



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y**  
**METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**“EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO Y  
CONTROL DE LA CALIDAD DEL MUESTREO EN CANALES DE  
LA VETA PURISIMA, UNIDAD MINERA LA BONITA – ACARI –  
AREQUIPA”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. CRISTIAN BELTRAN CUELA QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO - PERÚ**

**2024**



NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL MUESTREO EN CANALES DE LA VET

AUTOR

CRISTIAN BELTRAN CUELA QUISPE

RECuento DE PALABRAS

27300 Words

RECuento DE CARACTERES

139491 Characters

RECuento DE PÁGINAS

133 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.0MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 20, 2024 6:25 AM CST

FECHA DEL INFORME

Sep 20, 2024 6:26 AM CST

● 17% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos:

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

AGUSTÍN VÍCTOR YELEZ VILCA  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. N° 55689



DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN  
E.P. ESCAMBRÍA GEOLÓGICA



## DEDICATORIA

*A mi querida familia por todo el apoyo que me brindaron  
en especial a mi padre Walter y mi madre Leopolda  
porque gracias a sus consejos y su insistencia logré  
desarrollar el presente informe y al fin pueda presentarlo.*

*Cristian Beltrán Cuela Quispe*



## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios por estar presente en cada instante de mi vida, por brindarme salud, vida y por haberme dado la familia más humilde y generosa que tengo.*

*Le doy gracias a mis queridos padres Walter Cuela y Leopolda Quispe por ese apoyo incondicional en todo el trayecto de mi aprendizaje, por esos valores que me enseñaron, por esas fuerzas que me dieron en los momentos difíciles de mi vida y por haberme dado el privilegio de tener una educación excelente en toda mi vida estudiantil.*

*A todos mis hermanos por apoyarme en la trayectoria de mi carrera, en aquellos momentos de angustia y necesidad. Sin importar los momentos difíciles siempre estuvieron a mi lado, gracias por los momentos compartidos.*

*De igual manera agradezco a la compañía minera Agromin La Bonita SAC, por haberme brindado la oportunidad de realizar mi proyecto de investigación y por haberme abierto las puertas para contribuir mis conocimientos como geólogo de ore control.*

*A la Universidad Nacional del Altiplano, mi alma mater que me acogió y brindo sus enseñanzas mediante sus catedráticos y formarme buen estudiante, así también momentos inolvidables que viví en ella; mis agradecimientos a todos los ingenieros que conforman la prestigiosa escuela profesional de ingeniería Geología quienes han contribuido con mi formación profesional.*

*De ante mano agradezco al Ing. Agustín Víctor Vélez Vilca, que con su apoyo siendo mi asesor de tesis me brindo su valioso tiempo, su conocimiento, experiencia laboral y sus arduos momentos para culminar mi proyecto de investigación.*

***Cristian Beltrán Cuela Quispe***



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>18</b>
1.2.1 Problema General .....	18
1.2.2 Problema Específico. ....	18
<b>1.3 HIPÓTESIS.....</b>	<b>18</b>
1.3.1 Hipótesis General.....	18
1.3.2 Hipótesis Específicos .....	19
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>19</b>
1.4.1 Justificación teórica .....	19
1.4.2 Justificación práctica.....	19
<b>1.5 OBJETIVOS DE ESTUDIO .....</b>	<b>20</b>
1.5.1 Objetivo General.....	20



1.5.2 Objetivos específicos ..... 20

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1</b>	<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>21</b>
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2	Antecedentes nacionales .....	22
2.1.3	Antecedentes locales.....	24
<b>2.2</b>	<b>BASES TEORICAS.....</b>	<b>24</b>
2.2.1	Teoría de QA/QC.....	24
2.2.2	Conceptos Básicos de Aseguramiento y Control de Calidad .....	24
2.2.3	Diferencias entre aseguramiento de calidad (QA) y control de calidad (QC)	
	25	
2.2.4	Evaluación del Control de Calidad .....	26
2.2.5	Evaluación de la Precisión.....	27
2.2.6	Evaluación de la Exactitud .....	29
2.2.7	Evaluación de la Contaminación .....	30
2.2.8	Errores en el Proceso de Muestreo .....	31
2.2.9	Principios Básicos del Muestreo.....	33
2.2.10	Errores en el Muestreo.....	34
2.2.11	Errores en la Preparación.....	36
2.2.12	Errores en el Análisis.....	37
2.2.13	Muestras de Control .....	38
<b>2.3</b>	<b>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....</b>	<b>43</b>
2.3.1	Contaminación .....	43
2.3.2	Mineral.....	43



2.3.3 Muestreo geológico.....	43
2.3.4 Sesgo.....	44
2.3.5 Blanco.....	44
2.3.6 Duplicado.....	44
2.3.7 Error.....	44
2.3.8 Limite práctico de detección (LDP).....	44

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y METODOS**

<b>3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>3.4 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>46</b>
3.4.1 Etapa de recopilación bibliográfica .....	46
3.4.2 Etapa de trabajo en campo .....	47
3.4.3 Etapa 3: Trabajo de gabinete .....	47
<b>3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>48</b>
3.5.1 Población .....	48
3.5.2 Muestra .....	48
<b>3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>49</b>
3.6.1 Técnicas .....	49
3.6.2 PROCEDIMIENTO DE CUSTODIA .....	52
<b>3.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>54</b>
<b>3.8 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO .....</b>	<b>54</b>
<b>3.9 VARIABLES .....</b>	<b>55</b>
3.9.1 Variable Independiente .....	55



3.9.2	Variable Dependiente .....	55
<b>3.10</b>	<b>EQUIPOS Y MATERIALES.....</b>	<b>55</b>
3.10.1	Equipos de campo.....	55
3.10.2	Materiales de oficina .....	56
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>		
<b>4.1</b>	<b>UBICACIÓN .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2</b>	<b>ACCESIBILIDAD. ....</b>	<b>58</b>
<b>4.3</b>	<b>CLIMA.....</b>	<b>59</b>
<b>4.4</b>	<b>FLORA Y FAUNA.....</b>	<b>59</b>
<b>4.5</b>	<b>GEOLOGÍA LOCAL .....</b>	<b>59</b>
4.5.1	Formación Sencca.....	60
4.5.2	Super Unidad Linga .....	60
4.5.3	Super Unidad Pampahuasi .....	60
4.5.4	Depósitos eólicos .....	61
<b>4.6</b>	<b>GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....</b>	<b>61</b>
<b>4.7</b>	<b>GEOLOGÍA ECONÓMICA .....</b>	<b>63</b>
4.7.1	Minerales de mena .....	64
4.7.2	Minerales de ganga .....	67
<b>4.8</b>	<b>ESTUDIO PETROMINERAGRAFICO .....</b>	<b>68</b>
4.8.1	Estudio petrográfico.....	69
4.8.2	Estudio mineragráfico.....	72
<b>4.9</b>	<b>PARAGENESIS .....</b>	<b>77</b>
4.9.1	Secuencia paragenética .....	77



## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSION

<b>5.1</b>	<b>GRADO DE PRECISIÓN DEL MUESTREO EN CANALES DE LA VETA PURÍSIMA, UNIDAD MINERA LA BONITA .....</b>	<b>78</b>
5.1.1	Resultados del programa de aseguramiento de control de calidad .....	78
<b>5.2</b>	<b>GRADO DE CONTAMINACION DE LOS LOTES DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD. ....</b>	<b>109</b>
5.2.1	Blanco chancado de enero a mayo.....	109
5.2.2	Blanco pulverizado enero- mayo .....	113
5.2.3	Duplicado chancado enero - mayo.....	116
5.2.4	Duplicado pulverizado enero - mayo.....	121
<b>5.3</b>	<b>DISCUSION .....</b>	<b>124</b>
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>127</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>128</b>
	<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>129</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>131</b>

**Área: Geología de minas**

**Tema: Aseguramiento y control de calidad**

**Fecha de sustentación: 10 de octubre del 2024**



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b>	Diagrama de procesos de inserción de muestras de control, preparación y análisis químico de muestras. .... 26
<b>Figura 2</b>	Comparación entre Precisión y exactitud ..... 30
<b>Figura 3</b>	Esquema de muestreo de canales..... 40
<b>Figura 4</b>	Diagrama inserción de muestras (blancos grueso y fino)..... 42
<b>Figura 5</b>	Respectivo talonario del muestreo..... 51
<b>Figura 6</b>	Canal de muestreo de la veta Purísima..... 51
<b>Figura 7</b>	Muestro de cancha en la zona gavilán ..... 52
<b>Figura 8</b>	Protocolos de muestreo..... 53
<b>Figura 9</b>	Mapa de ubicación del área de estudio..... 58
<b>Figura 10</b>	Plano geológico local de la CIA AGLB SAC. .... 61
<b>Figura 11</b>	Mapa geológico estructural local..... 63
<b>Figura 12</b>	Mineral de calcopirita de la veta Purísima ..... 65
<b>Figura 13</b>	Mineral de bornita de la veta Purísima..... 65
<b>Figura 14</b>	Mineral de covelina de la veta Purísima..... 66
<b>Figura 15</b>	Mineral de calcosina de la veta Purísima ..... 66
<b>Figura 16</b>	Mineral pirita de la veta Purísima ..... 67
<b>Figura 17</b>	Mineral specularita de la veta Purísima..... 68
<b>Figura 18</b>	Mineral magnetita de la veta Purísima ..... 68
<b>Figura 19</b>	Fotomicrografía de la Muestra N°: Nivel 1500-A..... 70
<b>Figura 20</b>	Fotomicrografía de la Muestra N°: Nivel 1500-B ..... 72
<b>Figura 21</b>	Fotomicrografía de la Muestra N°: Nivel 1500 ..... 74
<b>Figura 22</b>	Fotomicrografía de la Muestra N°: Nivel 1600 ..... 75
<b>Figura 23</b>	Ore control-Cu en duplicados gruesos mes enero ..... 83
<b>Figura 24</b>	Ore control-Cu en duplicados gruesos mes febrero ..... 85
<b>Figura 25</b>	Ore control-Cu en duplicados gruesos mes Marzo..... 87
<b>Figura 26</b>	Ore control-Cu en duplicados gruesos mes Abril..... 90
<b>Figura 27</b>	Ore control-Cu en duplicados gruesos mes mayo ..... 92
<b>Figura 28</b>	Ore control-Cu en duplicados gruesos mes junio..... 95
<b>Figura 29</b>	Estándar alto (R) - control calidad enero..... 97



<b>Figura 30</b>	Estándar alto (R) - control calidad febrero .....	97
<b>Figura 31</b>	Estándar alto (R) - control calidad marzo.....	98
<b>Figura 32</b>	Estándar alto (R) - control calidad abril .....	99
<b>Figura 33</b>	Estándar bajos (N) - control calidad mayo .....	100
<b>Figura 34</b>	Estándar bajos (N) - control calidad junio.....	100
<b>Figura 35</b>	Blancos gruesos control calidad enero .....	102
<b>Figura 36</b>	Blancos gruesos control calidad febrero.....	103
<b>Figura 37</b>	Blancos gruesos control calidad marzo .....	104
<b>Figura 38</b>	Blancos gruesos control calidad abril.....	106
<b>Figura 39</b>	Blancos gruesos control calidad mayo .....	107
<b>Figura 40</b>	Blancos gruesos control calidad junio .....	108
<b>Figura 41</b>	Blanco chancado control calidad enero .....	110
<b>Figura 42</b>	Blanco chancado control calidad febrero .....	110
<b>Figura 43</b>	Blanco chancado control calidad marzo .....	111
<b>Figura 44</b>	Blanco chancado control calidad abril.....	112
<b>Figura 45</b>	Blanco chancado control calidad mayo .....	112
<b>Figura 46</b>	Blanco pulverizado de control calidad enero .....	113
<b>Figura 47</b>	Blanco pulverizado de control calidad febrero.....	114
<b>Figura 48</b>	Blanco pulverizado de control calidad marzo .....	115
<b>Figura 49</b>	Blanco pulverizado de control calidad abril.....	115
<b>Figura 50</b>	Blanco pulverizado de control calidad mayo .....	116
<b>Figura 51</b>	Duplicado chancado de control calidad enero.....	117
<b>Figura 52</b>	Duplicado chancado de control calidad febrero .....	118
<b>Figura 53</b>	Duplicado chancado de control calidad marzo.....	119
<b>Figura 54</b>	Duplicado chancado de control calidad abril .....	119
<b>Figura 55</b>	Duplicado chancado de control calidad mayo.....	120
<b>Figura 56</b>	Duplicado pulverizado de control calidad enero .....	121
<b>Figura 57</b>	Duplicado pulverizado de control calidad febrero .....	121
<b>Figura 58</b>	Duplicado pulverizado de control calidad marzo.....	122
<b>Figura 59</b>	Duplicado pulverizado de control calidad abril.....	123
<b>Figura 60</b>	Duplicado pulverizado de control calidad mayo .....	123



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b>	Diferencia entre aseguramiento de calidad (QA) y control de calidad (QC) <b>25</b>
<b>Tabla 2</b>	Evaluación de la precisión, exactitud y contaminación ..... <b>31</b>
<b>Tabla 3</b>	Coordenadas del área de estudio..... <b>57</b>
<b>Tabla 4</b>	Ubicación Política del area de estudio ..... <b>57</b>
<b>Tabla 5</b>	Accesibilidad al área de estudio..... <b>58</b>
<b>Tabla 6</b>	Distribucion espacial de la Muestra N°: Nivel 1500 ..... <b>76</b>
<b>Tabla 7</b>	Distribucion espacial de la Muestra N°: Nivel 1600 ..... <b>76</b>
<b>Tabla 8</b>	Paragénesis de la veta Purísima de la muestra Nivel 1500..... <b>77</b>
<b>Tabla 9</b>	Paragenesis de la veta Purisima de la muestra Nivel 1600..... <b>77</b>
<b>Tabla 10</b>	Los parámetros para control de calidad ..... <b>78</b>
<b>Tabla 11</b>	Resumen de resultados de duplicados gruesos y muestras gemelas ..... <b>80</b>
<b>Tabla 12</b>	Resumen de resultados de muestras estándares (alto, medio y bajo) ..... <b>80</b>
<b>Tabla 13</b>	Resumen de resultados de muestras blancas gruesos ..... <b>80</b>
<b>Tabla 14</b>	Muestras gemelas y duplicadas enero 2023 ..... <b>81</b>
<b>Tabla 15</b>	Muestras gemelas y duplicadas febrero 2023 ..... <b>83</b>
<b>Tabla 16</b>	Muestras gemelas y duplicadas marzo 2023..... <b>86</b>
<b>Tabla 17</b>	Muestras gemelas y duplicadas abril 2023 ..... <b>88</b>
<b>Tabla 18</b>	Muestras gemelas y duplicadas mayo 2023 ..... <b>91</b>
<b>Tabla 19</b>	Muestras gemelas y duplicadas junio 2023 ..... <b>93</b>
<b>Tabla 20</b>	Resultados de los estándares alto y bajos ..... <b>96</b>
<b>Tabla 21</b>	Muestras de control blancos gruesos enero 2023 ..... <b>101</b>
<b>Tabla 22</b>	Muestras de control blancos gruesos febrero 2023 ..... <b>102</b>
<b>Tabla 23</b>	Muestras de control blancos gruesos marzo 2023 ..... <b>104</b>



<b>Tabla 24</b>	Muestras de control blancos gruesos abril 2023 .....	<b>105</b>
<b>Tabla 25</b>	Muestras de control blancos gruesos mayo 2023 .....	<b>106</b>
<b>Tabla 26</b>	Muestras de control blancos gruesos junio 2023 .....	<b>107</b>



## ACRÓNIMOS

<b>AGLB:</b>	Agromin la bonita
<b>BQ:</b>	Línea de perforación BQ
<b>CIA:</b>	Compañía
<b>Código JORC:</b>	El Código australiano para Informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Mena
<b>CX:</b>	Crucero
<b>Cu:</b>	Cobre
<b>CH:</b>	Chimenea
<b>LDP:</b>	Limite practico de detección
<b>D.E</b>	Desviacion estandar
<b>DG.</b>	Duplicadas gruesas
<b>GL:</b>	Galeria
<b>IOCG:</b>	Óxido de hierro, cobre y oro.
<b>INGEMMET:</b>	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
<b>MG.</b>	Muestras Gemelas
<b>MSNM:</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>MZ:</b>	Roca monzonita
<b>N:</b>	Norte (punto cardinal)
<b>TN:</b>	Toneladas métricas
<b>STR.</b>	Muestras estandar alto
<b>UTM:</b>	Universal Transverse Mercator
<b>U.M:</b>	Unidad minera
<b>WGS:</b>	Sistema geodésico de coordenadas geográficas



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se encuentra ubicada en el Distrito de Acarí, Provincia de Caravelí, Departamento de Arequipa. Geológicamente está definido básicamente por rocas intrusivas de la superunidad Linga del batolito de la costa, localizada en la franja VIII del mapa metalogenético que corresponde a los depósitos IOCG del cretáceo inferior. Tiene como objetivo evaluar el programa de aseguramiento y control de calidad del muestreo en canales de la veta Purísima; para ello la metodología que se utilizó es de tipo descriptivo, cuantitativo y explicativo de diseño no experimental y transversal. En la primera etapa se recopiló información bibliográfica de trabajos geológicos que se realizaron en la zona de estudio. En la etapa de campo se utilizó el análisis documental, observación de campo y técnicas de muestreo en canales y canchas y un procedimiento de custodia, en la etapa de gabinete se diseñó el programa de control y aseguramiento de calidad como muestras estándares, muestras gemelas y muestras blancas y comparación la información, elaborar informe final de control y aseguramiento de calidad. Los resultados de la evaluación de duplicados gruesos y muestras gemelas para Cu entre enero y junio revelaron una fluctuación en la tasa de error, con un rendimiento óptimo en febrero, marzo y mayo, cuando las tasas se mantuvieron dentro del límite aceptable del 10%. No obstante, abril presentó un desafío importante al registrar una tasa de error del 14.3%, lo que resalta la necesidad de monitoreo constante. Los estándares altos y bajos fueron mayormente positivos, aunque los altos mostraron algunas mediciones en los límites inferiores. Los estándares bajos fueron estables en febrero, abril y mayo, pero junio presentó un aumento. En las muestras de blancos gruesos, se detectó un bajo porcentaje de error, aunque junio mostró un ligero incremento, lo que requiere vigilancia continua. El análisis del porcentaje de cobre (Cu) en el blanco chancado y pulverizado a lo largo de los meses revisados revela un proceso generalmente bajo control y eficiente, con la mayoría de los valores manteniéndose por debajo de los límites superiores de control establecidos. Aunque se han registrado picos ocasionales que sugieren posibles contaminaciones, estos eventos no comprometen la estabilidad general de los procesos. Los gráficos comparativos entre muestras originales y duplicadas confirman la confiabilidad de los métodos utilizados, mostrando una coherencia notable en los resultados a pesar de algunas variaciones menores.

**Palabras claves:** Aseguramiento, Control de calidad, evaluación, Muestreo de canales, veta Purísima.



## ABSTRACT

This research work is located in the district of Acarí, province of Caravelí, department of Arequipa. Geologically it is basically defined by intrusive rocks of the Linga superunit of the coastal batholith, located in strip VIII of the metallogenetic map that corresponds to the IOCG deposits of the Early Cretaceous. Its objective is to evaluate the quality assurance and control program of the sampling in channels of the Purisima vein; To this end, the methodology used is descriptive, quantitative and explanatory, with a non-experimental and cross-sectional design. In the first stage, bibliographic information was collected on geological works that were carried out in the study area. In the field stage, documentary analysis, field observation and sampling techniques in canals and fields and a custody procedure were used, in the cabinet stage the quality control and assurance program was designed as standard samples, twin samples and white samples and comparison of information, prepare final control and quality assurance report. The results of the evaluation of coarse duplicates and twin samples for Cu between January and June revealed a fluctuation in the error rate, with optimal performance in February, March and May, when the rates remained within the acceptable limit of 10%. However, April presented a significant challenge by registering an error rate of 14.3%, which highlights the need for constant monitoring. The high and low standards were mostly positive, although the high ones showed some measurements at the lower limits. Low standards were stable in February, April and May, but June saw an increase. In the coarse white samples, a low error rate was detected, although June showed a slight increase, which requires continuous monitoring. Analysis of the percentage of copper (Cu) in the crushed and pulverized target over the months reviewed reveals a generally controlled and efficient process, with most values remaining below the established upper control limits. Although occasional peaks have been recorded suggesting possible contaminations, these events do not compromise the overall stability of the processes. The comparative graphs between original and duplicate samples confirm the reliability of the methods used, showing a remarkable consistency in the results despite some minor variations.

**Keywords:** Assurance, Quality Control, Evaluation, Channel Sampling, Purisima Vein.



# 1 CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La zona de estudio se encuentra ubicado en la costa Sur del País del Departamento de Arequipa, Provincia de Caravelí, Distrito de Bella Unión, en las a una altitud 1715 m.s.n.m., en la zona 18 Sur WGS – 84.

La Compañía Minera Agromin La Bonita SAC, inicialmente fue explotada por CIA Minera HOCHSCHILD MINING en los años 70 antes de ser adquirida por el ingeniero Guido Del Castillo y rebautizada como CATA ACARI. Posteriormente, la concesión fue abandonada y adquirida por la Compañía Minera Agromín La Bonita SAC. La exploración en la zona ha aumentado debido a la subida de los precios de los metales.

En la actualidad la unidad minera está desarrollando trabajos de preparación y explotación con estándares altamente confiables; por ende, se automatizo los parámetros de muestreo y acarreo de mineral. Anteriormente no existía un buen control de muestreo y sus labores eran limitadas, donde al mes se muestreaba 400 – 450 muestras. Consecuentemente las labores y controles seguían incrementándose, el número de muestras en la actualidad supera 1800 muestras mensuales en la Minera Agromin La Bonita SAC.

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El área de geología es fundamental en la estimación de recursos del yacimiento, la cual depende de los trabajos de muestreo y observación geológica. En ese sentido es importante contar con las metodologías y/o procedimientos ya que esto nos brinda una garantía y confiabilidad aceptable. Un ejemplo de esto son los programas de aseguramiento y control de calidad en las diversas actividades, los protocolos y estándares de aseguramiento y control de calidad, puesto que es muy necesario para la estimación de recursos y conocer su valor



económico del yacimiento.

Estos controles de aseguramiento y control de calidad son muy importantes en este trabajo de investigación, ya que podemos obtener la estimación de recursos; Por otro lado, cabe mencionar que en otras unidades mineras polimetálicas se realizó procedimientos de acuerdo a estándares establecidos en ore control donde se generó la estimación de recursos, cubicación del depósito y cálculo de reservas.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

### **1.2.1 Problema General**

De acuerdo al planteado del problema nos lleva a la formulación de las siguientes preguntas:

¿En qué medida garantizara la evaluación del programa de aseguramiento y control de calidad del muestreo en canales de la veta Purísima – Unidad Minera La Bonita – Acarí – Arequipa?

### **1.2.2 Problema Específico.**

¿Cómo se determinará el grado de precisión y exactitud del muestreo en canales de la veta Purísima – Unidad Minera La Bonita – Acarí – Arequipa?

¿Qué protocolos se debería de seguir para obtener el grado de contaminación en la ejecución del programa de aseguramiento y control de calidad?

## **1.3 HIPÓTESIS**

### **1.3.1 Hipótesis General**

La evaluación del programa de aseguramiento y control de calidad del



muestreo en canales, permite determinar el grado de confiabilidad de los estándares establecidos.

### **1.3.2 Hipótesis Específicos**

Con el correcto muestreo de canales y la preparación de muestras según los estándares establecidos, nos ayudará a reducir la precisión y exactitud de las muestras de la veta Purísima – Unidad Minera La Bonita.

La implementación de un programa de aseguramiento y control de calidad y técnicas de muestreo, muestras de control, son muy importantes para obtener un grado de contaminación en la veta Purísima

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

### **1.4.1 Justificación teórica**

La evaluación del programa de aseguramiento y control de calidad, constituyó una intervención fundamental para automatizar y reducir errores de muestreo, donde se utilizó los protocolos y estándares para obtener un grado de confiabilidad de los resultados obtenidos y así poder realizar un adecuado planeamiento y estimación de recursos.

Esta investigación es ampliar y mejorar conocimientos a cerca del aseguramiento y control de calidad en canales de muestreo en yacimientos de cobre y polimetálicos.

### **1.4.2 Justificación práctica**

Realizando los procedimientos de aseguramiento y control de calidad nos permitió mejorar y/o aumentar la confianza en los resultados cuantitativos generados



durante la prospección, lo que se tradujo en un mejor control y explotación de los recursos minerales diarios. Asimismo, facilitó un control del sesgo, exactitud, precisión, muestreo de duplicados y el grado de contaminación en la preparación de muestras.

Este estudio sirvió como modelo para todo el personal de geología en esta unidad minera Agromín, que necesiten evaluar e iniciar un programa de aseguramiento y control de calidad de muestreo en canales en algún proyecto o yacimiento minero.

## **1.5 OBJETIVOS DE ESTUDIO**

### **1.5.1 Objetivo General**

Evaluar el programa de aseguramiento y control de calidad del muestreo en canales de la veta Purísima en la Unidad Minera La Bonita.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Determinar el grado de precisión y exactitud del muestreo en canales de la veta Purísima, Unidad Minera La Bonita.
- Obtener el grado de contaminación de las muestras obtenidas durante la ejecución del programa de aseguramiento y control de calidad.



## 2 CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

(Acevedo, 2017), en su investigación titulada: “Inteligencia de negocio en aseguramiento y control de calidad para la exploración minera” en Chile. Como objetivo desarrollo un procedimiento de aseguramiento y control de calidad conforme a las normas internacionales (normas JORC y NI 43-101). Los resultados mostraron que los gráficos dinámicos permitieron detectar un caso concreto de incumplimiento de las leyes del cobre de las normas y se establecieron los controles y medidas de seguridad de la información necesarios para evitar una sobreestimación en una mina con leyes poco estrictas. Además, la validación cruzada, realizada sobre el 9% del total de los especímenes de la campaña (utilizando el segundo laboratorio elegido), validó las leyes, principalmente para, CuS y Mo, en los distintos rangos, incluidos los cercanos al cut off.

(Rivas, 2018), en su trabajo titulado: “Control Geológico en la Dilución Mineral” en Chile. determinó la importancia del control geológico en la dilución de minerales. La metodología empleada incluyó la validación de la información geológica en bases de datos, la definición de criterios de zonificación de minerales y la aplicación de controles geológico y operativos. Los resultados resaltan la importancia de reportar y verificar la información geológica para los modelos de bloques y su impacto en la dilución planeada, así como el control operacional al determinar identificar y ajustar las variaciones del proceso como una herramienta de control de la dilución. Se ha



identificado la importancia del control geotécnico durante los procesos de dilución planificados y operativos, y la evaluación de las pérdidas económicas ha confirmado significativamente este control como uno de los factores de mayor impacto en la explotación de recursos minerales.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

(Ricra, 2021), en su tesis titulado “Evaluación del aseguramiento y control de calidad de muestras de la Mina Marcapunta de la sociedad minera - El Brocal”. Determino el índice de control de calidad mediante el programa QA/QC, analizar la precisión, exactitud y contaminación de la muestra, y preparar y analizar químicamente la muestra para detectar y prevenir errores. La muestra consta de 210 sondajes con una longitud total de perforación de 11.842 m, lo que incluye 13.735 muestras. Los resultados mostraron que se insertó un 15% de muestras de control en comparación con el lote de muestras primario. La precisión, la exactitud y los niveles de contaminación estaban dentro de los límites permitidos. La precisión del análisis se evaluó mediante un verificador externo, resultando aceptable para el Cu-Au. Se llega a conclusión que la inserción de un 15% de muestras de control es adecuada para evaluar el sistema de GC/CC. También halló T.E. aceptables en términos de precisión, exactitud y contaminación. La evaluación de los controles externos arrojó resultados aceptables en Cu-Au y cuestionables en Ag.

(Zeballos, 2019), en su trabajo de investigación “Aseguramiento y control de calidad del muestreo de blastholes y análisis químico del laboratorio primario – Mina Constancia – Fase de minado 1 banco 4260”. Como objetivo es garantizar y controlar la calidad de las muestras de voladura en la mina Constancia y su análisis químico en el laboratorio primario. Como control de calidad, se analizaron 324 muestras, lo que



arrojó una tasa de inserción del 15,68% distribuidas aleatoriamente, lo que es satisfactorio. En Precisión, la tasa de error de los resultados de las Gemelas o Duplicados de Campo, Duplicados Gruesos o Duplicados de Preparación, y Muestras blancas fue inferior al 10%. En Exactitud, el sesgo o dispersión fue inferior al 10%. Como resultado final, los datos utilizados en este estudio arrojaron resultados aceptables, validando la encuesta, la preparación de muestras y el análisis químico, proporcionando apoyo para una posible auditoría de los recursos.

(Ancco, 2016), en su estudio de investigación “Aseguramiento y control de calidad del Muestreo de canales - mina Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, departamento de Pasco”. Determinó el nivel de precisión y aceptabilidad de los lotes de muestras obtenidos durante la aplicación del Programa de Garantía y Control de Calidad. Interpretar los resultados analizando los gráficos estadísticos de cada tipo de muestra de control para determinar la aplicación adecuada en función de los porcentajes de aceptación basados en estándares internos. Donde concluye, que los lotes de las muestras en canales son totalmente aceptados, determinando la precisión, exactitud dentro de los parámetros establecidos.

(Sánchez & Sánchez), en su trabajo de investigación “Implementación de un Sistema de Control de Calidad QA/QC, aplicado a la investigación de muestras geológicas, para acrecentar el grado de confiabilidad de los resultados del laboratorio, en la organización Anglo-American -Quellaveco- 2015”, El uso de un protocolo de Garantía y Control de Calidad (QA/QC) en el análisis de las pruebas geológicas aumenta el nivel de confianza en los datos obtenidos por el laboratorio, que fue supervisado y controlado por un sistema de control de calidad para obtener parámetros aceptables.



### **2.1.3 Antecedentes locales**

(Linares, 2017), en su trabajo de tesis “Técnicas de muestreo y control de calidad para la mina Españolita S.A.C. En el distrito de Chaparra, Provincia de Caravelí, Departamento Arequipa”. Determinó un análisis detallado por cada muestreo cumpliendo el procedimiento de custodia se podrá obtener resultados eficientes, la cantidad de minerales en una muestra determinada y su ley correspondiente exigen que la muestra sea precisa y se realice con sumo cuidado para garantizar la obtención de los resultados previstos, teniendo en cuenta la exactitud y precisión de la muestra, así como la corrección de los posibles errores de la muestra como requisito para el control de calidad.

## **2.2 BASES TEORICAS**

### **2.2.1 Teoría de QA/QC**

El control de calidad es un conjunto de procedimientos que se utilizan en la recogida, registro, cartografía y preparación de muestras, así como en los procedimientos de seguridad, para garantizar unos estándares de precisión y exactitud preestablecidos. El control de calidad es también una amalgama de todos los procedimientos, como la selección del laboratorio, el análisis duplicado, muestras duplicado, los blancos, los estándares, el control granulométrico, etc., que permiten controlar el mantenimiento de los estándares en los procedimientos a lo largo del tiempo.

### **2.2.2 Conceptos Básicos de Aseguramiento y Control de Calidad**

Los conceptos que se describen a continuación, se compilan y adaptan de acuerdo a (Gy, 1979), (Pitard, 1993) y (Abzalov, 2011).

En el muestreo geológico, el error se define en términos de precisión y exactitud, por lo que cuanto más precisa sea la medición, mayor será la validez de la medición. Estos atributos son independientes, a menudo ejemplificados por los tiradores al blanco, donde la precisión está relacionada con la proximidad del impacto, que puede estar cerca o no del objetivo; o tal vez no cerca. (Abzalov, 2011).

### 2.2.3 Diferencias entre aseguramiento de calidad (QA) y control de calidad (QC)

El aseguramiento y el control de calidad tienen enfoques diferentes en las operaciones, ya que el aseguramiento de calidad se centra en el proceso, mientras que el control de calidad se centra en el producto o en los datos obtenidos como resultado de estos procesos.

En la siguiente tabla se resumen las diferencias entre QA y QC:

**Tabla 1** Diferencia entre aseguramiento de calidad (QA) y control de calidad (QC)

QA	QC
Se diseñan y definen los parámetros para evaluar la calidad de las muestras.	Se supervisa el comportamiento de cada etapa importante del proceso de recolección de muestras.
Es un sistema de prevención de fallos que predice el funcionamiento y las normas de calidad de un proceso de muestreo.	Se corrigen los materiales duplicados, los materiales de referencia, los controles granulométricos y los errores.
Esta presente desde el diseño, programación y presupuesto de una compañía de muestreo.	Se utiliza en el proceso de desarrollo de cada producto o fase intermedia y final de la muestra.
Está orientado al proceso	Está orientado al producto

Fuente: (Zuñiga, 2016)

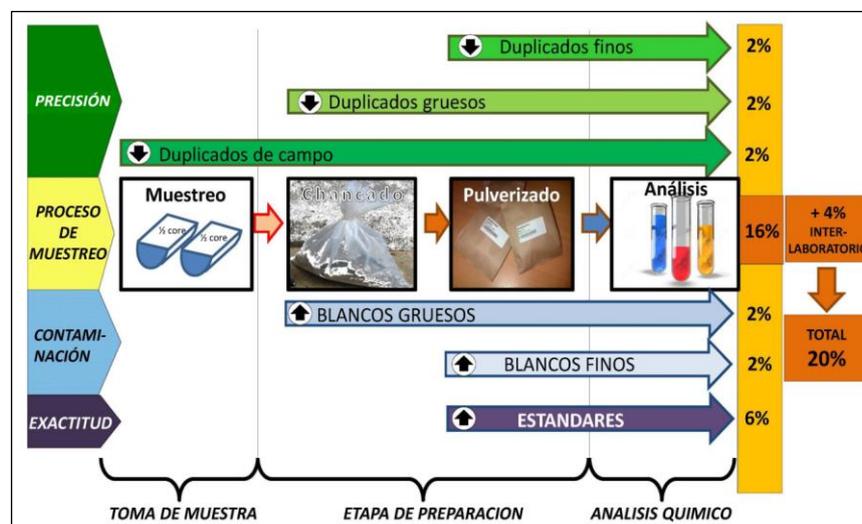
## 2.2.4 Evaluación del Control de Calidad

El control y el aseguramiento de la calidad (AC y CC), a menudo conocidos como QA/QC por sus iniciales en inglés, son dos componentes críticos de cualquier sistema de gestión de la calidad. ISO (1994) define el aseguramiento de la calidad como "la organización de acciones planificadas y sistemáticas necesarias para garantizar que el producto, proceso o servicio puede cumplir los requisitos de calidad especificados". Por otro lado, define el control de calidad como "las técnicas y actividades operativas que se utilizan realmente para cumplir los requisitos de calidad." (Simon, 2012).

El programa de AC para la exploración geológica suele constar de protocolos escritos que abarcan al menos los procedimientos de muestreo, preparación y análisis de muestras, así como el protocolo de control de calidad (CC) (Shaw et al., 2018).

Mientras que el objetivo del AC es prevenir los problemas, el objetivo del CC es descubrirlos, evaluar su alcance y tomar las medidas adecuadas para mitigar sus efectos. (Jorc, 2012).

**Figura 1** Diagrama de procesos de inserción de muestras de control, preparación y análisis químico de muestras.





### 2.2.5 Evaluación de la Precisión

Es la capacidad de repetición sistemáticamente los resultados de una medición en condiciones similares. Cuando se considera estadísticamente, la precisión se asocia con la varianza del error y/o el error relativo, aunque sirve de base para determinar la precisión como magnitud cuantitativa. En la práctica, la precisión puede medirse utilizando duplicados (Simon, 2012).

- La recolección de muestras se evalúa con la muestra Gemela.
- La preparación se evalúa utilizando gruesos duplicados.
- El análisis se realiza utilizando duplicados finos o pulpa.

Otra forma de evaluar la precisión consiste en volver a analizar los materiales recogidos en las muestras de rechazo de gruesos. La diferencia con los "originales" duplicados es que el análisis se realiza en un lote diferente y es una práctica habitual para validar la información cuando existe una imprecisión relativamente alta. (Jorc, 2012).

La empresa AMEC desarrolló el método hiperbólico, para tener en cuenta la distorsión causada por la baja precisión en los límites de detección. Este método calcula el error relativo como el valor absoluto de la diferencia entre los valores original y duplicado, dividido por la media de los dos valores, según la ecuación. (Simon, 2012)

$$ER = \frac{2*(Vo-Vd)}{(Vo+Vd)}$$

Dónde:

$V_o$  = Valor Original

$V_d$  = Valor Duplicado



Donde  $V_o$  es el valor de la muestra original y  $V_d$  es el valor de la muestra duplicada. A continuación, cada par de muestras se evalúa mediante la ecuación de una hipérbola. (Simon, 2012).

$$y^2 = m^2x^2 + b^2$$

Para  $x$ , y  $0$ , donde  $Y$  es el máximo [ $V_o$ ,  $V_d$ ],  $X$  es el mínimo [ $V_o$ ,  $V_d$ ],  $m$  es la pendiente asintótica y  $b$  es el valor de intercepción. Definición de la hipérbola Gemelas ejemplares

- Muestras Gemelas
- Duplicados Gruesos
- Duplicados Finos

$$ER=30\%(m=1.35).$$

$$ER=20\%(m=1.22).$$

$$ER=10\%(m=1.11).$$

Esto se denomina límite de aceptación de pares duplicados en un gráfico Max-Min. Por último, la tasa de error (TE) se calcula como la relación entre el número de pares fallidos (los que se encuentran fuera del área definida por la semiesfera y la línea  $y=x$ ) y el número total de muestras. En general, se considera aceptable una tasa de error máxima del 10% para los tres tipos de duplicados. (Simon, 2012).

Inicialmente se debe determinar el límite práctico de detección (LPD) a partir de los resultados de los duplicados de pulpa disponibles. El LPD corresponde al valor por debajo del cual el error relativo supera de modo consistente el umbral de



100%.(Simon, 2012)

La empresa AMEC recomienda utilizar el método hiperbólico para procesar los resultados de gemelas, gruesos duplicados y muestras de pulpa para evaluar la medición, sub-medición y precisión analítica. El parámetro mide los siguientes valores 1,35 para muestras gemelas, correspondiente a un límite de ER del 30%; 1,22 para duplicados de grueso, correspondiente a un límite de ER del 20%; y 1,11 para duplicados de pulpa, correspondiente a un límite de ER del 10%. Al parámetro b se le asigna un valor de 20, que es comparable a diez, cinco o tres veces el elemento década LPD, respectivamente. (Simon, 2012).

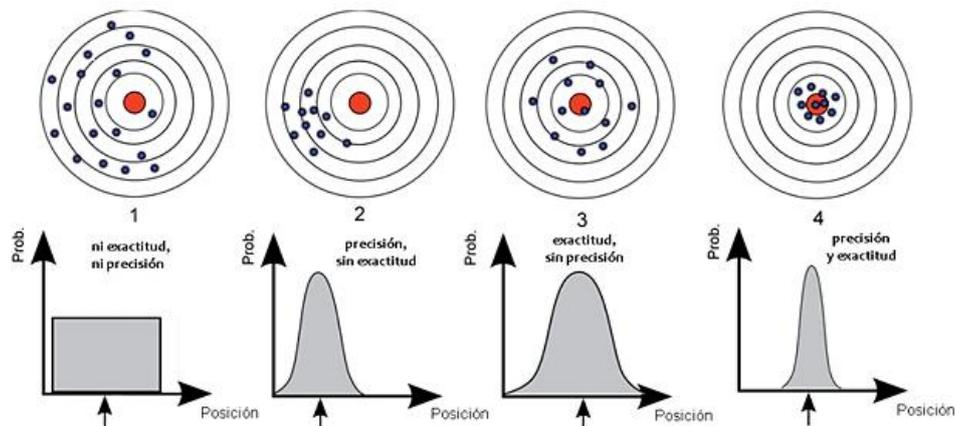
### **2.2.6 Evaluación de la Exactitud**

Es la proximidad media de una medición a un valor "verdadero" genuino o aceptado. Desde el punto de vista estadístico, la exactitud mantiene una relación con la media, que debe utilizarse sin desviaciones sistemáticas. (Simon, 2012).

La exactitud se puede medirse utilizando estándares, lo que permite seguir de cerca el comportamiento del laboratorio de análisis. En consecuencia, se utilizan normas para cada elemento clave de un proyecto u operación minera. (Simon, 2012).

Otra forma de evaluar la exactitud es utilizar muestras de control, que son muestras de pulpa tomadas para su reanálisis en un laboratorio externo. Para explicar los términos "exactitud" y "precisión", se suele utilizar una analogía con el tiro al blanco (véase la figura). (Simon, 2012).

**Figura 2** Comparación entre Precisión y exactitud



Nota. Representación gráfica de precisión (poca dispersión de los impactos) y exactitud (concentración de impactos en la zona central de la diana). Fuente. (Abzalov, 2011)

### 2.2.7 Evaluación de la Contaminación

Es la transferencia de material de un medio circundante a la muestra; esta situación puede producirse en cualquier momento del procedimiento de muestreo, quedando retenida accidentalmente una porción de material sólido o líquido en un equipo o herramienta de muestreo, contaminando la muestra que se desea obtener. Los blancos se utilizan para analizar la contaminación. Y considerando la producción de un nivel significativo de contaminación de un componente, cuando los resultados de las muestras "blancas" arrojan valores que exceden el margen permitido. (Simon, 2012).

La empresa AMEC recomienda evaluar la contaminación durante la preparación y el análisis utilizando gráficos que representen el valor de los blancos duros y blandos frente al valor de las muestras anteriores. Los límites de posible contaminación se fijan en cinco y tres veces el LPD, respectivamente, y se calculan en cada caso. (Simon, 2012).

La regresión lineal de los puntos trazados en el gráfico Blanco vs Muestra Precedente demuestra si existe una tendencia clara de contaminación blanca a medida que las muestras precedentes tienen leyes más altas. AMEC no considera contaminación significativa si la TCA no excede el valor de 2%, aunque para algunos elementos en los que la precisión de los análisis permite llegar a límites de detección extremadamente bajos, como el cobre, la TCA puede alcanzar valores superiores sin implicar la existencia de contaminación significativa. (Simon, 2012).

**Tabla 2** Evaluación de la precisión, exactitud y contaminación

Precisión	La habilidad de repetir consistentemente los resultados de una medición en condiciones similares (repetitividad)  A lo largo de preparación para análisis, por medio de los duplicados gruesos
Exactitud	La proximidad de una medición a un valor “real” o aceptado como “apropiado”  Por medio de los estándares alto y bajos
Contaminación	La transferencia involuntaria de material de una muestra o del medio circundante a otra muestra  En el transcurso de la preparación, por medio de las muestras blancas gruesos

Fuente: Tomado de (Simon, 2012)

### 2.2.8 Errores en el Proceso de Muestreo

El error ocurre en cualquier proceso y se define como la diferencia entre un valor observado y el valor verdadero. En el proceso de muestreo geológico, se producirán errores en las etapas de recolección, preparación, trituración y análisis de



la muestra.

El análisis de control de calidad se basa en los resultados de las pruebas químicas, que se muestran en diagramas de dispersión. Las siguientes definiciones son importantes para este análisis: (Simon, 2012).

**a) Error Relativo:**

El término "error accidental" se refiere a un error inevitable que se produce a lo largo del proceso de muestreo debido a acontecimientos singulares. (Simon, 2012).

**b) Error Aleatorio:**

Se refiere a resultados consistentes en todas las mediciones realizadas durante el proceso de muestreo. Puede deberse al método de recogida, a un defecto de la muestra, a un diseño inadecuado del instrumento o del equipo, al método de análisis o a las actividades del personal. (Simon, 2012).

Para estudiar los errores sistemáticos y aleatorios, es importante clasificarlos utilizando la teoría del muestreo de Pierre Gy, que proporciona un método secuencial para seguir y evaluar las fuentes de error con el fin de minimizar su impacto en el proceso de muestreo. (Simon, 2012).

Los errores más comunes en el proceso de muestreo se producen durante la recolección, la preparación y el análisis de las muestras. También se tienen en cuenta los errores humanos, como la contaminación de las muestras, la recogida, preparación y análisis deficientes de las muestras, y el fraude y sabotaje intencionados. Para detectar e investigar los errores, se han implementado algunos controles, como la duplicación, el paso de espacios en blanco, la inserción de estándares, etc. (Simon, 2012).



### c) **Error Sistemático o Sesgo:**

Las desviaciones de la exactitud pueden deberse a incoherencias en el proceso o a errores de diseño o ejecución, lo que da lugar a estimaciones inexactas. La diferencia entre el valor medido y el valor estimado del parámetro es inversamente proporcional a la exactitud y está causada por la contaminación del material o una recuperación deficiente. (Simon, 2012).

**Sesgo por Instrumentos de Medición.** Limitaciones técnicas asociadas a la calibración de los equipos y al uso de las herramientas, que pueden dar lugar a errores durante la medición de la variable de estudio.

**Sesgo por el Evaluador.** Las limitaciones metodológicas se derivan de la falta de estandarización de los criterios utilizados en la recopilación e interpretación de los datos.

**Sesgo por el Sujeto de Investigación.** Limitaciones que existen debido a las características únicas de la variable de estudio.

### **2.2.9 Principios Básicos del Muestreo**

El muestreo es una herramienta fundamental en la investigación para obtener información precisa y confiable sobre muestras. La elección del tipo de muestreo y el tamaño de la muestra dependerá de los objetivos del estudio y de los recursos disponibles.

La teoría del muestreo se centra en el potencial de generación de errores durante las fases preliminares de los estudios de estimación.

Algunos autores distinguen entre muestreo primario y secundario, lo que



implica dos tipos de problemas de muestreo. Sin embargo, la teoría del muestreo de Gy (1979) sugiere que existen tres tipos de problemas de muestreo.

a) **Heterogeneidad**

Se refiere a las variaciones en la composición, como la forma, el tamaño, la densidad, la composición mineral, la composición química y otras propiedades físicas, así como la distribución de los componentes de la población. La heterogeneidad es la causa principal de los errores fundamentales y la segregación. (Simon, 2012).

b) **Equiprobabilidad.**

Sugiere que todas las partículas o fragmentos tienen las mismas posibilidades de ser seleccionadas e incluidas en la muestra. asociada al proceso de selección o extracción y vinculada al error esencial de segregación, delimitación y extracción.

c) **Integridad.**

Garantizar la conservación de las características del lote original durante todo el proceso de muestreo. Asociado a todo el proceso de muestreo y vinculado a un fallo de preparación.

### 2.2.10 Errores en el Muestreo

a) **Error fundamental del muestreo**

Se considera una inexactitud inherente a la composición de la muestra, o a la propiedad intrínseca del material. En consecuencia, este error no puede eliminarse ni reducirse; la mezcla o la homogeneización no disminuyen este error; sin embargo, para una conminación y un peso de muestra determinados, el error básico de la muestra es el menor posible. A pequeña escala, la Heterogeneidad de las muestras se considera



una fuente primaria de inexactitud. (Simon, 2012) .

**b) Error de segregación**

Está ligado al error fundamental de muestreo y es consecuencia de la distribución heterogénea del material muestreado, dado que, en la práctica, las muestras no se recolectan tomando un fragmento a la vez, sino que se constituye de varios incrementos. Este error puede disminuirse aumentando el número de incrementos por muestra, es decir, el peso de la misma.(Simon, 2012).

**c) Error del incremento del peso**

Esto ocurre porque, cuando se recoge la muestra, no todos los incrementos tienen el mismo peso, lo que indica una inexactitud en la composición de la muestra. (Simon, 2012).

**d) Error de delimitación del incremento**

Este error se produce cuando no todos los elementos materiales de un lote tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar la muestra (Pierre Gy, 1982; Pitar, 1993). Por ejemplo, en una muestra de mineral quebrado, cuando sólo se recoge material de la parte superior del montón, la parte inferior del montón no está representada en la muestra, lo que da lugar a un sesgo. (Simon, 2012).

**e) Error de extracción del incremento**

El error en la recuperación de la muestra está indudablemente relacionado con la gravedad del aumento; se debe a los sistemas de muestreo selectivo. Cuando se siguen los procedimientos de recogida de muestras, se introducen errores de naturaleza aleatoria que deben evitarse. Entre ellos cabe citar la contaminación, la limpieza



inadecuada de la zona y la recogida de incrementos utilizando los materiales más blandos posibles. Por ello, la supervisión continua en el lugar de trabajo es fundamental. (Simon, 2012).

**f) Error de Interpolación.**

Se asocia a la capacidad relativa del evaluador para estimar el punto más representativo de la zona que se va a medir.

**g) Error de Ponderación.**

Se produce cuando una medición no se realiza de forma coherente y a intervalos regulares, tanto en términos de superficie como de tonelaje.

**h) Varianza de Pepita (Efecto Pepita).**

La variabilidad aleatoria en un conjunto de datos está relacionada con la heterogeneidad de la mineralización y refleja la variabilidad de las leyes del oro a distancias cortas. Esto se debe a la distribución errática del mineral en forma de pequeñas partículas o pepitas, en lugar de un patrón de distribución uniforme.

**In situ.** Esto se relaciona con la variabilidad interna de la mineralización en yacimiento.

**De Muestreo.** Se refiere a la variabilidad introducida durante la extracción de la muestra, dada la selección realizada, y añadida a la variabilidad del material in situ.

### **2.2.11 Errores en la Preparación**

La preparación de las muestras es el primer paso antes del análisis químico. Es casi imposible secuestrarlas, cambiarlas, homogeneizarlas, descuartizarlas y pulverizarlas sin introducir errores durante el proceso. En general, los errores de



preparación están relacionados con la integridad de la muestra e incluyen los siguientes errores: (Simon, 2012).

**a) Error por contaminación**

Contaminación del medio ambiente, material encontrado en el circuito de muestreo, abrasión de los yunques de oro por los técnicos que manipulan las muestras y corrosión del equipo. (Simon, 2012).

**b) Error por pérdida de peso**

Este tipo de imprecisión se debe a la pérdida de material, como el polvo en bandejas, chancadoras y ollas pulverizadas, así como a la pérdida accidental de una parte de la muestra. (Simon, 2012).

**c) Error por alteración (Contaminación)**

Se produce debido a la composición química, mineral o física. Hay errores en la preparación de muestras relacionados con el diseño, la construcción, el funcionamiento y el mantenimiento de la sala de preparación de muestras. (Simon, 2012).

### **2.2.12 Errores en el Análisis**

Aunque los avances tecnológicos han mejorado la precisión y la normalización de los equipos de análisis, la intervención humana sigue siendo necesaria en el proceso. La mayoría de los análisis de minerales se refieren a pruebas basadas en leyes minerales, siendo los métodos más utilizados la digestión por agua y las lecturas de absorción atómica. Sin embargo, es importante ser consciente de cualquier error, aunque sea controlable, ya que puede surgir durante el análisis, como, por ejemplo:



(Simon, 2012).

- Cruce de muestras
- Calibración de equipo
- Contaminación digestión incompleta

Como resultado, se establecieron controles como el desarrollo de duplicados, el pase en blanco y las normas.

### **2.2.13 Muestras de Control**

Es necesario incluir controles en el proceso de muestreo que permitan analizar el grado de exactitud, contaminación y precisión de los resultados que se utilizarán para estimar los recursos minerales. Para evaluar la exactitud de un lote, incluya materiales de referencia o estándares, así como muestras de control para el laboratorio interno o la operación. La precisión se evalúa a partir de los resultados de los duplicados insertados a lo largo del proceso de muestreo y preparación. Los blancos contribuyen al control de la contaminación durante la preparación y el análisis de las muestras. (Simon, 2012).

#### **a) Duplicados.**

Estas muestras son muy importantes para evaluar el nivel de precisión en las muestras primarias y secundarias, así como en los análisis. Replicación de una medición en condiciones similares a las del original, incluidos los métodos de extracción y preparación, las técnicas analíticas, el lote de muestras, el personal y el laboratorio responsable de los procedimientos.

Se utilizan muestras gemelas o duplicadas en el campo para monitorear el grado



de heterogeneidad en la mineralización y estimar los errores de muestreo causados por los métodos o técnicas utilizadas en la extracción del material. Como tal, se pueden utilizar muestras duplicadas para monitorear los errores de muestreo inducidos en la preparación y análisis de muestras primarias (muestras trituradas, homogeneizadas, cuarteadas y analizadas).

**Muestra Gemela de Canal.** Se refiere a una segunda muestra tomada tras replicar las condiciones de extracción, la representatividad de la mineralización, el tiempo y la ubicación de la muestra primaria. Es posible profundizar en el canal original o crear uno paralelo y adyacente.

El principal objetivo de tomar muestras gemelas de canal es evaluar la precisión del método de muestreo. Es decir, se busca determinar si el proceso de recolección, preparación y análisis de las muestras está introduciendo variabilidad o errores que puedan afectar los resultados finales.

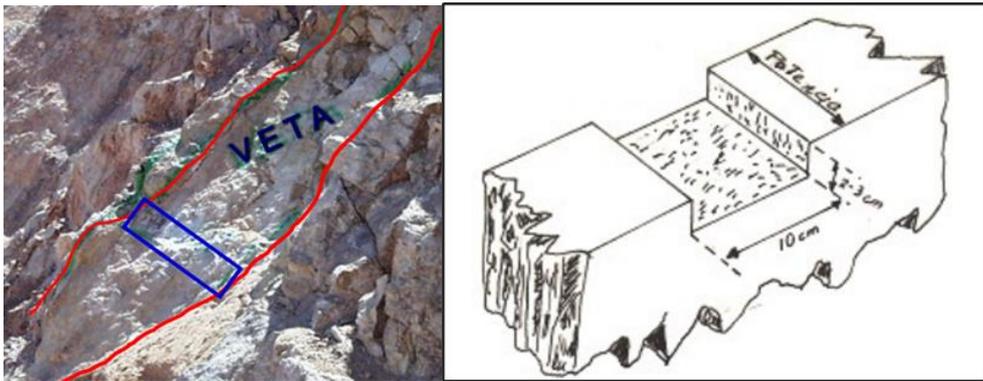
Al comparar los resultados analíticos de ambas muestras, se puede evaluar:

**Precisión del muestreo:** Si las diferencias entre los resultados son pequeñas, se puede inferir que el método de muestreo es preciso.

**Heterogeneidad del material:** Si las diferencias son grandes, puede indicar que el material es muy heterogéneo o que hay algún problema en el proceso de muestreo.

**Calidad del laboratorio:** También puede proporcionar información sobre la precisión de los análisis de laboratorio.

**Figura 3** Esquema de muestreo de canales.



Fuente: tomado de (Simon, 2012)

**Duplicado Grueso (Rechazo).** El Duplicado Grueso se obtiene a partir de una muestra de rechazo, que es la porción de material que se desecha después del proceso de submuestreo. Esta muestra de rechazo se divide nuevamente en dos partes iguales, creando dos Duplicados Gruesos.

Los Duplicados Gruesos se analizan junto con la muestra original para comparar los resultados. Si los resultados de los Duplicados Gruesos son similares a los de la muestra original, esto indica que el proceso de submuestreo ha sido preciso y que la muestra analizada es representativa de la muestra original.

**Duplicado Fino (Pulpa).** El Duplicado Fino se obtiene a partir de una muestra original, que es la muestra que se va a analizar. La muestra original se divide en dos partes iguales, creando dos Duplicados Finos. Cada Duplicado Fino se prepara de forma independiente, siguiendo el mismo procedimiento de preparación de muestras que se aplica a la muestra original.

Los Duplicados Finos se analizan junto con la muestra original para comparar los resultados. Si los resultados de los Duplicados Finos son similares a los de la muestra original, esto indica que el proceso de preparación de muestras ha sido preciso y que la muestra analizada es representativa de la muestra original. (Simon, 2012)



**b) Estándares.**

Los Materiales de Referencia Certificados (MRC) son muestras de control preparadas por laboratorios especializados con baja heterogeneidad y leyes certificadas. Se utilizan como referencia para verificar la calidad analítica del laboratorio (exactitud analítica) y garantizar la fiabilidad de los resultados.

El tipo de estándar a utilizar depende de los elementos de estudio y de los métodos analíticos utilizados, así como del estilo de mineralización, de la litología (estándares ajustados a la matriz) y de los rangos característicos del rendimiento. Es conveniente utilizar estándares con valores similares a la ley de corte, la ley media y las leyes consideradas altas para yacimiento.

**c) Blancos.**

Las muestras minerales con concentraciones bajas (por debajo del límite de detección instrumental) de minerales deseados (Au, Ag) se utilizan para supervisar y controlar la contaminación durante la preparación y el análisis de las muestras. El material utilizado para este fin debe proceder de una zona no mineralizada asociada al yacimiento.

**Blanco Grueso.** Esta muestra está hecha de material estéril con una granulometría similar a las muestras de rutina (2 cm - 5 cm), lo que permite controlar la contaminación durante el proceso de chancado.

**Blanco Fino.** Se refiere a una muestra pulverizada de material que puede utilizarse para comprobar la contaminación durante los análisis de laboratorio.

**Figura 4** Diagrama inserción de muestras (blancos grueso y fino).



Fuente: Tomado de autor (Simon, 2012)

**d) Muestras de Verificación.**

Consiste en analizar duplicados de muestras previamente estudiadas por el laboratorio primario con el objetivo de estimar la calidad de los datos proporcionados. Para evaluar la exactitud o la precisión, se envían las muestras a un laboratorio externo certificado o se devuelven al laboratorio primario. En cualquiera de los dos casos, se introducen muestras de control. (Jorc, 2012)

**Muestras de verificación de Rechazos y/o Pulpas.** Análisis posterior de un duplicado grueso o fino debido a incoherencias (variaciones fuera de los límites aceptables) entre las muestras originales y duplicadas durante el análisis del lote.

**e) Controles Adicionales.**

**Control Granulométrico.** Se lleva a cabo para controlar la calidad del proceso de preparación y garantizar que la heterogeneidad de la muestra se reduce adecuadamente. Al moler, el tamaño de partícula debe reducirse a 2,0 mm (2000  $\mu\text{m}$ ), y el 95% del material debe pasar por el tamiz N.º 10, mientras que el 95% de la muestra debe pasar por el tamiz N.º 140 (tamaño de partícula de 0,105 mm, 105  $\mu\text{m}$ ). Este control se realiza en el laboratorio primario una vez finalizado el proceso de conminución en cada lote de muestras, y se solicita a un laboratorio externo para comprobar la existencia de duplicados.



**Control de peso.** Esto se realiza en cada etapa del muestreo secundario y preparación mecánica de la muestra, desde que la muestra llega al laboratorio principal hasta su molienda, para controlar y evitar la pérdida de partículas finas y con ello la pérdida de calidad mineral. (Linares, 2017).

## **2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **2.3.1 Contaminación**

Es la transferencia espontánea del material de la muestra o del medio circundante a otra muestra. También se puede interpretarse de diversas maneras, dependiendo del contexto en el que se utilice. En general, se refiere a la presencia de sustancias indeseables o impurificaciones en un mineral que disminuyen su valor comercial o dificultan su procesamiento.

### **2.3.2 Mineral**

Sustancia inorgánica homogénea con propiedades físicas y químicas definidas. Así mismo se denomina como una sustancia natural, inorgánica, sólida, con una composición química definida y una estructura cristalina ordenada. Es decir, los átomos que lo componen están dispuestos de manera regular y repetitiva.

### **2.3.3 Muestreo geológico**

El muestreo geológico es un proceso fundamental en la exploración y evaluación de recursos minerales. Consiste en la selección y recolección de muestras representativas de materiales geológicos, como rocas, suelos o sedimentos, con el objetivo de obtener información sobre la composición, propiedades físicas y químicas de la zona de estudio. (Abzalov, 2011)



#### **2.3.4 Sesgo**

Este término hace referencia a las desviaciones e incoherencias que se producen durante la preparación y el análisis de una muestra. Por ejemplo, si hay un cambio superficial en la aflora, se recomienda limpiar la superficie. (Jorc, 2012).

#### **2.3.5 Blanco**

Material libre de elementos interferentes que permite medir el nivel de contaminación durante el proceso de muestreo. (Jorc, 2012).

#### **2.3.6 Duplicado**

Se trata de una muestra de control con valores similares a los de la muestra original. (Jorc, 2012).

#### **2.3.7 Error**

Diferencia entre los valores obtenidos y los reales debida a agentes externos en el proceso de muestreo. (Jorc, 2012).

#### **2.3.8 Limite práctico de detección (LDP)**

El límite práctico de detección es un valor numérico utilizado para crear curvas hiperbólicas para interpretar duplicados. Se calcula utilizando los datos duplicados de un año. (Jorc, 2012).

El Límite Práctico de Detección (LDP) es un concepto fundamental en el análisis químico y ambiental. Se define como la mínima concentración de un analítico que puede ser detectada y cuantificada con confiabilidad en una muestra. El LDP es un valor crucial para evaluar la sensibilidad de un método analítico y determinar si es adecuado para la determinación de un analito específico en una matriz particular.



El LDP se utiliza para establecer estándares de calidad ambiental para contaminantes en agua, suelo y aire. También se emplea para monitorear la presencia de contaminantes en el medio ambiente y evaluar la efectividad de medidas de control ambiental.



## 3 CAPÍTULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo y explicativo.

#### 3.2 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

Es descriptiva porque la investigación busca medir u obtener datos de manera independiente o agrupada a partir de las definiciones o variables que se estudian. Es útil porque busca responder al problema del aumento de recursos en la U.M La Bonita de la veta Purísima en el contexto de la calidad de la encuesta.

#### 3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación será descriptivo, no experimental, transversal que consiste en caracterizar los minerales presentes en la zona de estudio.

#### 3.4 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología que se empleará es de tipo descriptiva, aplicada y explicativa de diseño no experimental observacional, durante el procesamiento de datos obtenidos en las distintas etapas de evaluación del programa aseguramiento y el control de calidad son actividades sistemáticas y trabajos preestablecidos donde garantizará que la operación que se está ejecutando alcance un grado aceptable de calidad, donde las técnicas y mecanismos de carácter operativo determine un nivel de calidad alcanzado en todo el proceso de la operación.

##### 3.4.1 Etapa de recopilación bibliográfica

Para realizar este estudio de investigación se recopiló información



bibliográfica de trabajos geológicos que se realizaron en la zona de estudio, de lo cual consiste en recolectar información básica necesaria, donde se encuentre a la disponibilidad de las diversas fuentes como.

Informes internos de la empresa, artículos de investigación, tesis relacionada al tema, boletines geológicos del Ingemmet (Qa-Qc), repositorio de las universidades, análisis de laboratorio químico, apoyo del internet en búsqueda relacionados al tema y protocolos de controles de otras empresas mineras, lo cual permitirá agregar más información sobre el tema de estudio. Es necesario difundir que aún no existe trabajos científicos realizados de la zona de estudio.

### **3.4.2 Etapa de trabajo en campo**

En esta etapa los datos de recopilación para el programa de aseguramiento y control de calidad corresponden a los 6 primeros meses del 2023, dicho trabajo se desarrolló en conjunto del área de geología – AGLB.

En esta etapa se realizó diferentes trabajos en interior mina como:

- Capacitación del personal de geología referentes a QA/QC 1
- Supervisión a los responsables de muestreo
- Realizar el seguimiento sobre los tipos de muestreo: sistemático y aleatorio en todos los laboreos.

### **3.4.3 Etapa 3: Trabajo de gabinete**

En esta etapa los datos de recopilación para el programa de aseguramiento y control de calidad corresponden a los primeros 6 meses del 2023, dicho trabajo se



desarrolló en conjunto del área de geología – AGLB.

Básicamente consistió en plasmar la información recopilada de las actividades realizadas en campo.

- Diseñar el programa de control y aseguramiento de calidad
- Adquisición de las muestras de control internamente como: muestras estándares, muestras gemelas y muestras blancas.
- Desarrollar el programa de control y aseguramiento de calidad
- Recolección de información y comparación de análisis químico
- Generar base de datos y corroboración de información
- Elaboración de informes semanales y mensuales
- Elaboración informe final de control y aseguramiento de calidad.

Durante la etapa final, se analizaron fotografías de campo, mapas digitales y secciones geológicas para comprender mejor la formación y evolución de la mineralización en la zona de trabajo. También se describieron los resultados de laboratorio de las secciones delgada y pulidas, que confirmaron la hipótesis.

## **3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.5.1 Población**

La población está definida por todas las muestras recolectadas en la unidad minera La Bonita.

### **3.5.2 Muestra**

La muestra es un subconjunto que nos representa total de muestras obtenidas mediante canales de forma sistemático de la veta Purísima.



## 3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 3.6.1 Técnicas

La empresa proporciona los datos para el estudio, así como los informes de las muestras para evaluar el control de calidad y realizar las regularizaciones necesarias.

Instrumentos:

#### a) **Revisión documental**

Se utilizó el análisis documental y el trabajo de campo para recopilar información primaria y secundaria, con una fase inicial de reconocimiento y una fase posterior de operaciones mineras de la veta Purísima.

#### b) **Observación de Campo**

La observación directa sobre el terreno condujo a un reconocimiento generalizado del yacimiento, sus características y las limitaciones técnicas de los procedimientos utilizados para recopilar, procesar, analizar, notificar y almacenar información geológica. Durante las actividades de apoyo y supervisión del proyecto, se corrigieron y sustituyeron los métodos y técnicas inadecuados o mal aplicados, lo que dio lugar a una QA/QC defectuosa. Se probaron técnicas de delimitación y extracción para mejorar la representatividad de las muestras y reducir los errores y la incertidumbre de las estimaciones.

#### c) **Técnicas de muestreo**

El objetivo del proceso técnico es determinar los valores o leyes de las muestras recogidas durante las distintas fases de la exploración minera. La calidad de las muestras determina el valor económico de un yacimiento y determina si el proyecto

**Muestreo por canales.** Para poder realizar un muestreo correcto y obtener una ley representativa, se debe de tener en cuenta los siguientes criterios.



- Medición Exacta
- Representatividad
- Proporcionalidad
- Libre de contaminación.

**Procedimiento de muestreo en canales.** Se debe contar con todas las herramientas necesarias y en perfectas condiciones para el muestreo y no olvidar el equipo de protección personal (EPP) necesario, para evitar cualquier peligro o riesgo que pueda causarte daño.

Se procede al lavado (regado) del área de muestreo, si no se cuenta con agua para lavar la estructura se realizará el desbroce manual con barretillas y picotas hasta retirar todas las partículas contaminantes que se encuentran impregnadas en zona de muestreo. Se localiza los canales de muestreo midiendo la distancia desde un punto topográfico conocido, y luego se marca con pintura o tiza los puntos de ubicación, para su posterior delimitación del canal.

Se entiende que puede tenerse más de una muestra en un mismo canal, lo que dependerá de la presencia de diferentes bandas y/o variaciones mineralógicas, simoides, ramales, caballos, etc.

Se procede a la limpieza, con cincel y comba del área marcada, profundizándose como mínimo 0.02 metros con el fin de eliminar bien la superficie contaminada de la estructura y ver mejor el área que se realizara el muestreo.

Una vez lavado y limpiado el canal, se marcará sistemáticamente cada 2 metros los límites del canal a muestrearse donde se debe considerar los caballos y ramales.

La muestra extraída se echa en la bolsa de muestreo, con ayuda de una mantada,

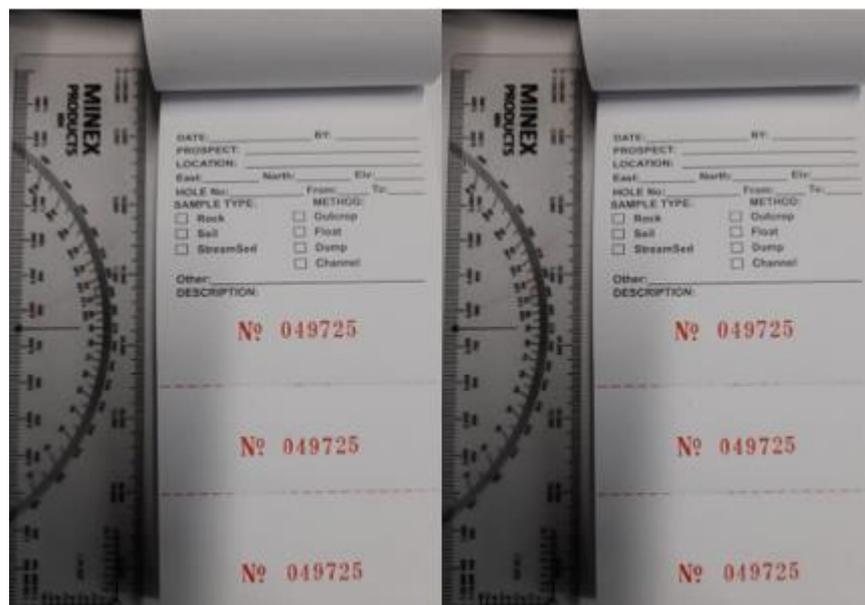
material de lona que evita la pérdida de finos.

Luego del muestreo se seguirá marcando los canales con pintura, para seguir con el muestreo sistemático.

Se llena el talonario de Muestreo del área de geología, consignando los Datos Generales de Muestreo, fecha de muestreo, localización, Tipo de Muestra, elementos para Análisis, descripción mineralógica y el nombre del Maestro Muestrero y ayudante.

Se desglosa la parte que indica el número de muestra, la cual se coloca dentro de la bolsa de muestreo en la parte superior, engrampándolo o amarrándolo separadamente de la muestra para evitar su deterioro.

**Figura 5** Respectivo talonario del muestreo



**Figura 6** Canal de muestreo de la veta Purísima



**Muestreo en cancha.** Esta labor se realiza en superficie en la cancha de mineral (Zona Gavilán), haciendo un control minucioso de las cargas de mineral extraídas de interior mina, esta labor consiste en muestrear las rumas o pilas de mineral de cada zona utilizando el tipo de muestreo por canales y pozas, es una labor diaria realizada por dos Muestreros capacitados para realizar este trabajo, bajo la coordinación con la Jefatura de Geología.

**Figura 7** Muestro de cancha en la zona gavilán



### 3.6.2 PROCEDIMIENTO DE CUSTODIA

Los Muestreros, Geólogos y encargado de la Base de Datos & QAQC son los responsables de asegurar el cumplimiento de los procedimientos de custodia de las

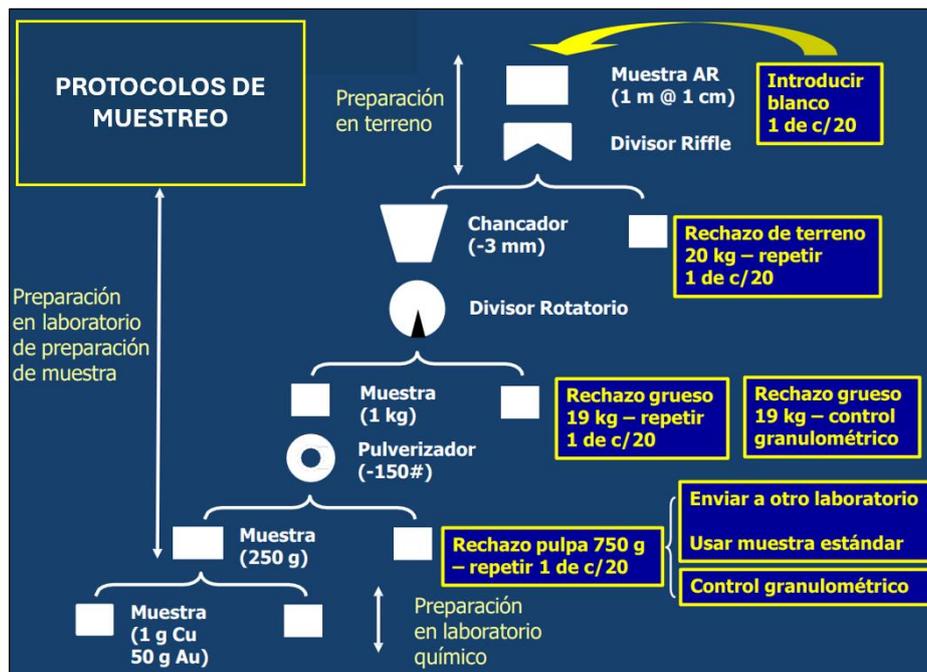


muestras.

El objetivo del procedimiento de custodia de muestras es de asegurar la integridad de las muestras de canchas desde la extracción y la codificación hasta el registro en el mismo Laboratorio Químico.

- Codificar la muestra y colocar el precinto de seguridad.
- Poner a buen recaudo la muestra, para evitar romper la bolsa plástica que la contiene.
- Trasladar la muestra hacia los lugares de acopio.
- Informar al Geólogo de Base de Datos la cantidad de muestras, para la elaboración del respectivo memorándum de envío.
- Una vez recogidas las muestras, el muestrero o el chofer de la camioneta se dirigirá a la oficina de geología para recoger el memorando de envío.
- Trasladar las muestras al laboratorio, verificar su registro y hacer firmar el memorando de recepción.
- Entregar el memorando firmado con la conformidad de entrega al Geólogo de Base de Datos & QAQC para su respectivo archivo.

**Figura 8** Protocolos de muestreo



### 3.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para proceder a la recolección de datos, se obtuvo primero el permiso correspondiente del responsable de la zona. Después de aceptar la petición, los datos fueron recolectados, organizados, clasificados, registrados y procesados utilizando el software Ms-Excel 2016. Se realizó la coordinación previa con el geólogo para el control del mineral, el aseguramiento de la calidad y el control (QA/QC).

### 3.8 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Los datos ingresados al MS -Excel 2016 nos concede un análisis estadístico. Estos resultados fueron evaluados e interpretados. De igual modo se utilizó tablas dinámicas para la administración de la base de datos. La evaluación de estos análisis estadísticas ofrece promedios, tendencias, desviaciones estándares y otros datos. Además, las tablas y gráficos generados por la aplicación Microsoft Excel, nos ayudó con la interpretación y análisis de los hallazgos de la investigación.



## **3.9 VARIABLES**

### **3.9.1 Variable Independiente**

Programa de aseguramiento y control de calidad de muestreo, este programa incluye los procedimientos, métodos y estándares aplicados para garantizar la calidad y precisión en el muestreo de canales de la veta purísima.

### **3.9.2 Variable Dependiente**

Calidad del muestreo en canales, tales como la precisión, exactitud y representatividad de las muestras recolectadas.

## **3.10**

## **3.11 EQUIPOS Y MATERIALES**

Los equipos y materiales utilizados para llevar a cabo el presente estudio de investigación son las siguientes:

### **3.11.1 Equipos de campo**

- Brújula Brunton.
- Picota geólogo marca Estwing.
- Plano topográfico.
- Distanciómetro de 100 m
- Flexómetro 50 m.
- Pintura spray.
- Lápiz, colores, borrador, lapicero y Protactor.
- GPS Garmín.
- Lupa 20x.



- Comba de 32 y 4 libras.
- Libreta de campo.
- Tablero de mapeo.
- Equipos de Protección Personal (EPPs).
- Bolsas de polietileno de 33 x 48 cm.
- Rafia o engrampadora.

### **3.11.2 Materiales de oficina**

- Impresora canon
- Laptop Marca Asus o computadora
- Escalímetro de varias escalas
- Hojas de Excel
- Hojas bond A2, A3 y A4
- Tableros de A4, A3.
- Lápices de colores.



## 4 CAPÍTULO IV

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 4.1 UBICACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicado en el Distrito de Bella Unión, Provincia de Caravelí y Departamento de Arequipa, aproximadamente a 1715 m.s.n.m., al Noroeste desde la ciudad de Arequipa. (Ver Anexo N° 01).

**Tabla 3**

*Coordenadas del área de estudio*

Vértices	Este	Norte
V1	536300.00	8311450.00
V2	536800.00	8311450.00
V3	536800.00	8311150.00
V4	536300.00	8311150.00

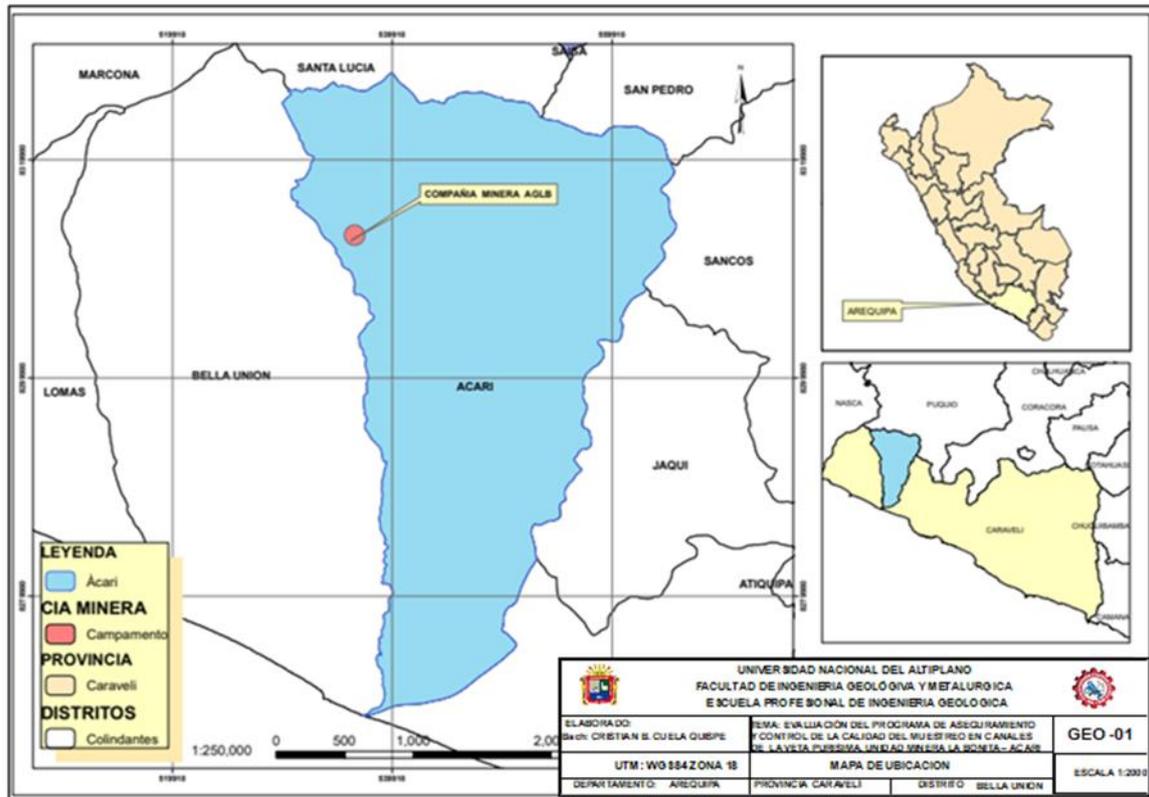
**Tabla 4**

*Ubicación Política del área de estudio*

Ubicación Política	
Departamento	Arequipa
Provincia	Caravelí
Distrito	Bella Unión

**Figura 9**

*Mapa de ubicación del área de estudio*



## 4.2 ACCESIBILIDAD.

La zona es accesible desde la ciudad de Puno – Arequipa hasta el distrito de Bella Unión, pasando previamente por la ciudad de Acarí; se prosigue por trocha hasta llegar a la mina, el recorrido total para llegar a la minera Agromin es de 806 km.

La accesibilidad a la ruta del proyecto se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 5**

*Accesibilidad al área de estudio*

RUTA	DISTANCIA	TIEMPO (Hrs)	TIPO
Puno - Arequipa	293 km	5	Asfaltado
Arequipa - Acarí	480 km	9	Asfaltado
Acarí – La Bonita	33 km	1	Afirmado
<b>Total</b>	<b>806 km</b>	<b>15</b>	



### **4.3 CLIMA**

El clima de la zona es cálido y agradable, de tipo desértico. Durante los meses secos de enero y febrero, hay lluvias ligeras y una temperatura media anual de 20°C. Las temperaturas estivales pueden superar los 35°C (marzo-mayo), mientras que las invernales suelen rondar los 9°C. También se distingue por la presencia de potentes vientos conocidos como Paracas, que provocan tormentas de arena y disminuyen la visibilidad según el SENAMHI.

### **4.4 FLORA Y FAUNA**

Especies de flora silvestre, no existe en el área de estudio, pero se puede registrar para los entornos de la zona de valles y quebradas agrícolas, se aprecia vegetación natural de guarangos y algarrobos, la agricultura es diversificada. Sin embargo, en áreas aledañas a las instalaciones del proyecto citado, se nota agricultura incipiente por la falta de agua y el abono de tierras por ser un arenal, los valles agrícolas se han dedicado al sembrío de plantas industriales y alimenticias (maíz, algodón, tubérculos, alfalfa, olivo, etc)

Especies de fauna no existen en el área en que se emplaza AGROMIN LA BONITA, sin embargo, en los alrededores de la zona de estudio podemos mencionar al zorro costeño como especie en condición vulnerable, así mismos lagartos de diversas variedades.

### **4.5 GEOLOGÍA LOCAL**

La geología de la zona de estudio está constituida principalmente por rocas intrusivas de las super unidades Linga y super unidad Pampahuasi en el margen oriental del batolito. También se caracteriza por Dioritas y monzonita-cuarcífera, que se compone de cuarzo, feldespatos potásico y plagioclasas. Sin embargo, existen variaciones locales, con textura granular variable y escasa biotita. Otra característica destacable es que las plagioclasas están frecuentemente zonadas. (Ver anexo N°02).



#### **4.5.1 Formación Sencca**

Esta formación está constituida por tobas dacítica es color crema a rosado con texturas vitroclástica, piroclástica, fluidal y brechada, esa formación aflora de forma irregular en toda el area de estudio.

#### **4.5.2 Super Unidad Linga**

Aflora como pequeños stocks al NW del área de estudio, está conformada por monzonitas cuarcíferas (plagioclasas– ortosas, hornblendas, cuarzo), textura fanerítica de grano medio a grueso, color rosa a blanco, con venillas de cuarzo hialino – lechoso, venillas de epidota y algunas estructuras NW – SE gossinizadas.

La composición mineralógica de la monzonita cuarcífera gris rosáceo es: 30-35% de ortosa, 40-45 de plagioclasa (andesina) y 4-8% de cuarzo; los minerales accesorios son los clinopiroxeno, biotita, apatita y esfena; y, los secundarios: uralita y turmalina negra.

#### **4.5.3 Super Unidad Pampahuasi**

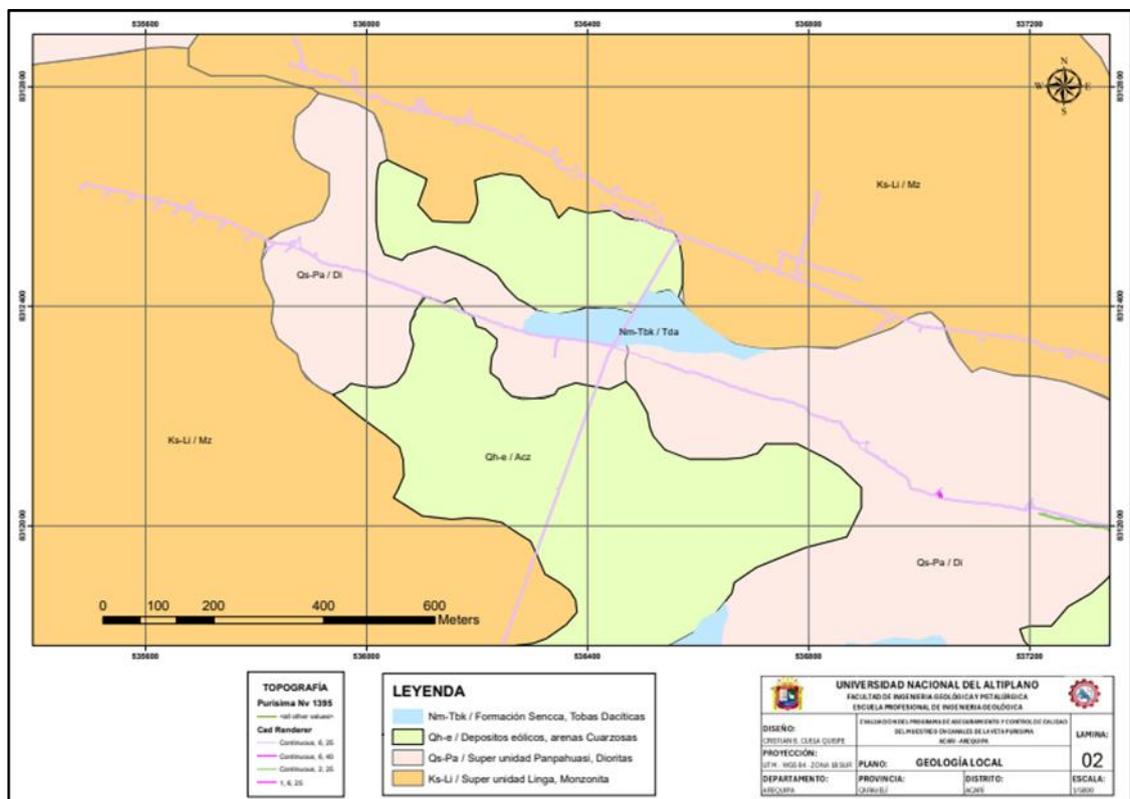
Esta unidad es la de mayor difusión en el área de estudio está conformada por stock de tonalita – diorita; diorita (plagioclasas – hornblende – biotita) de textura fanerítica de grano medio a grueso, color verdoso, muestra cloritización moderada en los máficos y una argilización débil producto del intemperismo. Tonalita biotítica (plagioclasas – hornblenda – ortosa – biotita – cuarzo), textura fanerítica de grano medio, color blanquecino, está afectada por argilización débil a moderada y cloritización moderada. Esta unidad muestra relación con la mineralización al ser rocas con un alto grado de reacción química ante la presencia de fluidos hidrotermales.

#### 4.5.4 Depósitos eólicos

Los depósitos aluviales consisten en material no consolidado como arena, grava, limo, formando planicies y terrazas aluviales. Han perdido sus características morfológicas debido al transporte y a la deposición, y también se encuentran en zonas con topografía moderada y gradientes de flujo elevados, o en zonas muy bajas.

**Figura 10**

*Plano geológico local de la CIA AGLB SAC.*



#### 4.6 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

La zona se ha visto afectada por una ruptura tectónica, que ha dado lugar a una falla de bloque. Existen dos grandes sistemas de fracturación: NO-SE y E-O, estando el primero casi completamente mineralizado. Las zonas de cimoides son las principales responsables de la mineralización económica, que es el resultado del juego estructural causado por el segundo sistema de falla, que ha creado ramales (Split) en casi todas las vetas. (Ver anexo N°03).



Este juego estructural se refleja a mayor escala, presentando las vetas una geometría estructural en forma de jog o huso debido a fallas regionales que han dado lugar a juegos de bloques con esfuerzo tensional NO-SE y esfuerzo extensional E-O con apertura y relleno estructural. Tras las fracturas NO-SE, las fracturas E-O actuaron como destrales con movimiento significativo, dando lugar a la dispersión generalizada de las vetas. Estas fallas ocurrirían después de la instalación de plutones. Las zonas de Cobrepampa y Purísima tienen una mayor población de perros y serían las más beneficiadas con esta estrategia.

Uno de los saltos regionales, conocido como Falla Regional Manto, pasa por la U.M La Bonita al noroeste del Río Acarí y atraviesa la localidad de Otapara. Tiene una longitud de 20 kilómetros. Con un azimut de 300 grados Además de esta falla, existen sistemas de vetas de cobre.

En la zona minera de Bonita, el comportamiento estructural de las fallas se manifiesta en algunos casos como bloques con desplazamientos a lo largo de su recorrido, desplazando localmente estructuras en formaciones de escalón y bloque. El desplazamiento de la veta puede oscilar entre 1 m y 15 m, como se observa en las zonas de trabajo Purísima y Ventura.

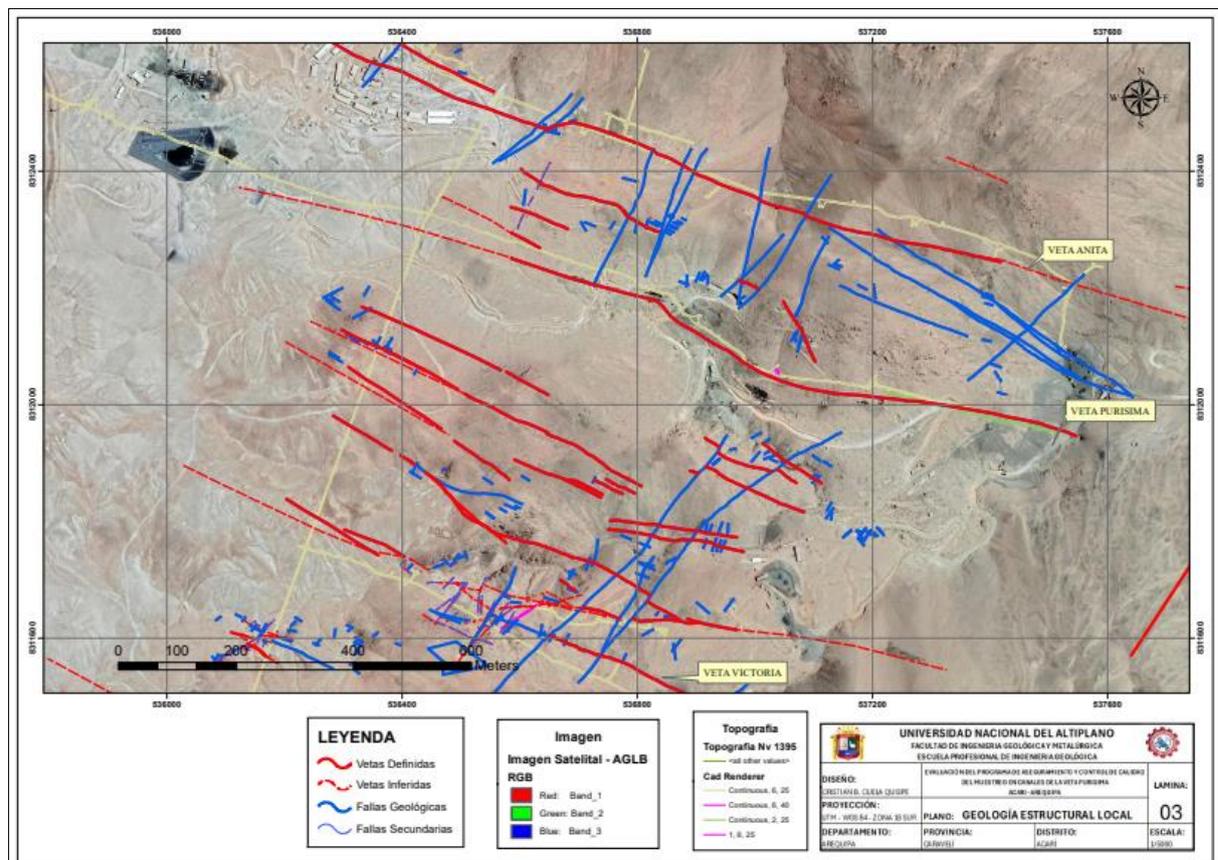
El control estructural es el más importante en la unidad minera atractiva porque está directamente relacionado con la mineralización de la zona. Existen dos grandes sistemas de fallas: NO-SE y E-O, el primero de los cuales alberga la mineralización económica. Regionalmente, el comportamiento estructural de estos dos sistemas forma una geometría en forma de jog, con la mayor concentración de veas cupríferas.

**Fallas Transversales.** - Las fallas NW-SE. tienen extensiones longitudinales limitadas. Sin embargo, parece que las fallas Carbonera y Trancas, así como el río Acarí, han desarrollado grandes fracturas que serían fallas transversales, ya que las unidades de valle opuestas no se corresponden en la mayoría de los casos.

Por otra parte, es probable que ciertas caídas transversales tengan componentes horizontales, como se muestra en la pampa de Clavelinas, donde desembocan en los caídas de Treinta Libras y Los Cerrillos. Las cepas de hierro en Acarí exhiben fracturas de tensión y zonas de caída.

**Figura 11**

*Mapa geológico estructural local*



## 4.7 GEOLOGÍA ECONÓMICA

El yacimiento presenta una mineralización principalmente en sistemas de vetas cupríferas con una orientación N310, presentando un espaciamiento entre vetas desde 60-120 m aprox. Las potencias de las vetas varían de 0.50 cm a 3 metros con una inclinación promedio de 75°. Estas vetas se emplazan en un intrusivo monzonítico cuarzoso con diseminaciones de magnetita formando lazos sigmoides con clavos mineralizados.



La mineralización económica en el distrito minero de Acarí es fundamentalmente filoniana. Las vetas son abundantes y es el recurso más sostenible minero hasta la actualidad en el distrito de Acarí. La zona de estudio se encuentra en constante actividad minera, siendo el cobre el elemento principal, tal como se pudo observar en la zona de estudio centrado las observaciones en las estructuras de la Bonita y la Veta Purísima.

La Purísima: Consiste de vetas paralelas y vetas tensionales que muchas veces resultan más económicas. Las labores en la parte alta aún se encuentran en zona de oxidación, pero en las partes bajas ya se encuentran extrayendo básicamente calcopirita (zona hipógena). Existen clavos mineralizados aproximadamente cada 50 – 60 metros de manera horizontal y 40-50 metros de manera vertical.

#### **4.7.1 Minerales de mena**

**Calcopirita ( $S_2CuFe$ ):** Se exhibe un color amarillo dorado brillante, tiene un brillo metálico notable, de textura irregular y rugosa, con zonas que reflejan la luz de manera diferente, lo que indica una posible estructura cristalina. Este tipo de mineral es común en depósitos de cobre y es una de las principales fuentes de extracción de este metal.

### Figura 12

*Mineral de calcopirita de la veta Purísima*



**Bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ):** Presenta una variedad de colores con tonos de púrpura, azul, verde, y dorado, tiene un brillo metálico, que resalta los colores iridiscentes bajo la luz, de textura irregular, con zonas que reflejan la luz de manera distinta, debido a su estructura cristalina y a los procesos de oxidación superficial.

### Figura 13

*Mineral de bornita de la veta Purísima*



**Covelina ( $\text{CuS}$ ):** El mineral presenta un color azul oscuro a negro, la superficie tiene un brillo sub-metálico. La textura del mineral es masiva, con algunas zonas fracturadas o con venas de un material más claro de cuarzo u otro mineral que llena las fracturas.

### Figura 14

*Mineral de covelina de la veta Purísima*



**Calcosina ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ):** El mineral exhibe un color gris oscuro en su mayoría, con algunas áreas que presentan iridiscencia o manchas de color púrpura a rojizo. Esto podría ser un signo de oxidación superficial o de alteración secundaria. Tiene un brillo metálico o sub-metálico, con áreas que reflejan la luz de manera diferente, lo que resalta los tonos púrpuras/rojizo en la superficie. La textura masiva y compacta, con algunas fracturas o superficies rugosas. En algunas partes, se observan pequeñas manchas claras de cuarzo o calcita.

### Figura 15

*Mineral de calcosina de la veta Purísima*

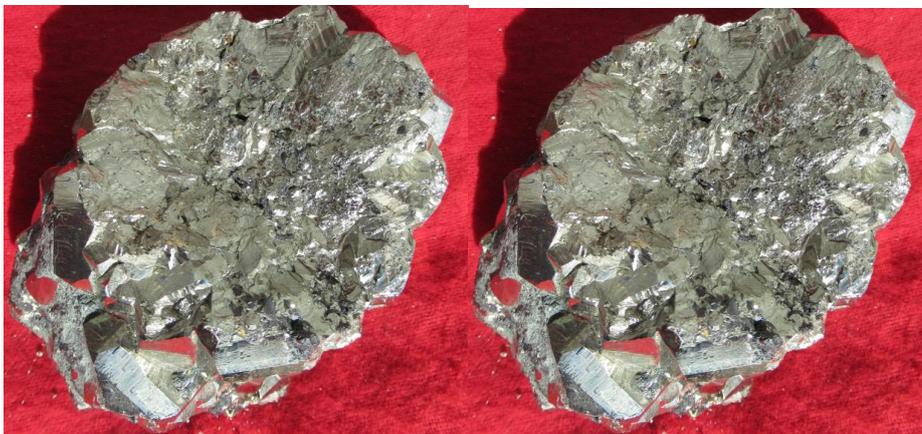


#### 4.7.2 Minerales de ganga

**Pirita ( $S_2Fe$ ):** El mineral tiene un color dorado a plateado brillante, presenta un brillo metálico muy alto, con superficies lisas y reflectantes. La textura es claramente cristalina, con cristales cúbicos o de formas geométricas. Los cristales están bien formados, lo que es característico de la estructura cúbica de este mineral.

#### Figura 16

*Mineral pirita de la veta Purísima*



**Especularita ( $Fe_2O_3$ ):** El mineral exhibe un color negro a marrón oscuro, la superficie tiene un brillo metálico a sub-metálico, especialmente en su variedad rica en hierro. Presenta una textura granular o masiva, con pequeños cristales o agregados que reflejan la luz, lo que da al mineral una apariencia brillante y algo escamosa.

### Figura 17

*Mineral specularita de la veta Purísima*



**Magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ):** El mineral exhibe un color negro intenso, tiene un brillo metálico a sub-metálico, con algunas zonas que parecen más reflectantes que otras, lo cual es típico en muestras de magnetita. La textura masiva, con una estructura cristalina granular que puede reflejar la luz, dando al mineral una apariencia brillante. En algunas áreas, la superficie parece rugosa.

### Figura 18

*Mineral magnetita de la veta Purísima*



## 4.8 ESTUDIO PETROMINERAGRAFICO



#### 4.8.1 Estudio petrográfico

El estudio de secciones delgadas y pulidas se realizó en la ciudad Lima en el laboratorio Geo exploración Ingenieros Perú S.A.C “GEOEXINPESAC”.

- **Muestra N°: Nivel 1500-A**

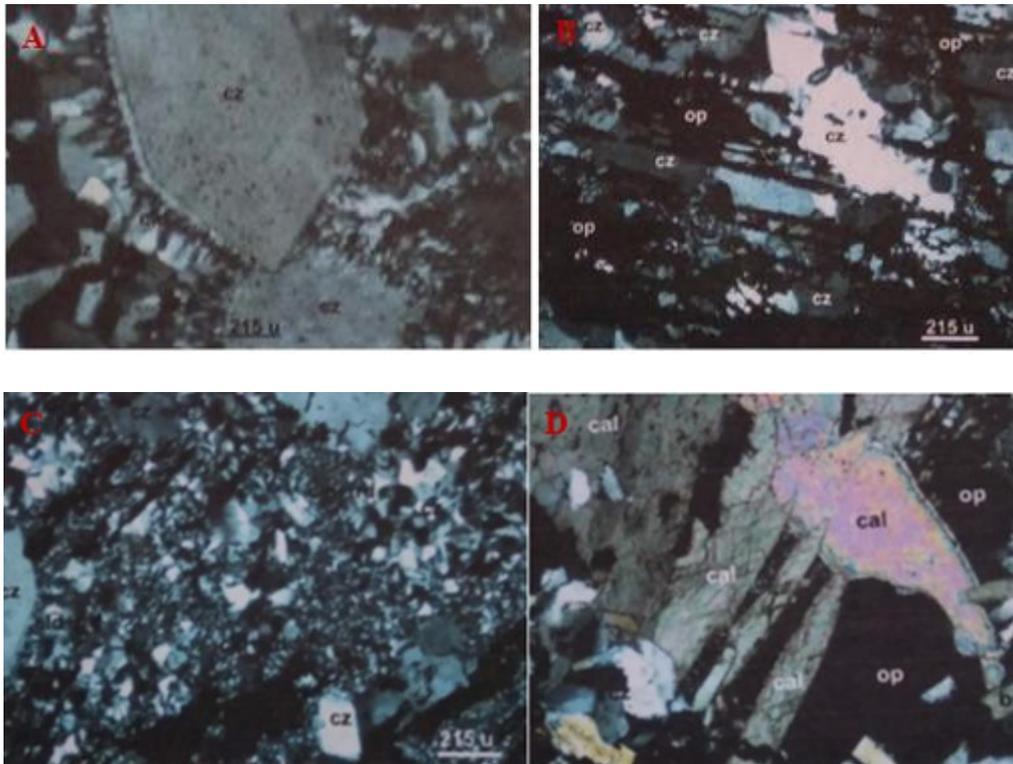
Esta muestra se está compuesto mayormente por minerales opacos, los cuales están ocupando espacios irregulares, de este modo se encuentran atravesados por microvenillas de cuarzo y asociados a baritina y calcita.

Está integrado por cuarzo primario, los cuales están intensamente microfracturados, llegando a mostrarse intensamente milonitizados ( triturados), los cuales están atravesados por microvenillas secundarios, es decir originados por pulsos secundarios, dentro de estas microvenillas se llegan a observar calcedonias con habito radial y forma de coronas, las que rodean a algunos cristales de cuarzo euhedrales, agregados de cuarzo microgranoblasticos, las cuales están acomodados con cierta orientación paralela, separados por las asociaciones de los minerales opacos, por lo que da lugar a la presencia de cuarzo con apariencia de habito lamelar, los que están separados por los minerales opacos, como si se hubieran acomodado en ciertos clivajes, pero son separaciones producto de la dinámica que ha afectado a la muestra.

Los cristales de baritina con hábitos prismáticos lamelares, muchos de ellos con disposición radial, y como agregados granulares, se encuentran conformado un sector de la muestra donde están asociados a las calcitas, al cuarzo y a los minerales opacos.

## Figura 19

*Fotomicrografía de la Muestra N°: Nivel 1500-A*



Nota. En la fotomicrografía A. Cuarzo (cz) subhedral mostrando halo (corona) de crecimiento en su superficie por la acción de la calcedonia (cld), adyacente se observa granos más pequeños de cuarzo (cz). En la fotomicrografía B. Cuarzo mostrando los clivajes de la calcita a las que ha reemplazado, por lo que aún no se conserva los molde, en estos clivajes se han depositado los minerales opacos. En la fotomicrografía C. Agregados de micro a criptocristalinos de calcedonia y tridimita (cld+trd), alguna de ellas está impregnados en los bordes de los cuarzos(cz). En la fotomicrografía D. Agregados lamelares y tabulares de calcita (cal), han englobado a algunos cuarzos (cz) y baritina (brt), están asociados a los minerales opacos.

- **Muestra N°: Nivel 1500-B**

Esta muestra es compuesta por el agregado microgranoblasticos de cuarzo, en

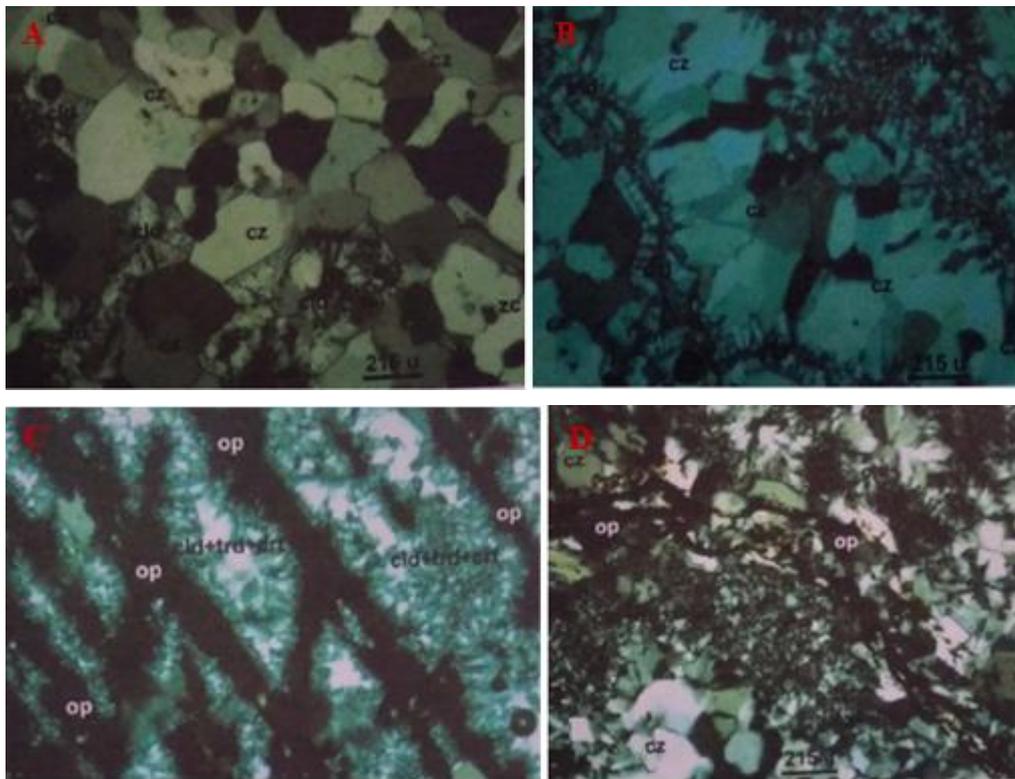


diversas etapas de cristalización y en sus diversas variedades, los cuales han reemplazado a las calcitas, por lo que aun muestran los moldes y clivajes de estas, en cuanto a los cuarzos, vemos que presentan formas que varían de euhedrales hasta anhedrales, notándose que muchos de los cristales euhedrales y subhedrales están rodeados por aureolas o coronas de calcedonia radial, otros cuarzos muestran textura crustificada, otros están como agregados microgranoblasticos, semejante al cuarzo con calcedonia intersticial, también hay cuarzos que están con textura milonítica, consecuencia de haber triturado, también están con habito plumosa, después de a ver reemplazado a las calcitas que presentaron esos hábitos. En algunos sectores los cuarzos se exhiben como microvenillas, las que atraviesan a los agregados microgranulares de minerales opacos; en cuanto a este último mineral, ha reemplazado a las calcitas preexistentes, lo que queda evidenciado dentro del agregado plumoso del cuarzo, donde aún la calcita ha quedado como remanente de su existencia. Agregado de tridimita, cristobalita y calcedonia están llenando oquedades que presenta la muestra.

Los minerales opacos, han reemplazado a la mayoría de los cuarzos, a los cuales los ha englobado y también habiéndose depositado entre los intersticios de estos

## Figura 20

Fotomicrografía de la Muestra N°: Nivel 1500-B



Nota. En la fotomicrografía A. Agregados de microgranoblasticos de cuarzo (cz) muestran sus intersticios rellenos por la calcedonia (cld) con habito fibroso radial. En la fotomicrografía B. Cuarzo con textura crustificada, hacia izquierda este asociado a la calcedonia (cld) y hacia derecha se halla asociado a la calcedonia con tridimita (cld+trd). En la fotomicrografía C. Asociación de calcedonia, tridimita y crisbalita (cld+trd+crt) muestran el molde de la calcita preexistente, pero en los clivajes de esta se han depositado los minerales opacos. En la fotomicrografía D. La calcedonia, tridimita y crisbalita (cld+trd+crt) esta atravesado por la microvenilla de minerales opacos.

### 4.8.2 Estudio minerográfico

- Muestra N°: Nivel 1500



**Pirita ( $S_2Fe$ ):** presenta formas subhedrales a anhedrales y con tamaños hasta 4 mm de longitud, donde la mayoría de ellas se encuentra intensamente microfracturados, están parcialmente reemplazados por la calcopirita, lo que ocurre a partir de las microfracturas y de sus bordes, la mayoría de ellas están rodeadas por la calcopirita, sus microfracturas están rellenas por la calcopirita, calcosina, bornita y galena.

**Calcopirita ( $S_2CuFe$ ):** Se encuentra como agregado granulares, al igual que la pirita, se muestra intensamente microfracturados, han englobado y rodeado a la pirita a las cuales las han reemplazado en forma parcial, sus tamaños van hasta algunos centímetros de longitud.

**Bornita ( $Cu_5FeS_4$ ):** es el producto de la alteración de la calcopirita, a lo que acontece a partir de sus microfracturas y de sus bordes, sus formas son anhedrales y sus tamaños son hasta 0.125 mm de longitud.

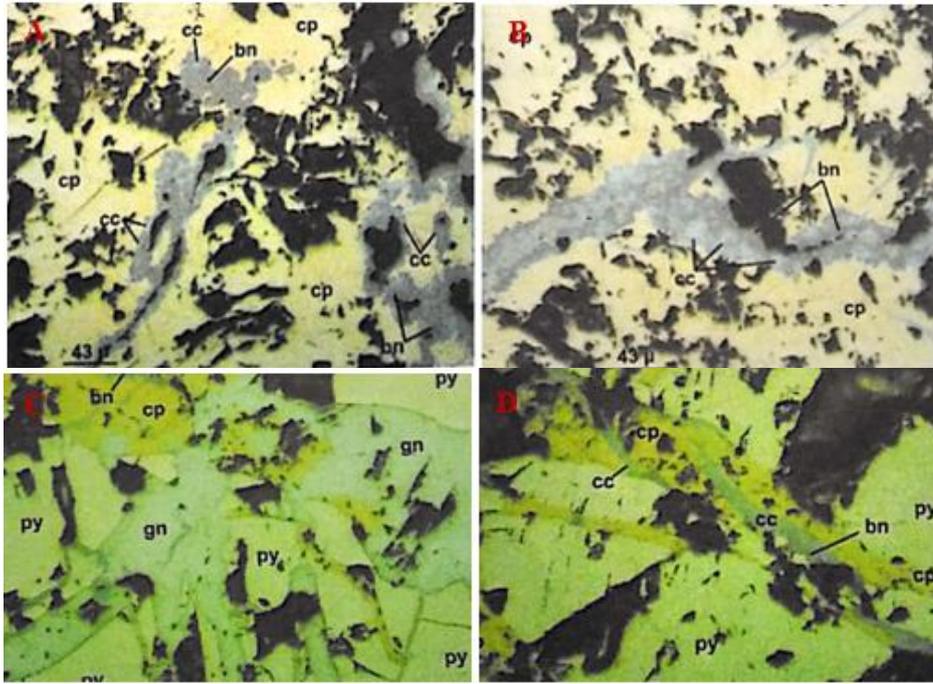
**Calcosina ( $Cu_3AsS_4$ ):** mineral ubicado en las microfracturas de la calcopirita, de la cual se ha originado por alteración, además de la bornita, es decir, que también se originó de la alteración de esta, sus formas son anhedrales y se manifiestan como microvenillas muy largas y de espesores hasta 0.030 mm.

**Galena ( $PbS$ ):** Se encuentra dentro de las microfracturas de la pirita, donde se encuentra reemplazado por la calcosina y la bornita, pero ha reemplazado a la calcopirita, sus formas son anhedrales y como microvenillas presentan longitudes de 0.40 mm y de espesor de 0.075 mm, algunas galenas están entre el contacto de la pirita

con la ganga y de calcopirita con la ganga.

### Figura 21

*Fotomicrografía de la Muestra N°: Nivel 1500*



Nota. En la fotomicrografía A. Calcopirita (cp), muestras alteración a bornita (bn), y a calcosina (cc) que ocurre a partir de las microfracturas de calcopirita. Fotomicrografía B. Bornita (bn) y calcosina(cc), ambas por la alteración de calcopirita (cp). Fotomicrografía C. Pirita (py) microfractura, y se positan en calcopirita (cp) y lo reemplazado por la galena(gn). Fotomicrografía D. Microvenilas de calcopirita (cp) parcialmente alterado a calcosina (cc) y a bornita (bn).

- **Muestra N°: Nivel 1600**

**Pirita (S<sub>2</sub>Fe):** Cristales subhedrales intensamente micrifracturados, tienen tamaño de 12 mm de longitud, están englobados y parcialmente reemplazados por la calcopirita y por la calcosina, por lo que, en algunos sectores, se encuentran reemplazados por las gangas, están como remanentes esqueléticos, hay sectores donde las piritas muestran microfracturas, las que están caracterizados por estar orientados

paralelamente, están rellenos por las calcopirritas.

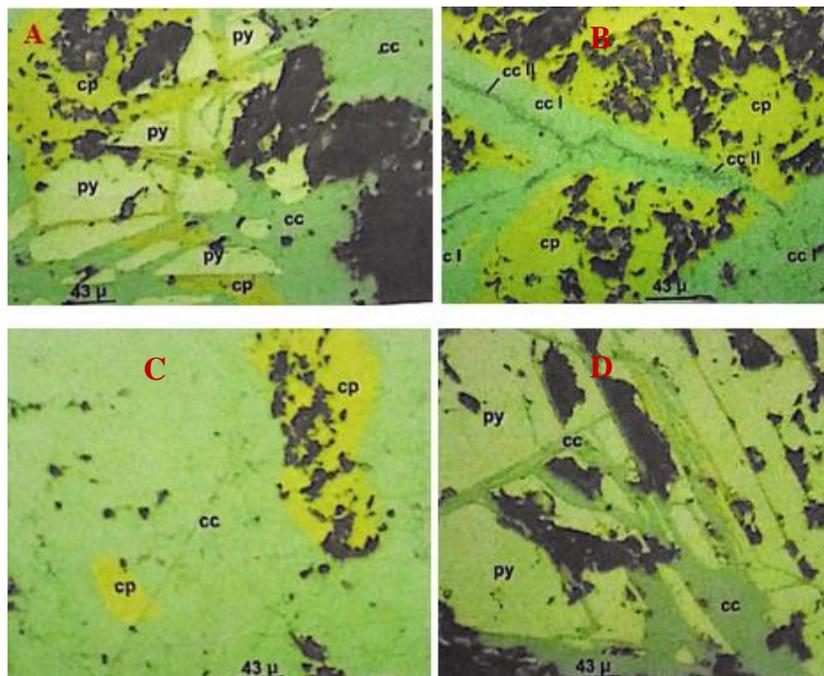
**Calcopirita ( $S_2CuFe$ ):** Se observa cristales anhedrales de calcopirita, por lo que mayormente están como remanentes, consecuencia de haberse alterado a calcosina, sus tamaños son hasta de 3 mm de longitud, en algunos sectores de las calcosinas están como remanentes esqueléticos.

**Calcosina ( $Cu_3AsS_4$ ):** Se manifiesta como agregado microgranulares, derivada de la alteración de las calcopiritas, motivo por lo que, dentro de venillas, a este mineral se los observan como remanentes esqueléticos semejantes a microislas; dentro de las microfracturas de la pirita, son observados conformando microvenillas.

**Bornita ( $Cu_5FeS_4$ ):** Derivado de la alteración de las calcopiritas, están como relleno de las microfracturas de la calcopirita, en algunos casos asociados a la calcosina.

### Figura 22

Fotomicrografía de la Muestra N°: Nivel 1600



Nota. En la fotomicrografía A Remanente de pirita (py) microfracturadas, estan



reemplazadas por la calcopirita (cp) alterada a calcosina (cc). Fotomicrografía B. Calcopirita (cp) microfracturada, a partir de esta ha dado origen, por alteración a la calcosina, por la que esta se manifiesta como microvenilla en dos etapas de cristalización, primera etapa se genera la calcosina (cc1) gris celeste y la segunda etapa de cristalización es la calcosina (cc2) gris azulado, esta en el núcleo de la calcosina (cc1) gris celeste. Fotomicrografía C. Remanentes de calcopirita (cp) después de haber dado origen a la calcosina (cc) por alteración. Fotomicrografía D. Pirita (py) microfracturada, donde se ha depositado la calcosina (cc), y a partir de estas han reemplazado parcialmente a la pirita (py).

**Tabla 6**

*Distribución espacial de la Muestra N°: Nivel 1500*

<b>Minerales</b>	<b>% Hipógenos</b>	<b>% Supérgenos</b>
Pirita	10.00	
Calcopirita	83.50	
Galena	trazas	
Bornita		0.50
Calcosina		1.00
Gangas	5.00	
<b>Total</b>		<b>100</b>

**Tabla 7**

*Distribución espacial de la Muestra N°: Nivel 1600*

<b>Minerales</b>	<b>% Hipógenos</b>	<b>% Supérgenos</b>
Pirita	15.00	
Calcopirita	20.00	
Bornita		0.10
Calcosina		49.90
Gangas	15.00	
<b>Total</b>		<b>100</b>

## 4.9 PARAGENESIS

### 4.9.1 Secuencia paragenética

Esta secuencia indica un depósito de sulfuros que comienza con la cristalización inicial de pirita y galena, seguida por la formación de sulfuros de cobre, como calcopirita y bornita. Finalmente, un proceso de enriquecimiento supergénico da lugar a la generación de calcocita en las últimas etapas de la paragénesis, en la Fotomicrografía de la Muestra N°: Nivel 1500

La secuencia paragenética de la veta Purísima indica un entorno en el que los sulfuros de hierro, como la pirita, cristalizan primero, seguidos por los sulfuros de cobre, como la calcopirita. Posteriormente, estos minerales son reemplazados o superpuestos por la calcosina en una fase Supergénico, lo que sugiere un proceso de enriquecimiento posterior, en la Fotomicrografía de la Muestra N°: Nivel 1600.

**Tabla 8**

*Paragénesis de la veta Purísima de la muestra Nivel 1500*

Minerales	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3
Pirita	████████████████████		
Bornita		████████████████████	
Calcopirita		████████████████████	
Calcosina			████████████████████
Galena			████████████████████

**Tabla 9**

*Paragenesis de la veta Purisima de la muestra Nivel 1600*

Minerales	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3
Pirita	████████████████████		
Calcopirita		████████████████████	
Bornita			████████████████████
Calcosina			████████████████████



## 5 CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 5.1 GRADO DE PRECISIÓN DEL MUESTREO EN CANALES DE LA VETA PURÍSIMA, UNIDAD MINERA LA BONITA

Las principales fuentes de error que se producen durante el muestreo pueden estar relacionadas con la heterogeneidad, y la recolección de muestras, la medición de parámetros y la preparación de las muestras, y es necesario tomar las precauciones necesarias para actuar desde el principio a fin de considerar su influencia y eliminar o minimizar su efecto.

#### Tabla 10

*Los parámetros para control de calidad*

Parámetros de Medición	Parámetros de Muestreo	Parámetros geológicos
Longitud	Tamaño de la muestra	Características de la veta:
Ancho	Frecuencia de muestreo	Mineralogía:
Espaciamiento	Método de muestreo	Alteración
Orientación	Muestreo por canal	Estructuras
Profundidad		

Según los resultados de precisión, se han establecido los valores de las muestras de canal, los duplicados gruesos. Para los resultados de precisión, se han utilizado los siguientes estándares: alto y bajo. A los resultados de contaminación se han asignado los valores de blancos.

##### 5.1.1 Resultados del programa de aseguramiento de control de calidad

Estos resultados nos ayudaron a prevenir errores durante el proceso de



muestreo, preparación y análisis. Además, se ha evaluado el rendimiento del laboratorio a lo largo del tiempo mediante gráficos de precisión, exactitud y control de la contaminación en muestras de canales en la Veta Purísima.

El proceso de análisis, preparación y análisis de muestras de la veta Purísima implica la evaluación de la precisión, exactitud y contaminación mediante muestras de control. Dado que tienen finalidades diferentes, la exclusión de un tipo de muestra de control no puede justificarse por la inclusión de otro tipo de muestra. La evaluación se realiza de acuerdo con los siguientes criterios:

**a) Evaluación de precisión**

Se utilizo gráficos Máximo - Minino para evaluar la precisión, más conocido como método hiperbólico.

Este método da prioridad a los valores más bajos (leyes inferiores) que están cerca del límite de detección del laboratorio (LDL), ya que tienen un nivel de precisión más bajo.

Las muestras recolectadas fueron preparadas y analizadas en el laboratorio de la propia empresa minera Agromín La Bonita para el análisis de los elementos de Cu. Este estudio corresponde a toda la información obtenida de enero a junio de 2023. En las siguientes tablas se reflejan un inventario de toda la información relevante para esta etapa. La figura se muestra los ritmos de inserción de las muestras de control. Ver en el Anexo.

**Tabla 11**

*Resumen de resultados de duplicados gruesos y muestras gemelas*

Elementos	Control de duplicados Cia Agromin La Bonita				
	Mes	Total	Pares fallidos	Porcentaje de fallos %	Condición
<b>Cu</b>	Enero	32	3	9.4%	Cuestionable
<b>Cu</b>	Febrero	40	2	5.1%	Cuestionable
<b>Cu</b>	Marzo	37	2	5.4%	Cuestionable
<b>Cu</b>	Abril	42	6	14.3%	No aceptable
<b>Cu</b>	Mayo	41	2	4.9%	Aceptable
<b>Cu</b>	Junio	47	2	4.3%	Aceptable

**Tabla 12**

*Resumen de resultados de muestras estándares (alto, medio y bajo)*

Elementos	Control de Estándares Cia Agromin La Bonita				
	Mes	Total	Media	Sesgo %	Condición
<b>Cu</b>	Enero	10	4.19	-1.3%	Aceptable
<b>Cu</b>	Febrero	5	4.17	-1.7%	Aceptable
<b>Cu</b>	Marzo	4	10.03	-5.0%	Cuestionable
<b>Cu</b>	Abril	9	10.18	-3.5%	Aceptable
<b>Cu</b>	Mayo	6	2.74	0.0%	Aceptable
<b>Cu</b>	Junio	6	2.96	8.0%	Cuestionable

**Tabla 13**

*Resumen de resultados de muestras blancas gruesos*

Elementos	Control de Blancos Gruesos Cia Agromin La Bonita				
	Mes	Total	Pares fallidos	Porcentaje de fallos %	Condición
<b>Cu</b>	Enero	16	1	6.3%	Cuestionable



Elementos	Control de Blancos Gruesos Cia Agromin La Bonita				
	Mes	Total	Pares fallidos	Porcentaje de fallos %	Condición
<b>Cu</b>	Febrero	15	0	0.0%	Aceptable
<b>Cu</b>	Marzo	15	1	6.7%	Cuestionable
<b>Cu</b>	Abril	14	0	0.0%	Aceptable
<b>Cu</b>	Mayo	16	0	0.0%	Aceptable
<b>Cu</b>	Junio	19	1	5.3%	Cuestionable

- **Control de Muestras (QA-QC) – enero 2023**

Durante el mes de enero se tomó 32 muestras duplicadas de material grueso y muestras Gemelas como control como se muestra en la tabla 11, con el objetivo de saber la precisión de las muestras duplicadas, a su vez de las muestras gemelas. error permitido de las muestras es menor a 10%.

**Tabla 14**

*Muestras gemelas y duplicadas enero 2023*

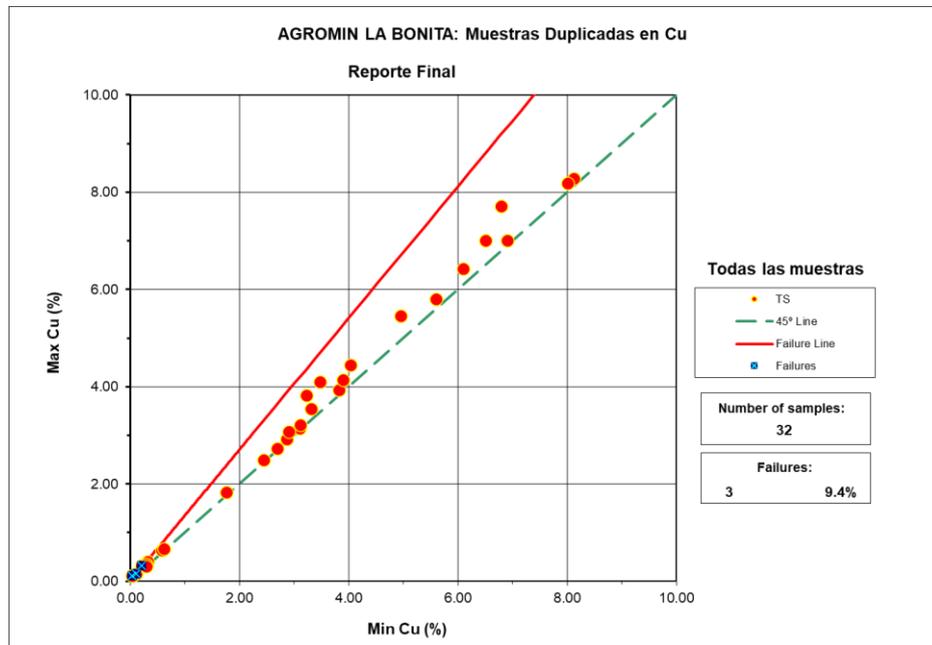
N°	ORIGINAL SAMPLES		DUPLICATE SAMPLES				
	Sample ID	Cu	Sample ID	Cu	Control Type	ER	Report Date
<b>1</b>	48239	0.31	48240	0.35	DG	0.12	2/01/2023
<b>2</b>	45117	2.50	46006	2.45	MG	0.02	3/01/2023
<b>3</b>	45244	6.43	45245	6.10	DG	0.05	4/01/2023
<b>4</b>	45124	2.93	46017	2.87	MG	0.02	5/01/2023
<b>5</b>	45270	18.50	45264	18.76	DG	0.01	6/01/2023
<b>6</b>	45147	3.10	46038	3.14	DG	0.01	7/01/2023
<b>7</b>	48563	0.64	48564	0.58	MG	0.10	8/01/2023
<b>8</b>	45154	2.90	46047	3.07	MG	0.06	9/01/2023
<b>9</b>	45186	8.28	45197	8.12	MG	0.02	10/01/2023



ORIGINAL SAMPLES			DUPLICATE SAMPLES				
<b>10</b>	48187	0.40	48188	0.32	DG	0.22	11/01/2023
<b>11</b>	45397	5.81	45398	5.60	DG	0.04	12/01/2023
<b>12</b>	46217	3.82	46129	3.23	MG	0.17	13/01/2023
<b>13</b>	46145	3.47	46223	4.10	MG	0.17	14/01/2023
<b>14</b>	48196	0.15	48197	0.11	DM	0.31	15/01/2023
<b>15</b>	46255	3.11	46192	3.21	MG	0.03	16/01/2023
<b>16</b>	48593	0.04	48592	0.11	DG	0.93	17/01/2023
<b>17</b>	48598	0.21	48597	0.32	DG	0.42	18/01/2023
<b>18</b>	46256	8.01	46259	8.18	DG	0.02	19/01/2023
<b>19</b>	46265	4.95	46272	5.46	MG	0.10	20/01/2023
<b>20</b>	46277	6.90	46283	7.01	MG	0.02	21/01/2023
<b>21</b>	45461	12.50	45460	12.95	DG	0.04	22/01/2023
<b>22</b>	46286	7.71	46293	6.79	MG	0.13	23/01/2023
<b>23</b>	45932	3.94	45930	3.82	DG	0.03	24/01/2023
<b>24</b>	45618	7.01	45619	6.50	MG	0.08	25/01/2023
<b>25</b>	45827	0.35	45826	0.30	DG	0.15	26/01/2023
<b>26</b>	45628	3.31	45634	3.55	MG	0.07	27/01/2023
<b>27</b>	45639	2.69	45640	2.73	MG	0.01	28/01/2023
<b>28</b>	45831	0.67	45832	0.62	DG	0.08	28/01/2023
<b>29</b>	45657	4.04	46340	4.44	MG	0.09	29/01/2023
<b>30</b>	45729	1.83	45730	1.76	DG	0.04	29/01/2023
<b>31</b>	45664	3.90	46346	4.14	MG	0.06	30/01/2023
<b>32</b>	45846	0.31	45842	0.29	DG	0.07	30/01/2023

**Figura 23**

*Ore control-Cu en duplicados gruesos mes enero*



Nota. En la figura 23 resultados obtenidos en la evaluación de duplicados gruesos y muestras gemelas para Cu, en el mes de enero se tiene 3 muestras fallidas de un total de 32 muestras de control evaluadas, obteniendo una Tasa de Error 9.4 % “si es Aceptable”. Ya que se encuentra dentro del Límite Máximo T.E. 10%.

- **Control de Muestras (QA-QC) – febrero 2023**

Durante el mes de febrero se tomó 40 muestras duplicadas de material grueso y muestras Gemelas como control como se muestra en la tabla 12, con el objetivo de saber la precisión de las muestras duplicadas, a su vez de las muestras gemelas.

**Tabla 15**

*Muestras gemelas y duplicadas febrero 2023*

ORIGINAL SAMPLES			DUPLICATE SAMPLES				
N°	Sample ID	Cu	Sample ID	Cu	Control Type	ER	Report Date

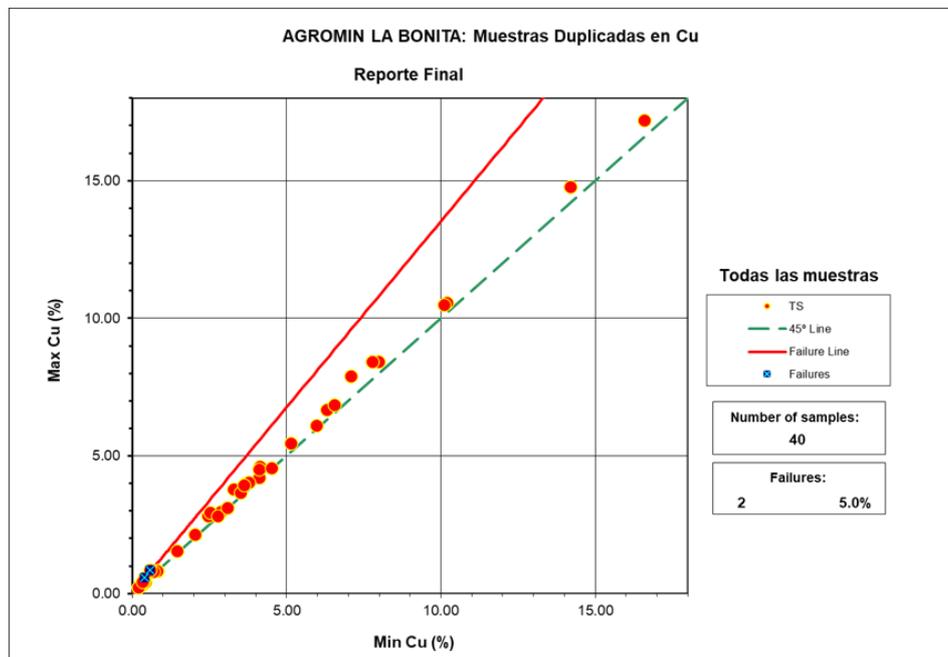


ORIGINAL SAMPLES			DUPLICATE SAMPLES				
1	45689	2.85	46378	2.98	M.G	0.04	1/02/2023
2	45862	5.13	45863	5.47	D.G	0.06	1/02/2023
3	46401	8.43	46403	7.97	M.G	0.06	2/02/2023
4	45735	0.83	45736	0.82	D.G	0.01	2/02/2023
5	46408	3.41	46511	3.78	M.G	0.10	3/02/2023
6	45879	6.10	45880	5.97	D.G	0.02	4/02/2023
7	46418	3.98	46519	3.67	M.G	0.08	5/02/2023
8	45738	4.13	45739	4.61	M.G	0.11	6/02/2023
9	46422	4.10	46531	4.21	DG	0.03	7/02/2023
10	36856	10.58	36844	10.20	DG	0.04	8/02/2023
11	46433	0.33	46434	0.33	M.G	0.00	9/02/2023
12	46707	0.43	46708	0.43	M.G	0.00	10/02/2023
13	46440	0.83	46441	0.79	D.G	0.05	11/02/2023
14	46709	0.27	46710	0.24	D.G	0.12	12/02/2023
15	46446	4.10	46447	4.51	D.G	0.10	13/02/2023
16	46722	0.22	46724	0.20	M.G	0.10	14/02/2023
17	46732	0.22	46735	0.19	D.G	0.15	15/02/2023
18	46451	0.58	46455	0.39	D.G	0.39	16/02/2023
19	46865	0.79	46867	0.68	D.G	0.15	17/02/2023
20	46458	0.84	46451	0.58	D.G	0.37	17/02/2023
21	45791	6.68	45792	6.30	M.G	0.06	18/02/2023
22	46467	2.83	46469	2.45	D.G	0.14	18/02/2023
23	50602	4.56	50603	4.50	M.G	0.01	19/02/2023
24	46470	3.28	46471	3.80	M.G	0.15	19/02/2023
25	46892	14.19	46893	14.77	M.G	0.04	20/02/2023
26	46302	1.54	46304	1.44	D.G	0.07	21/02/2023
27	46782	0.46	46783	0.38	D.G	0.19	22/02/2023
28	50610	7.90	50612	7.09	D.G	0.11	22/02/2023
29	46312	3.78	46957	4.03	M.G	0.06	22/02/2023
30	50864	3.66	50870	3.50	D.G	0.04	23/02/2023
31	46477	2.03	46971	2.14	M.G	0.05	23/02/2023
32	50916	2.51	50818	2.94	D.G	0.16	24/02/2023

ORIGINAL SAMPLES			DUPLICATE SAMPLES				
33	46482	3.94	46992	3.62	M.G	0.08	24/02/2023
34	48757	17.20	48758	16.58	D.G	0.04	25/02/2023
35	46998	2.82	46484	2.76	M.G	0.02	26/02/2023
36	48785	10.50	48786	10.10	D.G	0.04	26/02/2023
37	46486	3.07	50110	3.13	M.G	0.02	27/02/2023
38	46491	7.78	46492	8.42	M.G	0.08	27/02/2023
39	50714	6.87	50715	6.54	M.G	0.05	28/02/2023
40	46497	0.43	46498	0.34	M.G	0.23	28/02/2023

**Figura 24**

*Ore control-Cu en duplicados gruesos mes febrero*



Nota. En la figura 24, la evaluación de duplicados gruesos y muestras gemelas para Cu, en el mes de febrero se tiene 2 muestras fallidas de un total de 40 muestras de control evaluadas, obteniendo una Tasa de Error 5.0 % “si es Aceptable”. Ya que se encuentra dentro del Límite Máximo T.E. 10%. Los resultados durante el mes de febrero muestran que hay mejora en diferencia al anterior mes, ya que nos muestra un buen control y estamos en el rango aceptable.

- **Control de Muestras (QA-QC) – marzo 2023**

En el mes de marzo se tomó 37 muestras duplicadas de material grueso y muestras Gemelas de control como se muestran en la tabla 13, para saber la precisión de las muestras duplicadas, a su vez de las muestras gemelas.

**Tabla 16**

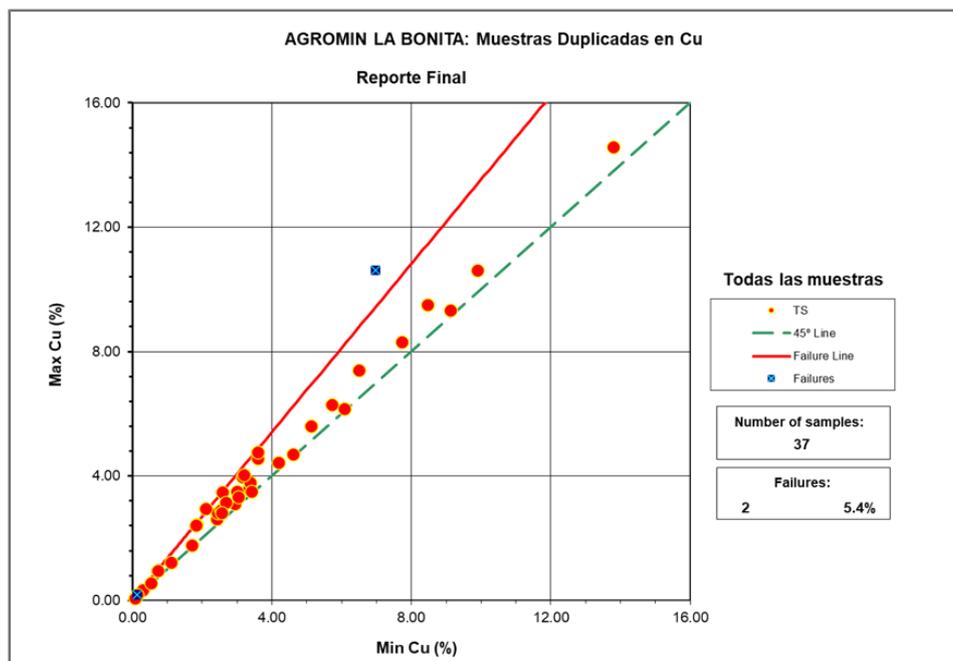
*Muestras gemelas y duplicadas marzo 2023*

ORIGINAL SAMPLES			DUPLICATE SAMPLES				
N°	Sample ID	Cu	Sample ID	Cu	Control Type	ER	Report Date
1	50716	13.78	50718	14.59	M.G	0.06	1/03/2023
2	50503	0.29	50504	0.33	D.G	0.13	1/03/2023
3	50955	0.14	50956	0.19	D.G	0.30	2/03/2023
4	50506	0.95	50507	0.74	D.G	0.25	3/03/2023
5	50720	10.62	50723	9.9	D.G	0.07	4/03/2023
6	50509	1.10	50510	1.23	D.G	0.11	5/03/2023
7	50411	3.96	50412	3.16	M.G	0.22	6/03/2023
8	50517	3.33	50205	3.57	M.G	0.07	7/03/2023
9	50724	5.12	50726	5.6	D.G	0.09	8/03/2023
10	50523	3.80	50223	3.37	M.G	0.12	9/03/2023
11	50731	2.93	50733	3.1	D.G	0.06	10/03/2023
12	50535	2.42	50541	2.61	D.G	0.08	11/03/2023
13	51010	0.55	51011	0.53	D.G	0.04	12/03/2023
14	50549	4.56	50550	3.6	M.G	0.24	13/03/2023
15	51017	9.33	51018	9.12	D.G	0.02	14/03/2023
16	50298	2.82	50555	2.44	M.G	0.14	15/03/2023
17	50557	4.60	50308	4.71	M.G	0.02	16/03/2023
18	50560	2.55	50325	2.9	M.G	0.13	17/03/2023
19	51021	2.96	51023	2.1	D.G	0.34	17/03/2023
20	51028	3.48	51029	2.57	D.G	0.30	18/03/2023
21	50567	4.18	50374	4.43	M.G	0.06	18/03/2023

ORIGINAL SAMPLES				DUPLICATE SAMPLES			
22	50496	2.67	50497	3.16	M.G	0.17	18/03/2023
23	50568	8.31	50569	7.73	M.G	0.07	19/03/2023
24	50572	3.00	50573	3.50	M.G	0.15	19/03/2023
25	50578	3.50	51207	3.41	M.G	0.03	20/03/2023
26	50758	9.50	50759	8.47	D.G	0.11	20/03/2023
27	50585	1.85	50587	2.45	M.G	0.28	21/03/2023
28	50581	2.42	50583	1.83	D.G	0.28	22/03/2023
29	51189	6.29	51190	5.72	D.G	0.09	23/03/2023
30	50596	3.34	51236	3.03	D.G	0.10	24/03/2023
31	51304	1.70	51305	1.78	D.G	0.04	25/03/2023
32	51621	4.03	51622	3.21	M.G	0.23	26/03/2023
33	51307	3.60	51294	4.76	D.G	0.28	27/03/2023
34	51056	6.15	51057	6.07	D.G	0.01	28/03/2023
35	51311	6.50	51312	7.42	D.G	0.13	29/03/2023
36	51308	2.57	51309	2.81	D.G	0.09	30/03/2023
37	51536	0.07	51537	0.08	M.G	0.08	31/03/2023

**Figura 25**

*Ore control-Cu en duplicados gruesos mes Marzo*



En la figura 25, en los resultados de evaluación de duplicados gruesos y muestras gemelas para Cu, en el mes de marzo se tiene 2 muestras fallidas de un total de 37 muestras de control evaluadas, obteniendo una Tasa de Error 5.4 % “si es Aceptable”. Ya que se encuentra dentro del Límite Máximo T.E. 10%.

- **Control de Muestras (QA-QC) – abril 2023**

Durante el mes de abril se tomó 42 muestras duplicadas de material grueso y muestras Gemelas como control como se muestra en la tabla 14, para saber la precisión de las muestras duplicadas, a su vez de las muestras gemelas.

**Tabla 17**

*Muestras gemelas y duplicadas abril 2023*

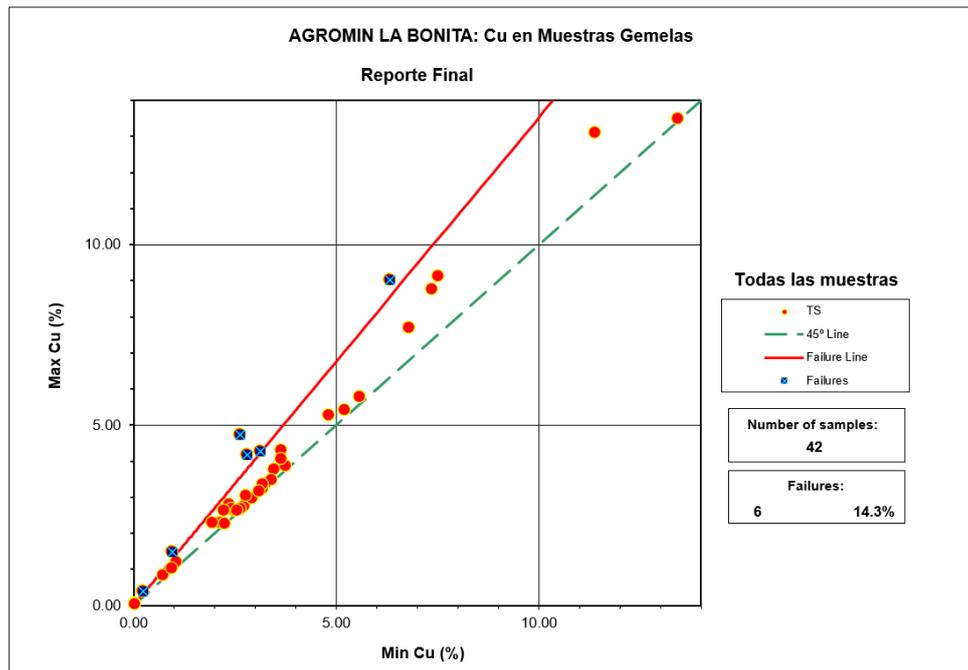
ORIGINAL SAMPLES			DUPLICATE SAMPLES				
N°	Sample ID	Cu	Sample ID	Cu	Control Type	ER	Report Date
1	51832	2.67	51346	2.4	M.G	0.11	1/04/2023
2	51088	6.8	51089	7.68	D.G	0.12	2/04/2023
3	51842	3.26	51349	3.35	D.G	0.03	2/04/2023
4	50780	2.36	50781	2.78	D.G	0.16	3/04/2023
5	51884	3.48	51366	3.75	M.G	0.07	3/04/2023
6	51692	13	51693	12.5	D.G	0.04	3/04/2023
7	54930	2.74	54931	2.75	D.G	0.00	4/04/2023
8	51359	0.95	51360	1.48	M.G	0.44	4/04/2023
9	54977	6.33	54978	9.01	D.G	0.35	5/04/2023
10	51371	4.3	51372	3.64	D.G	0.17	5/04/2023
11	52020	1.2	52021	1.06	D.G	0.12	6/04/2023
12	51376	3.76	51921	3.85	M.G	0.02	6/04/2023
13	51378	2.81	51380	4.18	D.G	0.39	7/04/2023
14	52109	2.48	52110	2.62	D.G	0.05	8/04/2023
15	51976	2.29	51389	2.15	M.G	0.06	9/04/2023



ORIGINAL SAMPLES			DUPLICATE SAMPLES				
16	52171	0.82	52172	0.73	M.G	0.12	10/04/2023
17	52191	5.22	52192	5.42	D.G	0.04	11/04/2023
18	51395	2.93	51396	2.97	D.G	0.01	12/04/2023
19	51397	5.26	51399	4.82	D.G	0.09	13/04/2023
20	52055	0.05	52057	0.06	D.G	0.18	14/04/2023
21	52214	13.49	52215	13.44	D.G	0.00	15/04/2023
22	52307	5.78	52309	5.59	M.G	0.03	16/04/2023
23	52228	0.04	52229	0.04	D.G	0.00	17/04/2023
24	52420	3.03	52310	2.79	M.G	0.08	18/04/2023
25	52468	3.42	52319	3.47	M.G	0.01	19/04/2023
26	52085	2.68	52087	2.65	M.G	0.01	20/04/2023
27	52321	3.22	52497	3.20	M.G	0.01	21/04/2023
28	52093	0.39	52095	0.24	D.G	0.48	22/04/2023
29	52323	2.66	52324	2.44	M.G	0.09	23/04/2023
30	52100	7.51	52502	9.11	D.G	0.19	24/04/2023
31	52921	4.26	52923	3.12	D.G	0.31	24/04/2023
32	52622	2.61	52330	2.57	M.G	0.02	25/04/2023
33	52647	2.24	52333	2.62	M.G	0.16	25/04/2023
34	53011	4.04	53012	3.64	D.G	0.10	26/04/2023
35	52341	2.27	52342	2.26	D.G	0.00	26/04/2023
36	53000	13.10	53102	12.00	M.G	0.09	27/04/2023
37	52347	3.20	52738	2.90	D.G	0.10	27/04/2023
38	52725	1.96	52346	2.29	M.G	0.16	28/04/2023
39	53018	8.75	53019	7.36	D.G	0.17	28/04/2023
40	52520	1.02	52522	0.95	D.G	0.07	29/04/2023
41	52353	3.15	52354	3.10	M.G	0.02	30/04/2023
42	52757	2.63	52358	4.74	D.G	0.57	30/04/2023

**Figura 26**

*Ore control-Cu en duplicados gruesos mes Abril*



Nota. En la figura 26, en la evaluación de duplicados gruesos y muestras gemelas para Cu, en el mes de abril se tiene 6 muestras fallidas de un total de 42 muestras de control evaluadas, obteniendo una Tasa de Error 14.3 % “no es Aceptable”. Ya que se encuentra fuera del Límite Máximo T.E. 10%.

Se observa la correlación que existe entre la muestra original y el duplicado los puntos se encuentran lejos a la línea de tendencia, se seguirá monitoreando e identificando los posibles errores y realizar acciones correctivas durante el muestreo y análisis.

- **Control de Muestras (QA-QC) – mayo 2023**

Durante el mes de mayo se tomó 41 muestras duplicadas de material grueso y muestras Gemelas como control como se muestras en la tabla 15, para saber la precisión de las muestras duplicadas, a su vez de las muestras gemelas.



**Tabla 18**

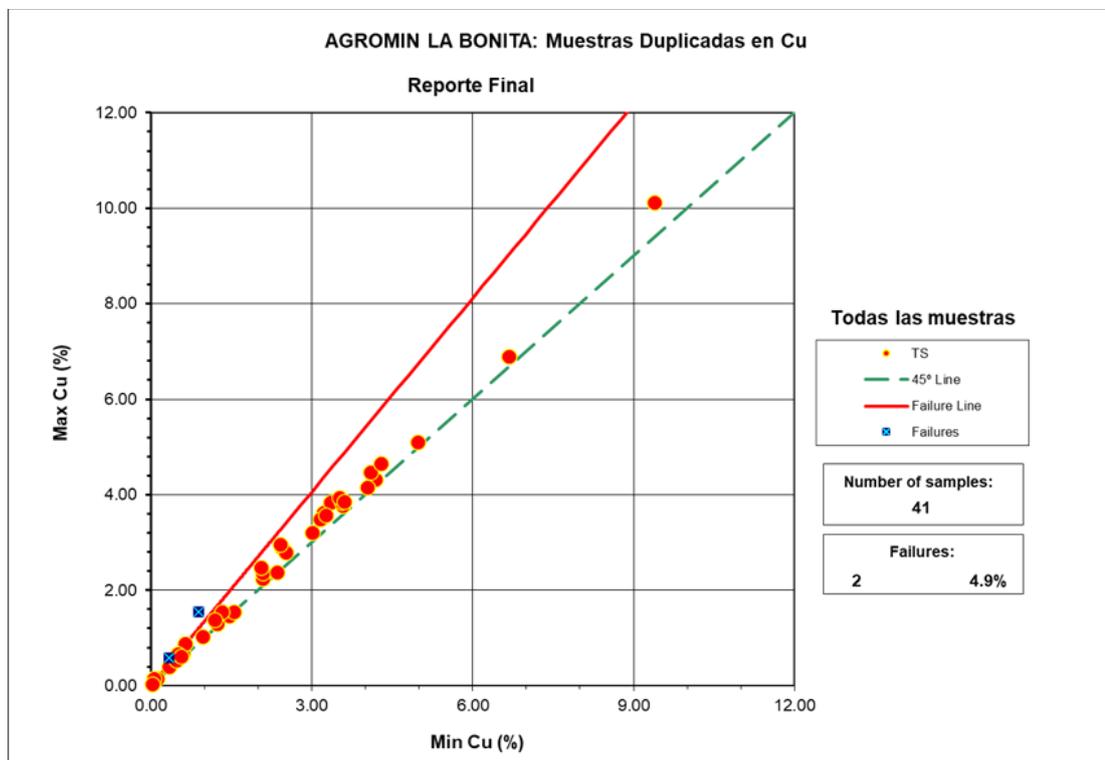
*Muestras gemelas y duplicadas mayo 2023*

N°	ORIGINAL SAMPLES		DUPLICATE SAMPLES				
	Sample ID	Cu	Sample ID	Cu	Control Type	ER	Report Date
1	53164	2.9	53170	2.44	D.G	0.17	1/05/2023
2	52373	1.47	52374	1.45	M.G	0.01	1/05/2023
3	52376	3.77	52380	3.57	M.G	0.05	2/05/2023
4	53507	1.23	53194	1.3	M.G	0.06	3/05/2023
5	52389	0.59	52390	0.66	M.G	0.11	4/05/2023
6	53540	19.89	53529	19.5	D.G	0.02	5/05/2023
7	52393	4.98	52395	5.1	D.G	0.02	6/05/2023
8	52397	0.4	53594	0.34	D.G	0.16	7/05/2023
9	53201	1.54	53202	1.55	M.G	0.01	8/05/2023
10	53647	1.33	53655	1.55	M.G	0.15	9/05/2023
11	53213	0.49	53214	0.65	M.G	0.28	10/05/2023
12	53208	3.63	53211	3.22	M.G	0.12	11/05/2023
13	53224	2.52	53230	2.8	M.G	0.11	12/05/2023
14	53794	4.19	53785	4.32	M.G	0.03	13/05/2023
15	53228	0.53	53229	0.48	M.G	0.10	14/05/2023
16	53905	10.12	53910	9.38	D.G	0.08	15/05/2023
17	53231	1.19	53232	1.39	M.G	0.16	16/05/2023
18	53233	3.35	53352	3.84	D.G	0.14	17/05/2023
19	53836	3.01	53833	3.21	M.G	0.06	18/05/2023
20	53237	3.15	53369	3.49	M.G.	0.10	18/05/2023
21	53242	2.41	53378	2.96	M.G	0.20	19/05/2023
22	53848	0.12	53849	0.15	D.G	0.22	19/05/2023
23	53263	0.64	53264	0.88	D.G	0.32	20/05/2023
24	53274	3.84	53433	3.56	D.G	0.08	20/05/2023
25	53279	2.09	53280	2.25	D.G	0.07	21/05/2023
26	53857	0.66	53858	0.51	D.G	0.26	21/05/2023
27	53946	4.48	53947	4.1	D.G	0.09	22/05/2023
28	53289	2.09	53291	2.36	D.G	0.12	23/05/2023
29	53990	1.04	53991	0.96	D.G	0.08	24/05/2023
30	53293	4.29	53294	4.66	D.G	0.08	25/05/2023
31	54108	16.9	54109	16.85	D.G	0.00	26/05/2023
32	54211	2.48	53495	2.06	M.G	0.19	27/05/2023
33	53045	3.51	53046	3.94	M.G	0.12	28/05/2023
34	54133	6.68	54134	6.89	D.G	0.03	28/05/2023

ORIGINAL SAMPLES				DUPLICATE SAMPLES			
35	54515	3.85	54219	3.6	M.G	0.07	29/05/2023
36	54220	4.16	54523	4.04	M.G	0.03	29/05/2023
37	53895	0.16	53896	0.06	D.G	0.91	29/05/2023
38	54232	0.57	54234	0.62	D.G	0.08	30/05/2023
39	54302	0.03	54301	0.03	D.G	0.00	30/05/2023
40	54236	3.26	54554	3.57	D.G	0.09	31/05/2023
41	54304	2.38	54305	2.35	D.G	0.01	31/05/2023

**Figura 27**

*Ore control-Cu en duplicados gruesos mes mayo*



Nota. En la figura 27, mostrando la evaluación de duplicados gruesos y muestras gemelas para Cu, en el mes de mayo se tiene 2 muestras fallidas de un total de 41 muestras de control evaluadas, obteniendo una Tasa de Error 4.9 % “si es Aceptable”. Ya que se encuentra dentro del Límite Máximo T.E. 10%.

- **Control de Muestras (QA-QC) – junio 2023**

Durante el mes de mayo se tomó 47 muestras duplicadas de material grueso y

muestras Gemelas como control como se muestras en la tabla 16, para saber la precisión de las muestras duplicadas, a su vez de las muestras gemelas.

**Tabla 19**

*Muestras gemelas y duplicadas junio 2023*

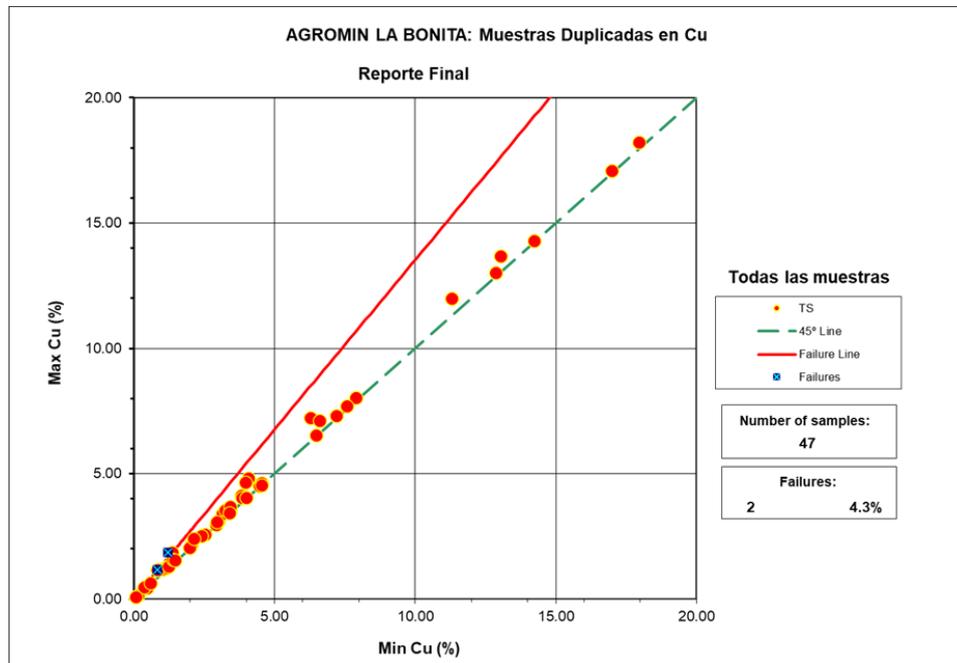
ORIGINAL SAMPLES			DUPLICATE SAMPLES				
N°	Sample ID	Cu	Sample ID	Cu	Control Type	ER	Report Date
1	54341	1.17	54340	1.27	D.G	0.08	1/06/2023
2	54253	3.12	54254	3.01	D.G	0.04	2/06/2023
3	54347	3.41	54346	3.16	D.G	0.08	3/06/2023
4	54255	2.92	54412	2.98	M.G	0.02	4/06/2023
5	54267	1.04	54268	1.20	M.G	0.14	5/06/2023
6	54358	0.15	54359	0.15	D.G	0.00	6/06/2023
7	54441	2.04	54272	2.15	D.G	0.05	7/06/2023
8	54153	1.98	54154	2.06	M.G	0.04	8/06/2023
9	53066	11.29	53068	12.00	D.G	0.06	9/06/2023
10	54458	4.47	54273	4.53	D.G	0.01	10/06/2023
11	54283	3.25	54483	3.56	M.G	0.09	11/06/2023
12	54390	0.46	54391	0.46	M.G	0.00	12/06/2023
13	54380	4.06	54382	4.82	D.G	0.17	13/06/2023
14	54296	1.24	54297	1.16	M.G	0.07	14/06/2023
15	54299	3.83	56712	4.12	M.G	0.07	15/06/2023
16	54608	3.96	54618	4.07	D.G	0.03	16/06/2023
17	56717	4.64	56809	4.55	M.G	0.02	17/06/2023
18	54645	7.32	54648	7.21	D.G	0.02	17/06/2023
19	56812	3.42	56723	3.52	M.G	0.03	18/06/2023
20	54651	6.47	54659	6.53	M.G	0.01	18/06/2023
21	54024	0.48	54025	0.36	M.G	0.29	19/06/2023
22	56545	14.24	56550	14.3	D.G	0.00	20/06/2023
23	56865	2.96	56794	3.09	M.G	0.04	20/06/2023
24	56867	1.85	56868	1.36	D.G	0.31	20/06/2023



ORIGINAL SAMPLES			DUPLICATE SAMPLES				
25	56561	0.59	56565	0.63	D.G	0.07	21/06/2023
26	56885	2.57	56884	2.54	D.G	0.01	21/06/2023
27	56465	3.68	56467	3.43	D.G	0.07	22/06/2023
28	56889	0.85	56890	1.17	D.G	0.32	22/06/2023
29	54801	0.06	54802	0.08	D.G	0.29	23/06/2023
30	56478	18.23	56479	17.96	D.G	0.01	24/06/2023
31	56650	3.84	56906	4.05	M.G	0.05	24/06/2023
32	56928	3.97	56929	4.67	D.G	0.16	24/06/2023
33	56014	1.23	56016	1.3	D.G	0.06	25/06/2023
34	56933	4.56	56935	4.55	D.G	0.00	25/06/2023
35	56132	12.86	56133	13.01	M.G	0.01	26/06/2023
36	56034	6.28	56035	7.22	M.G	0.14	26/06/2023
37	55424	2.4	56946	2.53	M.G	0.05	27/06/2023
38	56151	13.03	56152	13.69	D.G	0.05	27/06/2023
39	56954	2.14	55437	2.41	D.G	0.12	27/06/2023
40	56044	6.59	56045	7.13	D.G	0.08	28/06/2023
41	56965	3.45	55458	3.39	M.G	0.02	28/06/2023
42	56171	17.1	56172	16.98	M.G	0.01	29/06/2023
43	56979	1.38	56980	1.57	D.G	0.13	29/06/2023
44	56981	4.06	56983	4	D.G	0.01	29/06/2023
45	56219	8.03	56218	7.9	D.G	0.02	30/06/2023
46	56083	1.46	56084	1.56	D.G	0.07	30/06/2023
47	56989	7.56	56991	7.71	M.G	0.02	30/06/2023

**Figura 28**

*Ore control-Cu en duplicados gruesos mes junio*



Nota. En la figura 28, teniendo la evaluación de duplicados gruesos y muestras gemelas para Cu, en el mes de junio se tiene 2 muestras fallidas de un total de 47 muestras de control evaluadas, obteniendo una Tasa de Error 4.3 % “si es Aceptable”. Ya que se encuentra dentro del Límite Máximo T.E. 10%.

**b) Evaluación de exactitud**

Durante enero a junio se utilizó dos estándares altos (R), estándares bajos (N) y se han insertado un total de 42 estándares con una D.E de 0.104 para estándar bajo y D.E de 0.304 para estándar alto. Se realizó los gráficos correspondientes para cada mes.

**Tabla 20***Resultados de los estándares alto y bajos*

<b>STD-AGROMIN LA BONITA</b>				
<b>2023</b>	Media	Media	Alta Ley	Alta Ley
	Ley (0x	Ley	10xG140l	(Au0x31l
	D167l	(Au0x29l		
	Cu %	Au ppm	Cu %	Cu%
Leyes estándares prom.	2,740		10,555	4,242
Desviación estándar	0,104		0,304	0,148
Señal de alarma en lab.				
Valor Máximo	295	0,000	11,162	4,538
Valor Mínimo	2,532	0,000	9,948	3,945
Reensaye de muestra				
Valor Máximo	3,052	0,000	11,466	4,687
Valor Mínimo	2,428	0,000	9,644	3,796

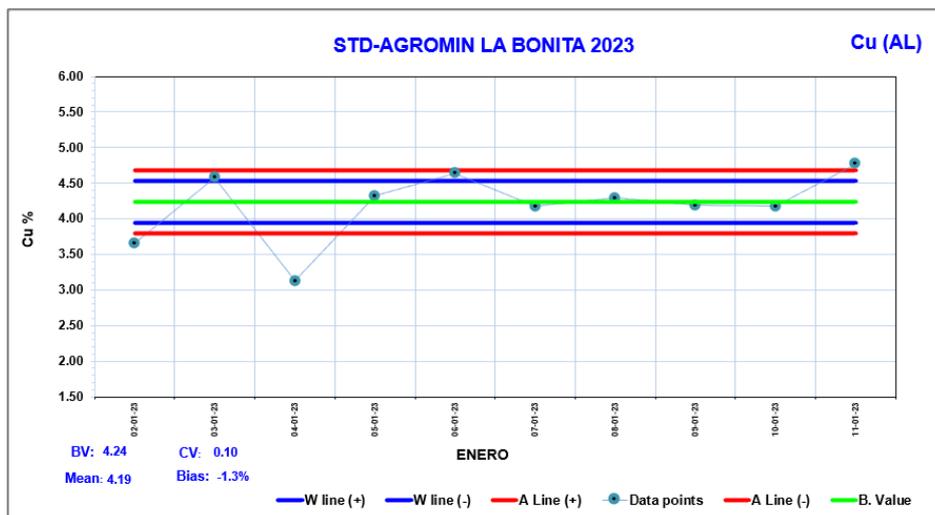
- **Estándar altos y bajos de control calidad de enero a junio**

Los gráficos muestran las variaciones del porcentaje de cobre (Cu%) en las muestras de Estándar alto (R) y Estándar bajos (N). Los puntos de datos representan las mediciones de Cu%, y las líneas de control incluyen:

- W line (+ y -): Límites de advertencia (líneas azules).
- A Line (+ y -): Límites de alarma (líneas rojas).
- B. Value: Valor base o referencia (línea verde).

**Figura 29**

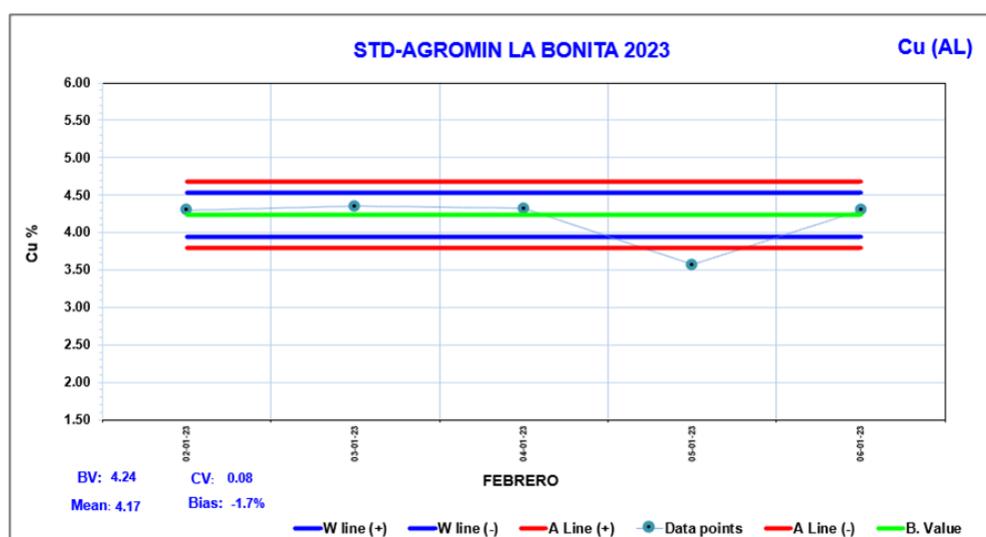
*Estándar alto (R) - control calidad enero*



Nota. En la figura 29, según su interpretación en la evaluación de estándar alto para Cu, el promedio de Cu% es de 4.19%, con una desviación (CV) de 0.10 y un sesgo (Bias) de -1.3%. La mayoría de las mediciones se mantienen dentro de los límites de advertencia, indicando que el proceso está bajo control, aunque se observa una variabilidad que debería ser monitoreada para asegurar la estabilidad del proceso.

**Figura 30**

*Estándar alto (R) - control calidad febrero*

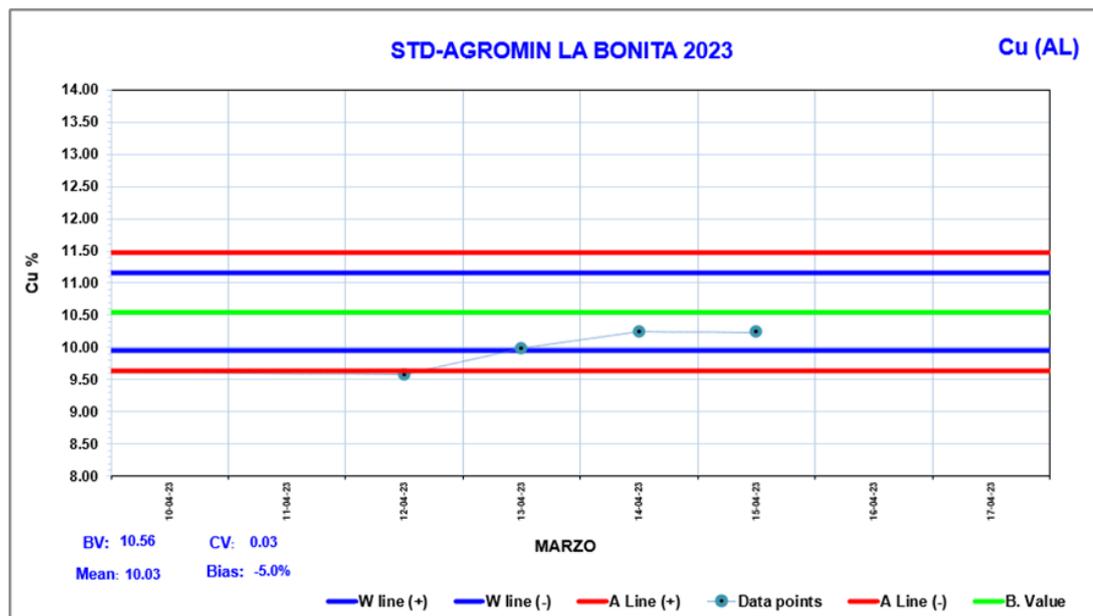


Nota. En la figura 30, según su interpretación en la evaluación de estándar alto

para Cu, la desviación media es de 4.17 % está ligeramente por debajo del valor base esperado 4.24 %, con una desviación de 0.08 indicando un sesgo de -1.7 %. Esto sugiere que el proceso está bajo control, pero debe mantenerse vigilado para evitar caídas fuera de los límites aceptables.

### Figura 31

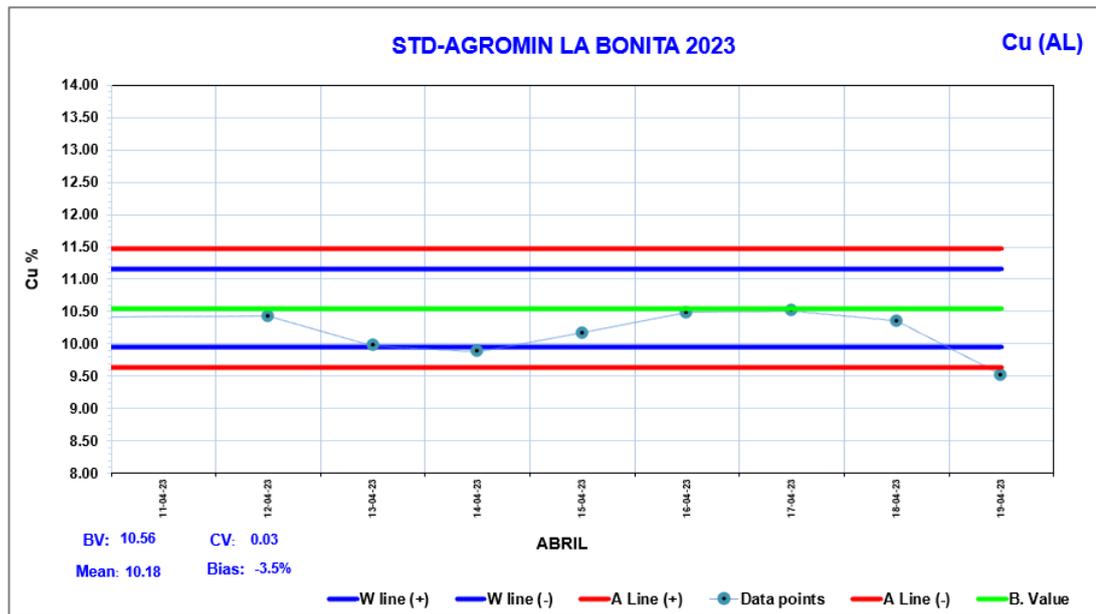
*Estándar alto (R) - control calidad marzo*



Nota. En la figura 31, según su interpretación en la evaluación de estándar alto para Cu, la desviación media observada es de 10.03 %, que es inferior al valor base esperado de 10.56 %, con una desviación de 0.03 y un sesgo de -5.0 %. Un punto de los datos cae justo en el límite inferior, lo que sugiere una posible tendencia a la baja en el proceso. Aunque la mayoría de los puntos están dentro de los límites, la cercanía de un punto al límite inferior indica la necesidad de monitoreo para prevenir posibles problemas en el control del proceso.

**Figura 32**

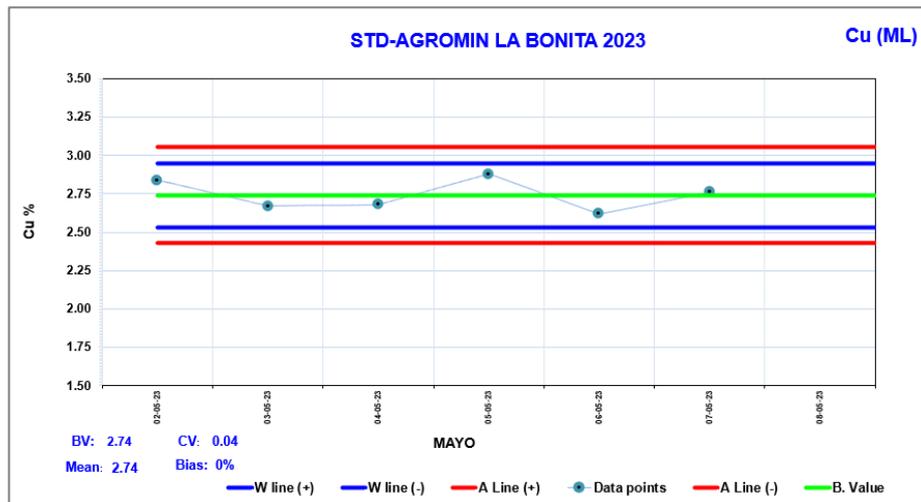
*Estándar alto (R) - control calidad abril*



Nota. En la figura 32, según su interpretación en la evaluación de estándar alto para Cu, la desviación media observada es de 10.18 %, por debajo del valor base esperado de 10.56 %, con una desviación de 0.03 y un sesgo de -3.5 %. Los puntos de datos están dentro de los límites de control, aunque varios se acercan al límite inferior. La tendencia general muestra una ligera fluctuación alrededor de la media, con algunos puntos más cercanos al límite inferior.

**Figura 33**

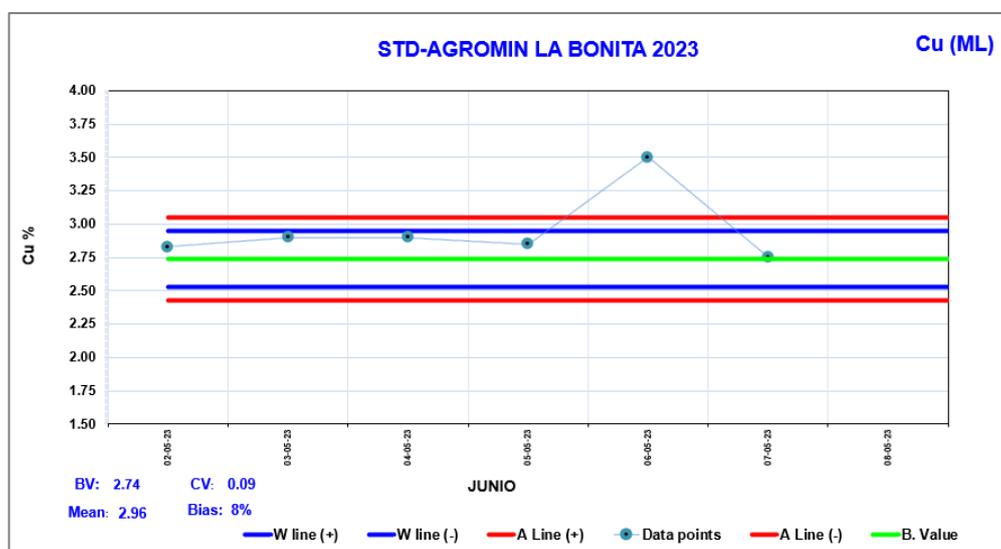
*Estándar bajos (N) - control calidad mayo*



Nota. En la figura 33, según su interpretación en la evaluación de estándar bajos para Cu, la desviación media observada es de 2.74 %, que coincide exactamente con el valor base esperado (BV) de 2.74 %, con una desviación de 0.04 indicando un sesgo del 0 %. Todos los puntos de datos se encuentran dentro de los límites de control, con poca variación alrededor de la media. El proceso muestra estabilidad sin desviaciones significativas hacia los límites superior o inferior.

**Figura 34**

*Estándar bajos (N) - control calidad junio*



En la figura 34, según su interpretación en la evaluación de estándar bajos para Cu, la desviación media observada es de 2.96 %, que está por encima del valor base esperado (BV) de 2.74 %, con una desviación de 0.09 y un sesgo positivo del 8 %. Aunque la mayoría de los puntos están dentro de los límites de control, hay un punto que se acerca al límite superior, lo que indica una variabilidad notable. Se observa una ligera tendencia al alza, con un pico que se aproxima al límite superior, lo que sugiere que el proceso está mostrando señales de desviación hacia arriba.

- **Muestras de control blancos gruesos enero-junio 2023**

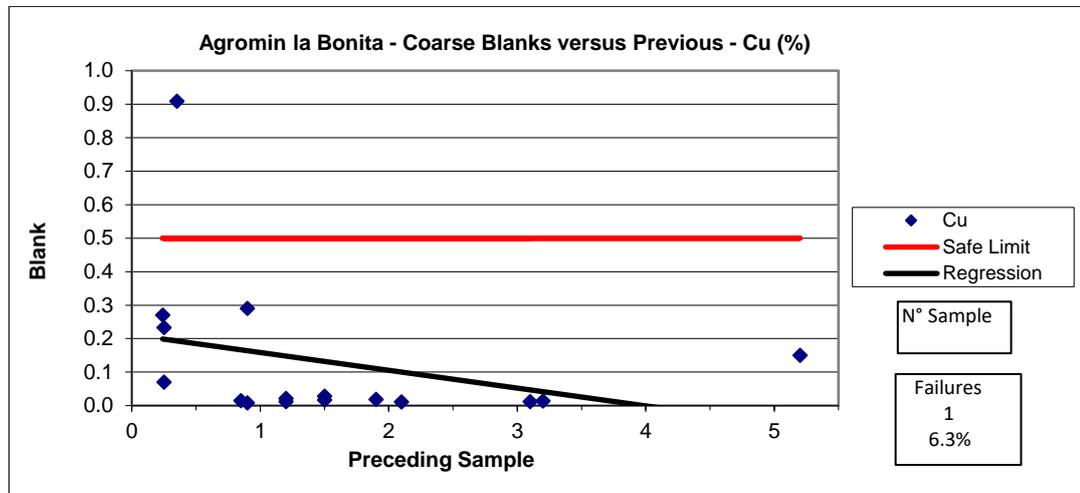
**Tabla 21**

*Muestras de control blancos gruesos enero 2023*

Coarse Blanks versus Previous			Blank Sample	Previous Sample	
N°	Blank Sample ID	Lab Batch Date	Cu	Prev	Cu
				Sample ID	
1	105846	2/01/2023	0.011	105845	2.109
2	105840	3/01/2023	0.021	105839	1.201
3	106105	4/01/2023	0.017	106104	1.500
4	106108	9/01/2023	0.290	106107	0.905
5	106115	10/01/2023	0.150	106114	5.204
6	108001	11/01/2023	0.014	108000	3.206
7	106190	12/01/2023	0.233	106189	0.250
8	106174	13/01/2023	0.270	106173	0.240
9	106183	14/01/2023	0.018	106182	1.900
10	106194	15/01/2023	0.070	106193	0.250
11	108009	16/01/2023	0.012	108008	1.211
12	108028	17/01/2023	0.015	108027	0.850
13	108024	18/01/2023	0.008	108023	0.904
14	108012	19/01/2023	0.909	108011	0.350
15	108044	20/01/2023	0.012	108043	3.107
16	108051	21/01/2023	0.028	108050	1.501

**Figura 35**

*Blancos gruesos control calidad enero*



En la figura 35, los resultados en la evaluación de contaminación en las 16 muestras blancos gruesos: en cada uno de los elementos (Cu), donde presenta 1 par que está fuera de los límites aceptados. Se obtuvo un 6.3 % de tasa de error “es decir si es accesible” ya que no excedió límite máximo T.E. 10 %, Por lo tanto, podemos decir que en el muestreo del personal calificado no existe contaminación.

**Tabla 22**

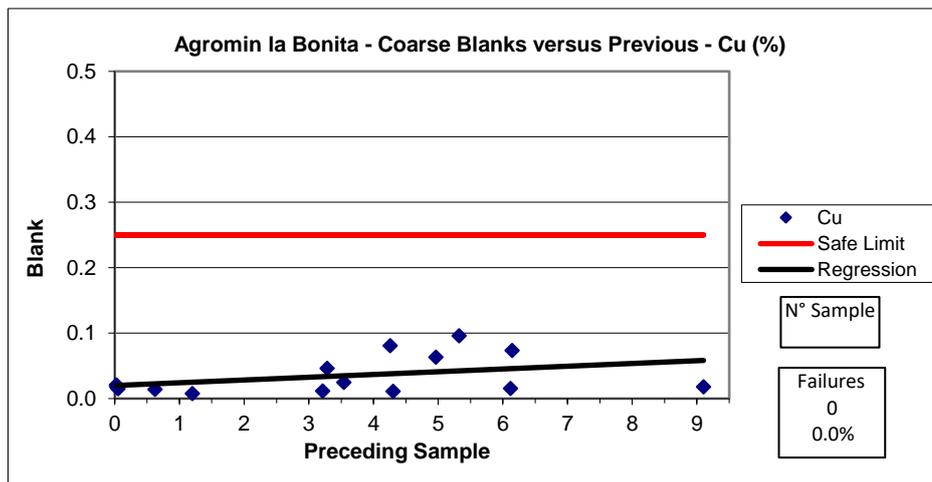
*Muestras de control blancos gruesos febrero 2023*

N°	Coarse Blanks versus Previous		Blank Sample	Previous Sample	
	Blank Sample ID	Lab Batch Date	Cu	Prev Sample ID	Cu
1	70471	2/02/2023	0.014	70470	0.620
2	76011	3/02/2023	0.012	76010	4.302
3	71460	5/02/2023	0.016	71459	6.117
4	71610	7/02/2023	0.018	71609	0.030
5	71661	8/02/2023	0.046	71660	3.284
6	71175	10/02/2023	0.063	71174	4.964
7	71179	14/02/2023	0.025	71178	3.541
8	71184	17/02/2023	0.021	71183	0.025
9	71189	19/02/2023	0.018	71188	9.102

N°	Coarse Blanks versus Previous		Blank Sample	Previous Sample	
	Blank Sample ID	Lab Batch Date	Cu	Prev Sample ID	Cu
10	71191	21/02/2023	0.096	71190	5.321
11	71194	22/02/2023	0.012	71193	3.215
12	71196	25/02/2023	0.015	71195	0.052
13	71198	26/02/2023	0.008	71197	1.201
14	71205	27/02/2023	0.081	71204	4.256
15	71215	28/02/2023	0.074	71214	6.145

**Figura 36**

*Blancos gruesos control calidad febrero*



Nota. En la figura 36, la evaluación contaminación en las muestras de blancos gruesos para Cu, en el mes de febrero se observa que no existe muestras fallidas de un total de 15 muestras de control evaluadas, obteniendo un 0.0 % de Tasa de Error “es decir si es Accesible”. Ya que no llega al Límite Máximo T.E. 10%.

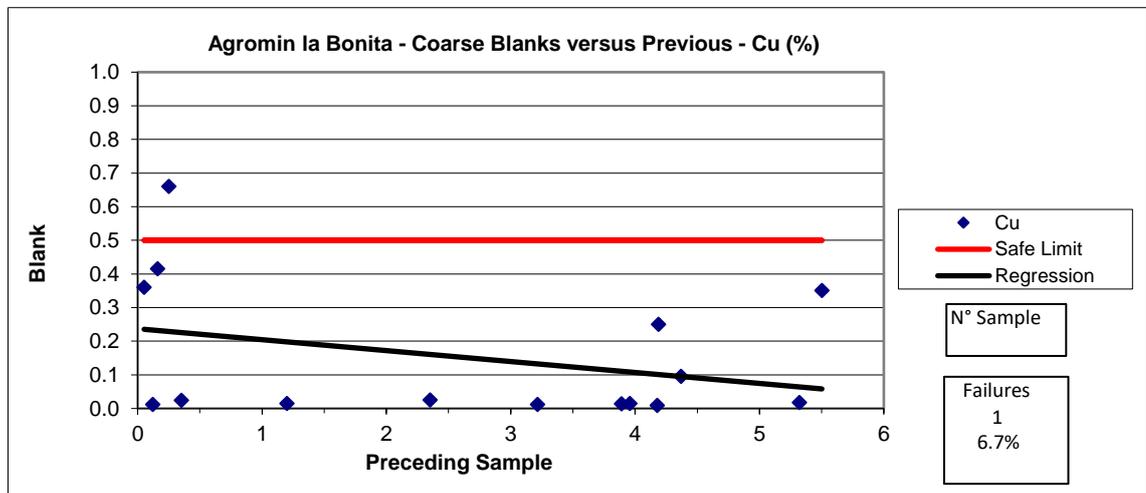
**Tabla 23**

*Muestras de control blancos gruesos marzo 2023*

Coarse Blanks versus Previous			Blank Sample	Previous Sample	
N°	Blank Sample ID	Lab Batch Date	Cu	Prev Sample ID	Cu
1	78489	2/03/2023	0.010	78488	4.177
2	77812	3/03/2023	0.351	77811	5.502
3	77400	4/03/2023	0.251	77399	4.189
4	78374	5/03/2023	0.415	78373	0.160
5	77920	6/03/2023	0.661	77919	0.251
6	77274	7/03/2023	0.015	77273	3.958
7	76184	8/03/2023	0.014	76183	3.891
8	76188	9/03/2023	0.013	76187	0.121
9	76191	12/03/2023	0.018	76190	5.321
10	76195	14/03/2023	0.026	76194	2.351
11	76203	15/03/2023	0.012	76202	3.215
12	76215	19/03/2023	0.361	76214	0.052
13	76222	22/03/2023	0.015	76221	1.201
14	76236	25/03/2023	0.025	76235	0.351
15	76245	26/03/2023	0.096	76244	4.369

**Figura 37**

*Blancos gruesos control calidad marzo*





Nota. En la figura 37, la evaluación de contaminación en las 15 muestras blancos gruesas: en el elemento de interés económico (Cu), donde presenta un par contaminado que está fuera de los límites aceptados del T.E. 10 %. Obteniendo un 6.7 % de tasa de error “es decir si es Accesible”. Ya que no llega al Límite Máximo T.E. 10 %.

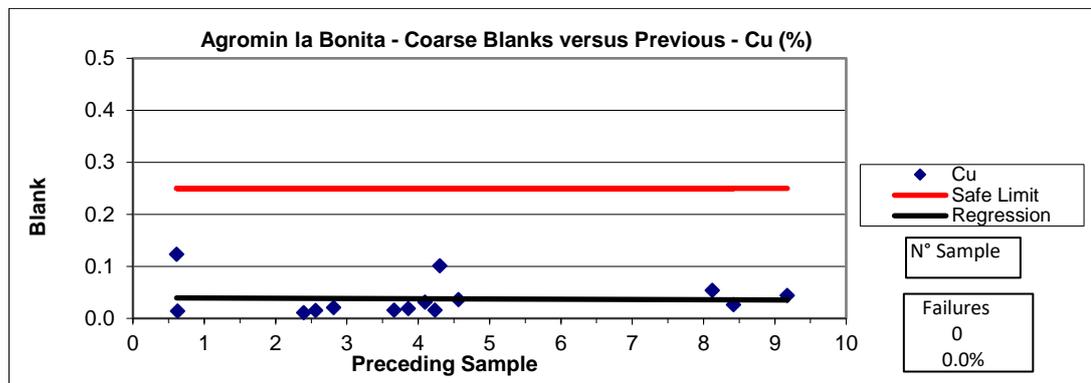
**Tabla 24**

*Muestras de control blancos gruesos abril 2023*

Coarse Blanks versus Previous			Blank Sample	Previous Sample	
N°	Blank Sample ID	Lab Batch Date	Cu	Prev Sample ID	Cu
1	70049	2/04/2023	0.044	70048	9.17
2	75701	3/04/2023	0.011	75700	2.39
3	70040	4/04/2023	0.016	70039	3.66
4	75420	5/04/2023	0.031	75419	4.10
5	70471	6/04/2023	0.014	70470	0.62
6	76011	7/04/2023	0.101	76010	4.30
7	76016	8/04/2023	0.054	76015	8.123
8	76019	9/04/2023	0.015	76018	2.562
9	76025	10/04/2023	0.019	76024	3.861
10	76029	11/04/2023	0.016	76028	4.235
11	76033	12/04/2023	0.123	76032	0.613
12	76045	13/04/2023	0.036	76044	4.563
13	76079	14/04/2023	0.026	76078	8.420
14	76089	15/04/2023	0.021	76088	2.812

**Figura 38**

*Blancos gruesos control calidad abril*



Nota. En la figura 38 los resultados en la evaluación de contaminación en las muestras blancos gruesos para Cu en el mes de abril no se muestran muestras fallidas de un total de 14 muestras de control evaluadas, obteniendo un 0.0 % de Tasa de Error “es decir si es Accesible”. Ya que no llega al Límite Máximo T.E. 10%.

**Tabla 25**

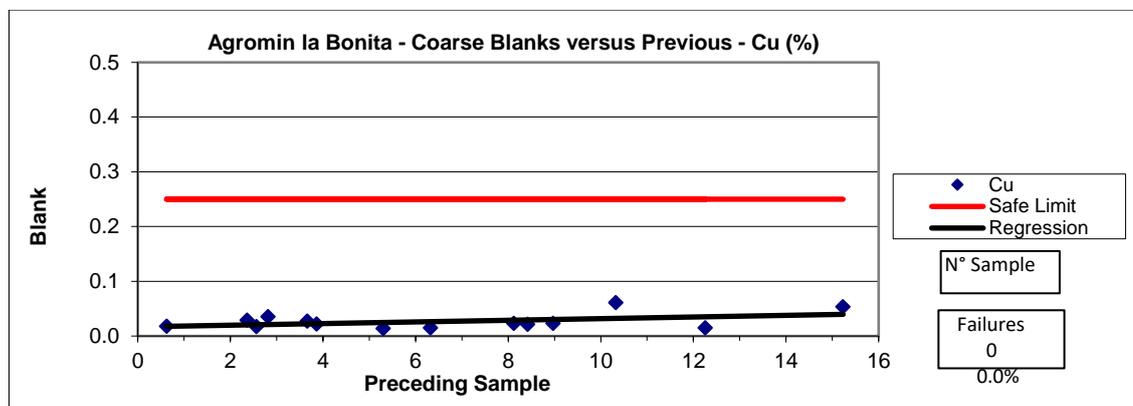
*Muestras de control blancos gruesos mayo 2023*

Coarse Blanks versus Previous			Blank Sample	Previous Sample	
N°	Blank Sample ID	Lab Batch Date	Cu	Prev Sample ID	Cu
1	112172	1/05/2023	0.053	112171	15.231
2	112180	3/05/2023	0.061	112179	10.325
3	112176	4/05/2023	0.027	112175	3.663
4	112184	5/05/2023	0.014	112183	5.301
5	112192	6/05/2023	0.017	112191	0.625
6	112196	7/05/2023	0.023	112195	8.965
7	113407	8/05/2023	0.023	113406	8.123
8	113413	9/05/2023	0.017	113412	2.562
9	113423	10/05/2023	0.022	113422	3.861
10	113434	15/05/2023	0.015	113433	12.254
11	113427	16/05/2023	0.029	113426	2.358

Coarse Blanks versus Previous			Blank Sample	Previous Sample	
N°	Blank Sample ID	Lab Batch Date	Cu	Prev Sample ID	Cu
12	113439	19/05/2023	0.015	113438	6.321
13	113455	22/05/2023	0.021	113454	8.420
14	113470	23/05/2023	0.035	113469	2.812
15	113499	28/05/2023	0.017	113498	2.323
16	116430	29/05/2023	0.021	116429	13.547

**Figura 39**

*Blancos gruesos control calidad mayo*



Nota. En la figura 39 los resultados de contaminación en las muestras blancos gruesos para Cu en el mes de mayo no se evidencia pares de muestras fallidas de un total de 16 muestras de control evaluadas, obteniendo un 0 % de Tasa de Error “es decir si es Accesible”. Ya que se encuentra dentro del Límite Máximo T.E. 10 %.

**Tabla 26**

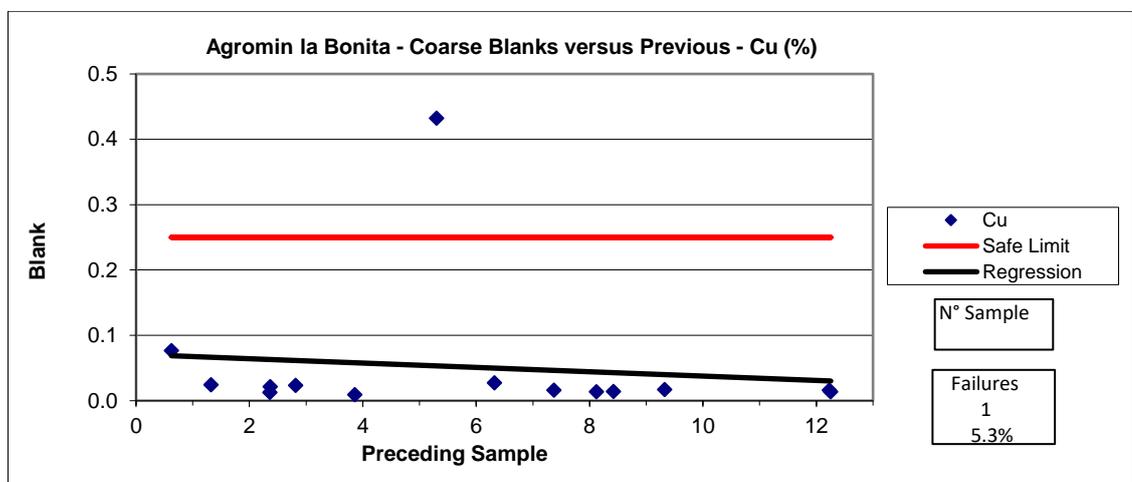
*Muestras de control blancos gruesos junio 2023*

Coarse Blanks versus Previous			Blank Sample	Previous Sample	
N°	Blank Sample ID	Lab Batch Date	Cu	Prev Sample ID	Cu
1	110652	1/06/2023	0.016	110651	12.231

	Coarse Blanks versus Previous		Blank Sample	Previous Sample	
2	110649	3/06/2023	0.017	110648	9.325
3	110667	5/06/2023	0.021	110666	2.367
4	111620	7/06/2023	0.432	111619	5.301
5	111612	9/06/2023	0.077	111611	0.625
6	110696	11/06/2023	0.024	110695	1.321
7	111614	13/06/2023	0.014	111613	8.123
8	111625	15/06/2023	0.016	111624	7.369
9	111630	17/06/2023	0.009	111629	3.861
10	111659	19/06/2023	0.014	111658	12.254
11	111653	21/06/2023	0.013	111652	2.358
12	112102	22/06/2023	0.027	112101	6.321
13	111675	23/06/2023	0.014	111674	8.420
14	111684	24/06/2023	0.023	111683	2.812
15	111670	25/06/2023	0.013	111669	2.323
16	111690	26/07/2023	0.015	111689	6.547
17	111697	27/07/2023	0.015	111696	0.026
18	112134	28/07/2023	0.024	112133	1.651
19	112151	30/07/2023	0.022	112150	7.325

**Figura 40**

*Blancos gruesos control calidad junio*





Nota. En la figura 40, los resultados de contaminación en las 19 muestras blancas gruesas en el elemento de interés económico (Cu), donde presenta un par contaminado que está fuera de los límites aceptados del T.E. 10%. Obteniendo un 5.3% de tasa de error “es decir si es Accesible”. Ya que no llega al Límite Máximo T.E. 10%.

## **5.2 GRADO DE CONTAMINACION DE LOS LOTES DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD.**

Para obtener la confiabilidad se realiza el control de calidad de las muestras blanco chancado/pulverizado y duplicado chancado y duplicado pulverizado

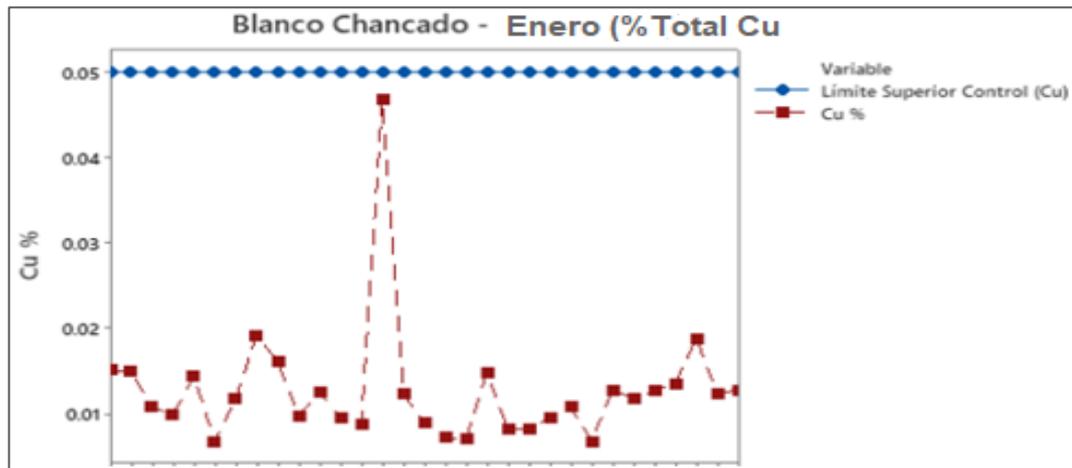
### **5.2.1 Blanco chancado de enero a mayo**

En el proceso de chancado de muestras se pasa por la chancadora sílice aleatoriamente estas muestras se determinaron el grado de contaminación de las muestras en el proceso de chancado. La frecuencia de este control de calidad se realizó una vez por día para las muestras blancos y se analizó junto con los lotes.

Muestra el porcentaje de cobre (Cu) en el blanco chancado para enero. Se observa una línea azul constante que representa el límite superior de control. La mayoría de los puntos de Cu% están por debajo de este límite, indicando que el proceso está bajo control. Sin embargo, hay un pico notable que se acerca al límite superior, lo que sugiere una posible contaminación en esa muestra específica, el proceso es estable y dentro de los límites aceptables en a figura 41

**Figura 41**

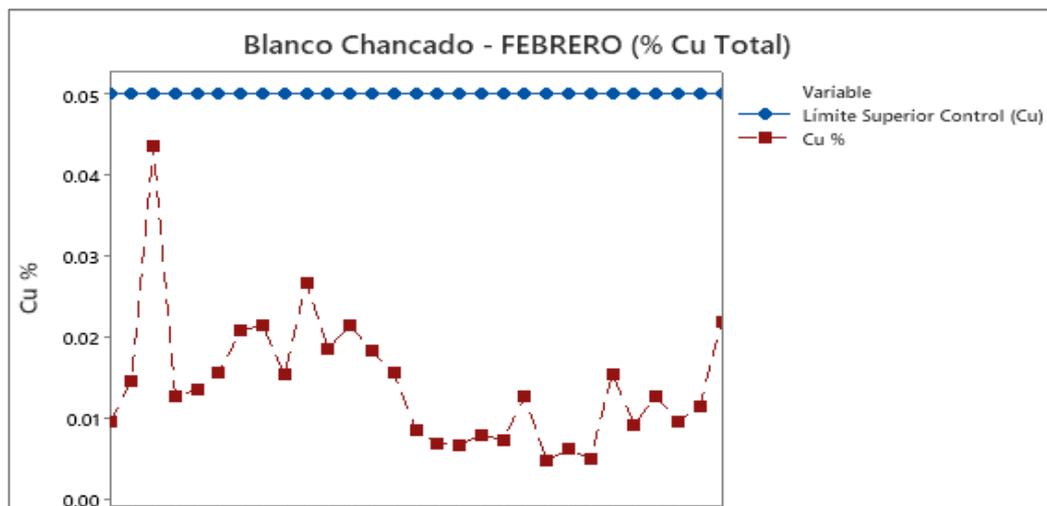
*Blanco chancado control calidad enero*



Muestra el porcentaje de cobre (Cu) en el blanco chancado para febrero, los valores de Cu% están por debajo del límite superior de control (0.05%), se observan fluctuaciones en los valores de Cu%, con algunos picos más pronunciados, especialmente al inicio y hacia el final del mes. A pesar de las variaciones, el porcentaje de cobre se mantiene dentro de los límites aceptables, indicando que el proceso sigue siendo eficiente y no hay indicios de descontrol significativo en la figura 42.

**Figura 42**

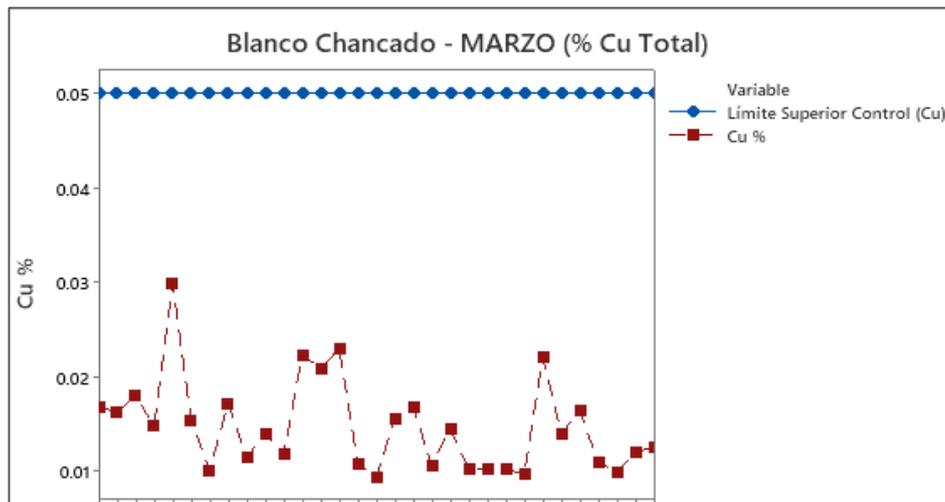
*Blanco chancado control calidad febrero*



Los valores de Cu% permanecen consistentemente por debajo del límite superior de control, lo que indica que el proceso está bien controlado y no presenta desviaciones significativas. Hay menor variabilidad en los valores de Cu% en comparación con el mes anterior (febrero). Aunque hay fluctuaciones, éstas son más moderadas y no muestran picos elevados. No se observa ninguna tendencia clara hacia un aumento o disminución del Cu%, lo que sugiere estabilidad en el proceso a lo largo del mes de marzo como se muestra en la figura 43.

**Figura 43**

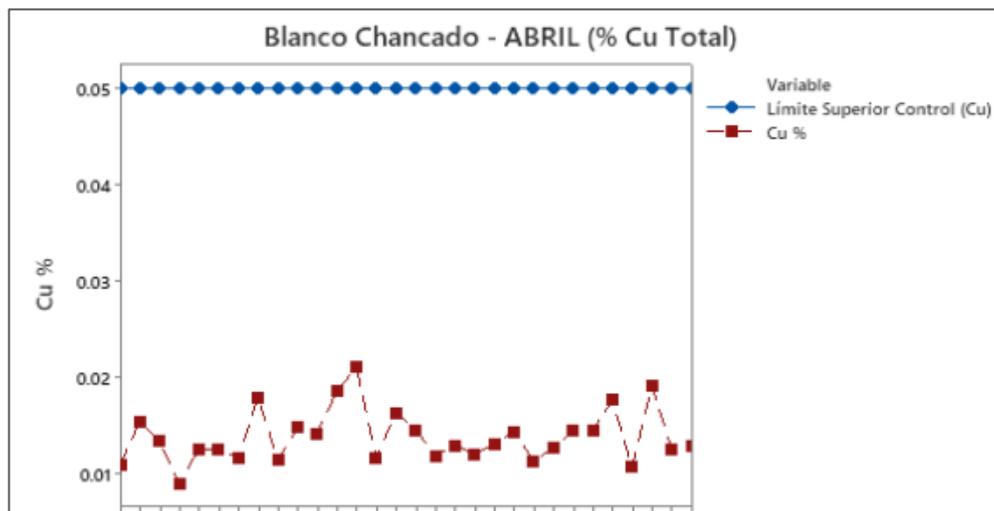
*Blanco chancado control calidad marzo*



Muestra el porcentaje de cobre (Cu) en el blanco chancado para abril. El Cu% se mantiene consistentemente por debajo del límite superior de control, lo que sugiere que el proceso está bien controlado y no presenta contaminación. Aunque hay fluctuaciones en los valores de Cu%, estas son moderadas y no muestran grandes picos. No se observa una tendencia clara de aumento o disminución en los valores de Cu%, lo que sugiere que el proceso es estable a lo largo del mes como se muestra en la figura 44.

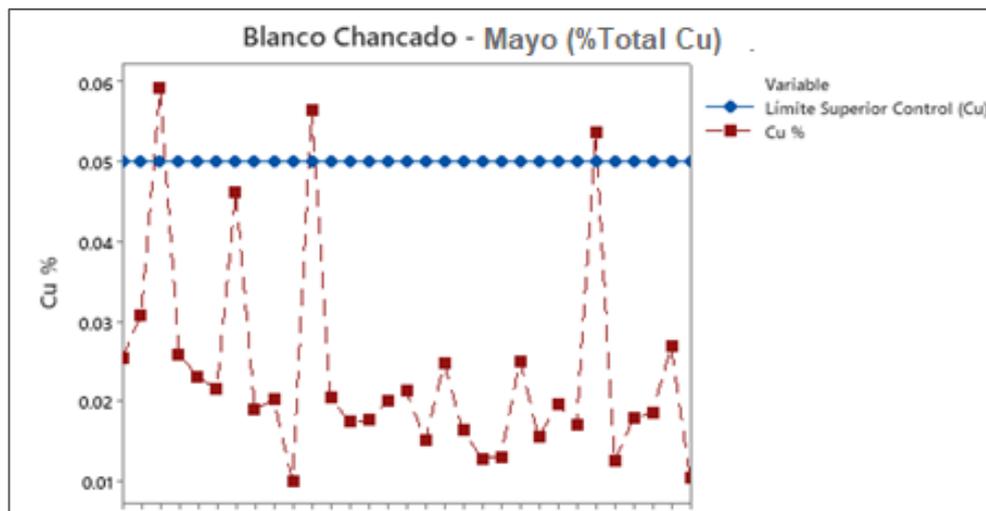
**Figura 44**

*Blanco chancado control calidad abril*



**Figura 45**

*Blanco chancado control calidad mayo*



Muestra el porcentaje de cobre (Cu) en el blanco chancado para mayo. La mayoría de los valores se mantienen por debajo del límite superior de control, pero destacan 3 picos elevados al inicio, en la parte media y final del gráfico que están fuera de límite de control. Estos picos indican contaminación. Aparte de estas desviaciones, los demás valores se mantienen dentro de un rango estable, aunque con cierta variabilidad en la figura 45.

### 5.2.2 Blanco pulverizado enero- mayo

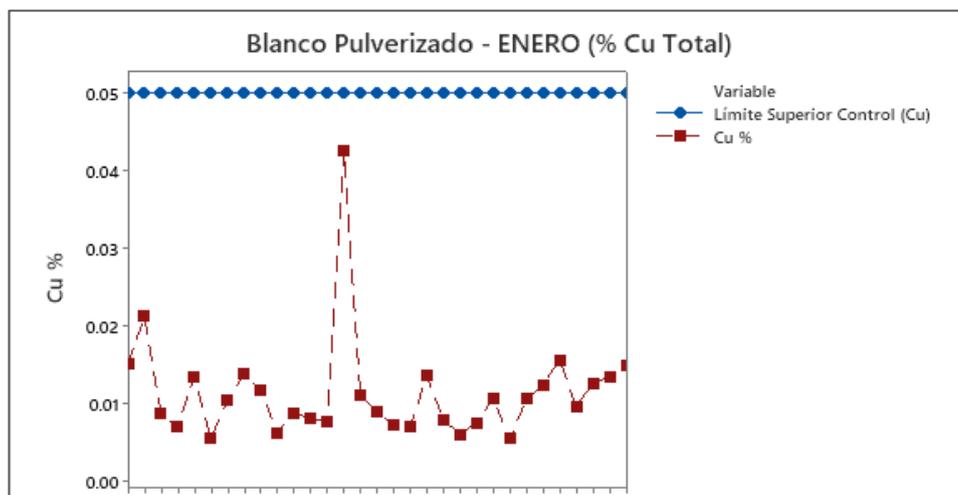
En el proceso de pulverizado de muestras se pulveriza sílice aleatoriamente después de cualquier muestra para determinar el grado de contaminación de las muestras en el proceso de pulverizado.

La frecuencia de este control de calidad es una vez por día para las muestras de geoquímicas y son analizados junto con lotes de análisis.

Muestra el porcentaje de cobre (Cu) en el blanco pulverizado para enero, muestra concentraciones de cobre relativamente estables, excepto por un pico significativo que casi alcanza el límite de control superior. Esto indica que, en general, el proceso está bajo control, pero hubo un evento aislado en el que la concentración de cobre aumentó significativamente. A pesar del pico, las concentraciones de cobre se mantienen en su mayoría muy por debajo del límite superior de control, lo que sugiere que el proceso es en general estable, con una variabilidad ocasional que debe vigilarse para evitar que se supere el límite de control como se muestran en la figura 46.

**Figura 46**

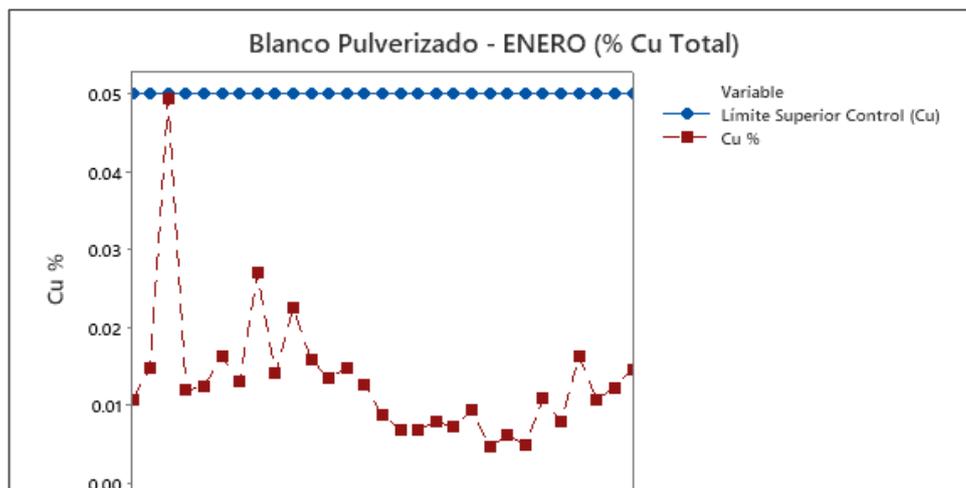
*Blanco pulverizado de control calidad enero*



Muestra el porcentaje de cobre (Cu) en el blanco pulverizado para febrero. Al principio del periodo, las concentraciones de cobre están muy cerca del límite superior de control, lo que indica una situación potencialmente crítica. Tras este máximo inicial, se produce un descenso brusco que sitúa los niveles de cobre muy por debajo del límite de control, las concentraciones de cobre permanecen bastante estables, con algunas fluctuaciones menores que se mantienen dentro del límite de control como se ve en la figura 47.

**Figura 47**

*Blanco pulverizado de control calidad febrero*



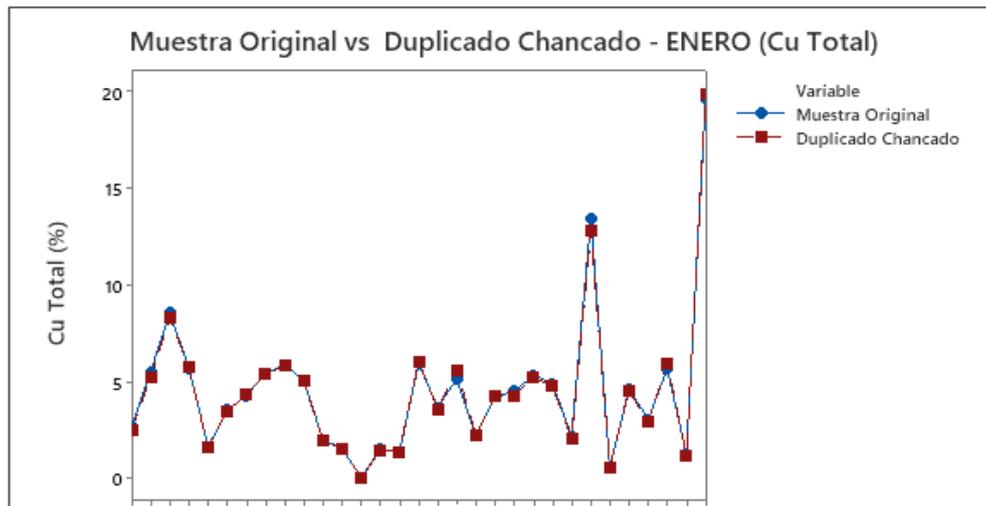
Muestra el porcentaje de cobre (Cu) en el blanco pulverizado para marzo. Las concentraciones de cobre muestran cierta variabilidad, con algunos picos notables. Sin embargo, todas estas fluctuaciones se mantienen muy por debajo del límite superior de control, lo que sugiere que el proceso está bajo control. A pesar de las variaciones en los niveles de cobre, el proceso está estable, ya que los porcentajes de cobre se mantienen sistemáticamente lejos del límite superior de control. Las fluctuaciones se encuentran dentro de un rango aceptable, lo que indica que el proceso funciona eficazmente sin riesgo significativo de superar el límite de control como se muestra en





**Figura 51**

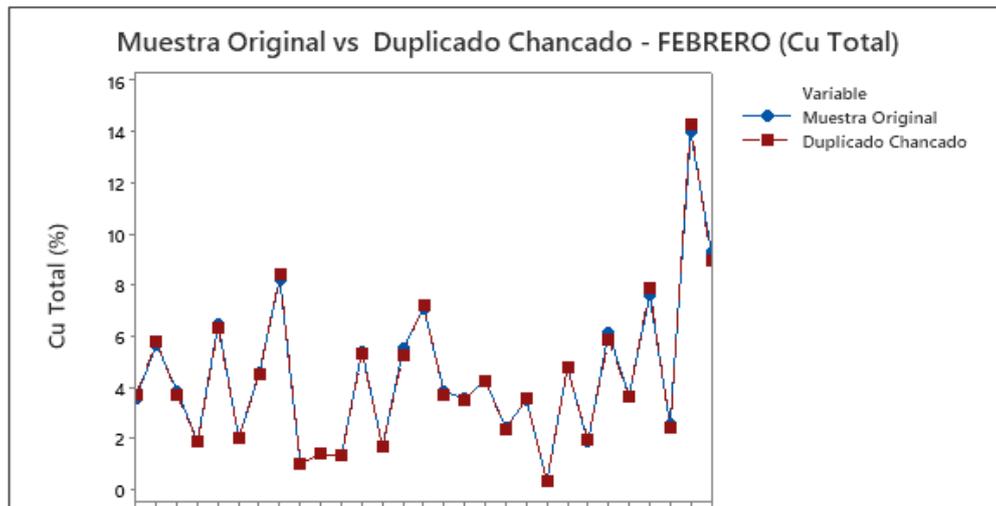
*Duplicado chancado de control calidad enero*



Nota en la figura 51, muestra una comparación entre la muestra original y la muestra duplicada triturada para el contenido total de cobre en enero. Ambas líneas siguen de cerca el mismo patrón, lo que indica que los resultados del duplicado coinciden en general con las mediciones originales. Hay fluctuaciones en el contenido de cobre en todas las muestras, desde casi el 0% hasta casi el 20%. Aunque las tendencias se alinean bien, hay pequeñas diferencias entre las dos líneas en varios puntos, lo que sugiere una ligera variabilidad entre las muestras originales y las duplicadas. Hacia el final, hay un pico agudo, que indica una muestra con una alta concentración de cobre. En general, los datos sugieren que el proceso de trituración de los duplicados proporciona resultados fiables con discrepancias mínimas.

**Figura 52**

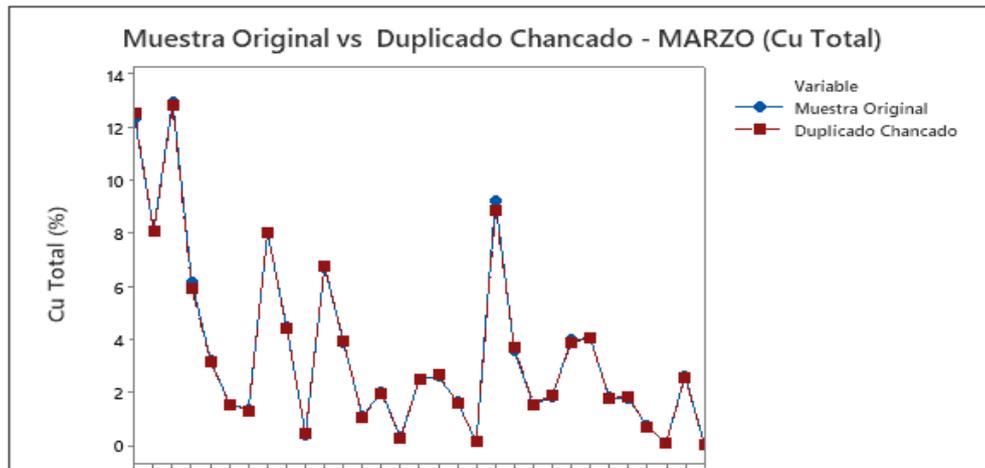
*Duplicado chancado de control calidad febrero*



Nota. En la figura 52, comparación del contenido total de cobre (Cu Total) entre las muestras originales y las muestras duplicadas trituradas correspondientes al mes de febrero. Las tendencias entre las muestras originales (línea azul) y los duplicados triturados (línea roja) están estrechamente alineadas, lo que indica coherencia en los resultados. El contenido de cobre varía entre aproximadamente el 1% y el 15%, observándose los valores más altos hacia el extremo derecho del gráfico, las muestras duplicadas siguen de cerca a las muestras originales, aunque pueden observarse algunas desviaciones menores en puntos concretos. Los últimos puntos de datos muestran un fuerte aumento, con la muestra duplicada triturada mostrando una variabilidad ligeramente superior en comparación con la muestra original. En general, el gráfico sugiere que el proceso de muestreo por duplicado es fiable, ya que sólo se observan diferencias mínimas entre los resultados originales y los del duplicado.

**Figura 53**

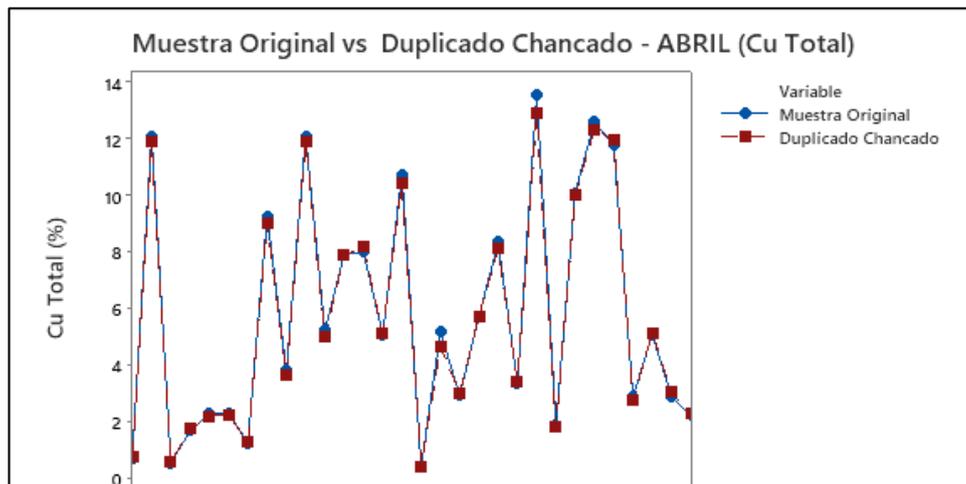
*Duplicado chancado de control calidad marzo*



Nota. En la figura 53, muestra una comparación entre la "Muestra Original" y el "Duplicado Chancado" en términos de porcentaje de Cu (cobre) total para el mes de marzo, muestran un comportamiento muy similar a lo largo del mes, con picos casi coincidentes. Ambas muestras presentan fluctuaciones en el contenido de cobre, que varían entre aproximadamente 2% y 14%. La estrecha correspondencia entre las dos curvas indica un buen control y consistencia en el análisis de las muestras. Aunque hay pequeñas diferencias entre los valores de las dos muestras en algunos puntos, estas diferencias no son grandes, lo que indica la confiabilidad del proceso de duplicado.

**Figura 54**

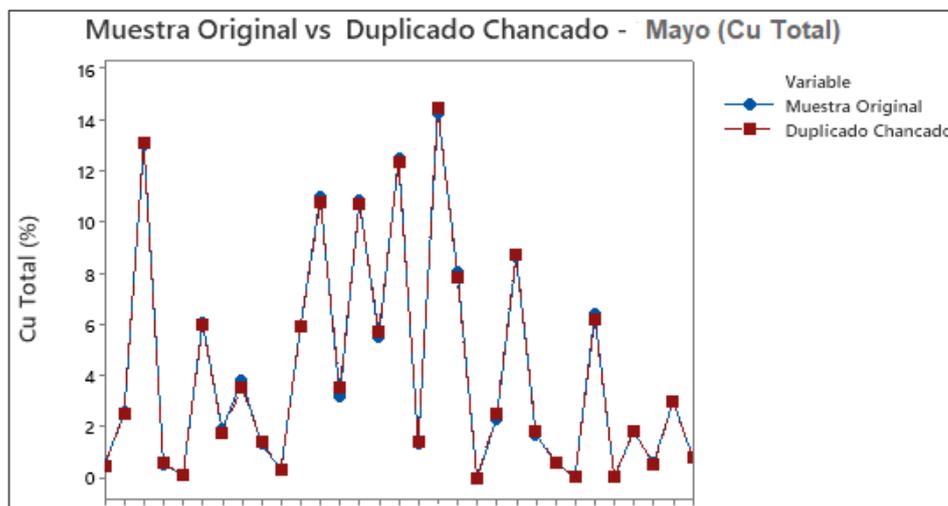
*Duplicado chancado de control calidad abril*



Nota. En la figura 54, muestra una comparación entre la "Muestra Original" y el "Duplicado Chancado" en términos de porcentaje de Cu (cobre) total para el mes de abril, los valores de ambas muestras siguen un patrón similar y alineados. Esto indica que las variaciones en la concentración de cobre son coherentes entre las muestras originales y las duplicadas. Aunque el duplicado del chancado sigue en general la misma tendencia que la muestra original, puede haber pequeñas diferencias en algunos casos en los que la muestra original es ligeramente mayor o menor que el duplicado. Esto sugiere que, aunque existe una buena correlación entre las dos muestras, hay algunas diferencias que pueden atribuirse a la heterogeneidad de la muestra o a variaciones en el proceso de chancado. El gráfico muestra una coherencia del análisis, ya que las diferencias entre la muestra original y el duplicado son mínimas.

### Figura 55

*Duplicado chancado de control calidad mayo*



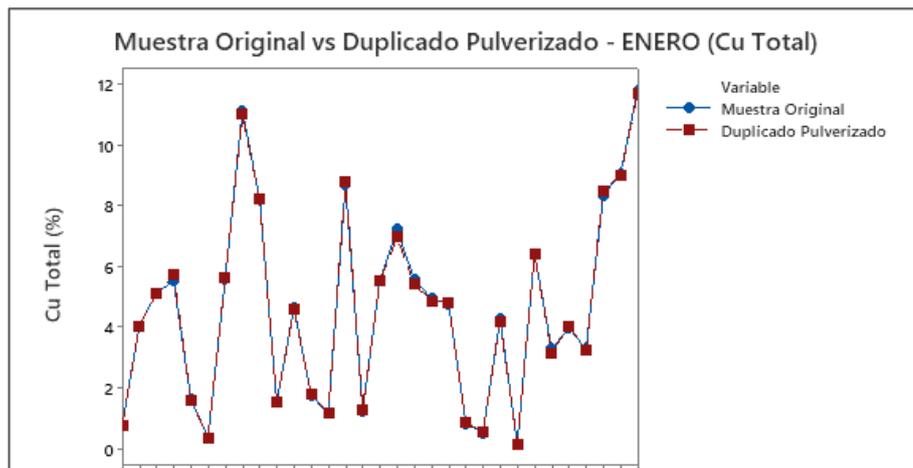
Nota. En la figura 55, la concentración de cobre en ambas muestras presenta una alta variabilidad a lo largo de la línea. El proceso de chancado no parece alterar significativamente la tendencia general de la concentración de cobre. Existen factores externos al proceso de chancado que influyen en gran medida en la concentración de cobre, causando las altas fluctuaciones y picos observados.

### 5.2.4 Duplicado pulverizado enero - mayo

En el proceso de pulverizado de muestras se saca aleatoriamente la muestra del duplicado pulverizado para determinar la variación de leyes con relación a la muestra original.

**Figura 56**

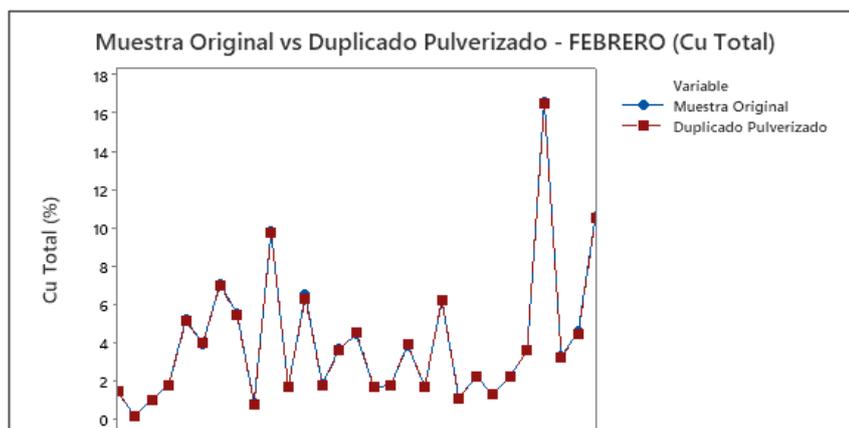
*Duplicado pulverizado de control calidad enero*



Nota. En la figura 56, compara el porcentaje de cobre total (Cu) entre una muestra original y su duplicado pulverizado durante enero. Ambas líneas muestran una tendencia similar, lo que indica que el proceso de pulverización no afecta significativamente el contenido de cobre. Esto sugiere que el método de pulverización produce resultados consistentes y confiables en la medición del cobre total.

**Figura 57**

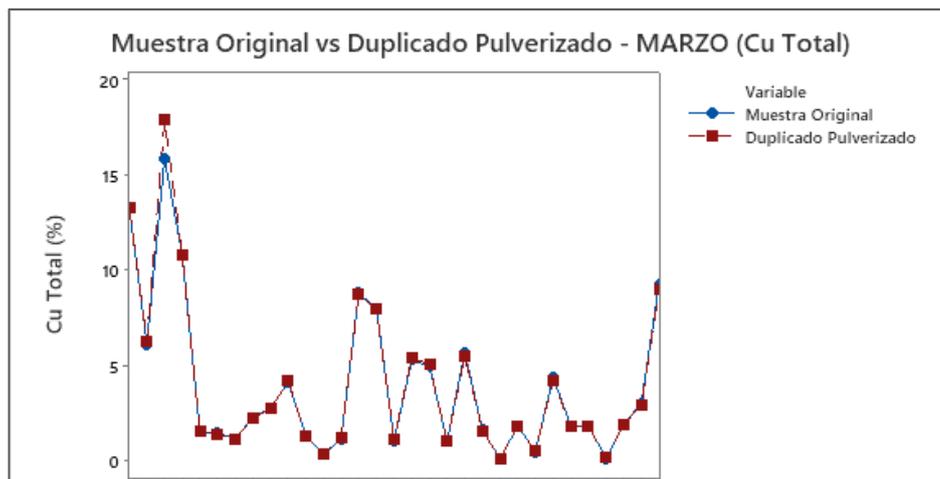
*Duplicado pulverizado de control calidad febrero*



Nota. En la figura 57, compara el porcentaje total de cobre (Cu) entre una muestra original y su duplicado pulverizado durante el mes de febrero. Aunque ambas líneas siguen tendencias similares, se observan algunas discrepancias, especialmente en los picos altos de contenido de cobre, donde el duplicado pulverizado muestra valores ligeramente más bajos que la muestra original. Esto indica una pequeña variabilidad introducida por el proceso de pulverización, pero en general, las diferencias no son significativas, lo que sugiere que los resultados son en su mayoría consistentes.

### Figura 58

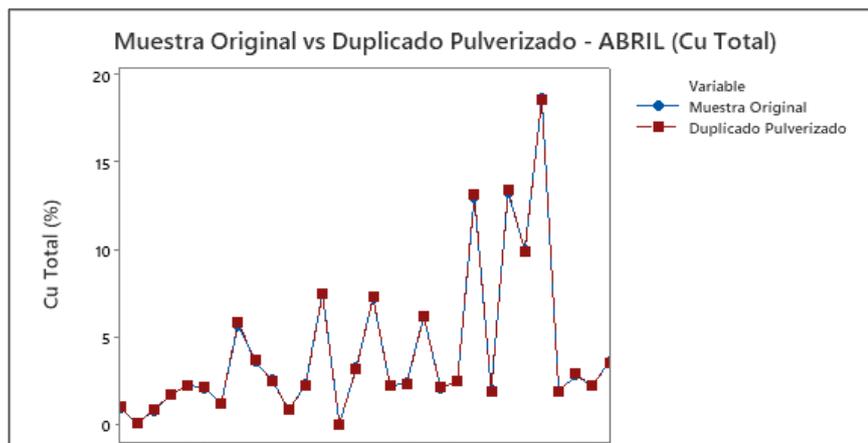
*Duplicado pulverizado de control calidad marzo*



Nota. En la figura 58, compara el porcentaje total de cobre (Cu) entre una muestra original y su duplicado pulverizado durante el mes de marzo. Se observa que, en general, ambas líneas siguen un patrón similar, con algunas diferencias notables al inicio, donde la muestra original presenta un valor más alto en comparación con el duplicado pulverizado. Sin embargo, a lo largo del gráfico, las diferencias se minimizan y las tendencias se alinean. Esto sugiere que, aunque pueda haber pequeñas variaciones, el proceso de pulverización no introduce cambios significativos en el contenido de cobre en la mayoría de los casos.

**Figura 59**

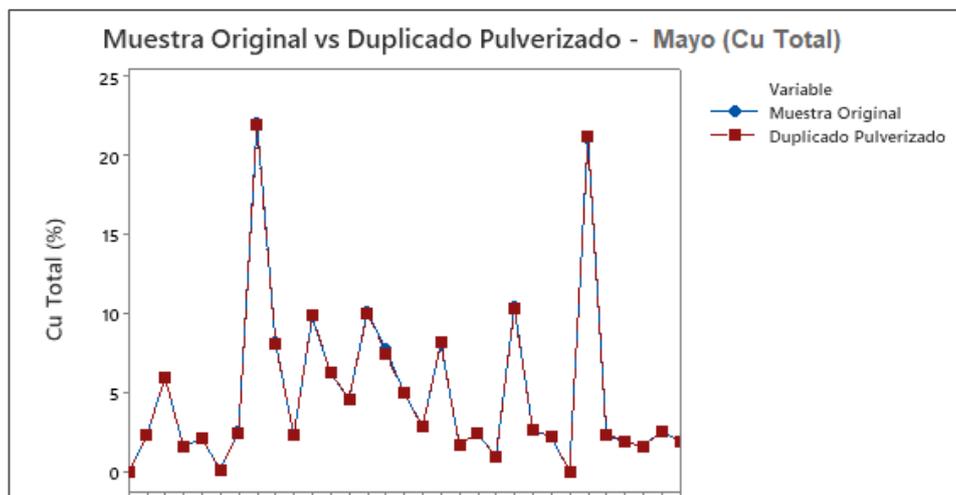
*Duplicado pulverizado de control calidad abril*



Nota. En la figura 59, compara el porcentaje total de cobre (Cu) entre una muestra original y su duplicado pulverizado durante el mes de abril. Las líneas de ambos conjuntos de datos siguen un patrón muy similar, con pequeñas diferencias en algunos puntos, especialmente en los picos altos donde el duplicado pulverizado a veces muestra valores ligeramente inferiores. Sin embargo, estas variaciones son mínimas, lo que sugiere que el proceso de pulverización no afecta significativamente la medición del contenido de cobre, manteniendo la consistencia en los resultados obtenidos.

**Figura 60**

*Duplicado pulverizado de control calidad mayo*



Nota. En la figura 60, compara el porcentaje total de cobre (Cu) entre una muestra original y su duplicado pulverizado durante el mes de mayo. Ambas curvas muestran un patrón muy similar, con algunos picos altos donde el duplicado pulverizado presenta valores ligeramente inferiores o superiores a la muestra original. Estas diferencias son mínimas y no parecen afectar significativamente la consistencia de los resultados. Esto indica que el proceso de pulverización mantiene la fiabilidad en la medición del contenido de cobre, mostrando coherencia entre las muestras originales y sus duplicados.

### 5.3 DISCUSION

El análisis en la precisión de las muestras duplicadas y gemelas de los meses de enero a junio de 2023 revela un compromiso continuo con la precisión en los procesos de control de calidad. Los resultados muestran una notable fluctuación en la tasa de error, destacando un rendimiento óptimo en febrero (5.0%) y mayo (4.9%), mientras que el incremento a 14.3%, significa que existe una precisión significativa de los resultados en los análisis y sean exactos, lo que podría conducir a decisiones correctas sobre la mina.

Si bien la TE está dentro del límite aceptable, es importante no conformarse con este nivel de precisión. Continuar trabajando para reducir la TE a un nivel más bajo, como, por ejemplo, por debajo del 10%. Esto permitirá una mayor confianza en los resultados de los análisis y una mejor toma de decisiones.

Los análisis de las desviaciones media observadas en la evaluación de los estándares altos y bajos para Cu revelan un panorama mixto de control del proceso. Mientras que los estándares altos muestran variabilidad que, aunque se mantiene dentro de los límites de advertencia, requiere un atento monitoreo para prevenir posibles descensos, los estándares bajos demuestran una estabilidad notable. Sin embargo, la ligera tendencia al alza en algunos



puntos sugiere la necesidad de una vigilancia continua para evitar que se desvíen hacia arriba. Es esencial que se mantenga un enfoque proactivo en la supervisión de estos procesos, garantizando así que cualquier desviación se aborde de manera oportuna y eficaz, asegurando la integridad y la calidad en el manejo de Cu. La atención constante y el análisis rutinario no solo fortalecerán el control, sino que también promoverán un desempeño óptimo en el manejo de los estándares para Cu.

Los análisis de las muestras de control en los meses de febrero, abril y mayo de 2023 demuestran una notable consistencia en la calidad, destacando un 0.0% de tasa de error en los primeros y últimos meses, lo que indica la ausencia de contaminación en las muestras blancas gruesas de Cu. Aunque se observó un leve aumento en la tasa de error en marzo y junio, los porcentajes se mantuvieron por debajo del límite máximo aceptable del 10%. Estos resultados subrayan la efectividad del muestreo y el control de calidad, confirmando que, en términos generales, no se presenta contaminación significativa entre el personal calificado. Este éxito resalta la importancia de mantener estándares rigurosos en los procesos de control y calidad, alentando a continuar con este enfoque para asegurar la integridad de futuras evaluaciones.

El análisis de los gráficos de control de calidad del porcentaje de cobre (Cu) en las muestras de chancado y pulverizado a lo largo de los meses de enero a mayo revela un panorama mayormente estable y bajo control. Aunque se identificaron picos aislados en varios meses que sugieren anomalías o contaminación, la tendencia general indica que la mayoría de los valores permanecen dentro de los límites aceptables, lo que optimiza la confiabilidad del proceso. Asimismo, las comparaciones entre muestras originales y duplicadas muestran una buena correlación, reflejando la efectividad de los métodos de muestreo. Sin embargo, los picos observados destacan la necesidad de prestar atención a factores externos que pudieran estar afectando la calidad.



En general, la veta Purísima de Ore Control está cumpliendo con los estándares de control de calidad, pero se recomienda continuar trabajando para mejorar la precisión de las mediciones. Las recomendaciones anteriores pueden ayudar a lograr este objetivo.



## VI. CONCLUSIONES

- Los resultados de la evaluación de duplicados gruesos y muestras gemelas para Cu entre enero y junio revelaron una fluctuación en la tasa de error, con un rendimiento óptimo en febrero, marzo y mayo, cuando las tasas se mantuvieron dentro del límite aceptable del 10%. No obstante, abril presentó un desafío importante al registrar una tasa de error del 14.3%, lo que resalta la necesidad de monitoreo constante. Los estándares altos y bajos fueron mayormente positivos, aunque los altos mostraron algunas mediciones en los límites inferiores. Los estándares bajos fueron estables en febrero, abril y mayo, pero junio presentó un aumento. En las muestras de blancos gruesos, se detectó un bajo porcentaje de error, aunque junio mostró un ligero incremento, lo que requiere vigilancia continua.
- El análisis del porcentaje de cobre (Cu) en el blanco chancado y pulverizado a lo largo de los meses revisados revela un proceso generalmente bajo control y eficiente, con la mayoría de los valores manteniéndose por debajo de los límites superiores de control establecidos. Aunque se han registrado picos ocasionales que sugieren posibles contaminaciones, estos eventos no comprometen la estabilidad general de los procesos. Los gráficos comparativos entre muestras originales y duplicadas confirman la confiabilidad de los métodos utilizados, mostrando una coherencia notable en los resultados a pesar de algunas variaciones menores.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar monitoreando la precisión y la contaminación de la veta Purísima de Ore Control de manera regular para asegurar que se mantengan dentro de los límites aceptables.
- Se recomienda implementar medidas de control de calidad adicionales para mejorar la precisión de las mediciones, como la participación en programas de control de calidad externos y la capacitación del personal de laboratorio.
- Se recomienda mantener una comunicación abierta entre el laboratorio y el personal de operaciones para garantizar que todos estén informados sobre los resultados del control de calidad y las medidas que se están tomando para mejorar la precisión y la exactitud de las mediciones.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abzalov, M. (2011). Sampling Errors and Control of Assay Data Quality in Exploration and Mining Geology. (O. Ivanov, Ed.) *Applications and Experiences of Quality Control*. doi:<https://doi.org/10.5772/14965>
- Acevedo, J. (2017). *Inteligencia de Negocio en Aseguramiento y Control de Calidad para la Exploración Minera*. Obtenido de Tesis de pregrado - Universidad Gabriela Mistral de Chile.
- Ancco, M. (2016). *Aseguramiento y control de calidad del Muestreo de canales -mina Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, departamento de Pasco*. Obtenido de Tesis pregrado - Univeridad Nacional del San Agustín.
- Dominy, S. C., Platten, I. M., Glass, H. J., Purevgerel, S., & Cuffley, B. W. (2021). Determination of Gold Particle Characteristics for Sampling Protocol Optimisation. *Minerals*, 11(10). doi:<https://doi.org/10.3390/min11101109>
- Gy, P. (1979). *Sampling of particulate materials—Theory and practice*. (Elsevier, Ed.)
- Jorc. (2012). *he Jorc code, Australasian code for Mineral Resources and ore Reserves. The join Ore Reserves Committe of the Australasian institute of mining metallurgy NI- 43-101 Code Australasian Jorc*. Sídney: Conferensse.
- Linares, H. M. (2017). *écnicas de muestreo y control de calidad para la Mina Española S.A.C. en el distrito de Chaparra, provincia de Caraveli, Departamento Arequipa*. Obtenido de Tesis Pregrado - Universidad Nacional de San Agustín: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5105>
- Pitard, F. F. (1993). *Pierre Gy's Sampling Theory and Sampling Practice*. (2da ed.). Heterogeneity, Sampling Correctness, and Statistical Process Control.
- Ricra, H. L. (2021). *Evaluación del aseguramiento y control de calidad de muestras de la mina Marcapunta de Sociedad Minera El Brocal, 2021*. Obtenido de Tesis pregrado -



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión:

<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2870>

Rivas, O. J. (2018). *Control Geologico en la Dilucion Mineral. Universidad de Concepcion, Chile*. . Obtenido de Tesis - Universidad de Concepcion, Chile.

Sánchez, E., & Sánchez, J. (s.f.). *Implementación de un sistema de control de calidad QA/QC*. 2015.

Shaw, R. P., Leal-Mejía, H., & Melgarejo, J. C. (2018). Phanerozoic Metallogeny in the Colombian Andes: A Tectono-magmatic Analysis in Space and Time. *Geology and Tectonics of Northwestern South America*,. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-319-76132-9>

Simon, A. (2012). *Taller de Aseguramiento y Control de Calidad QA/QC en Exploración Geológica Abstrac AMEC Earth & Enviromental AEE Peruvian Mining Industry 1998-2000 ACE*. Lima- Perú.

Zeballos, V. C. (2019). *Aseguramiento y control de la calidad del muestreo de Blastholes y análisis químico del laboratorio primario, Mina Constancia –fase de minado I Banco 4260*. Obtenido de Tesis pregrado - Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10211>



## ANEXOS



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo CRISTIAN BELTRAN CUELA QUISPE  
identificado con DNI 70340047 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA GEOLÓGICA

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

" EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA  
CALIDAD DEL MUESTREO EN CANALES DE LA VETA PURÍSIMA, UNIDAD MINERA  
LA BONITA - ACARI - AREQUIPA  
" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 22 de SEPTIEMBRE del 2024

FIRMA (obligatoria)  
CRISTIAN B. CUELA QUISPE



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo CRISTIAN BELTRAN CUELA IDUISPE  
identificado con DNI 70340049 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA GEOLOGICA

,informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

"EVALUACION DEL PROGRAMA DE ASESURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL MUESTREO EN CANALES DE LA UETA PUEBLO NUEVO MINERA (LA BONITA - ARAKI - AREQUIPA)

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mio; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 22 de SEPTIEMBRE del 2024

FIRMA (obligatoria)

CRISTIAN B. CUELA IDUISPE



Huella