.72	74.39
MI-10	0.268	17.02	0.07	5.39	5.58	63.63	60.62	74.66
MI-11	0.118	18.20	0.06	5.73	2.88	78.25	78.91	73.93
MI-12	0.159	13.42	0.05	4.32	3.91	57.75	80.30	73.29
MI-13	0.141	15.24	0.06	5.02	3.43	65.75	77.01	72.60
MI-14	0.114	14.23	0.06	4.48	2.73	61.56	79.90	73.89
MI-15	0.191	22.45	0.05	6.46	4.65	89.23	72.53	76.78
MI-16	0.145	16.72	0.06	5.27	3.52	71.85	76.75	73.90
MI-17	0.155	17.87	0.06	5.87	3.85	78.33	72.96	72.59
Promedio	0.189	15.887	0.05	5.09	4.50	66.14	71.51	73.28

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017).

Tabla 38: Mineral de entrada y relave del Au en g/t para el coeficiente de correlación de Pearson (r).

MUESTRA	MINERAL DE ENTRADA(X) g/t Au	RELAVE(Y) g/t Au	$X_1 = X - \bar{X}$	$Y_1 = Y - \bar{Y}$	X_1^2	Y_1^2	$X_1 \times Y_1$
MI-1	0,295	0,03	0,106	-0,024	0,011155	0,000554	-0,002485
MI-2	0,214	0,05	0,024	-0,004	0,000566	0,000012	-0,000084
MI-3	0,182	0,04	-0,008	-0,014	0,000064	0,000183	0,000109
MI-4	0,273	0,05	0,083	-0,004	0,006870	0,000012	-0,000293
MI-5	0,145	0,06	-0,044	0,006	0,001970	0,000042	-0,000287
MI-6	0,132	0,03	-0,058	-0,024	0,003366	0,000554	0,001365
MI-7	0,264	0,07	0,074	0,016	0,005446	0,000271	0,001215
MI-8	0,236	0,06	0,047	0,006	0,002164	0,000042	0,000301
MI-9	0,195	0,05	0,006	-0,004	0,000032	0,000012	-0,000020
MI-10	0,268	0,07	0,078	0,016	0,006138	0,000271	0,001290
MI-11	0,118	0,06	-0,072	0,006	0,005135	0,000042	-0,000464
MI-12	0,159	0,05	-0,031	-0,004	0,000945	0,000012	0,000109
MI-13	0,141	0,06	-0,049	0,006	0,002394	0,000042	-0,000317
MI-14	0,114	0,06	-0,076	0,006	0,005807	0,000042	-0,000493
MI-15	0,191	0,05	0,001	-0,004	0,000001	0,000012	-0,000004
MI-16	0,145	0,06	-0,044	0,006	0,001970	0,000042	-0,000287
MI-17	0,155	0,06	-0,035	0,006	0,001246	0,000042	-0,000228
SUMATORIA	$\Sigma = 3,23$	$\Sigma = 0,91$			$\Sigma X_1^2 = 0,055$	$\Sigma Y_1^2 = 0,002$	$\Sigma X_1 \times Y_1 = -0,001$
MEDIA	$\bar{X} = 0,19$	$\bar{Y} = 0,05$					

$$r = \frac{\Sigma X_1 \times Y_1}{\sqrt{(\Sigma X_1^2) \times (\Sigma Y_1^2)}} = -0.052$$

Coefficiente de determinación: $r^2 = 0.0027$

$$r^2 \times 100\% = 0.27\%$$

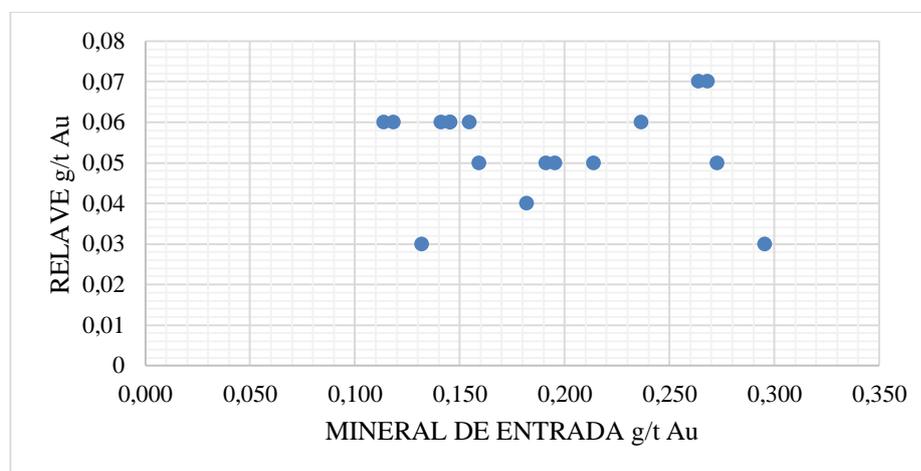


Figura 27: Relación del mineral de entrada vs relave para el Au.

Au	MINERAL DE ENTRADA(X) g/t	RELAVE(Y) g/t
Desviación típica muestral:	0.06	0.01
Valor mínimo de las muestras:	0.11	0.03
Valor máximo de las muestras:	0.30	0.07

Con $r = -0,052$ la correlación es negativa muy baja entre el mineral de entrada y el relave en el oro libre; y la variación del relave es el 0,27% respecto a los valores del mineral de entrada.

Tabla 39: Mineral de entrada y concentrado del Au en g/t para el coeficiente de correlación de Pearson (r).

MUESTRA	MINERAL DE ENTRADA(X)	CONCENTRADO(Y)	$X_1 = X - \bar{X}$	$Y_1 = Y - \bar{Y}$	X_1^2	Y_1^2	$X_1 \times Y_1$
	g/t Au	g/t Au					
MI-1	0,30	6,23	0,106	1,729	0,011155	2,988831	0,182590
MI-2	0,21	5,18	0,024	0,679	0,000566	0,460801	0,016154
MI-3	0,18	4,52	-0,008	0,019	0,000064	0,000354	-0,000151
MI-4	0,27	5,74	0,083	1,239	0,006870	1,534684	0,102683
MI-5	0,15	3,61	-0,044	-0,891	0,001970	0,794196	0,039555
MI-6	0,13	5,21	-0,058	0,709	0,003366	0,502431	-0,041127
MI-7	0,26	5,48	0,074	0,979	0,005446	0,958096	0,072234
MI-8	0,24	5,26	0,047	0,759	0,002164	0,575813	0,035304
MI-9	0,20	4,74	0,006	0,239	0,000032	0,057037	0,001341
MI-10	0,27	5,58	0,078	1,079	0,006138	1,163860	0,084517
MI-11	0,12	2,88	-0,072	-1,621	0,005135	2,628213	0,116170
MI-12	0,16	3,91	-0,031	-0,591	0,000945	0,349490	0,018178
MI-13	0,14	3,43	-0,049	-1,071	0,002394	1,147419	0,052413
MI-14	0,11	2,73	-0,076	-1,771	0,005807	3,137066	0,134969
MI-15	0,19	4,65	0,001	0,149	0,000001	0,022148	0,000159
MI-16	0,15	3,52	-0,044	-0,981	0,001970	0,962707	0,043550
MI-17	0,15	3,85	-0,035	-0,651	0,001246	0,424031	0,022983
SUMATORIA	$\Sigma = 3,23$	$\Sigma = 76,52$			$\Sigma X_1^2 = 0,055$	$\Sigma Y_1^2 = 17,707$	$\Sigma X_1 \times Y_1 = 0,882$
MEDIA	$\bar{X} = 0,19$	$\bar{Y} = 4,50$					

$$r = \frac{\Sigma X_1 \times Y_1}{\sqrt{(\Sigma X_1^2) \times (\Sigma Y_1^2)}} = 0.891$$

Coefficiente de determinación:

$$r^2 = 0.794$$

$$r^2 \times 100\% = 79.40\%$$

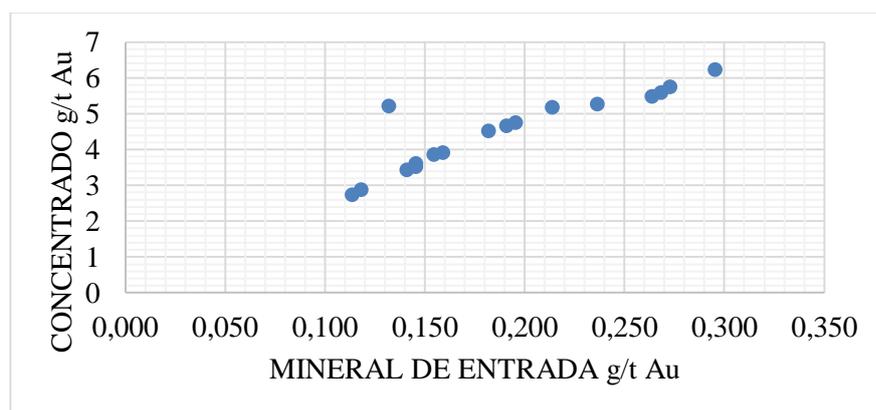


Figura 28: Relación del mineral de entrada vs concentrado para el Au.

Au	MINERAL DE ENTRADA (X) g/ t	CONCENTRADO(Y) g/ t
Desviación típica muestral:	0.06	1.05
Valor mínimo de las muestras:	0.11	2.73
Valor máximo de las muestras:	0.30	6.23

Con $r=0,891$ la correlación es positiva alta entre el mineral de entrada y el concentrado en el oro libre; y la variación del concentrado es el 79,40% respecto a los valores del mineral de entrada.

Tabla 40: Mineral de entrada y recuperación del Au en g/t para el coeficiente de correlación de Pearson (r).

MUESTRA	MINERAL DE ENTRADA(X) g/t Au	RECUPERACIÓN(Y) Au %	$X_1 = X - \bar{X}$	$Y_1 = Y - \bar{Y}$	X_1^2	Y_1^2	$X_1 \times Y_1$
MI-1	0,30	65,50	0,106	-6,01	0,011155	36,120837	-0,634752
MI-2	0,21	67,49	0,024	-4,02	0,000566	16,184023	-0,095733
MI-3	0,18	78,70	-0,008	7,19	0,000064	51,633175	-0,057639
MI-4	0,27	64,87	0,083	-6,64	0,006870	44,046553	-0,550106
MI-5	0,15	74,80	-0,044	3,29	0,001970	10,837337	-0,146116
MI-6	0,13	67,40	-0,058	-4,11	0,003366	16,900257	0,238525
MI-7	0,26	61,37	0,074	-10,15	0,005446	102,931535	-0,748707
MI-8	0,24	64,86	0,047	-6,65	0,002164	44,259982	-0,309516
MI-9	0,20	71,72	0,006	0,21	0,000032	0,044236	0,001181
MI-10	0,27	60,62	0,078	-10,89	0,006138	118,593289	-0,853151
MI-11	0,12	78,91	-0,072	7,40	0,005135	54,731688	-0,530130
MI-12	0,16	80,30	-0,031	8,79	0,000945	77,180990	-0,270135
MI-13	0,14	77,01	-0,049	5,50	0,002394	30,279607	-0,269249
MI-14	0,11	79,90	-0,076	8,39	0,005807	70,447721	-0,639597
MI-15	0,19	72,53	0,001	1,02	0,000001	1,030376	0,001086
MI-16	0,15	76,75	-0,044	5,24	0,001970	27,434016	-0,232478
MI-17	0,15	72,96	-0,035	1,45	0,001246	2,099588	-0,051141
SUMATORIA	$\Sigma = 3,23$	$\Sigma = 1215,68$			$\Sigma X_1^2 = 0,055$	$\Sigma Y_1^2 = 704,755$	$\Sigma X_1 \times Y_1 = -5,148$
MEDIA	$\bar{X} = 0,19$	$\bar{Y} = 71,51$					

$$r = \frac{\Sigma X_1 \times Y_1}{\sqrt{(\Sigma X_1^2) \times (\Sigma Y_1^2)}} = -0.825$$

Coeficiente de determinación: $r^2 = 0.680$

$$r^2 \times 100\% = 68.03\%$$

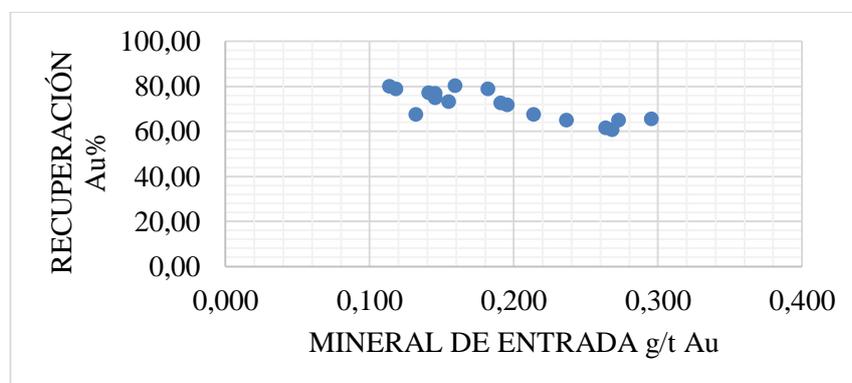


Figura 29: Relación del mineral de entrada vs recuperación para el Au

Au	MINERAL DE ENTRADA(X)g/ t Au	RECUPERACIÓN(Y) Au %
Desviación típica muestral:	0.06	6.64
Valor mínimo de las muestras:	0.11	60.62
Valor máximo de las muestras:	0.30	80.30

Con $r = -0,825$ la correlación es negativa alta entre el mineral de entrada y la recuperación en el oro libre; y la variación de la recuperación es el 68,03% respecto a los valores del mineral de entrada.

Tabla 41: Mineral de entrada y relave de Fe₃O₄ en mg/kg para el coeficiente de correlación de Pearson (*r*).

MUESTRA	MINERAL DE		$X_1 = X - \bar{X}$	$Y_1 = Y - \bar{Y}$	X_1^2	Y_1^2	$X_1 \times Y_1$
	ENTRADA(X)	RELAVE(Y)					
	mg/kg Fe ₃ O ₄	mg/kg Fe ₃ O ₄					
MI-1	10,70	4,59	-5,19	-0,506	26,906	0,256	2,624
MI-2	16,68	5,26	0,79	0,164	0,629	0,027	0,130
MI-3	12,14	3,82	-3,75	-1,276	14,040	1,628	4,781
MI-4	14,01	4,42	-1,88	-0,676	3,523	0,457	1,269
MI-5	11,55	4,07	-4,34	-1,026	18,810	1,052	4,449
MI-6	13,69	4,31	-2,20	-0,786	4,827	0,618	1,727
MI-7	21,67	6,83	5,78	1,734	33,442	3,007	10,028
MI-8	17,78	5,62	1,89	0,524	3,583	0,275	0,992
MI-9	16,71	5,17	0,82	0,074	0,677	0,005	0,061
MI-10	17,02	5,39	1,13	0,294	1,284	0,087	0,333
MI-11	18,20	5,73	2,31	0,634	5,350	0,402	1,467
MI-12	13,42	4,32	-2,47	-0,776	6,086	0,602	1,914
MI-13	15,24	5,02	-0,65	-0,076	0,419	0,006	0,049
MI-14	14,23	4,48	-1,66	-0,616	2,746	0,379	1,021
MI-15	22,45	6,46	6,56	1,364	43,072	1,861	8,953
MI-16	16,72	5,27	0,83	0,174	0,694	0,030	0,145
MI-17	17,87	5,87	1,98	0,774	3,932	0,599	1,535
SUMATORIA	$\Sigma = 270,08$	$\Sigma = 86,63$			$\Sigma X_1^2 = 170,02$	$\Sigma Y_1^2 = 11,291$	$\Sigma X_1 \times Y_1 = 41,477$
MEDIA	$\bar{X} = 15,89$	$\bar{Y} = 5,10$					

$$r = \frac{\Sigma X_1 \times Y_1}{\sqrt{(\Sigma X_1^2) \times (\Sigma Y_1^2)}} = 0.947$$

Coeficiente de determinación: $r^2 = 0.896$

$$r^2 \times 100\% = 89.62\%$$

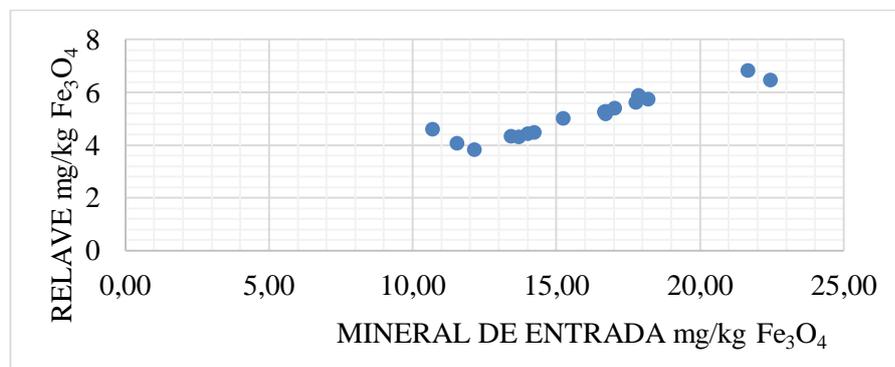


Figura 30: Relación del mineral de entrada vs relave para Fe₃O₄.

Magnetita (Fe ₃ O ₄)	MINERAL DE ENTRADA(X) mg/ kg	RELAVE(Y) mg/ kg
Desviación típica muestral:	3.26	0.84
Valor mínimo de las muestras:	10.70	3.82
Valor máximo de las muestras:	22.45	6.83

Con $r = 0,947$ la correlación es positiva muy alta entre el mineral de entrada y el relave en la magnetita; y la variación del relave es el 89,62% respecto a los valores del mineral de entrada.

Tabla 42: Mineral de entrada y concentrado de Fe_3O_4 en mg/kg para el coeficiente de correlación de Pearson (r).

MUESTRA	MINERAL DE ENTRADA(X)	CONCENTRADO(Y)	$X_1 = X - \bar{X}$ $Y_1 = Y - \bar{Y}$		X_1^2	Y_1^2	$X_1 \times Y_1$
	mg/kg Fe_3O_4	mg/kg Fe_3O_4					
MI-1	10,70	41,17	-5,187	-24,969	26,906	623,472	129,518
MI-2	16,68	61,74	0,793	-4,399	0,629	19,355	-3,488
MI-3	12,14	50,56	-3,747	-15,579	14,040	242,718	58,377
MI-4	14,01	60,48	-1,877	-5,659	3,523	32,029	10,623
MI-5	11,55	48,45	-4,337	-17,689	18,810	312,915	76,720
MI-6	13,69	59,06	-2,197	-7,079	4,827	50,118	15,554
MI-7	21,67	87,67	5,783	21,531	33,442	463,566	124,510
MI-8	17,78	76,71	1,893	10,571	3,583	111,737	20,010
MI-9	16,71	72,18	0,823	6,041	0,677	36,489	4,971
MI-10	17,02	63,63	1,133	-2,509	1,284	6,297	-2,843
MI-11	18,20	78,25	2,313	12,111	5,350	146,666	28,011
MI-12	13,42	57,75	-2,467	-8,389	6,086	70,382	20,697
MI-13	15,24	65,75	-0,647	-0,389	0,419	0,152	0,252
MI-14	14,23	61,56	-1,657	-4,579	2,746	20,971	7,588
MI-15	22,45	89,23	6,563	23,091	43,072	533,175	151,542
MI-16	16,72	71,85	0,833	5,711	0,694	32,611	4,757
MI-17	17,87	78,33	1,983	12,191	3,932	148,610	24,173
SUMATORIA	$\Sigma = 270,08$	$\Sigma = 1124,37$			$\Sigma X_1^2 = 170,020$	$\Sigma Y_1^2 = 2851,264$	$\Sigma X_1 \times Y_1 = 670,971$
MEDIA	$\bar{X} = 15,89$	$\bar{Y} = 66,14$					

$$r = \frac{\Sigma X_1 \times Y_1}{\sqrt{(\Sigma X_1^2) \times (\Sigma Y_1^2)}} = 0.964$$

Coefficiente de determinación: $r^2 = 0.929$

$$r^2 \times 100\% = 92.87\%$$

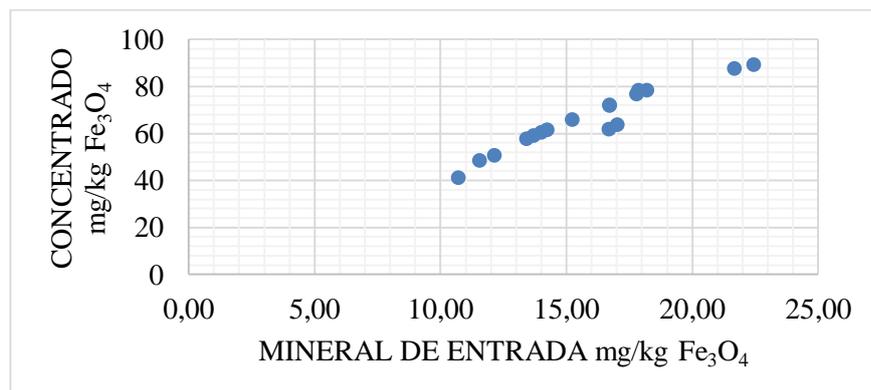


Figura 31: Relación de mineral de entrada vs concentrado para Fe_3O_4 .

Magnetita (Fe_3O_4)	MINERAL DE ENTRADA(X) mg/ kg	CONCENTRADO(Y) mg/ kg
Desviación típica muestral:	3.26	13.35
Valor mínimo de las muestras:	10.70	41.17
Valor máximo de las muestras:	22.45	89.23

Con $r = 0,964$ la correlación es positiva muy alta entre el mineral de entrada y el concentrado en la magnetita; y la variación del concentrado es el 92,87% respecto a los valores del mineral de entrada.

Tabla 43: Mineral de entrada y recuperación de Fe_3O_4 en mg/kg para el coeficiente de correlación de Pearson (r).

MUESTRA	MINERAL DE ENTRADA(X)	RECUPERACIÓN (Y)	$X_1 = X - \bar{X}$ $Y_1 = Y - \bar{Y}$		X_1^2	Y_1^2	$X_1 \times Y_1$
	mg/kg Fe_3O_4	$Fe_3O_4\%$					
MI-1	10,70	64,268	-5,187	-9,015	26,906	81,271	46,762
MI-2	16,68	74,841	0,793	1,558	0,629	2,429	1,236
MI-3	12,14	74,135	-3,747	0,852	14,040	0,726	-3,192
MI-4	14,01	73,848	-1,877	0,565	3,523	0,319	-1,061
MI-5	11,55	70,701	-4,337	-2,582	18,810	6,666	11,198
MI-6	13,69	73,911	-2,197	0,628	4,827	0,394	-1,380
MI-7	21,67	74,268	5,783	0,985	33,442	0,969	5,694
MI-8	17,78	73,798	1,893	0,515	3,583	0,265	0,975
MI-9	16,71	74,389	0,823	1,106	0,677	1,222	0,910
MI-10	17,02	74,655	1,133	1,372	1,284	1,883	1,555
MI-11	18,20	73,930	2,313	0,647	5,350	0,419	1,497
MI-12	13,42	73,292	-2,467	0,009	6,086	0,000	-0,022
MI-13	15,24	72,604	-0,647	-0,679	0,419	0,462	0,440
MI-14	14,23	73,895	-1,657	0,612	2,746	0,374	-1,014
MI-15	22,45	76,784	6,563	3,501	43,072	12,256	22,976
MI-16	16,72	73,901	0,833	0,618	0,694	0,382	0,515
MI-17	17,87	72,592	1,983	-0,691	3,932	0,478	-1,371
SUMATORIA	$\Sigma = 270,08$	$\Sigma = 1245,81$			$\Sigma X_1^2 = 170,020$	$\Sigma Y_1^2 = 110,517$	$\Sigma X_1 \times Y_1 = 85,717$
MEDIA	$\bar{X} = 15,89$	$\bar{Y} = 73,28$					

$$r = \frac{\Sigma X_1 \times Y_1}{\sqrt{(\Sigma X_1^2) \times (\Sigma Y_1^2)}} = 0.625 \quad \text{Coeficiente de determinación: } r^2 = 0.391$$

$$r^2 \times 100\% = 39.10\%$$

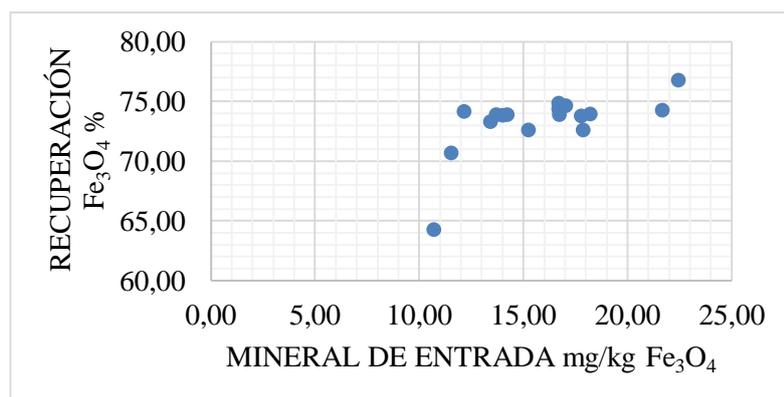


Figura 32: Relación del mineral de entrada vs recuperación para Fe_3O_4 .

Magnetita (Fe_3O_4)	MINERAL DE ENTRADA(X) mg/ kg	RECUPERACIÓN(Y) %
Desviación típica muestral:	3.26	2.63
Valor mínimo de las muestras:	10.70	64.27
Valor máximo de las muestras:	22.45	76.78

Con $r = 0,625$ la correlación es positiva moderada entre el mineral de entrada y la recuperación en la magnetita; y la variación de la recuperación es el 39,10% respecto a los valores del mineral de entrada.

Tabla 44: Relación que existe entre magnetita mg/kg y Au libre g/m³.

MUESTRA	Magnetita mg/kg(X)	Au Libre g/m3(Y)	$X_1 = X - \bar{X}$	$Y_1 = Y - \bar{Y}$	X_1^2	Y_1^2	$X_1 \times Y_1$
MI-1	10,70	0,65	-5,19	0,23	26,91	0,05	-1,21
MI-2	16,68	0,47	0,79	0,05	0,63	0,00	0,04
MI-3	12,14	0,40	-3,75	-0,02	14,04	0,00	0,07
MI-4	14,01	0,60	-1,88	0,18	3,52	0,03	-0,34
MI-5	11,55	0,32	-4,34	-0,10	18,81	0,01	0,42
MI-6	13,69	0,29	-2,20	-0,13	4,83	0,02	0,28
MI-7	21,67	0,58	5,78	0,16	33,44	0,03	0,94
MI-8	17,78	0,52	1,89	0,10	3,58	0,01	0,19
MI-9	16,71	0,43	0,82	0,01	0,68	0,00	0,01
MI-10	17,02	0,59	1,13	0,17	1,28	0,03	0,20
MI-11	18,20	0,26	2,31	-0,16	5,35	0,02	-0,36
MI-12	13,42	0,35	-2,47	-0,07	6,09	0,00	0,17
MI-13	15,24	0,31	-0,65	-0,11	0,42	0,01	0,07
MI-14	14,23	0,25	-1,66	-0,17	2,75	0,03	0,28
MI-15	22,45	0,42	6,56	0,00	43,07	0,00	0,02
MI-16	16,72	0,32	0,83	-0,10	0,69	0,01	-0,08
MI-17	17,87	0,34	1,98	-0,08	3,93	0,01	-0,15
SUMATORIA	$\Sigma = 270,08$	$\Sigma = 7,10$			$\Sigma X_1^2 = 170,02$	$\Sigma Y_1^2 = 0,27$	$\Sigma X_1 \times Y_1 = 0,53$
MEDIA	$\bar{X} = 15,89$	$\bar{Y} = 0,42$					

$$r = \frac{\Sigma X_1 \times Y_1}{\sqrt{(\Sigma X_1^2) \times (\Sigma Y_1^2)}} = 0.079$$

Coefficiente de determinación: $r^2 = 0.006$

$$r^2 \times 100\% = 0.62\%$$

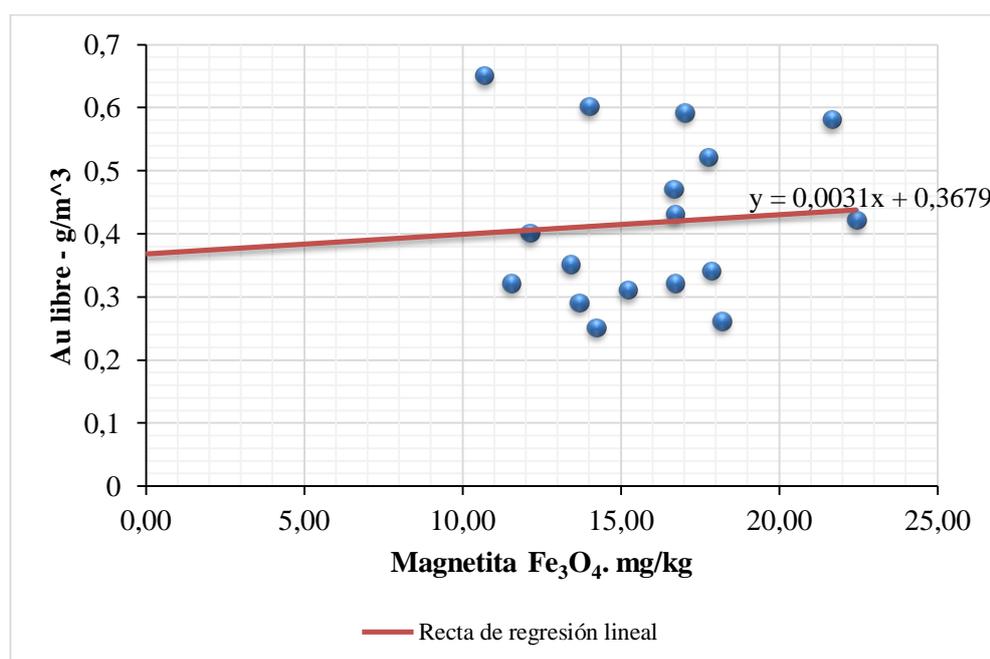


Figura 33: correlación que existe entre magnetita mg/kg y Au libre g/m³.

	Magnetita(X)	Au libre(Y)
	mg/ kg	g/m3
Desviación típica muestral:	0.13	3.26
Valor mínimo de las muestras:	0.25	10.70
Valor máximo de las muestras:	0.65	22.45

Con $r = 0,079$ la correlación es positiva muy baja entre el mineral de entrada de la magnetita y el oro libre, razón por la cual se les considera variables independientes, y la variación del oro libre es el 0,62% respecto a los valores de la magnetita que no es significativo.

Dado que la variabilidad de la magnetita 20% y del oro libre del 30%, para los proyectos de minería lo consideran una mineralización uniforme según la Tabla 22, se optó por hacer un compósito de las 17 muestras, con 30 kg cada una, para proceder a uniformizar el blending (combinación) y ejecutar las pruebas de concentración en los porcentajes de malla -200 μ m, y se obtuvieron los resultados siguientes:

Tabla 45. Balance Metalúrgico del Concentrador Falcón

29,0%-200 Prueba N° 1

Componentes	Peso (g)	% Peso	Ley Au (g/t)	Contenido Fino Au	% Recuperación	Ratio Concentración
Mineral de entrada	5000	100.00	0,18	18,00	100.00	
Concentrado	155,2	3,10	2,98	9,24	78,84	32,21
Relave	4844,8	96,9	0,04	6,78	21,16	

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017).

$$R_{Au} = (t_a - t_t / t_c - t_t) (t_c / t_a) = (0, 18 - 0, 04 / 2, 98 - 0, 04) (2, 98 / 0, 18) = 78, 84 \%$$

Siendo t_a = ley de alimentación, t_t = ley relave, t_c = ley de concentrado, aplicando la relación matemática se obtiene la recuperación del oro en el proceso.

Tabla 46. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.

29,0%-200 Prueba N° 2

Componente	Peso (g)	% Peso	Ley Mg mg/kg	Contenido Fino mg	% Recuperación	Ratio
Mineral de entrada	4844,8	100,00	15,00	1500	100,00	
Concentrado	365,10	7,5	62,30	467,25	71,80	13,27
Relave	4479,7	92,5	5,11	472,68	28,20	

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017)

$$R_{Fe_3O_4} = (ta-tt/tc-tt) (tc/ta) = (15-5,11/62,30-5,11) (62,30/15) = 71,81 \%$$

Tabla 47. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.

45,80%-200 Prueba N° 3

Componentes	Peso (g)	% Peso	Ley Au (g/t)	Contenido Fino Au	% Recuperación	Ratio Concentración
Mineral de entrada	5000	100.00	0,18	28,00	100.00	
Concentrado	147,30	2,94	4,52	13,29	78,85	33,94
Relave	4852,7	97,06	0,04	5,82	20,38	

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017).

$$R_{Au} = (ta-tt/tc-tt) (tc/ta) = (0,18-0,04/2,94-0,04) (2,94/0,18) = 78,85 \%$$

Tabla 48. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.

45,80%-200 Prueba N° 4

Componente	Peso(g)	% Peso	Ley Mg mg/kg	Contenido Fino mg	% Recuperación	Ratio
Mineral de entrada	4852,7	100,00	15,00	1500	100,00	
Concentrado	352,8	7,20	65,75	473,40	73,32	13,76
Relave	4499,9	92,80	4,81	446,37	26,68	

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017)

$$R_{Fe_3O_4} = (ta-tt/tc-tt) (tc/ta) = (15-4,81/65,75-4,81) (65,75/15) = 73,30 \%$$

Tabla 49. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.

74,60%-200 Prueba N° 5

Componentes	Peso (g)	% Peso	Ley Au (g/t)	Contenido Fino Au	% Recuperación	Ratio Concentración
Mineral de entrada	5000	100.0	0,18	28,00	100.00	
Concentrado	133,54	2,67	7,31	19,52	73,17	37,44
Relave	4866,46	97,33	0,05	7,79	26,83	

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017)

$$R_{Au} = (t_a - t_t / t_c - t_t) (t_c / t_a) = (0, 18 - 0, 05 / 7, 31 - 0, 05) (7, 31 / 0, 18) = 72, 72 \%$$

Tabla 50. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.

74,60%-200 Prueba N° 6

Componente	Peso(g)	% Peso	Ley Mg mg/kg	Contenido Fino mg	% Recuperación	Ratio
Mineral de entrada	4866,46	100,00	15,00	1500	100,00	
Concentrado	338,82	6,70	71,92	481,86	64,87	14,36
Relave	4527,64	93,30	6,09	568,20	35,13	

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017)

$$R_{Fe_3O_4} = (t_a - t_t / t_c - t_t) (t_c / t_a) = (15 - 6,09 / 71,92 - 6,09) (71,92 / 15) = 64,89 \%$$

Tabla 51. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.

90,00%-200 Prueba N° 7

Componentes	Peso (g)	% Peso	Ley Au (g/t)	Contenido Fino Au	% Recuperación	Ratio Concentración
Mineral de entrada	5000	100.00	0,18	28,00	100.00	
Concentrado	130,32	2,62	5,33	13,97	77,93	38,36
Relave	4869,68	97,38	0,04	5,84	22,07	

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017)

$$R_{Au} = (t_a - t_t / t_c - t_t) (t_c / t_a) = (0, 18 - 0, 04 / 5, 33 - 0, 04) (5, 33 / 0, 18) = 78, 37 \%$$

Tabla 52. Balance metalúrgico del concentrador Falcón.

90,00%-200 Prueba N° 8

Componente	Peso(g)	% Peso	Ley Mg mg/kg	Contenido Fino mg	% Recuperación	Ratio
Mineral de entrada	4869,68	100,00	15,00	1500	100,00	
Concentrado	342,03	7,02	69,42	485,94	72,31	14,24
Relave	4527,65	92,98	4,93	458,39	27,69	

Fuente: Laboratorio LABMIN SRL (2017)

$$R_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = (t_a - t_t / t_c - t_t) (t_c / t_a) = (15 - 4,93 / 69,42 - 4,93) (69,42 / 15) = 72,27 \%$$

Las recuperaciones del oro y magnetita sin el uso de tóxicos en las pruebas ejecutadas, están en el orden desde 70% al 79% y en el caso de la magnetita desde 67% hasta 81%, obteniéndose un ponderado de recuperaciones en el oro de 74% y en la magnetita de 75%, con los cuales se calcula la valorización de las arenas aluviales auríferas de grano fino.

Para tener un aproximado de valor presente de reservas, en la fase preliminar de un estudio de factibilidad, y lo más importante se logra la recuperación del oro y magnetita sin contaminar el medio ambiente, aspecto importante para el propósito de generar divisas para el estado sin contaminar donde está ubicado este recurso no renovable.

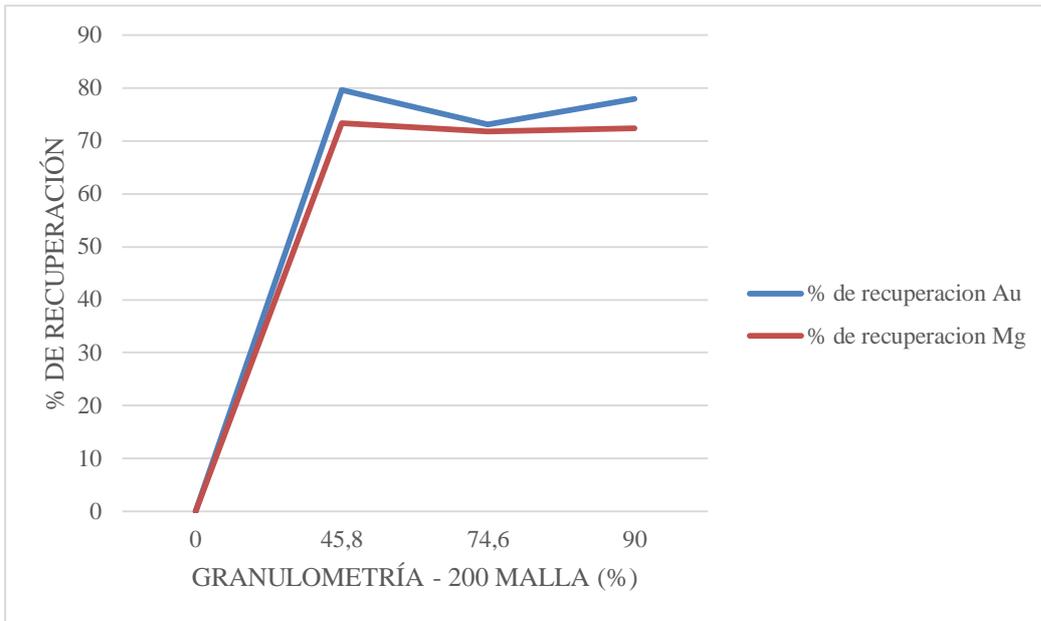


Figura 34. Porcentaje de recuperación en función a la granulometría.

Fuente: LABMIN SRL (2017)

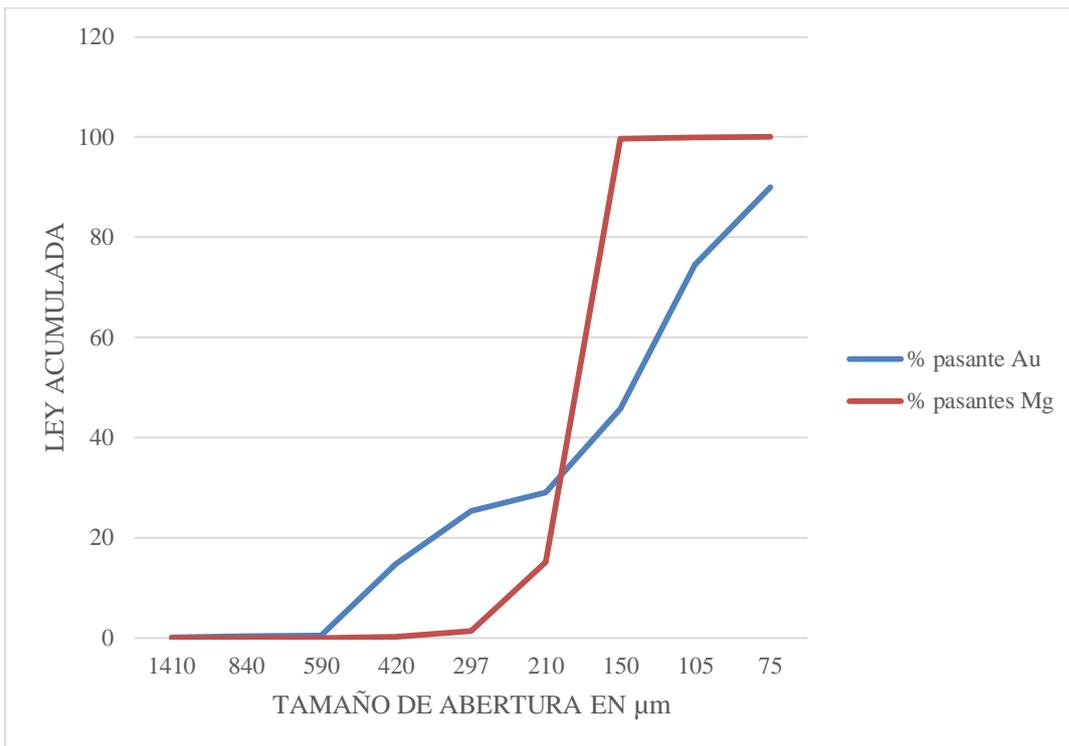


Figura 35. Malla de valores en Au y Mg(Magnetita).

Fuente: LABMIN SRL (2017)

Los equipos de concentración gravimétrica, operan con una granulometría menor a 2mm es decir 100% malla -10, en la etapa de clasificación el 69,6 % es retenido y el 29,1 % pasa a

la etapa gravimétrica, es decir a los equipos centrífugo de concentración gravimétrica, en la Figura 35. se observa con línea discontinua de color rojo. El ingreso a planta es de 4" de las arenas aluviales auríferas.

El comportamiento granulométrico del oro, que los valores significativos van desde abertura de 3360 μm a -75 μm , donde se encuentra la mayor parte del oro distribuido. Existen tamaños de -3360 μm hasta +590 μm que son poco significativos. Se muestra en los cuadros. En la abertura de +590 μm hasta -75 μm está el mayor porcentaje de oro de la muestra de arenas. Para el caso de la magnetita como comportamiento granulométrico los valores significativos se dan en la abertura de 590 μm hasta la abertura -105 μm obteniendo de un pico de porcentaje en la malla 177 μm con el 58,35 % de magnetita.

6.5. Consideraciones del uso del concentrador centrífugo.

Son simples, fáciles de operar, no contaminan el medio ambiente, es un punto importante mencionar es que los concentradores centrífugos, no dañan el medio ambiente, no utiliza ningún toxico o reactivo en el proceso, son extremadamente seguros. La unidad tiene tres requerimientos: electricidad, agua, y el material a procesarse. No solo es ventaja la inversión inicial es alta, pero justifica su adquisición, con el rápido retorno de la inversión.

El concentrador FALCON, es producto de las dificultades de los mineros, para la recuperación de los metales finos, dentro del proceso de flujo continuo, los concentradores centrífugos, tienen un diseño simple y genera una fuerza de gravedad de 300 G, durante más de 20 años, su objetivo es la de maximizar las recuperaciones y disminuir la masa entrante a los procesos subsiguientes. Los concentradores centrífugos han tenido un tiempo de investigación y desarrollo de los sistemas de separación centrífuga, para la recuperación del oro libre y metales pesados (magnetita) de operaciones aluviales, en la actualidad son los equipos apropiados para evitar la contaminación ambiental por el uso de tóxicos, en la

recuperación de minerales indicados, no solamente a nivel mundial, el estado debe apoyar estas iniciativas, para el bien de la comunidad, que vive cercana a los posibles centros de operación. Los concentradores centrífugos existen de diversos tamaños, desde las unidades de laboratorio, hasta unidades que manejen grandes cantidades de material aluvial, de las minas a cielo abierto. Las empresas fabricantes también fabrican equipos completos, para la producción de pequeña escala y mediana en diferentes tipos de minería. La inversión inicial es alta, pero la recuperación de esta es un corto plazo, con la ventaja de que no se va dañar el medio ambiente.

Se ha constatado que, con la prueba de pre concentración, con una granulometría de 74,6% - 200 μm como variable independiente, obteniéndose una calidad de concentrado de 7,31g/t y 73,17 % de recuperación, para el oro, con un ratio de concentración promedio de 35,48.

El promedio ponderado de recuperación en el oro, con las dificultades que presenta por su hidrofobicidad se obtiene 76,36%, parámetro con el cual se ejecutara una valorización preliminar del yacimiento aluvial; en el caso de la magnetita el promedio ponderado de su recuperación gravimétrica es 72,58%.

En el caso de la magnetita en el análisis granulométrico partir de la malla +30 con la abertura de 590 μm , presenta valores de contenido de magnetita no tan significativos, pero a partir de la malla +70 μm con abertura de 210 μm presenta valores significativos recuperables hasta la malla +100 μm de abertura 149 μm , el pico más alto en contenido de magnetita es en la malla 80 μm de abertura 177 μm .

Tabla 53. Ratio de concentración y recuperación.

Prueba	%	Ratio	Malla	Prueba	%	Ratio	Malla
	Recuperación		-200		Recuperación		-200
1	76,52	32,21	29,0%	2	71,80	13,27	29,0%
3	79,62	33,94	45,8%	4	73,32	13,76	45,8%
5	73,17	37,44	74,6%	6	64,87	14,36	74,6%
7	77,93	38,36	90,0%	8	72,31	14,24	90,0%

Fuente: LABMIN SRL (2017)

La relación de recuperación en el Au, es directamente proporcional, al porcentaje de la malla-200 μm ; respecto al ratio de concentración es una relación directamente proporcional a la recuperación de los valores auríferos. Tenemos establecido que la granulometría y valores de oro son variables independientes, la recuperación y el ratio son las variables dependientes, la granulometría está en la naturaleza, y no depende de ningún medio para presentarse en la que hemos analizado, se observa que gran porcentaje de los valores están en los valores de malla-200 μm entre 29,0% al 90%, y es allí donde se obtiene la mejor recuperación de oro, con un promedio ponderado de 76,9%, en la segunda etapa de prueba; en la primera etapa se determina por el análisis estadístico la correlación es negativa alta entre el mineral de entrada y la recuperación y la variación de la recuperación es el 68,05 % respecto a los valores del mineral de entrada.

El depósito fluvioaluvional, se caracteriza por presentar una gradación del tamaño de clastos, y cuando ésta, esté sobre el basamento de arenisca, se comporta como un depósito aluvional, en este caso se determina la roca base, y ha habido varias secuencias de deposición, de variada ley de g/m^3 .

El tamaño de las partículas de oro, se observa que están totalmente liberados, de los minerales asociados, el tamaño de las partículas se ha reducido porque ha tenido una

distancia larga de transporte, por eso presenta más finura, se observa poco oro grueso el 30%.

No existe un acuerdo internacional para designar en forma técnica el tamaño de las partículas de oro, razón por la cual varía la definición de oro fino o grueso de un lugar a otro, con la preposición que presenta; estamos en oro fino menos 0,315 +0,10(menos 48 +150m) (Medina, 1998).

El oro fino según el análisis granulométrico, están en relación directa según, la longitud de transporte, según esquema idealizado de Medina (1998) y colocando el porcentaje acumulado de Au en malla Tyler experimental.

Al hacer un análisis del comportamiento granulométrico del mineral, los equipos de concentración gravimétrica operan con una granulometría menor a 2 mm, es decir 100% malla-10 según la Tabla 28 de análisis granulométrico el 69,6% es retenido por los diferentes equipos de clasificación, antes de que llegue a la etapa gravimétrica, la granulometría de entrada a planta es de 4", por lo tanto, la abertura de parrilla es de esta dimensión. Al analizar la Tabla 23 el 15,4% del mineral retenido y solo el 84,6%, pasara en esta clasificación de parrilla, en la Figura 20, la línea discontinua de color verde, este mineral pasante será alimento para el trommel clasificador, con abertura de ½", según el cuadro, el 58,2% es retenido y tan solo el 41,85% de mineral pasara, en la Figura 20, con líneas discontinuas de color rojo.

Resumiendo, en la etapa de clasificación el 69,6% es retenido y el 30,45 pasa a la etapa gravimétrica, vemos la línea de color celeste. En la primera etapa se determina la correlación es positiva alta entre el mineral de entrada y el concentrado y la variación del concentrado es el 79,40% respecto a los valores del mineral de entrada.

El comportamiento granulométrico del oro, en la figura 21 puede observarse, que los valores significativos del oro, en la muestra de arenas están a partir del rango de tamaños de $-3360 \mu\text{m}$ hasta $+1410 \mu\text{m}$, pero son poco significativos, están indicados con color amarillo, y que es el 0,87% del total de la muestra, y por último los tamaños de fragmentos de $-4''$ a $+1/4''$ sin ninguna presencia de oro en los rangos descritos.

Tomando como referencia a la tabla 30 la presencia de oro se da con la granulometría de $590 \mu\text{m}$, que representa el 9,78% del oro total, disminuyendo en la malla de $297 \mu\text{m}$, siendo esta el 3,10% del oro total presente en la muestra, el pico más alto de oro esta con la granulometría de $150 \mu\text{m}$, que viene a ser el 22,73% del total de oro existente en el mineral, ésta granulometría es malla 210 μm , que es fina.

Distribución de Au por tamaño de partículas: Abertura de micrones vs % de distribución.

En el caso de la magnetita, como es un mineral pesado, va acompañar al oro libre, en todo el proceso, pero independientes uno del otro, no existe porcentaje de retenido, pasa todo, dado los porcentajes en la Tabla 30, el 2,57% del mineral será retenido y solo el 97,43% pasará en esta etapa de clasificación de parrilla, en la Figura 35, anterior se observa con líneas continua negro, este material pasante será el alimento para el trommel clasificador con abertura de $1/2''$ según la Tabla 30, la retención es nula pasa todo, al siguiente sistema de concentración. En resumen, en la etapa de clasificación, todo el material es pasante, para la etapa de gravimetría, entra al sistema del concentrador Falcón. En la primera etapa la correlación es positiva y muy alta entre el mineral de entrada y el concentrado, la variación del concentrado es el 92,87% respecto a los valores del mineral de entrada; la correlación es positiva moderada entre el mineral de entrada la recuperación la variación de la recuperación es el 39,10% respecto a los valores del mineral de entrada.

De la tabla 31, puede observarse que los valores significativos en la magnetita, están a partir de los rangos de tamaños 250 μm a -105 μm , donde se encuentra, la mayor parte de magnetita, existe valores de magnetita en los tamaños de 590 μm hasta +105 μm que son significativos. Este tamaño de partículas son afines a los de oro libre en la Tabla 29.

Se puede visibilizar la presencia de laminillas de oro libre, de similar forma la magnetita en escamas, son vistas a simple vista, confirma la presencia de oro libre y magnetita, el oro en granulometría comparada a pequeños fragmentos, en el caso de magnetita es más visible y al tacto.

La forma de las partículas que presenta son del tipo laminares, placoides, debido al golpe, martilleo, choques, zarandeo, recibidos por parte del material clástico durante el transporte, las partículas de oro por los efectos descritos adoptan diversas formas, las formas determinan su deposición, el espesor de la partícula de oro decrece cuando disminuye de tamaño, y tiende a fragmentarse en el transporte, por su adelgazamiento.

El oro flota cuando el factor Corey es alto, puede flotar (oro hidrofóbico) y ser transportado en suspensión, a pesar de su alto peso específico, y eso es lo que sucede en la zona de estudio, con los métodos artesanales, obtienen recuperaciones del 30%, y es una de las razones de que los mineros artesanales, no solo de la zona de estudio a nivel nacional, creen que adicionándole más mercurio, al producto de su lavado, van a juntar mejor las partículas de oro, el fenómeno ha sucedido en el proceso de lavado en sus canalones, que el oro fino, flota y se va junto con la arenilla al desecho. En nuestro caso el efecto del factor Corey es:

$$S_f = T + L \cdot V$$

$$S_f = 0,4 + 0,8 \cdot 0,5 = 0,6 \text{ oro grueso } 30\%$$

$$S_f = 0,2 + 0,4 \cdot 0,25 = 0,15 \text{ oro fino } 70\%$$

Las partículas de oro pequeñas finas, que han sufrido una longitud larga de transporte, tienen mayor fineza que el oro grueso, esta se expresa en partes por mil, la fineza determinada por LABMIN SRL es de 22/24, o sea oro de 22 quilates.

Los índices metalúrgicos gravimétricos, son números adimensionales que precisan la calidad efectuada en una o varias etapas de concentración, en nuestro caso, el índice que relaciona la calidad, que ha sucedido en la etapa de concentración: La recuperación de oro libre y magnetita, definida como la relación que existe en una operación de concentración entre el peso de material útil, que existe en el concentrado con respecto al mineral que hay en la alimentación:

$$R_{Au} = (t_a - t_t / t_c - t_t) (t_c / t_a) = (0,18 - 0,04 / 2,98 - 0,04) (2,98 / 0,18) = 73,13 \%$$

$$R_{Fe_3O_4} = (t_a - t_t / t_c - t_t) (t_c / t_a) = (15 - 6,09 / 71,92 - 6,09) (71,92 / 15) = 64,89 \%$$

La razón de enriquecimiento, es el índice de la relación que existe entre la ley del mineral útil en el concentrado respecto a la ley del mineral de entrada:

$$R_E = t_c / t_a = 2,98 / 0,18 = 16,55$$

$$R_E = t_c / t_a = 62,30 / 15 = 4,15$$

La recuperación del mineral en el caso del oro, está en relación directa, a la razón de enriquecimiento, la concentración gravimétrica concentra y enriquece el valor del mineral en 16,5 veces, recupera valor en un 73,13%, prácticamente le da un valor agregado sin contaminar el medio ambiente.

De igual modo en el caso de la magnetita, recupera 64,89% de la magnetita, con una razón de enriquecimiento de 4,15 veces su contenido en las arenas, sin contaminación del medio ambiente.

Otro índice importante es el índice de selectividad, en la cual se compara, la calidad de separación entre la magnetita y el oro libre, que se desea separar en el proceso gravimétrico, lo definimos:

$$I.S. = t_a(\text{Au}) * t_t(\text{Mg}) / t_a(\text{Mg}) * t_t(\text{Au}) = (0,18 * 5,11) / (15 * 0,04) = 1,53$$

Nos indica que la selectividad entre los dos metales es buena, supera la unidad.

Los índices que nos van a permitir relacionar la capacidad de tratamiento, uno de los índices importantes es:

La razón de concentración (RC) se define como el flujo másico de sólidos, en la alimentación, (A) con respecto al flujo de sólidos en el concentrado (C), la relación es:

$$RC_{\text{Au}} = A/C = 5000/155,2 = 32,21$$

$$RC_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = A/C = 4844,8/365,1 = 13,27$$

Nos indica, cuantas toneladas se va alimentar para obtener una tonelada de concentrado.

Otro índice importante es el rendimiento de la concentración (V) que se define como la relación entre el flujo másico en el concentrado respecto al flujo másico de sólidos en la alimentación:

$$V = C / A = 1 / RC$$

$$V_{\text{Au}} = 155,2 / 5000 = 0,031$$

$$V_{\text{Au}} = 1 / 32,21 = 0,031$$

Para el caso de la magnetita aplicamos las mismas relaciones:

$$V_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 365,1 / 4844,8 = 0,075$$

$$V_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 1 / 13,27 = 0,075.$$

La eficiencia de separación (E), es un índice que combina la información obtenida en los cálculos anteriores:

$$E = (R - V) / (1 - ta)$$

$$E_{Au} = (73,13 - 0,031) / (1 - 0,18) = 89,15\%$$

$$E_{Fe_3O_4} = (64,89 - 0,075) / (1 - 0,015) = 65,80\%$$

Las pruebas experimentales han demostrado, la aptitud de los concentradores centrífugos de la recuperación sistemática del oro grueso, fino, recuperar el oro hidrófugo o flotante, que, por sus características de forma de hojuelas o escamas, por su porosidad, no se moja y por lo tanto, no se hunde para permitir su recuperación, sino que al flotar escapa perdiéndose con el relave.

Está demostrado la presencia de oro fino por debajo de la malla 150 μm en hojuelas, cualquier sistema de recuperación, en que se emplea agua corriente sin aplicar fuerza centrífuga, está limitado a una recuperación pobre, Al final existen una serie de pérdidas: para el minero artesanal, que al ver que no recupera, cree que adicionándole más mercurio al concentrado obtenido va recuperar su inversión que ya lo hizo, y esto lo llevara a contaminar el medio ambiente por desconocimiento del tipo de material con el cual está trabajando.

El estado porque no podrá recaudar del pequeño minero el impuesto que debe pagar, estando ya en un proceso de formalización minera; y lo más letal contamina: los ríos, las microcuencas, cuencas, que va afectar la salud de los pobladores río abajo y río arriba, al utilizar materiales tóxicos.

Debe ser una regla para este tipo de recurso, hacer una preconcentración, que va permitir, eliminar los fragmentos mayores a 5 mm de diámetro, basados en que los valores están contenidos más en los finos de la arena aluvial, de los metales en estudio de concentración.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a las pruebas experimentales utilizando el método gravimétrico se logra recuperar en el caso del oro (Au) desde el 71,51% hasta 74,5% y en el caso de la magnetita (Fe_3O_4) desde el 73,28% hasta 74,0% para los 17 puntos de muestreo; lo cual es una alternativa para controlar el impacto ambiental de los suelos, al no utilizar tóxicos (Mercurio, Cianuro) para su recuperación.
- Al completar el muestreo sistemático y tener las leyes de los análisis, se confirma que el material de entrada para el oro libre es de $0,40 \text{ g/m}^3$ y en el caso de la magnetita es de $15,0 \text{ mg/kg}$; determinándose la concentración promedio del proceso gravimétrico en oro libre $9,9 \text{ g/m}^3$ y en la magnetita de $66,14 \text{ mg/kg}$.
- De acuerdo al análisis estadístico practicado, para el oro libre, respecto al mineral de entrada con el relave se ha logrado determinar la correlación negativa baja, con el concentrado positiva alta y con la recuperación es negativa alta. Para la magnetita, respecto al mineral de entrada con el relave, se ha logrado determinar la correlación positiva muy alta; con el concentrado, positiva muy alta y con la recuperación, es positiva moderada.
- La correlación entre el oro y la magnetita como mineral de entrada es positiva muy baja y débil; a ambos se les considera independientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aramburú R. (2014). Procesos innovadores para mejorar la recuperación de oro y reducir la contaminación ambiental en la minería artesanal. UNMSM, Lima, Perú, 114 pp.
- Bermúdez S. (1999). Tecnologías en Minería Aurífero aluvial. 2ª edición. CEPECT (Centro de Estudios y Promoción en Ciencia de la Tierra), Lima, Perú, 28-50 pp.
- Cliffoord D. (1999). Concentración Gravimétrica. Mining Journal (Edición en español). Vol. 181. N°3.
- Cruzado G. (2015). Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto “Hernán Vargas” para la explotación de no metálico antracita.
- Encinas A, Milla R, Ríos I. (1987). Estudio de Explotación Aurífera en la Isla Laberinto, Madre de Dios. Segundo Ciclo del Seminario “Desarrollo de la Minería Aurífera” Minería N°144. Órgano del Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. 6-13 pp.
- Evangelista S. (1984). Convención de Ingenieros de Minas del Perú XVI. Perú posee el potencial de oro más grande del mundo. Minerales Industriales SRL.
- FALCÓN CONCENTRATORS INC (1998). A New generation of gravity recovery equipment. Centrifugal Concentrators for all gravity mineral recovery and cleaning. Catálogos. For fine particle recovery. 80 pp.
- GUIA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (2010). CONESA FDEZ-VITORA. 4ta EDICIÓN.
- Gutiérrez H. et al. (1999). Explotación de Yacimientos Aluviales de Madre de Dios. Edit. CEPECT (Centro de Estudios y Promoción en Ciencia de la Tierra). Publiasesores SRL. 201-223 pp.
- Glyn y Heinke. (2000). Ingeniería ambiental. 2da Edición.

- Hernández A. junio (2011). Determinación de los metales pesados en suelos de Natividad, Ixtiande Juárez Oaxaca. Tesis para obtener el Título de Licenciado en Ciencias Ambientales. Universidad de la Sierra de Juárez. 64 pp.
- Huayhua J. Informe Preliminar Privado para la Compañía Minera San Nicolás S.A. Sobre el potencial Económico de las terrazas de los yacimientos Aluviales en la Zona de Tamboropa-Jaén. 20 pp.
- INGEMMET (1994). República del Perú Memorandum de Información: Linderos, San Ignacio, San Ignacio II, San Ignacio III, Balsa I, Balsas II. Sector Energía y Minas. Lima-Perú. Edit. Allamanda SRL. 70 pp.
- IGP (2018). Instituto Geofísico del Perú. Datum WGS 84, zona 18 Sur.
- Knelson (1980). Recuperación de Oro Fino. Canada. Edit. Gold Concentrators INC. Latín American. División-Maurice Freivokh. 6 pp.
- Lazona A. (2003). Jaén. Bagua: Un antiguo lago. Artículo de la revista Bimensual Jaén en la Historia. 182 años de la independencia. Jaén-Cajamarca, 29 pp.
- López A. Ibarra A., Oliva S., Reyes J. (1999). XXIII Convenciones AIMMGM. 20-23 de A López Valdivieso y Col. Concentración gravimétrica Centrífuga de Oro y Plata. Su implementación en el circuito de Molienda de Mina El Pílon. Instituto de Metalurgia Universidad Autónoma de San Luis de Potosí. México, 12 pp.
- Manzanedo L. (2005). La minería artesanal de oro en el Perú, vista desde un enfoque organizacional. Pontificia Universidad Católica del Perú. 137 pp.
- Medina O. (1991). Geología Minería Metalurgia del oro. CEPECT (Centro de Estudios y Promoción en Ciencia de la Tierra). Edit. Editores e impresores SRL. Segunda edición. 1991-224 pp.
- Medina O. (1991). Exploración del Oro aluvial. CEPECT (Centro de Estudios y Promoción en Ciencia de la Tierra). 224-260 pp.
- Ministerio de Turismo (2005). Conservación de Especies Amenazadas en Provincia de Jaén. Jaén Paraíso Interior. Breve Memoria Descriptiva. Turismo, Desarrollo Local y Sostenibilidad.

- Misari F. (1993) Centro de Estudio y Promoción de Ciencias de la Tierra CEPECT (Centro de Estudios y Promoción en Ciencia de la Tierra) Metalurgia de Oro. Volumen I, Edit. Publiasesores SRL. 7-98 pp.
- Olivari J. (1991) Métodos de minado en yacimientos auríferos de más de 20 metros de espesor. CEPECT (Centro de Estudios y Promoción en Ciencia de la Tierra). Edit. Editores e Impresores SRL. Segunda edición 1991-p243.
- Palomino F. (2000). Concentradores Gravimétricos. Sincé 1987 FALCÓN CONCENTRATORS. Futura Technologies S.A.C. Diversos Tipos de Equipos. Catálogos. Rendimientos. Lima, 20 pp.
- Pastor, V. Becerra, L. Flores, M. Abanto, M. Arteaga. (2006). Expediente Técnico. Área de Conservación Municipal. Bosque de Huamantanga-Jaén. UNC.
- Poma R, Alcántara G. (2011). Estudio de suelos y capacidad de uso mayor del departamento de Cajamarca. Gobierno Regional de Cajamarca.
- Reglamento de seguridad y Salud ocupacional en minería. D.S. 024-2016-EM. Ley 29783. DS N° 005-2012-TR.
- Rivera N. (2000). Cubicación de mineral en cuerpos irregulares de placeres y tajos abiertos, intervalos de muestreo. CEPECT (Centro de Estudios y Promoción en Ciencia de la Tierra).
- Romero A., Flores S., Medina R. (2008). Estudio de los Metales Pesados en el relave abandonando de Ticapampa. Alfonso Romero, Silvana Flores, Rosa Medina. Revista del Instituto de Investigación de facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la UNMSM. Volumen 11 n°22, 13-16 pp.
- Revista minería 145-78. Minería Aurífera del departamento de Puno. -Ing. Héctor Benavente Revilla. Evaluación de Veneros. -Ing. William H. Breeding.
- Sánchez J. (2007), Introducción a la Estadística Empresarial, Madrid, España.
- Suarez M. (2010). Coeficiente de correlación de Karl Pearson. Interaprendizaje Holístico de Matemática, Edit. Gráficas Planeta, Ibarra, Ecuador.
- Taggarth.F. (1968). Elementos de preparación de minerales. Madrid. Ediciones Intermedia.

- UNSAAC (2011). Evaluación de los métodos de concentración Gravimétrica, para la recuperación de oro en los Placeres auríferos de Huaypetue. Madre de Dios (Proyectos de Investigación Tecnológica). Facultad de Ingeniería Química e Ingeniería Metalúrgica, 38 pp.
- Vidalon J. (1996). Jefe de Proyectos Sostenible, Luna H. Director General de Catastral, Díaz J. Director General de Minería, Medina G. Jefe de Proyectos Minería Artesanal y Pequeña Minería. MINERIA AURIFERA ALUVIAL. Exposiciones Técnicos Edit. MEM. 96 pp.
- Villachica C. Llamosas J. Villachica L. (2004). Oro Ecológico para la obtención de Oro sin mercurio, en la Minería de pequeña escala. SmallVill S.A.C. La técnica está en trámite de patente en INDECOPI (Certificado N° 001223-2004/OIN).
- Walther E. Petrascheck. (1999). Yacimientos y criaderos. Un estudio sucinto de los tesoros del subsuelo. Edit. Omega. Barcelona. España.

ANEXOS

ANEXO N°1

HOJA DE TRABAJO DEL ORO					
N°	AÑO	X	Y US/OZ troy	X.Y	X ²
1	1997	-10	331,2	-3312,0	100
2	1998	-9	294,1	-2646,9	81
3	1999	-8	278,8	-2230,4	64
4	2000	-7	279,0	-1953,0	49
5	2001	-6	271,1	-1626,6	36
6	2002	-5	310,1	-1550,5	25
7	2003	-4	363,5	-1454,0	16
8	2004	-3	409,3	-1227,9	9
9	2005	-2	444,8	-889,60	4
10	2006	-1	604,2	-604,20	1
11	2007	0	695,1	0	0
12	2008	1	872,3	872,30	1
13	2009	2	972,4	1244,8	4
14	2010	3	1224,5	3673,5	9
15	2011	4	1571,1	6284,4	16
16	2012	5	1668,0	8340,0	25
17	2013	6	1270,1	7620,6	36
18	2014	7	1219,8	8538,6	49
19	2015	8	1184,3	9474,4	64
20	2016	9	1072,7	9654,3	81
21	2017	10	1296,5	1295,0	100
Σ	SUMA	0	15724,5	51872,8	770

Fuente: World Mining Equipment Journal Boletines informativo de Bolsa.

Para hallar valores de a y b resolvemos el sistema

$$\Sigma y = na + b\Sigma x \dots\dots\dots (1)$$

$$\Sigma xy = a\Sigma x + b\Sigma x^2 \dots (2)$$

Como tenemos $\Sigma x = 0$ en (1) despejando “a”

$$\Sigma y = na$$

$$a = \Sigma y / n = 16632,9/21 = 792,04$$

De igual manera de (2) despejando:

$$\Sigma xy = a\Sigma x + b \Sigma x^2$$

$$b = \Sigma xy / \Sigma x^2 = 51872 / 770 = 67,37$$

Finalmente, la ecuación tendría la forma:

$Y_c = 792,04 + 67,37 X$
$Y_c : 792,04 + 673,7$
$Y_c: 1465,44 \text{ \$/Oz}$

La Curva proyectiva lo observamos en el diagrama adjunto.

Cálculo que se ejecuta para observar la proyección del Precio del oro y de la magnetita en el mercado mundial.

ANEXO N° 2

HOJA DE TRABAJO DE LA MAGNETITA					
N°	AÑO	X	Y US\$/lb	X.Y	X ²
1	1997	-10	0.302	-3,02	100
2	1998	-9	0.31	-2,79	81
3	1999	-8	0.276	-2,21	64
4	2000	-7	0.30	-2,10	49
5	2001	-6	0.30	-1,80	36
6	2002	-5	0.293	-1,47	25
7	2003	-4	0.33	-1,32	16
8	2004	-3	0.43	-1,29	9
9	2005	-2	0.29	-0,58	4
10	2006	-1	0.27	-0,27	1
11	2007	0	0.26	0	0

12	2008	1	0.25	0,25	1
13	2009	2	0.20	0,40	4
14	2010	3	0.22	0,66	9
15	2011	4	0.25	1,00	16
16	2012	5	0.27	1,35	25
17	2013	6	0.12	0,72	36
18	2014	7	0.02	0,14	49
19	2015	8	0.04	0,32	64
20	2016	9	0.04	0,36	81
21	2017	10	0,03	0,33	100
	Σ	0	4.78	-11,32	770

Para hallar los valores de a y b resolver el sistema

$$\Sigma Y = na + b\Sigma x \dots\dots\dots(1)$$

$$\Sigma XY = n\Sigma X + b\Sigma X^2 \dots\dots\dots(2)$$

Como tenemos que $\Sigma x = 0$ despejando a

$$a = \Sigma Y / n = 4,78 / 21 = 0,227$$

De igual manera de (2) despejando b:

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2$$

$$b = \Sigma XY / \Sigma X^2 = -11,32 / 770 = -0,0147$$

Finalmente, la ecuación tendría la forma:

$$Y_c = 0,227 - 0,0147X$$

$$Y_c = 0,227 - 0,147$$

$Y_c = 0,374\$/Lb$ precio proyectado de la magnetita.

FIGURAS



Figura 1. Infraestructura del plan de operación



Figura 2. El top soil, se observa el laboreo antiguo sobre la Formación Milagro



Figura 3. Cargador frontal en el proceso de corte de talud sobre la secuencia el Milagro



Figura 4. Se observa el lado oeste del plan piloto del sistema de lavado



Figura 5. Calicata inicial en la secuencia de la arena aurífera aluvial



Figura 6. Calicata en la arena aluvial aurífera se nota los cantos rodados.



Figura 7. En el puku de color celeste se observa la arenilla



Figura 8. Vista de cerca del oro libre

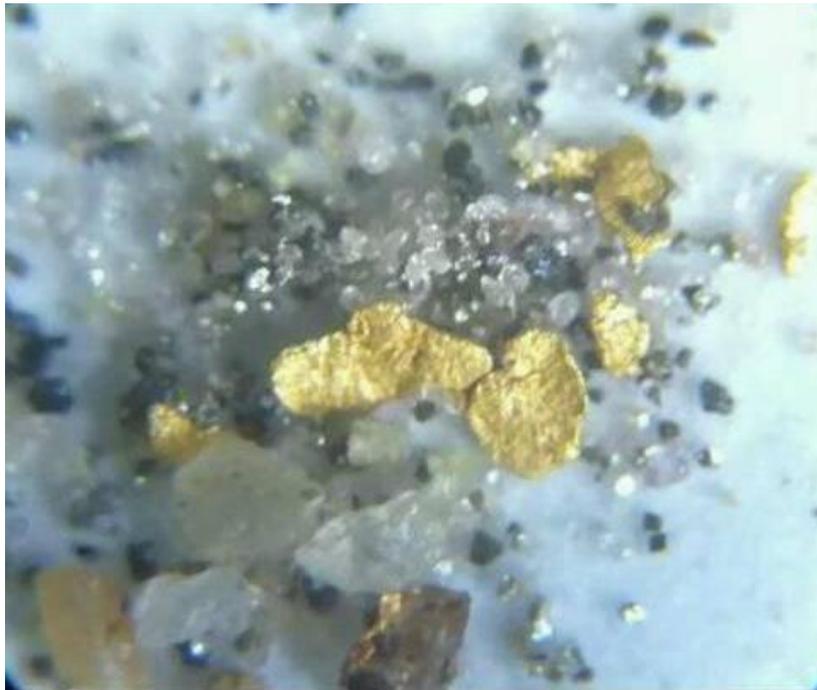


Figura 9. Hojuelas de oro libre aumentado en 200 veces.

Regiones

El Sol reinará en el sur
Según el Senami, las ciudades de Arequipa, Tacna e Ilo tendrán un día soleado. Use bloqueador si va a salir a la calle.

	Max	Min		Max	Min		Max	Min
NORTE			CENTRO			SUR		
Tumbes	30°	20°	Lima	21°	16°	Arequipa	22°	8°
Piura	30°	19°	Huancayo	20°	1°	Tacna	24°	13°
Tarapoto	32°	21°	Huánuco	29°	11°	Puno	17°	0°

021FACTIVOS - editoregiones@comercio.com.pe

▶ ESPECIAL. LA MINERÍA INFORMAL AMENAZA NUESTRA MARAVILLA NATURAL

¿Cómo se procesa el oro?

1 El material extraído es llevado hacia el módulo o 'shute', una plataforma de tierra.

2 Lavado
En una tava de madera se almacena y lava la grava aurífera con grandes cantidades de agua.

3 La grava aurífera se desliza hacia una canaleta que retiene trozos del minúsculo material.

4 Las pepitas de oro se separan y las partículas diseminadas son amalgamadas.

5 La arenilla aurífera se mezcla en baldes con el mercurio.

6 Batado
Se realiza un movimiento giratorio en una tava de madera para separar la arenilla del resto de la solución.

7 Una vez separada la amalgama (mercurio y oro) se exprime en una tela para eliminar parte del mercurio sobrante. Se forma un botón.

8 Refogado
Se realiza el refogado, que consiste en poner el botón en una lata abierta y colocarlo sobre un brasero. Temperatura superior a 400 °C

9 El producto final es el oro refogado, el cual es vendido a comerciantes y acopiadores del metal.

Extracción del material
Se hace con cargadores frontales que desprenden el material de las partes altas de las terrazas y los llevan a los 'shutes' o las canchales de desmonte donde lo almacenan.

La amalgamación

Muchas veces se arroja al río el líquido sobrante en la tava que aún contiene mercurio.

Cada minero gana alrededor de \$7.25 al día.

Un gramo de oro está cotizado en \$1.78

El resto es arrojado al río Ramis, que desemboca en el Titicaca. Este material contiene sólidos suspendidos que acaban con la vida de peces y algas.

Costos de alquiler
Cargador frontal: \$2.180 la hora
Volquete: \$1.70 la hora

Canaleta de recuperación.
Reciben el resto de la grava y ahí se separan las pepitas de oro y el material más fino para continuar con el proceso de amalgamación.

Recubrimiento de plástico, yute o alambres acanalados.

4,5 m de largo

Si las partículas son más gruesas de 1/3" SE PROCESAN

Si las partículas son más finas de 1/3" SE DESCARTAN

Fuente: Juana Kusamoto, investigadora asociada del equipo Cuatrecasas, Ministerio del Ambiente / Diagona. Investigador: CARME N GAL LEGOS, Inforata. CARLOS PAMPEZ.

VEA EL ESPECIAL MULTIMEDIA EN WWW.COMERCIO.COM.PE

Figura 10. Procesamiento informal del oro.