

FACULTAD DE INGENIERÍA
Carrera de **INGENIERÍA GEOLÓGICA**

“MEJORA DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD QA/QC EN EL ANÁLISIS DE MUESTRAS BLAST HOLE, EN LA EMPRESA PAN AMERICAN SILVER – U.M. LA ARENA S.A. 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Geóloga

Autores:

Jessica Diana Acosta Flores
Thania Melani Vasquez Campos

Asesor:

Mg. Ing. Miguel Ricardo Portilla Castañeda
<https://orcid.org/0000-0002-3676-7137>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Daniel Alejandro Alva Huamán	43006890
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	Víctor Eduardo Álvarez León	18034429
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	Wilder Chuquirruna Chávez	40266106
	Nombre y Apellidos	N° DNI

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres Víctor y Reyna por ser mi ejemplo, soporte y motivación, ya que sin su apoyo incondicional no habría sido posible obtener este logro.

Jessica Acosta

Dedico el presente trabajo de investigación a mis padres pues ellos fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional y por ser mi inspiración para culminar mis metas.

Thania Vásquez

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiar nuestros pasos día a día, habernos dado salud para el logro de nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A los maestros de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica por inculcarme sus sabios conocimientos para un buen desarrollo profesional y personal.

A la empresa Pan American Silver Unidad Minera La Arena por la autorización, oportunidad y confianza; brindando acceso a la información necesaria para la realización de nuestro estudio.

Al área de Geología Mina de U.M. La Arena S.A. por brindarnos su apoyo constante y las facilidades necesarias durante la realización de la presente tesis profesional.

Al Ing. Ricardo Portilla por orientarnos para realizar de la mejor manera nuestra investigación.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema	18
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo General	18
1.3.2. Objetivos Específicos	18
1.4. Hipótesis	18
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	19
2.1. Tipo de diseño de investigación	19
2.2. Material	19
2.2.1. Unidad de Estudio	19
2.2.2. Población	19
2.2.3. Muestra	19
2.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	20
2.3.1. Técnicas de recolección de datos	20
2.3.2. Instrumentos de recolección de datos.	20

2.4. Métodos	20
2.4.1. Etapa de Precampo o Gabinete I	20
2.4.2. Etapa de Campo	24
2.4.3. Etapa de Post Campo o Gabinete II	26
2.5. Aspectos éticos	26
2.6. Ubicación y Accesibilidad	26
2.7. Geología Regional	29
2.8. Geología Local	33
2.9. Geomorfología	36
2.10. Estratigrafía	37
2.10.1. Formación Chicama	37
2.10.2. Grupo Goyllarisquizga	37
2.10.3. Grupo Calipuy	39
2.11. Mineralización	40
2.12. Geología Estructural	41
2.13. Alteración Hidrotermal	43
2.14. Litología presente en el tajo Calaorco	45
2.15. Geología Estructural del Tajo Calaorco	46
2.16. Alteración y mineralización del Tajo Calaorco	47
2.16.1. Propilitización	47
2.16.2. Argílica	47
2.16.3. Argílica Avanzada	47
2.16.4. Silicificación	48
CAPÍTULO III: RESULTADOS	49
3.1. Evaluación de la Precisión	49
Duplicados de Campo	49
3.2. Evaluación de la Exactitud	51
Estándares o Materiales de Referencia	51
3.3. Evaluación de la Contaminación	58

Blanco Grueso	58
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
4.1. CONCLUSIONES	60
4.2. RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS	65
ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores del estándar	23
Tabla 2 Coordenadas UTM de la Unidad Minera La Arena.....	27
Tabla 3 Acceso al área del proyecto	29
Tabla 4 Resumen de Ratio de Inserción al 2021	49
Tabla 5 Resumen de Muestras Duplicadas de Campo.....	50
Tabla 6 Valores para los estándares acordes a las leyes del yacimiento.....	51
Tabla 7 Resumen Estándares	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de procesos QAQC.....	21
Figura 2 Toma de muestra de duplicado de campo BH.....	22
Figura 3 Muestreo con azadón en Blast Hole.....	25
Figura 4 Inspección al Laboratorio Certimin.....	25
Figura 5 Unidad Minera La Arena.....	27
Figura 6 Ubicación de La Arena.....	28
Figura 7 Geología Regional.....	31
Figura 8 Sección Geológica Transversal- La Arena.....	33
Figura 9 Plano Geológico Local - La Arena.....	35
Figura 10 Sección Geológica: Intrusión multifásica cortando rocas sedimentarias	36
Figura 11 Columna Estratigráfica Regional.....	40
Figura 12 Estructuras minerales NW aflorando en el Tajo Calaorco - La Arena.....	41
Figura 13 Mapa de estructuras y mineralización - La Arena.....	43
Figura 14 Mapa de alteración hidrotermal (en superficie) - La Arena.....	45
Figura 15 Duplicados de Campo.....	50
Figura 16 Estándar STD_OxC152.....	53
Figura 17 Estándar ST51_AuOx13.....	54
Figura 18 Estándar ST52_AuOx29.....	55
Figura 19 Estándar ST_OxC167.....	56

Figura 20 Estándar ST103_AuOx31.....	57
Figura 21 Estándar ST113_OxG140.....	58
Figura 22 Blanco Grueso Au ppb.....	59

RESUMEN

La presente investigación, tiene como objetivo principal asegurar y controlar la calidad QA/QC en el análisis de muestras blast hole, en la empresa Pan American Silver – U.M. La Arena S.A, previniendo y detectando errores en el muestreo, procesos de preparación, análisis y reporte de muestras por parte de laboratorio primario. El diseño utilizado es de tipo no experimental transeccional exploratorio, ya que se basa en los resultados químicos de las muestras obtenidas que no fueron manipuladas, fueron obtenidas en un único momento y servirá para comenzar a conocer fenómenos sobre un problema nuevo. Se elaboró, validó y analizó gráficos de Control de Calidad para la Precisión, Exactitud y Contaminación del Muestreo de Blast holes. En esta investigación se evaluó un total de 5643 muestras Blast hole, de las cuales 2154 fueron duplicados de campo, lo que representa un ratio de inserción de 10.52% distribuidos aleatoriamente, el cual es bueno y aceptable. En precisión, la tasa de errores de los resultados de Duplicados de Campo fue menor a 10%. En Exactitud el Sesgo fue menor a 10%. En Contaminación, la evaluación de la preparación de muestras con blancos gruesos fue menor a 5%. El efecto de la mejora del sistema de control y aseguramiento QA/QC en el análisis de muestras blast hole aumentará el nivel de confianza de los resultados de laboratorio. Como resultado final se propuso medidas oportunas para solucionar problemas identificados en el muestreo y análisis químico.

PALABRAS CLAVES: QA/QC, blast hole, contaminación, exactitud, precisión.

ABSTRACT

The main objective of this research is to ensure and control the QA/QC quality in the analysis of blast hole samples, in the company Pan American Silver – U.M. La Arena S.A, preventing and detecting errors in sampling, preparation processes, analysis and reporting of samples by the primary laboratory. The design used is of a non-experimental transectional exploratory type, since it is based on the chemical results of the samples obtained that were not manipulated, were obtained in a single moment and will serve to begin to know phenomena about a new problem. Quality Control charts for Blast hole Sampling Precision, Accuracy and Contamination were prepared, validated and analyzed. In this investigation, a total of 5,643 Blast hole samples were evaluated, of which 2,154 were field duplicates, which represents a randomly distributed insertion ratio of 10.52%, which is good and acceptable. In precision, the error rate of the results of Field Duplicates was less than 10%. In Accuracy, the Bias was less than 10%. In Contamination, the evaluation of the preparation of samples with thick blanks was less than 5%. The effect of the improvement of the QA/QC control and assurance system in the analysis of blast hole samples will increase the confidence level of the laboratory results. As a final result, timely measures were proposed to solve problems identified in the sampling and chemical analysis.

KEYWORDS: QA/QC, blast hole, contamination, accuracy, precision.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El escándalo de Bre-X en 1997 generó una crisis económica en todo el mundo, es por ellos que se crean códigos y normas internacionales, como NI-43-103 del Canadá, el JORC (“Joint Ore Reserves Committee”) de Australasia, SEC de Estados Unidos, el UNFC (“United Nations Framework Classifications for Resources/Reserves”), entre otros con los cuales se dan parámetros para garantizar la calidad de la información. La calidad de estimación de recursos y reservas, depende de factores geológicos, muestreo primario, muestreo secundario (preparación y análisis), interpretación geológica, factores de densidad, el control y aseguramiento de la calidad del proceso geológico, registro de datos, validación de datos y métodos de procesamiento de datos, por lo tanto el control y aseguramiento de la calidad (QA/QC) ayuda a verificar y a optimizar la calidad de información, de esta manera se evita sobreestimar o subestimar los recursos (Ccamá, 2017).

La calidad se define como “grado en que un conjunto de características inherentes cumple con unos requisitos” (ISO 9001:2000, 2005). Además el Aseguramiento de la Calidad pretende dar confianza en que el producto reúne las características necesarias para satisfacer todos los requisitos del Sistema de Información; mientras que, el control de calidad es el conjunto de técnicas y procedimientos del que se sirve la dirección para la obtención de un producto de la calidad deseada, a su vez es una inversión que debe producir rendimientos adecuados y en el cual deben estar involucrados todos los miembros de una empresa (Cabezón, 2014).

Los programas de QA/QC son preferentemente aplicados a las etapas de análisis químico y/o a la preparación mecánica previa. Según la experiencia, se requiere implementar desde el primer día del proyecto un programa efectivo de Aseguramiento y Control de la Calidad. Se debe

mantener una rigurosa disciplina en la ejecución de la base de datos durante toda la ejecución del proyecto (Guerrero, 2015). Además, se considera importante enfatizar el uso y manejo adecuado de equipos y herramientas, seguir los procedimientos adecuados para estar libre de error, obteniendo así información confiable en los resultados de laboratorio y de todo el trabajo realizado (Ancalle, 2020).

Valencia (2020), en su estudio hace una comparación entre los procedimientos empleados y resultados obtenidos antes y después de aplicar el QA/QC, obteniendo un impacto positivo a nivel económico en la Unidad Minera Yauricocha, en sus resultados entre el 2012 y 2019 la mejora fue continua y sostenida lo cual certifica que el uso del QA/QC es de mucha importancia para el crecimiento de una mina, el aumento de producción minera pasó de 872000 toneladas de mineral (2012) a casi 1400000 (2020), logrando así obtener una data confiable para el cálculo de reservas.

Sánchez y Sánchez (2015) presenta la implementación de un sistema de control de calidad QA/QC en el análisis de muestras geológicas para aumentar el grado de confianza de los resultados de laboratorio, y se detallan sus implicaciones en la prevención y detección de errores, con énfasis en el análisis de las muestras. El efecto de la implementación de un sistema de control de calidad QA/QC tuvo como resultados, coeficientes de correlación altos para duplicados de grueso y pulpas, además de que los valores de las muestras de referencia reportados por laboratorio se han ajustado a los esperados originales sin mayores inconvenientes.

Por otra parte, Rojas (2019) afirma que, con la aplicación del QA/QC en cada una de las etapas del proceso geológico, se detectarán errores que pueden ser mejorados. De esta forma, garantizamos una buena obtención de datos y permitirá una estimación de recursos de corto y largo plazo. En sus resultados observó que: El dispositivo de la Pala de Muestreo reporta una tasa de

error de 6%, resultando menor que la tasa de error que mostro el tubo y que fue del 4% para el elemento de Cobre. El dispositivo del Tubo de Muestreo reporta una tasa de error de 3%, resultando menor que la tasa de error que mostro la pala y que fue del 8% para el elemento de Molibdeno.

Zeballos (2019) analizó y evaluó un total de 2066 muestras blast hole, de las cuales 324 muestras fueron para controles de calidad, lo que representa un Ratio de Inserción de 15.68% entre duplicados, estándares y blancos distribuidos aleatoriamente en el flujo de muestras; determinó la precisión, exactitud y contaminación, definiendo así la aceptabilidad del Control de Calidad y obteniendo un resultado aceptable según el programa QAQC – de la empresa AMEC, con la asesoría y recomendaciones de A. Simons. Por otro lado, (Gutierrez , 2021) determinó controles y oportunidades de mejora como son: En cuanto al peso de las muestras, los resultados mostraron que el 95.5% de las muestras tiene peso aproximado a 5kg, también clasificó los BH en 3 tipos: Malo que presenta forma Irregular, altura < 0.5m y mal distribuido, regular que presenta forma rectangular, altura entre 0.5 a 1m con distribución regular y bueno que presenta forma circular o cuadrada, altura aprox. de 1 m y bien distribuido.

Simon (2007), en su investigación recopiló propuestas de hasta siete consultores internacionales distintos, quienes coinciden en recomendar en promedio un 20 % de muestras de control, entre blancos, duplicados, estándares y gemelos. Las muestras gemelas tienen una frecuencia de 1 de 30 a 50 y solo 2% de 20% total recomendado, los de tipo estándar bajo- medio-alto y duplicados externos tienen una frecuencia de 1 de 20 y solo 2% del 20% total recomendado. Las únicas muestras de control, a nivel del muestreo primario, son las muestras gemelas; vale decir sólo el 2% del 20% total recomendable. Así mismo Ccama (2017) logró validar 3726 muestras,

con la aplicación de QAQC, para datos de estimación de recursos y reservas altamente confiables. La tasa de inserción de controles fue del 25,73%, superando el 20% recomendado. precisión de la campaña; dentro de parámetros aceptables, para (Cu, Pb, Zn y Ag) el rango de inserción de doble patrón fue de 6,9%, 3,5 % para copias crudas, 3,68% para copias lisas, para blancos gruesos y blancos finos; 3,8 % y 3,78% respectivamente, indicando la contaminación de las muestras de campaña en condiciones aceptables para (Cu, Pb, Zn y Ag).

Ancco (2016) presentó una interpretación estadística para cada tipo de muestras de control en base a los 4 primeros meses del 2013 y ajustó su porcentaje de aceptación en base a estándares internacionales ya que estos son los más acertados y que conllevan menor porcentaje de error. Por su lado, Farfan (2021) describe las etapas del proceso productivo en su totalidad, resaltando la importancia de poner énfasis en todas las etapas, desde la recepción de las muestras de mineral hasta el reporte de resultados al cliente incluyendo sus controles y aseguramiento de calidad, así como también de detalla el importante proceso de creación del formato QAQC y de las gráficas de control respectivas.

Vélez (2015) en su investigación logró validar campañas de perforación, para lo cual se evaluó información analítica de 230 sondajes con 36 953 m de perforación y 20 785 muestras, evaluó un QA/QC con 16% de controles, evitando un costo operativo de US\$ 4 111 000 aprox. El manejo adecuado del QA/QC logró controlar cada uno de los procesos de muestreo, logrando un alto grado de confiabilidad para estimación de reservas y recursos.

El QA/QC ha mejorado, sin embargo, todavía es importante hacerlo de manera proactiva fuera del análisis químico y siempre considerar la mejora continua de los procesos de todas las operaciones durante la recopilación. También hay problemas en las operaciones generales de

muestreo y recolección, debido a un menor control y respeto por los protocolos de campo. Hay deficiencias que deben mejorarse con respecto al muestreo de ciertas variables. Los principales problemas están relacionados con la densidad de la roca y la geometría del muestreo, ya que no todos cuentan con procedimientos estandarizados basados en la teoría del muestreo para seleccionar muestras representativas. Las bases de datos que se esfuerzan por ser sólidas, coherentes, integradas, seguras y estructuradas tienden a ser receptivas (Ávila, 2019).

La U.M. La Arena – Pan American Silver presenta mineralización de oro en óxido epitermal de alta sulfuración alojada en arenisca brecciada dentro de la Formación Chimú. Los programas de QA-QC en el muestreo y ensayo de ésta, integran un programa de inserción rutinaria de materiales de control de calidad en diferentes etapas críticas del proceso de recolección, preparación y ensayo de muestras. La inserción rutinaria de materiales de control de calidad incluye una cantidad no adecuada de diferentes tipos de materiales para monitorear y medir el desempeño del laboratorio, estos son: Material de Referencia Estándar MRE (alta, media y baja Ley), material en blanco (consistente en material desprovisto del (los) elemento(s) o producto de interés económico) y muestras duplicadas de campo (grueso). Sin embargo, existe una preocupación por parte del área de geología ya que no se están empleando los MRE adecuados a las leyes del yacimiento lo cual puede generar una subestimación de leyes marginales convirtiendo al mineral de ley baja en desmonte y conllevar así una gran pérdida de mineral económico. Es por ello que, la presente investigación busca mejorar el sistema de aseguramiento y control de calidad QA/QC aplicado al análisis de muestras Blast Hole, realizando un estudio estadístico de los resultados para luego estandarizar los MRE de acuerdo a las leyes de dicho yacimiento y con ello aumentar el nivel de confiabilidad de los resultados de laboratorio.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la mejora del sistema de aseguramiento y control de calidad QA/QC en el análisis de muestras blast hole, en la empresa Pan American Silver – U.M. La Arena S.A. 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar el efecto de la mejora del sistema de aseguramiento y control de calidad QA/QC en el análisis de muestras blast hole, en la empresa Pan American Silver – U.M. La Arena S.A. 2022.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Describir el proceso actual de análisis de muestras geológicas de la empresa Pan American Silver – U.M. La Arena S.A.
- Evaluar la precisión, exactitud y contaminación en el muestreo, preparación y análisis químico.
- Adecuar la inserción de controles de calidad de acuerdo a la geología del yacimiento La Arena.
- Proponer medidas oportunas para solucionar problemas de calidad identificados en el muestreo y análisis químico.

1.4. Hipótesis

La mejora del Sistema de Control de Calidad QA/QC en el proceso de análisis de muestras geológicas de BH en la empresa Pan American Silver – U.M. La Arena, incrementará el nivel de confianza de la información obtenida en los resultados de laboratorio.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de diseño de investigación

La investigación es de tipo aplicada se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren además está orientada a mejorar, perfeccionar y resolver problemas nuevos, su enfoque es cuantitativo por qué abordan análisis con utilización de datos ya existentes, el diseño es no experimental por qué los resultados químicos de las muestras obtenidas no fueron manipuladas y el tipo de corte es transeccional, ya que analiza datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo sobre una población muestra o subconjunto predefinido (Vera, 2022).

2.2. Material

2.2.1. Unidad de Estudio

La unidad de estudio será las muestras geológicas blast hole de la empresa Pan American Silver – U.M. La Arena; empresa dedicada a la extracción de Minerales.

2.2.2. Población

Será de 20477 muestras colectadas y analizadas, procedentes de taladros BH durante el año 2021.

2.2.3. Muestra

La Muestra está representada por 4505 resultados de análisis químicos obtenidos de la perforación Blast Hole. Cada muestra tiene un peso entre 5 a 6 Kg que representa 8m de profundidad de la perforación, luego es enviada a laboratorio para su preparación y análisis, y así obtener las leyes de cada muestra.

2.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

2.3.1. Técnicas de recolección de datos

Observación directa. Según Tamayo (2007), la observación directa “es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación” (p.193).

Análisis de Información. Se centra en el análisis de contenido en un contexto específico, genera información para la toma de decisiones, ayuda en la recuperación de la información que está condicionada por la inteligencia y creatividad del analista en su organización para brindar datos derivados del análisis y la síntesis de la información evaluada (Dulzaides y Molina, 2004).

2.3.2. Instrumentos de recolección de datos.

Ficha de Observación. Es utilizada para medir, analizar o evaluar un objetivo en específico; es decir, obtener información de dicho objeto. Se puede aplicar para medir situaciones extrínsecas e intrínsecas de las personas; actividades, emociones. También se puede aplicar para evaluar características específicas de la muestra de estudio (Arias, 2020).

Cuaderno de Campo. Es donde el investigador recoge sus impresiones, realiza observaciones, dibujos, etc. y toda información necesaria para el buen desarrollo de su investigación (Herrera, 2005).

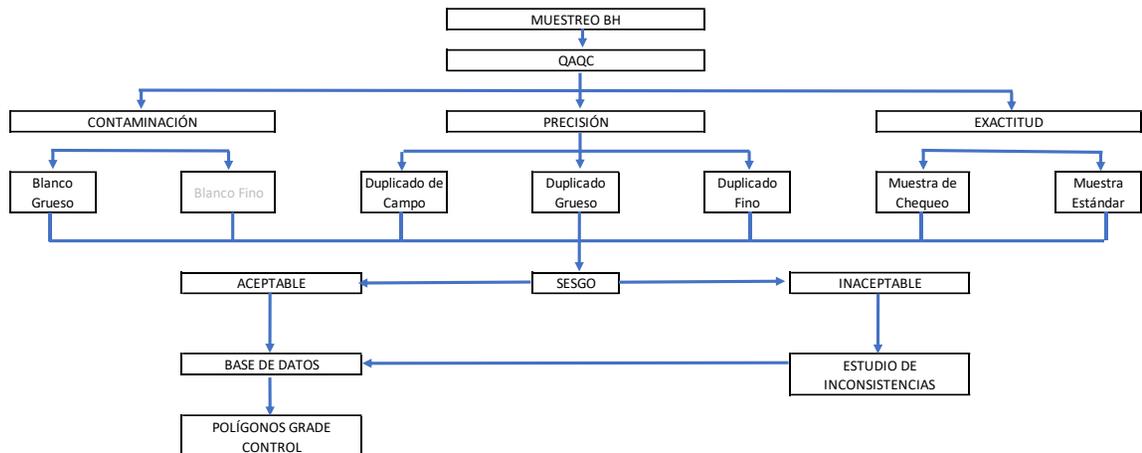
2.4. Métodos

2.4.1. Etapa de Precampo o Gabinete I

Se llevaron a cabo las siguientes tareas: Recopilación de Protocolos, Estándares y Procedimientos de Muestreo de Blastholes.

Figura 1

Diagrama de procesos QAQC



Muestras de Control. Durante el muestreo es indispensable insertar controles para analizar el grado de exactitud, contaminación y precisión de los resultados que posteriormente se van a utilizar en la estimación de recursos de un yacimiento mineral.

Blancos. Es el material estéril que mide el grado de contaminación en la preparación o análisis de la muestra. Un blanco tiene concentraciones mínimas o nulas de los elementos de interés y por ende debe encontrarse debajo del límite de detección instrumental. El material para blancos se debe de recolectar de un área desprovista de cualquier tipo de mineralización relacionada con el depósito en análisis, como canteras de roca fresca o el uso de material de cuarzo barren (Ccamá, 2017).

Blanco Grueso. Es una muestra de control de granulometría gruesa (>1/4') que carece del elemento(s) de interés cuya contaminación con las muestras de mineral se desea evaluar. Es común usar una cantera o compra de materiales certificados; en cualquier caso, deben de ser analizados sistemáticamente para confirmar sus valores. El blanco grueso permite medir el grado de

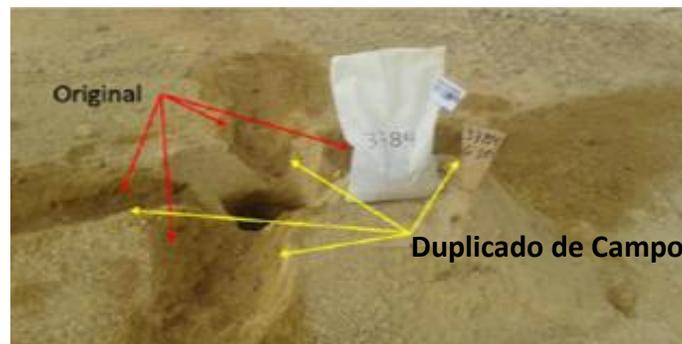
contaminación que podría adicionarse al lote o conjunto de muestras en el proceso de chancado (Buenaventura, 2016).

Duplicados. Se refiere al material que debe replicar valores (leyes) similares al original del (los) elemento(s) analizado(s); por lo general se deben obtener en la toma de la muestra, en la preparación y en el análisis (Ccama, 2017).

Duplicado de Campo. Es la muestra tomada de la cara de enfrente de los canales realizados para la recolección de la muestra original y en el mismo momento de la recolección de la muestra primaria. (Buenaventura, 2016).

Figura 2

Toma de muestra de duplicado de campo BH.



Nota. Adaptado de Toma de muestra Gemela BH, de Buenaventura, 2016. Obra de Dominio público.

Duplicado Fino. Se trata de una muestra de material en fracción de 105μ (P95-140#); el duplicado fino se genera al dividir la muestra en el pulverizado. Permite controlar la precisión del laboratorio de análisis. Son enviados con diferente número al laboratorio primario para su análisis en el mismo lote que las muestras originales (AVR Consultores, 2022).

Estándar. Un estándar o material de referencia estándar (MRE) presenta heterogeneidad extremadamente baja, es de ley certificada y conocida para el elemento de interés; se usa para medir el grado de exactitud en el análisis del laboratorio químico. Se debe usar estándares de leyes altas, medias y bajas relacionadas a cada tipo de yacimiento (Buenaventura, 2016).

Se recomienda utilizar estándares de naturaleza similar al material del yacimiento. Si no es posible conseguir un estándar comercial adecuado, se puede crear estándares que en términos de composición, leyes y matriz correspondan a la mineralización relacionada a un yacimiento (Simón, 2021).

Tabla 1

Valores del estándar

ESTANDAR	VALOR DEL ESTÁNDAR
Bajo	Cut-off del yacimiento
Medio	Promedio de ley del yacimiento
Alto	Dominios de alta ley

Control Granulométrico. De acuerdo con las normas de preparación de muestras, la fracción de partícula en la cual se ha reducido la heterogeneidad es en la malla #10 (2.0 mm), debe de encontrarse encima del 90%, si en el control no se cumple con lo indicado, entonces se debe de reprocesar el lote. Asimismo, en el pulverizado se establece que para las pulpas el control granulométrico debe ser en malla #150 al 95%. Es importante considerar por lo menos un control por lote, pues podría influir en una inadecuada digestión que tiene implicancia en la estimación de la ley de mineral (Morales, 2018).

Control de Peso. El control de pesos en el proceso es de vital importancia ya que puede indicar características muy importantes como la cantidad de humedad de la muestra o más grave

aún la pérdida de finos y con ello la pérdida de ley de mineral. Los pesos se deben tomar desde la recepción hasta el pulverizado; de modo que se pueda identificar en que estación de trabajo se pierde mayor cantidad de material; también se controla al sistema de extracción de polvo del laboratorio (Buenaventura, 2016).

Se realizó el análisis de información recopilada y se consultó la base datos de EBSCO, Alicia y ProQuest para la recopilación de antecedentes, Boletín N.º 31 del INGEMMET.

2.4.2. Etapa de Campo

Visita al área de perforación y Laboratorio Químico:

- Supervisión e inspección directa durante la toma de muestras de cada Blast hole.

Los Blast Hole son los hoyos perforados de 8 m de profundidad con el fin de realizar la voladura, son creados tomando en cuenta las mallas de voladura y el plan de minado. La distancia de estos huecos es de 5 metros aproximadamente para así obtener un material fragmentado homogéneo útil para realizar el carguío y acarreo para su posterior procesamiento en planta. Geología aprovecha estas perforaciones para mapear y tomar muestras para análisis químico de los minerales de interés. La perforación forma un cono de detritos donde el Muestreo con ayuda de la pala azadón abre 2 canales de muestreo, de cada una de las 4 caras de los canales obtiene una parte de muestra hasta llegar al peso adecuado de 5 kg, por último, se cierra y codifica la bolsa de muestra incluyendo datos del tajo, polígono y fecha para ser agregada al lote de envíos al laboratorio químico. Es importante durante el proceso verificar el buen estado de herramientas de trabajo, llevar el EPP requerido y limpiar periódicamente la pala azadón (Buenaventura, 2016).

Figura 3

Muestreo con azadón en Blast Hole



- Supervisión e inspección directa en el laboratorio químico de la preparación y el análisis químico de cada muestra de Blast hole, así como de sus controles.

Figura 4

Inspección al Laboratorio Certimin



2.4.3. Etapa de Post Campo o Gabinete II

- Procesamiento y validación de la data generada en campo en el registro de cada Blastholes muestreado y análisis químico.
- Elaboración e interpretación de los gráficos estadísticos.
- Elaboración de informes y recomendaciones con alternativas de mejora a partir de las observaciones encontradas.

2.5. Aspectos éticos

Para poder llevar el proyecto acabo, se realizó las coordinaciones respectivas con la empresa Pan American Silver obteniendo las aprobaciones correspondientes. Para el análisis de los resultados de muestreo se utilizará Microsoft Excel donde podremos aplicar la estadística descriptiva, además para el análisis y discusión de nuestros resultados usaremos Microsoft Word. Los softwares usados son de libre acceso y descarga.

Por su parte, la autoría de los trabajos es citado en el presente proyecto, para reconocer su trabajo intelectual ya que ha sido de una valiosa ayuda para poder continuar con la investigación puesto que cada autor tiene diferente manera de defender el tema y ayuda así a tener una idea más clara y realizar comparaciones del tema del proyecto.

2.6. Ubicación y Accesibilidad

La unidad minera La Arena, está ubicada en el Norte del Perú, a 480 Km al NW de la ciudad de Lima, en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad; a una altitud promedio de 3,400 msnm.

Las coordenadas UTM del centro de operaciones de la Unidad Operativa son:

Tabla 2

Coordenadas UTM de la Unidad Minera La Arena

VÉRTICE	ESTE	NORTE
V1	9128000	815000
V2	9125000	815000
V3	9125000	819000
V4	9128000	819000

Figura 5

Unidad Minera La Arena



Figura 6

Ubicación de La Arena



Nota. Adaptado de Ubicación de La Arena, de Pan American Silver U.M La Arena, 2022.

Adaptado con permisos del Autor.

El acceso al área del proyecto se puede dividir en 3 tramos:

Tabla 3

Acceso al área del proyecto

	RUTAS DE ACCESO	VIA	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (h)
1	Cajamarca - Cajabamba	Asfaltada	127	2.5
2	Cajabamba - Huamachuco	Asfaltada - Afirmada	53	2
3	Huamachuco - La Arena	Asfaltada	16	0.5

2.7. Geología Regional

El depósito La Arena está localizado en norte del Perú en el flanco Este de la Cordillera Occidental de los Andes. El área comprende sedimentos de la Cuenca del mesozoico occidental del Perú, los que fueron plegados y fallados durante la deformación Cenozoica.

La región está delineada por rocas ígneas, cuya evolución magmática post tectónica de carácter efusivo y posterior al emplazamiento del Batolito de la Costa, produjo esfuerzos compresionales de dirección SW-NE, produciendo el arqueamiento de toda la secuencia sedimentaria, plegando intensamente la serie, originando levantamiento y generando fracturamiento tensional y fallas regionales, las cuales se constituyeron en zonas de debilidad favorables para la inyección de los sistemas de intrusión, alteración y mineralización en toda el área.

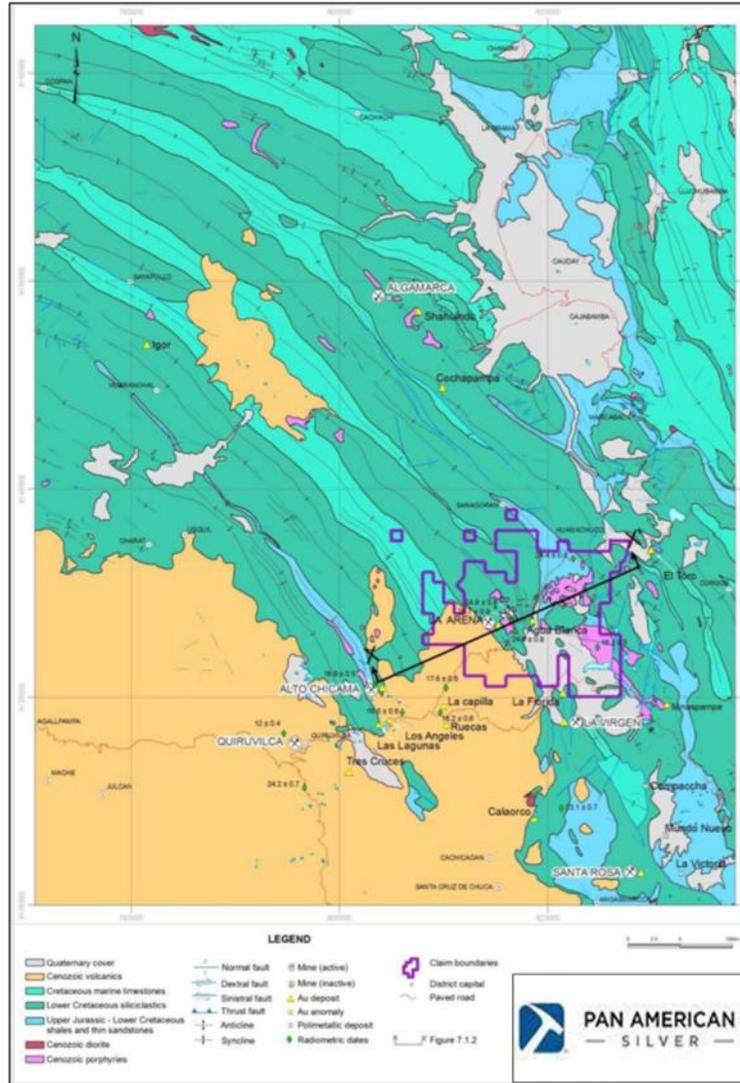
Los intrusivos hipabisales, han aprovechado los ejes de los pliegues sedimentarios para su emplazamiento magmático hidrotermal asociado a la mineralización. Como producto de la

intrusión magmática, se ha originado la mineralización en el área tipo pórfido y zona de contacto de brechamiento como se observa en el área de estudio.

El contexto geológico local está dado por la serie sedimentaria clástica de la Formación Chimú intensamente plegada, intruída por un stock pórfido dacítico, y diorítico de dimensiones de 2 x 3 km, emplazado a lo largo del corredor estructural NW-SE, localizado en la parte marginal NW del "Domo de Huamachuco". El yacimiento de Calaorco se desarrollan en gran extensión en la formación Chimú, ya que esta, es gran receptora de la mineralización en la zona, así como en otras minas muy cercanas a este depósito, como ocurre en los yacimientos de Comarsa y la Virgen.

Figura 7

Geología Regional



Nota. Adaptado de Geología Regional de Pan American Silver U.M La Arena, 2022. Adaptado con permisos del Autor.

La estratigrafía regional se describe desde la más antigua a la más joven de la siguiente forma:

(Paleozoico y Precambriano): Constituye el basamento rocoso al este de La Arena o a lo largo del Rio Marañón y la Cordillera Oriental. Estas rocas no se exponen en La Arena ni en las áreas cercanas.

Mesozoico: Las rocas aflorantes más antiguas en la región pertenecen a la Formación Chicama del Jurásico Superior y consiste de lutitas oscuras friables y laminadas de origen marino con delgadas intercalaciones de areniscas.

Hacia arriba se pasa a las rocas marinas siliciclásticas someras del Cretáceo Inferior correspondiente al Grupo Goyllarisquizga, la unidad inferior, bajo la cual se ubica la Formación Oyón que está compuesta de areniscas de grano fino a medio y lutitas finamente laminadas, con algunas capas de carbón. Sobreyaciendo a la formación Oyón se encuentran gruesas capas de areniscas cuarzosas de grano medio de la Formación Chimú las que constituyen la principal roca hospedante para la mineralización de oro en Lagunas Norte, El Toro, La Arena, La Virgen y Santa Rosa. Las restantes formaciones del Grupo Goyllarisquizga (Formaciones Santa, Carhuaz y Farrat) generalmente consisten de unidades siliciclásticas finamente granulares con intercalaciones menores de carbonatos. La edad de estas intrusiones varía de 23 a 25 Ma. Una de estas intrusiones alberga mineralización tipo pórfido en La Arena.

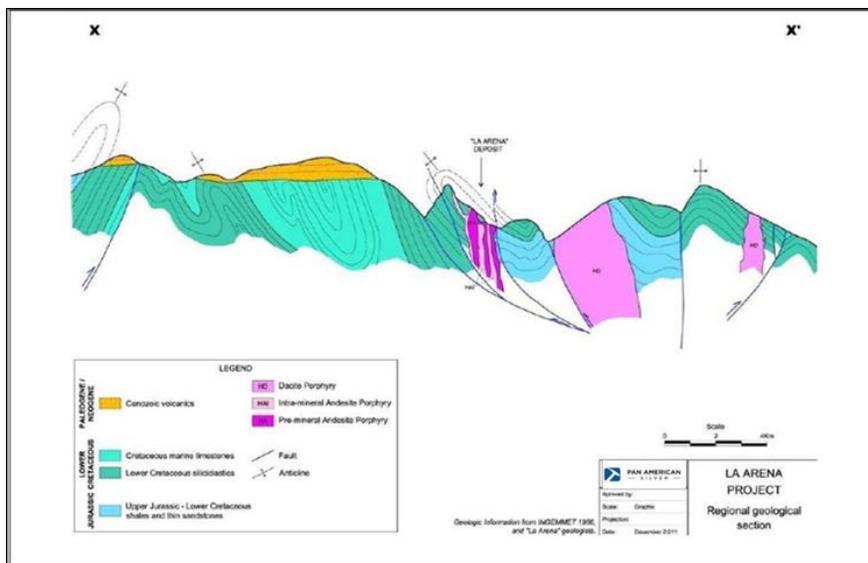
Los principales rasgos estructurales de la región están asociados con la secuencia sedimentaria del Jurásico-Cretáceo y consiste de una serie de pliegues, fallas inversas, y sobre escurrimientos generalmente de orientación NW-SE (Ver Figura 8). Individualmente los pliegues alcanzan hasta 80 km en longitud y 5 km de ancho y exponen diversas formas dependiendo de la

competencia relativa de los diferentes niveles estratigráficos. Por ejemplo, los sectores altamente competentes de la Formación Chimú forman núcleos estructuralmente complejos en los

principales anticlinales, donde estos han soportado mejor la erosión que los estratos circundantes.

Figura 8

Sección Geológica Transversal- La Arena



Nota. Adaptado de Sección Geológica Transversal de La Arena, de Pan American Silver U.M La Arena, 2022. Adaptado con permisos del Autor

2.8. Geología Local

El yacimiento LA ARENA S.A. está clasificado como un depósito epitermal de alta sulfuración emplazado en areniscas cuarzosas de edad Cretáceo inferior de la Formación Chimú, las cuales se encuentran en contacto con un Stock Intrusivo subvolcánico de composición Pórfido Andesítico de edad Terciaria, correspondiente al Grupo Calipuy.

La mineralización asociada principalmente a óxidos de hierro (Goethita, Limonita, Jarosita y Hematita) se presenta en horizontes de areniscas y en vetas delgadas a finas (feeders), que cortan a estos horizontes y a otras no competentes para ser mineralizados, cuando estas estructuras (NW y SE) se encuentran poco espaciados forman cuerpos diseminados con leyes generalmente bajas.

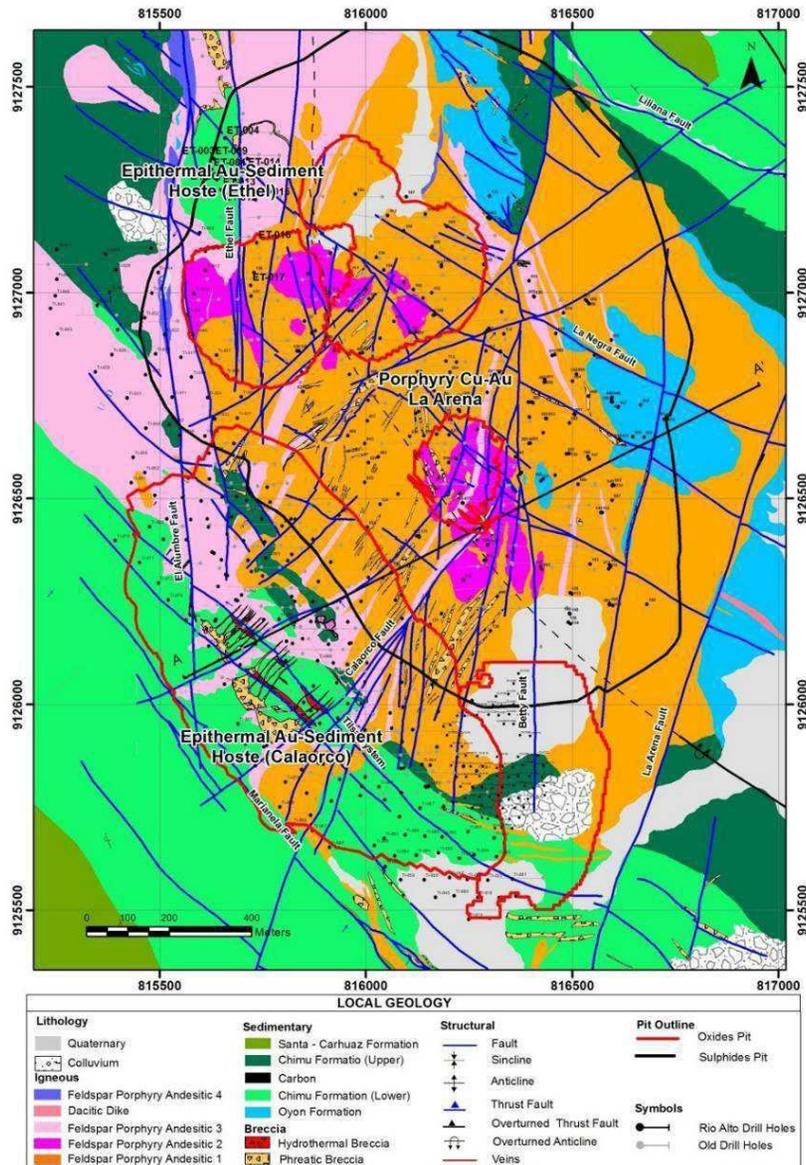
Los fluidos gaseosos del intrusivo emplazado en profundidad fracturó y brechó estas rocas, esta fase hidrotermal depositó el oro asociándolo a la pirita y enargita y en muy poca cantidad a metales base; dichos sulfuros fueron oxidados y lixiviados por la acción meteórica de las aguas lo cual produjo un enriquecimiento de la concentración aurífera.

Los contenidos de alunita, pirofilita y enargita permiten clasificar a este depósito como epitermal de alta sulfuración.

La alteración de las areniscas está asociada principalmente a la silicificación y la alteración de las rocas intrusivas (Pórfido Andesítico) varían de acuerdo al contacto con las rocas sedimentarias y son la silicificación (cerca al contacto), argilización, alteración fílica, propilítica y en forma puntual argílica avanzada.

Figura 9

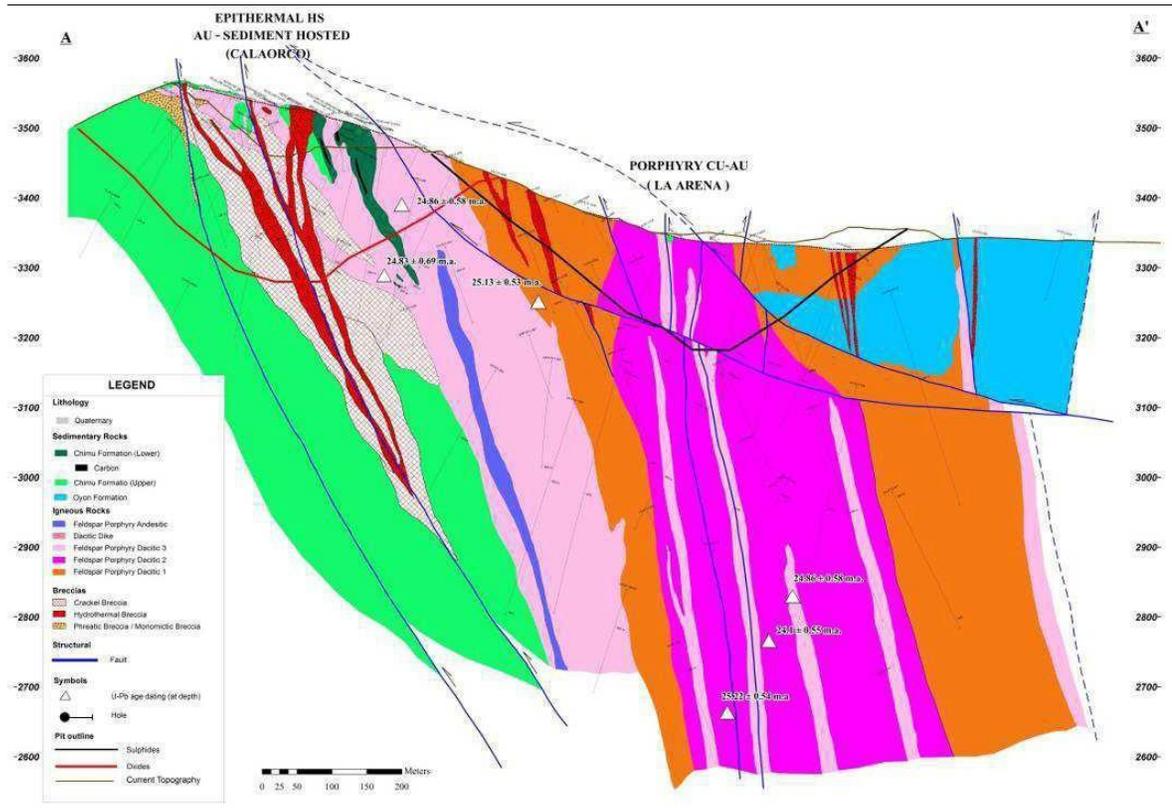
Plano Geológico Local - La Arena



Nota. Adaptado de Plano Geológico local La Arena, de Pan American Silver U.M La Arena, 2022. Adaptado con permisos del Autor.

Figura 10

Sección Geológica: Intrusión multifásica cortando rocas sedimentarias



Nota. Adaptado de Sección Geológica Intrusión Multifásica cortando rocas sedimentarias, de Pan American Silver U.M La Arena, 2022. Adaptado con permisos del Autor.

2.9. Geomorfología

La Arena se encuentra en la superficie de erosión de 3800 msnm, llamada superficie de Puna. Presenta geformas de colinas y valles juveniles y pampas relacionadas a valles maduros determinados por la resistencia de las distintas formaciones y rocas intrusivas aflorantes en la zona (Cano, 2017).

2.10. Estratigrafía

2.10.1. Formación Chicama

En la mayoría de los afloramientos de la zona se nota predominancia de lutitas negras laminares, deleznales, con delgadas intercalaciones de areniscas grises, abundantes nódulos negros, piritosos, algunas veces con fósiles algo piritizados. Es común observar manchas blancas amarillentas por eflorescencia de alumbre (Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, 1980).

2.10.2. Grupo Goyllarisquizga

Formación Chimú. Consiste en una alternancia de areniscas, cuarcitas y lutitas en la parte inferior y de una potente secuencia de cuarcitas blancas, en bancos gruesos, en la parte superior. Las areniscas generalmente son de grano mediano a grueso, con ocasionales lentes de granos de cuarzo poco redondeados. Tiene un grosor aproximadamente superior al que las formaciones Chimú y Santa se adelgazan gradualmente hacia el oeste como se observa en el corte de la carretera Pacasmayo-Tembladera y en la zona Algarrobal - San Benito. Es frecuente encontrar en los niveles inferiores e intermedios de la formación Chimú mantos de carbón, como en Callacullán y Yanahuanca, al este de Quiruvilca; generalmente se presentan uno o dos mantos, como los que se encuentran al norte y oeste del cerro Huaylillas al sur de Huamachuco; el de San Marcos y Sondor, en el cerro Shogo al noreste de la hacienda Jocos; el de los baños Yumagual y los de la zona de Coína, Usquil, Chuquizongo y Huaranchal, los cuales pertenecen a la cuenca carbonera del Alto Chicama. (Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, 1980).

Formación Santa. En el área consiste en una intercalación de lutitas y calizas margosas, y areniscas gris oscuras, con un grosor que oscila entre los 100 y 150 m. Sobreyace a la formación Chimú e infrayace a la formación Carhuaz, aparentemente con discordancia paralela en ambos

casos (Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, 1980).

Formación Carhuaz. Consta de una alternancia de areniscas con lutitas grises, las primeras con matices rojizos, violetas y verdosos (características principales para diferenciarla en el campo). Hacia la parte superior contiene bancos de cuarcitas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas. Solamente en la bajada a la hacienda Jocos (Cajamarca) se ha observado por vez primera, delgados lechos carbonosos en esta formación (Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, 1980).

Formación Farrat. Consta de cuarcitas y areniscas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m. aumentando en el sector suroeste. En algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje (Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, 1980).

Formación Inca. Infrayace concordantemente a la formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la formación Farrat, con un aparente paso transicional. En varios lugares, se ha observado que gradualmente se intercalan areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y lechos de cuarcitas, dando en superficie un matiz amarillento (Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, 1980).

Formación Chulec. Litológicamente, consta de una secuencia bastante fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema-amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Sus grosores varían de 200 a 250 m. con tendencia a aumentar hacia el suroeste. Generalmente, los bancos de margas se presentan muy nodulosos y las calizas frescas muestran colores gris-parduzcos algo azulados (Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, 1980).

Formación Pariatambo. En el área consiste de una alternancia de lutitas con lechos

delgados de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos (chert) y dolomíticos, con un característico olor fétido al fracturarlas. Generalmente, su espesor oscila entre los 150 a 200 m (Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, 1980).

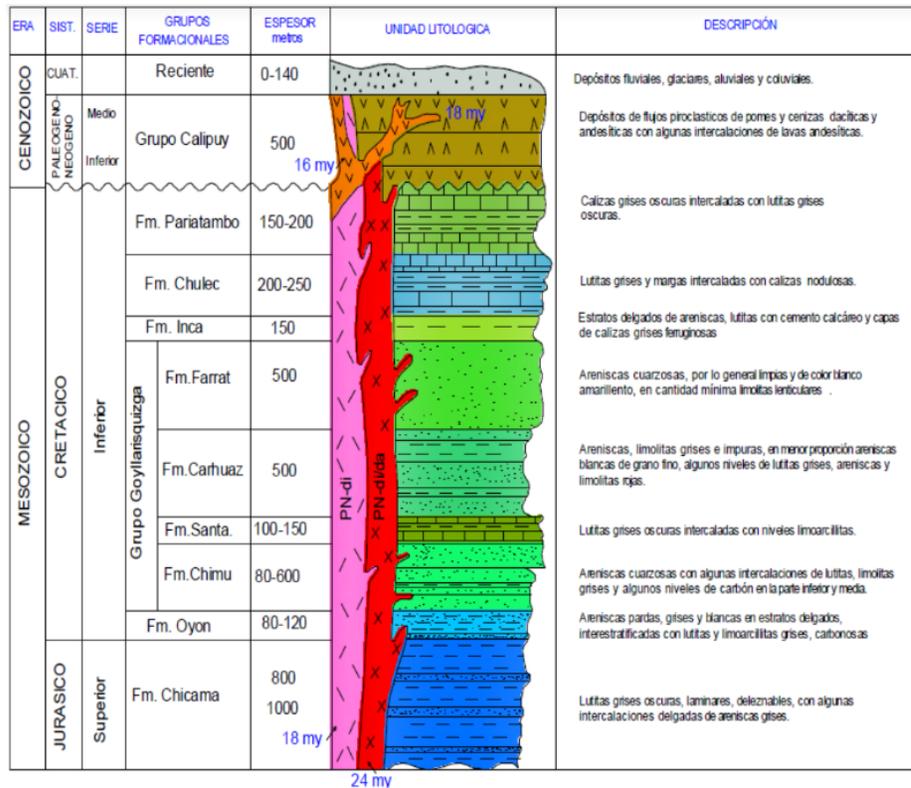
2.10.3. Grupo Calipuy

Formación Huaylas. Como una secuencia conglomerádica constituida por intercalaciones de areniscas y lutitas rojizas que se estimaron aproximadamente en 200 m. de espesor (Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, 1980).

Toda esa secuencia de la columna se encuentra instruida por stocks porfíricos de composición andesíticas de edad oligocena (FPA), que dan origen al yacimiento Epitermal y Pórfido de Cu-Au. Como cobertura tenemos sobreyaciendo con discordancia erosional a los depósitos coluviales de edad Cuaternaria.

Figura 11

Columna Estratigráfica Regional



Nota. Tomado de Columna estratigráfica de Cajamarca, de Melany Aguilar, 2019.

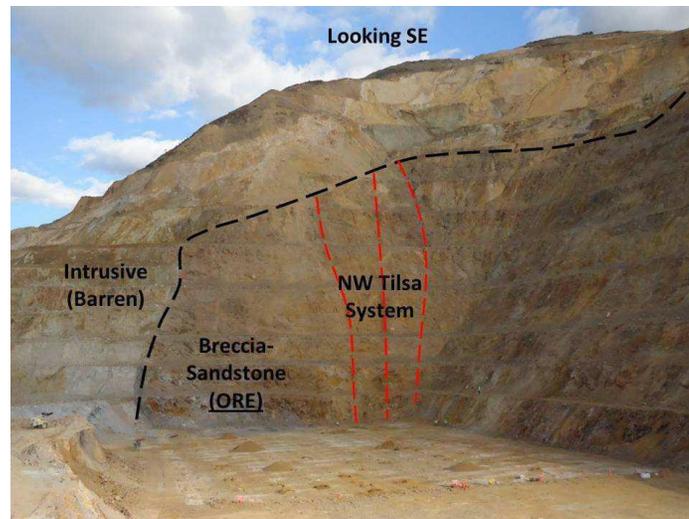
2.11. Mineralización

El yacimiento La Arena contiene mineralización aurífera de tipo Epitermal en areniscas las alojan mineralización en fracturas oxidadas y brechas, así como mineralización en pórfido de Cu-Au (Mo). Ambos estilos probablemente estén relacionados debido a que pueden haberse originado de la misma fuente, esto es actividad residual magmática relacionada a intrusivos de composición intermedia. La mineralización se extiende en una longitud de 2.2 km de norte a sur, con un ancho de 1.1 km Este a Oeste y un rango vertical de 1000 m. La continuidad de la mineralización es

excelente y mejora con cut offs de leyes más bajas, lo que es característico de este tipo de depósitos (Cabrera, 2014).

Figura 12

Estructuras minerales NW aflorando en el Tajo Calaorco - La Arena



2.12. Geología Estructural

El depósito de La Arena yace dentro de una flexión regional, la que se caracteriza por el cambio de dirección de los ejes del pliegue los que en general tienen una orientación andina (dirección NW-SE), sin embargo, localmente la dirección cambia a N-S estos cruces de fallas forman una estructura jog extensional en donde se emplazó el pórfido de Cu-Au (Mo). Hacia la parte oeste del pórfido se ubica el depósito Epitermal de Alta Sulfuración de Au alojado en areniscas de la Formación Chimú. La ubicación de este depósito está controlada por la intersección de las fallas NW-SE y NE-SW (Pan American Silver, 2022).

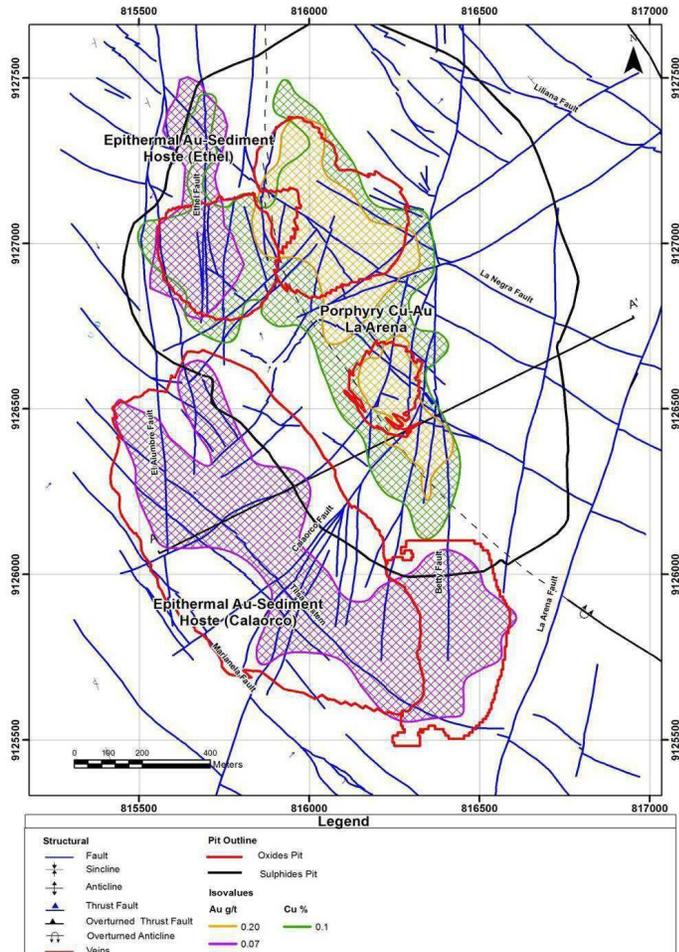
Uno de los principales rasgos en el área del proyecto es el anticlinal La Arena, el núcleo del cual aloja la mineralización relacionada a la intrusión tipo pórfido. El rumbo del eje del

anticlinal experimenta una deflexión en el área inmediatamente al norte del tajo actual. Regionalmente los ejes del pliegue tienden a la dirección NW-SE pero el anticlinal La Arena cambia a N-S por cerca de 1000m, probablemente influenciado por las estructuras de tendencia Norte (Pan American Silver, 2022).

Se han identificado cuatro sistemas de falla: los primeros dos sistemas tuvieron movimientos compresivos (sistema NW-SE) y dextrales a lo largo del rumbo (sistema N- S), el tercero representa movimientos extensionales (sistema NE-SW) con fallas normales y de rumbo, mientras que el cuarto sistema ha sido reactivado por movimientos compresionales (thrust faults) (Pan American Silver, 2022).

Figura 13

Mapa de estructuras y mineralización - La Arena



Nota. Adaptado Mapa de Estructuras y Mineralización - La Arena, de Pan American Silver U.M La Arena, 2022. Adaptado con permisos del Autor.

2.13. Alteración Hidrotermal

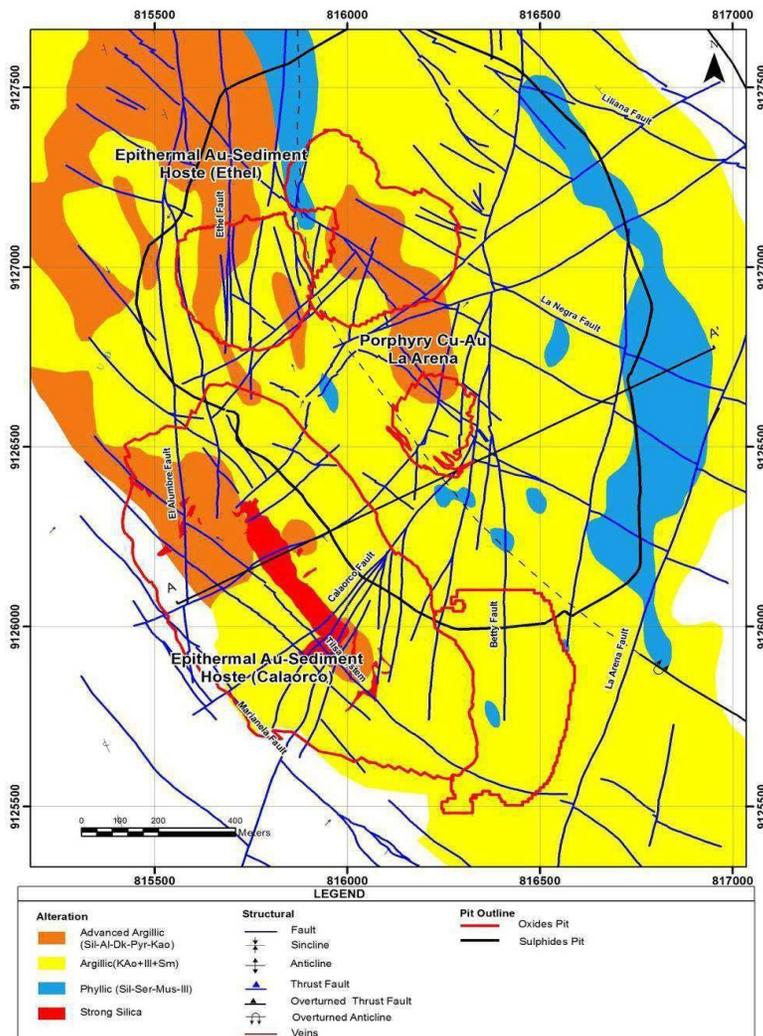
La mineralización de La Arena está relacionada a depósitos ligados en los ambientes Epitermal y pórfido, el primero alojado en areniscas de la formación Chimú y la última por múltiples intrusiones con una edad de ~25 Ma (Pan American Silver, 2022).

En superficie, se observa una distribución de arcillas de alteración. Donde se observan dos patrones mayores de alteración en la zona de pórfido, los que son illita-pirofilita-muscovita y caolinita (probablemente supergena) y en la zona del Epitermal de alta sulfuración, sílice-alunita-dickita y caolinita supergena. Existen dos tendencias NW de la pirofilita dentro del Tajo Calaorco y otro que se extiende a través del pórfido en el Tajo Ethel. Estos dos corredores paralelos a la tendencia andina son controlados por las estructuras mayores. Conductos conteniendo fluidos calientes con muscovita han superpuesto al pórfido y se han enfriado conforme fluyeron hacia el NW a lo largo de las estructuras. Además, hay una tendencia NE de la pirofilita en la zona NW del Tajo Calaorco (Pan American Silver, 2022).

La distribución de la alteración tanto en superficie como en profundidad es muy consistente debido a que la alteración fílica fuerte se superpone a la alteración potásica progradada (biotita-magnetita-K secundaria, clorita-feldespató) de esta forma la magnetita es completamente destruida, además, existe una superposición argílica tardía de illita-clorita a lo largo de las estructuras profundas dentro del pórfido. La transición de los márgenes del depósito tipo pórfido hacia el oeste, cerca y dentro del depósito Epitermal, está marcado por pirofilita, especialmente a lo largo de estructuras NW, esto debido al enfriamiento durante la etapa fílica, desde muscovita a pirofilita, con enfriamiento adicional produciendo la formación de dickita (Pan American Silver, 2022).

Figura 14

Mapa de alteración hidrotermal (en superficie) - La Arena



Nota. Adaptado de Alteración Hidrotermal (En superficie) - La Arena, de Pan American Silver U.M La Arena, 2022. Adaptado con permisos del Autor.

2.14. Litología presente en el tajo Calaorco

En el tajo Calaorco afloran los miembros superiores de la Formación Chimú; el Miembro Medio (B) que es una secuencia rítmica de areniscas cuarzosas blanquecinas a grises claras, intercaladas con secuencias lutáceas y limolíticas. Estas rocas están constituidas de granos de

cuarzo subreondeados de granulometría media a fina, la estratificación se da en capas medianas a gruesas con una potencia entre 0.60 a 0.80 m y con estructuras típicas de rocas sedimentarias (estratificación cruzada, estructuras de sobrecarga, etc) (Pan American Silver, 2022).

Sobreyaciendo a esta secuencia tenemos al Miembro Superior (C), en el cual encontramos un roof pendant (cuerpo brechado), constituido por limolitas con delgadas secuencias de areniscas de grano fino y lentes de lutitas carbonosas (Pan American Silver, 2022).

Los lentes de carbón presentes en el tajo Calaorco se presentan en la parte central con rumbo NW, está secuencia orgánica se encuentra en el contacto con Bloques Mineralizados (roof pendant), los que se encuentran asimilados por el subvolcánico andesítico que lo cortó (Cabrera, 2014).

2.15. Geología Estructural del Tajo Calaorco

La zona ha sido sometida a una intensa actividad tectónico-magmática evidenciada por:

1. Intenso plegamiento y fallamiento andino.
2. Intensa actividad magmática efusiva e intrusiva.
3. Arqueamiento del plegamiento andino.
4. Generación de fallas de transferencia.
5. Actividad magmática hidrotermal.

Distritalmente, la estructura dominante constituye el “Domo de Huamachuco”, generado por la intrusión de un stock elíptico de 20 x 11 km. Dentro del complejo dómico, se han reconocido afloramientos aislados de stocks de composición intermedia a mediana acidez, pero que, en profundidad, parecen constituir un sólo cuerpo intrusivo mayor. Las zonas marginales del domo,

asociadas a lineamientos NW-SE, NE-SW y N-S, aparentemente constituyen las partes hidrotermalmente más activas, relacionadas a la mineralización. En el yacimiento la Arena la mineralización económica está controlada por el sistema estructural NW-SE y NE-SW (Pan American Silver, 2022).

2.16. Alteración y mineralización del Tajo Calaorco

Las alteraciones presentes en el tajo son:

2.16.1. Propilitización

Se presenta en el intrusivo andesítico adyacentes a las zonas argilizadas. Los ensambles de esta alteración son los siguientes: epidota, clorita, carbonatos y arcillas (Pan American Silver, 2022).

2.16.2. Argílica

Está alteración se presenta con mayor intensidad en el intrusivo andesítico terciario (25 Ma.), conformando la mayor alteración presente en las rocas del tajo. Los ensambles que caracterizan esta alteración son pirita, caolinita, montmorillonita, muscovita y calcita (Cabrera, 2014).

2.16.3. Argílica Avanzada

Está alteración predomina en el contacto del intrusivo andesítico de 28 ma. (dique central), con las areniscas de los bloques mineralizados, también en el contacto del intrusivo sedimentario del sur del tajo y algunos diques del norte. Los ensambles característicos de esta alteración son la alunita, caolinita, dickita, pirofilita y la muscovita. En el tajo se observa alunita rosácea cerca de la superficie y blanquecina a profundidad (Cabrera, 2014).

2.16.4. Silicificación

Se da mayormente en las areniscas de los cuerpos Mineralizados y en el contacto con el intrusivo andesítico. La silicificación en estos cuerpos es intensa siendo fuerte a moderada al alejarse del contacto con el intrusivo y en este último se torna también con moderada silicificación en un halo de 10 m (Pan American Silver, 2022).

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Se analizó un total de 20477 muestras en el Laboratorio Químico Certimin; de las cuales 5643 son muestras de control, lo que representa una tasa de inserción de 27.55%, el cual es aceptable y mayor al 20%, según las recomendaciones de Simón (2016).

Tabla 4

Resumen de Ratio de Inserción al 2021

CONTROLES	TIPOS	N.º	RATIO DE INSERCIÓN
Duplicados	Duplicados de campo	2154	10.52%
Blancos	Blanco Grueso	1683	8.22%
Estándares	Ley Baja	440	2.15%
	Ley Media	716	3.49%
	Ley Alta	650	3.17%
TOTAL		5643	27.55%

3.1. Evaluación de la Precisión

No más de 10% de los pares de muestras debe quedar fuera del campo delimitado por la línea $y=x$ y la hipérbola $y^2 = m^2 x^2 + b^2$, con pendiente m de la asíntota calculada para $b=0$. La máxima tasa de errores convencionalmente aceptada es de 10%.

Duplicados de Campo

Fueron analizados 2154 muestras de duplicados de campo lo que representa una tasa de inserción de 10.52%, se preparó gráficos de Max-Min, los cuales fueron evaluados mediante el método hiperbólico, con un límite en el error relativo de 30%; y una pendiente de 1.35. Con este tipo de controles (Muestras Gemelas o Duplicados de Campo), se validó el Muestreo con Azadón.

Tabla 5

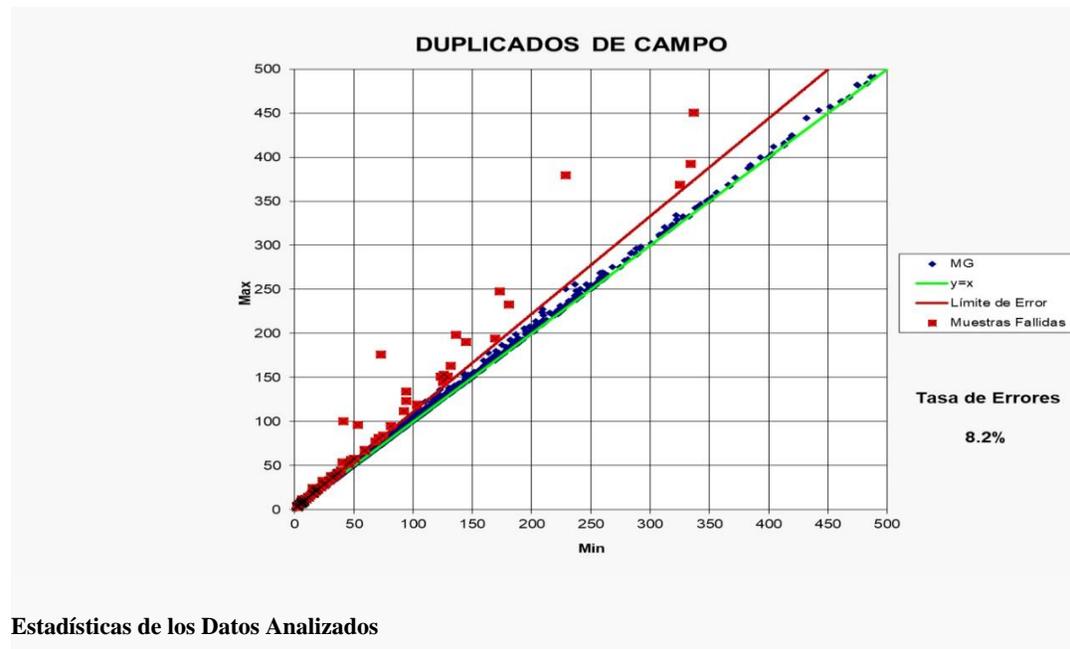
Resumen de Muestras Duplicadas de Campo

ELEMENTO	NÚMERO DE PARES	ERRORES (PARES)	ERROR (%)
Au %	2154	114	8.2%

A continuación, se detalla la interpretación de todos los gráficos analizados, para las muestras de Duplicados de Campo.

Figura 15

Duplicados de Campo



Estadísticas de los Datos Analizados

Media: 365.6	Desviación Estándar: 212.38
Mediana: 364.6	Coefficiente de Variación: 0.58
Mínimo: 2.50	Varianza: 45107.55
Máximo: 943.5	Error: 8.2%

Nota. En la figura anterior se ha realizado el análisis con 2154 pares de duplicados de campo de los cuales 114 son pares fallidos, obteniéndose una tasa de error 8.2%. Este valor se encuentra por

debajo del sesgo aceptable del 10%, indicando errores puntuales en el muestreo que se deben identificar y precisar para tomar las acciones correctivas.

3.2. Evaluación de la Exactitud

El sesgo resultante del análisis, debe encontrarse dentro de límites aceptables: bueno: sesgo < 5%, cuestionable: sesgo de 5% a 10% e inaceptable: sesgo > 10%.

$$\text{Sesgo (\%)} = \left(\frac{PR}{MV} \right) - 1$$

PR: representa la media de los valores obtenidos en el análisis del material de referencia.

MV: el mejor valor del material de referencia o Best Value (Simón, 2021)

Estándares o Materiales de Referencia

Los estándares utilizados actualmente son los siguientes:

Tabla 6

Valores para los estándares acordes a las leyes del yacimiento

ESTÁNDAR	VALOR ADECUADO	VALOR USADO
		0.108
Bajo	0.074	
	Cut-off del yacimiento	0.125
	0.443	
Medio	Promedio de ley del yacimiento	0.231
		0.303
Alto	0.84	0.509
	Dominios de alta ley	
		0.832

Para la evaluación de los estándares se utilizó +/- 3 desviación estándar. De donde podremos analizar el sesgo correspondiente. Se analizó 1806 muestras lo que representa una Ratio de Inserción de 8.81%.

Tabla 7

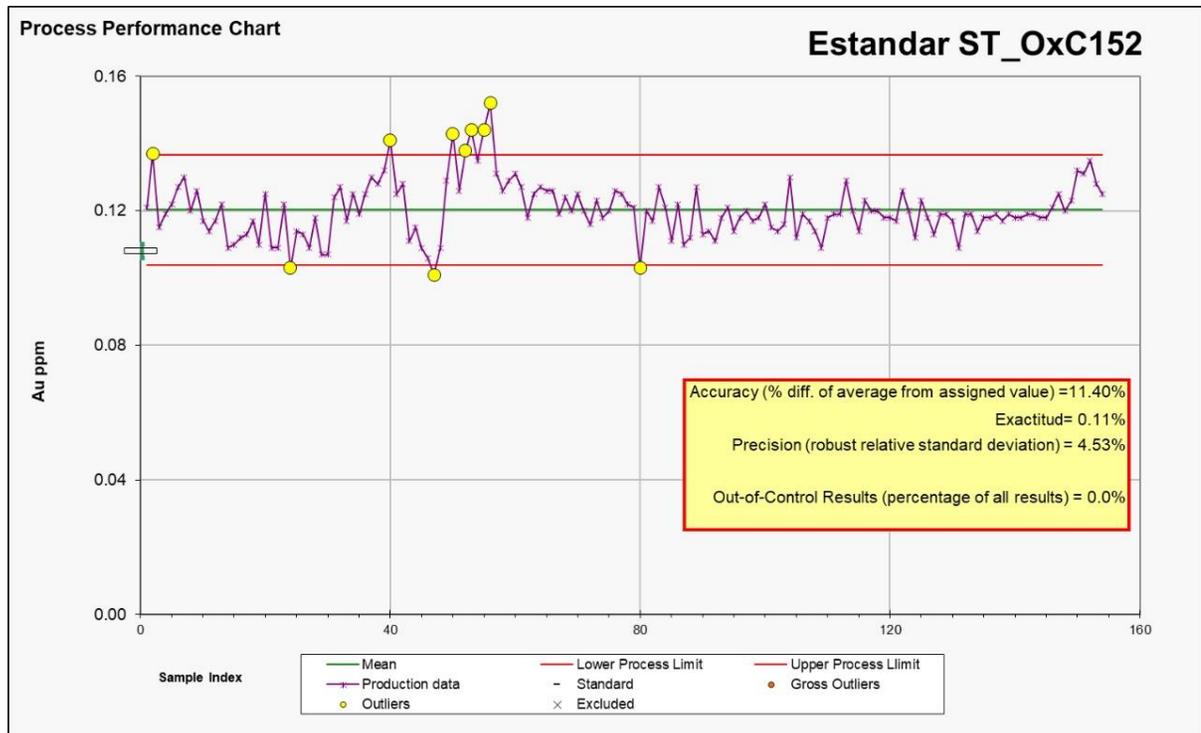
Resumen Estándares

ESTÁNDAR	ELEMENTO	UNIDAD	MEDIA	MEJOR VALOR	SESGO
STD_OxC152	Au	Ppm	0.120	0.108	4.5%
ST51_AuOx13	Au	Ppm	0.122	0.125	2.74%
ST52_AuOx29	Au	Ppm	0.300	0.303	1.05%
ST102_OxD167	Au	Ppm	0.231	0.231	0.04%
ST103_AuOx31	Au	Ppm	0.82	0.832	1.77%
ST113_OxG140	Au	Ppm	0.509	0.509	1.01%

El sesgo para los Estándares de leyes medias y altas son aceptables, sin embargo, para los estándares de ley baja STD_OxC152 y ST51_AuOx13 es cuestionable ya que se encuentran dentro del rango de 5% a 10%. Las muestras observadas con error deben ingresar al proceso de reanálisis en el laboratorio químico y verificar sus controles de calidad por cada muestra a fin de encontrar el origen del error.

Figura 16

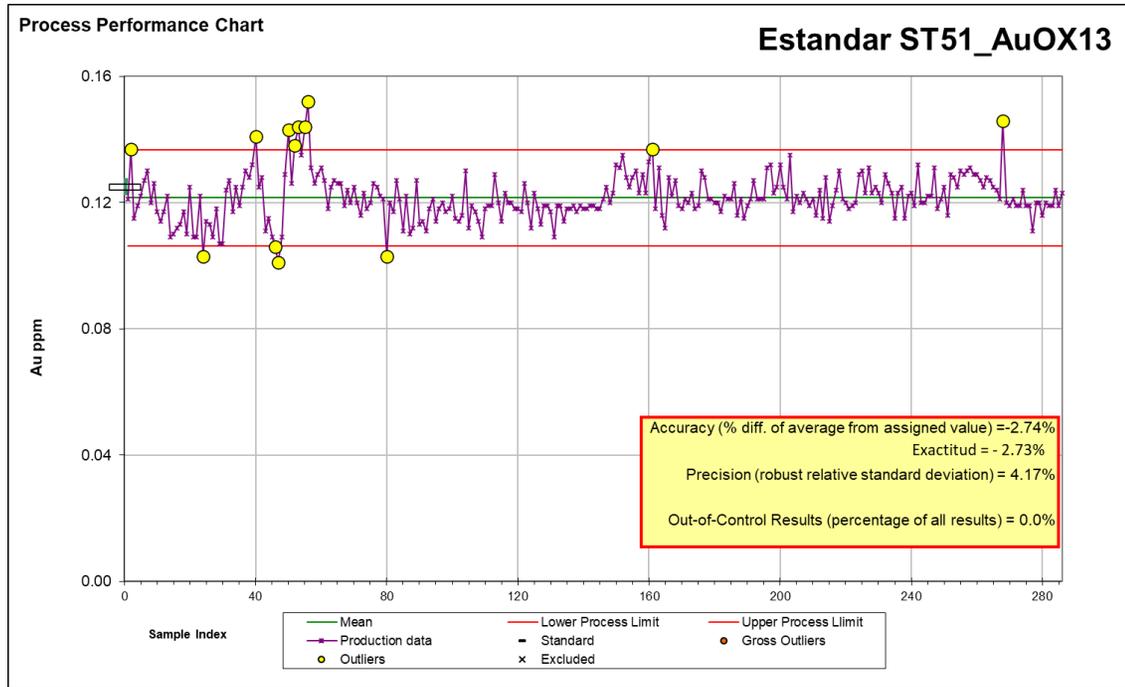
Estándar STD_OxC152



Se elaboró el gráfico para el Estándar STD_OxC152 para Au, se realizó con un total de 154 muestras, del cual se obtuvo una media de 0.12% de Au y un sesgo de 4.5%, el cual es cuestionable.

Figura 17

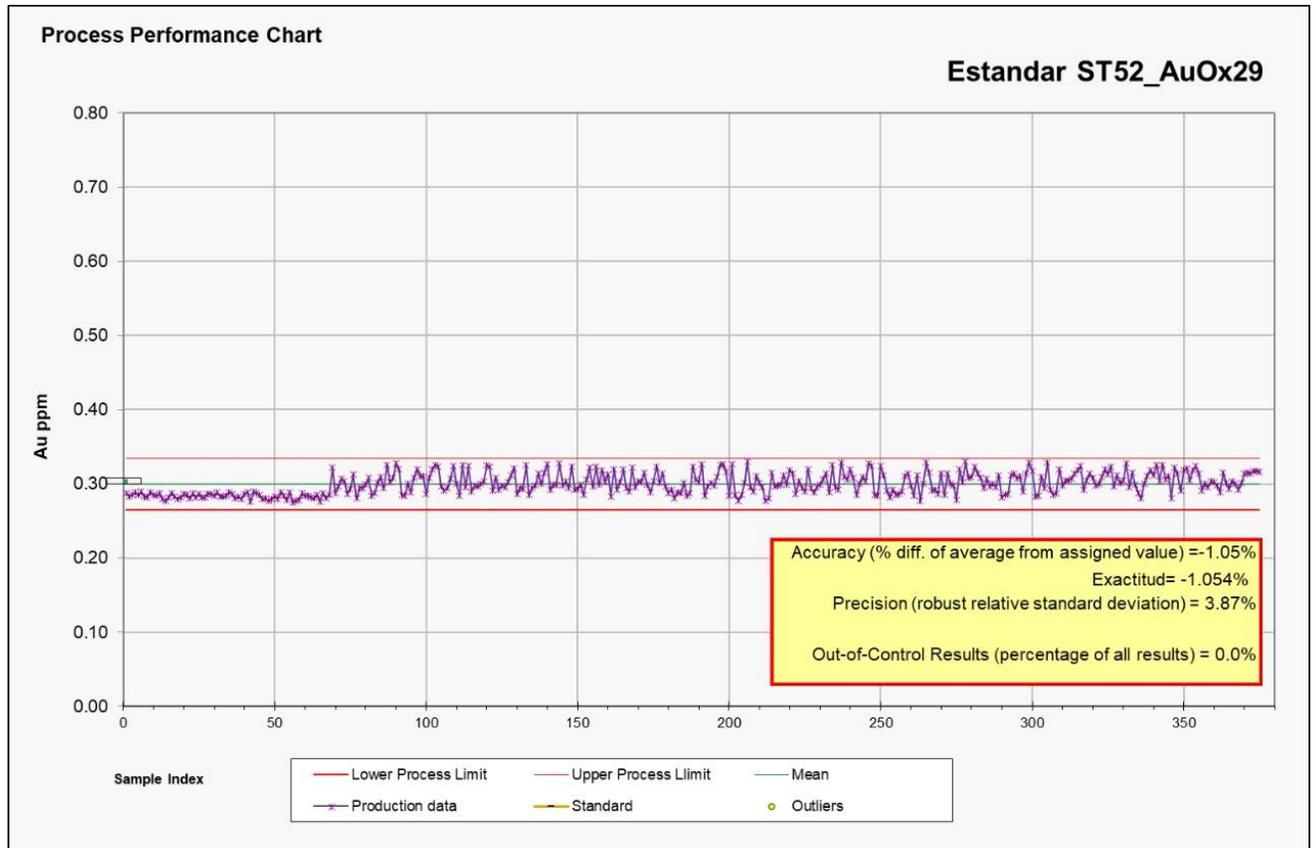
ST51_AuOx13



Se elaboró el gráfico para el Estándar ST51_AuOx13 para Au, se realizó con un total de 286 muestras, del cual se obtuvo una media de 0.122% de Au y un sesgo de 2.74%, el cual es cuestionable.

Figura 18

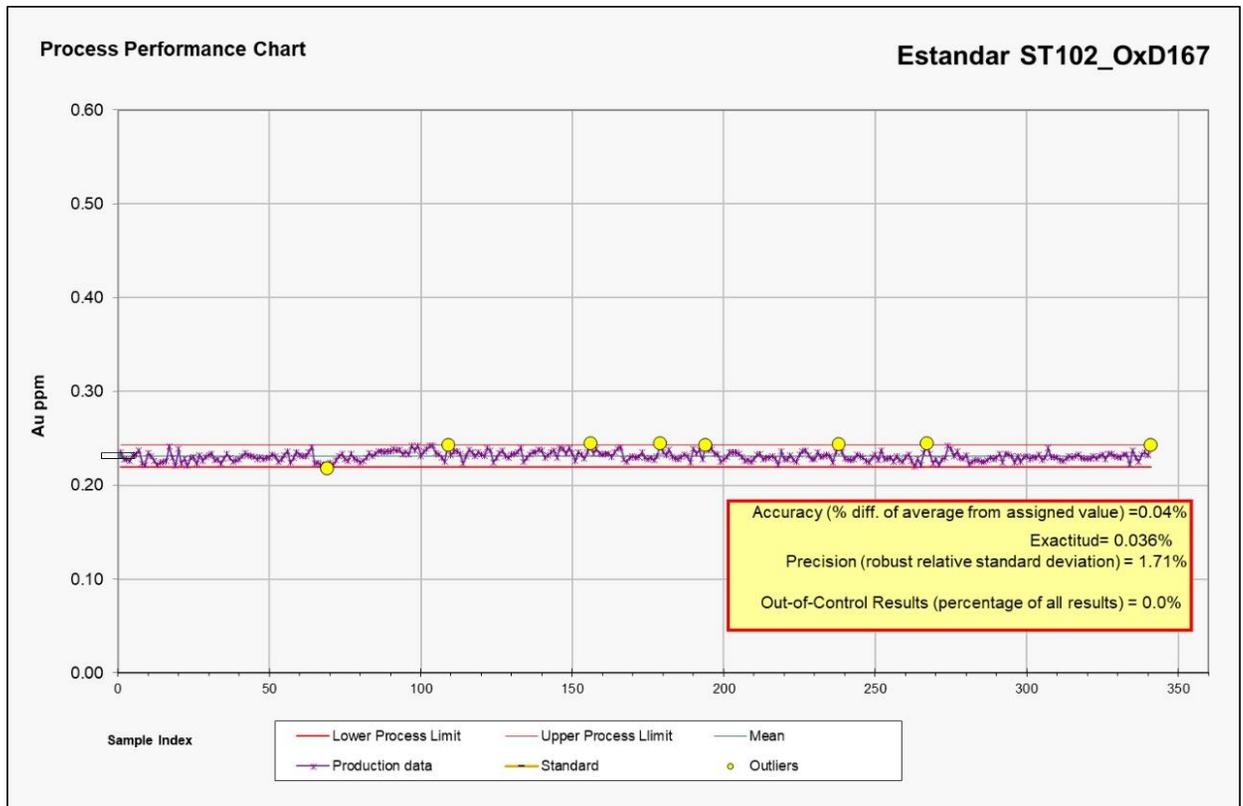
ST52_AuOx29



Se elaboró el gráfico para el Estándar ST52_AuOx29 para Au, se realizó con un total de 375 muestras, del cual se obtuvo una media de 0.299% de Au y un sesgo de 1.05%, el cual es aceptable.

Figura 19

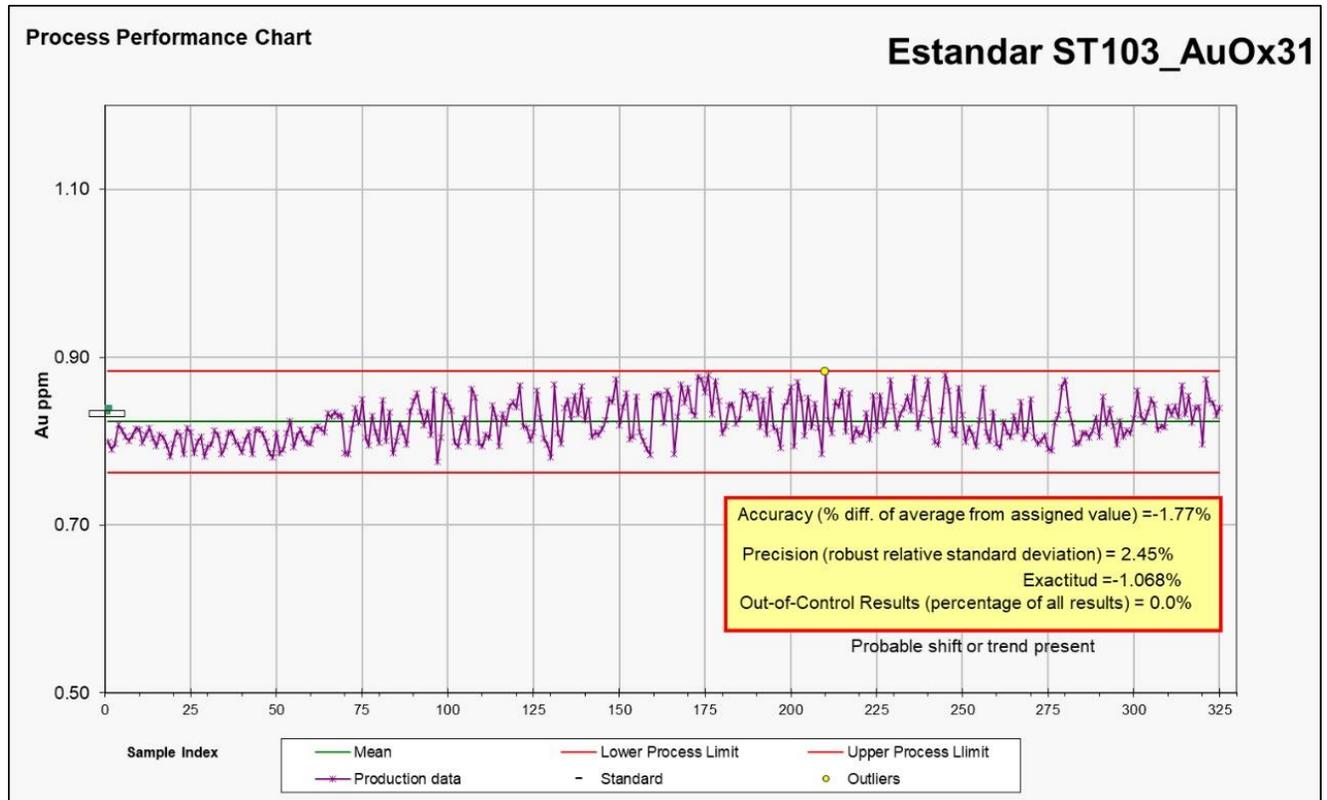
ST_OxC167



Se elaboró el gráfico para el Estándar ST_OxC167 para Au, se realizó con un total de 341 muestras, del cual se obtuvo una media de 0.23% de Au y un sesgo de 0.04%, el cual es aceptable.

Figura 20

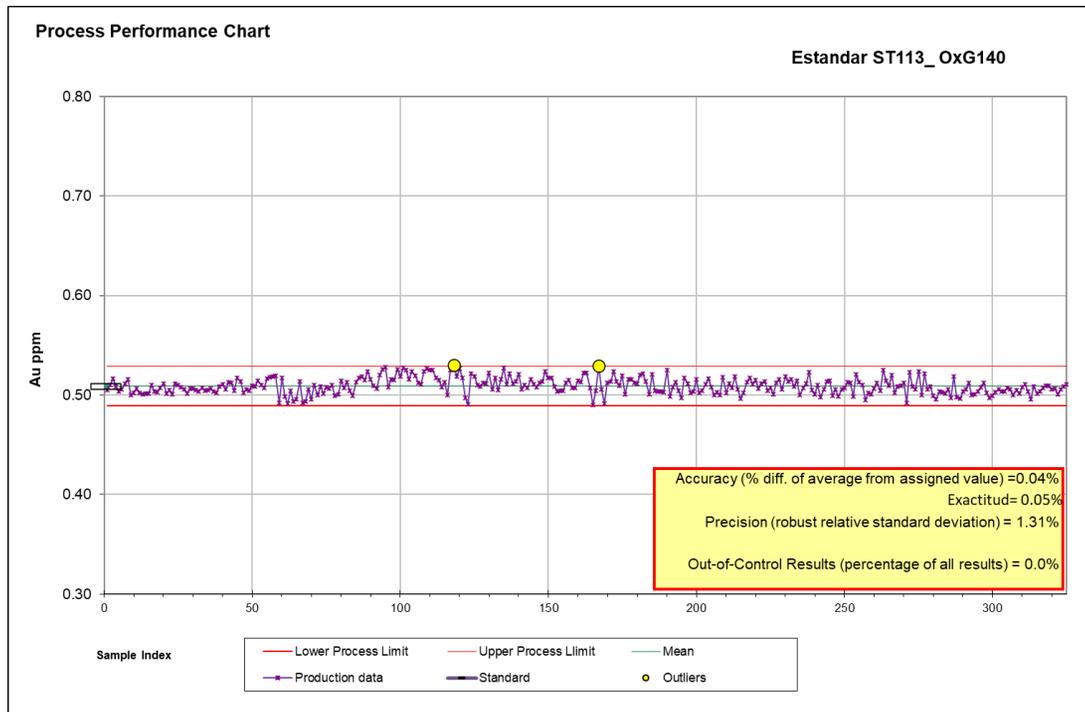
ST103_AuOx31



Se elaboró el gráfico para el Estándar ST103_AuOx31 para Au, se realizó con un total de 325 muestras, del cual se obtuvo una media de 0.823% de Au y un sesgo de 1.77%, el cual es aceptable.

Figura 21

ST113_OxG140



Se elaboró el gráfico para el Estándar ST113_OxG140 para Au, se realizó con un total de 325 muestras, del cual se obtuvo una media de 0.51% de Au y un sesgo de 0.04%, el cual es aceptable.

3.3. Evaluación de la Contaminación

Se indica como criterio de aceptación, el valor del blanco no debe de ser mayor a 5 veces el límite de detección para el elemento evaluado. El Ratio de Contaminación no debe ser mayor a 5%.

Blanco Grueso

(BLK_ES) Blanco ESDEL grueso, certificado; insertado en campo. Se analizó 1683 muestras lo que representa una ratio de inserción de 8.22%.

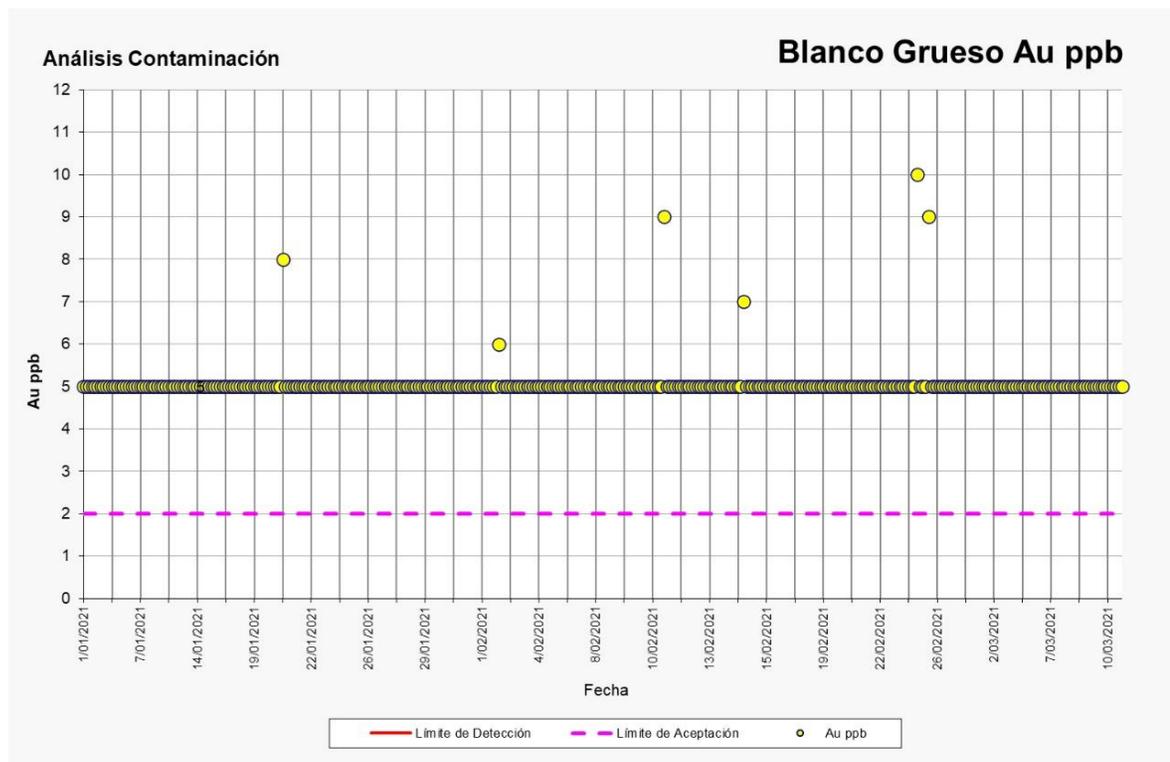
Tabla 4

Resumen para Blancos Gruesos

ELEMENTO	NÚMERO DE BLANCOS	LÍMITE DE CONTAMINACIÓN	CONTAMINADOS	RATIO CONTAMINACIÓN
Au %	1683	0.005	6	0.35%

Figura 22

Blanco Grueso Au ppb



En el gráfico se puede observar que el conjunto de muestras se encuentra dentro de la tolerancia y solo 6 muestra está sobre el límite de detección lo que indica que no se está adicionando contaminación en el proceso de preparación de la muestra. Se puede decir que éste es un caso ideal donde el proceso de preparación se realiza con pulcritud.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

En el presente estudio se evidencia que a partir de los resultados es posible identificar si los datos obtenidos cumplen los criterios de calidad, por lo que, se acepta la hipótesis que establece que la mejora del Sistema de Control de Calidad QA/QC en el proceso de análisis de muestras geológicas de BH en la empresa Pan American Silver – U.M. La Arena, incrementará el nivel de confianza de la información obtenida en los resultados de laboratorio, debido a un ajuste de las muestras de control a los estándares recomendados, además del monitoreo constante al muestreo y procesos de laboratorio, esto nos asegura resultados fiables y obtendremos datos dentro de los límites permisibles.

Se concluye que, la mejora del sistema de control de calidad QA/QC en el proceso de análisis de muestras Blast Hole aumenta el nivel de confianza de la información obtenida por el laboratorio, debido a que en el último año se realizó y se trabajó con un sistema no acorde a los estándares recomendados.

Se evaluó un total de 20477 muestras en Laboratorio Químico Primario Certimin, líder en inspección, verificación, análisis y certificación, de las cuales 5643 muestras fueron para controles de calidad, lo que representa un Ratio de Inserción de 27.55% distribuidos aleatoriamente en el flujo de muestras, resultado que es tipificado como bueno y aceptable según el programa QAQC – de la empresa AMEC, con la asesoría y recomendaciones de A. Simons.

El grado de confianza de los resultados de las muestras enviadas al Laboratorio (Blancos y duplicados de campo) demuestran que no ha existido contaminación alguna durante el proceso de preparación y análisis, debido al monitoreo constante que realiza mediante las gráficas de control.

Las 2154 Muestras de duplicados de campo presentan un error de 8.2% indicando una precisión buena y aceptable por estar dentro de los límites permisibles; sin embargo, al utilizar los Materiales de Referencia Estándar con leyes no adecuadas al yacimiento demostraron una tendencia a la subestimación de leyes y una deficiente exactitud (1.85%), por ende, las leyes bajas cercanas al Cut-off se convierten en desmonte.

Los Materiales de Referencia Estándar adecuados a las leyes del yacimiento son: para ley baja el valor de 0.074 por ser el cutt-off del yacimiento, para ley media el valor de 0.443 por ser el promedio de la ley del yacimiento y para ley alta el valor es 0.84 por ser dominios de alta ley.

Se propuso medidas oportunas de mejora para solucionar los problemas de calidad identificados durante el muestreo y proceso de análisis químico.

Los resultados obtenidos por Ccama (2017) muestran un ratio de inserccion de blancos gruesos de 3.84%, un ratio de contaminación de 1.16% con 5 muestras fuera del limite lo que es aceptable en el grado de contaminación de muestras. El cual coincide con la presente investigación con un ratio de inserción de blancos gruesos de 8.22%, con presencia de 6 muestras contaminadas de un total de 1683 muestras representando un ratio de 0.35% siendo este un caso ideal donde el proceso de preparación se realiza con pulcritud.

Ancco (2016) obtuvo 57 muestras de duplicados de campo de las cuales se obtuvo 1 par (1.8%) fuera de los limites aceptables estos datos nos indican presicion en el muestreo por canales. Lo cual guarda relación con la presente investigación donde se obtuvo 114 pares con error y una taza de error 8.2% de un total de 2154 muestras de duplicados de campo, siendo este valor aceptable al encontrarse por debajo del 10% recomendado, indicando errores puntuales en el muestreo que se pueden identificar y precisar para la toma de acciones correctivas.

En los resultados obtenidos por Sánchez y Sánchez (2015) para su estandar LBS2 (Ley Baja) 8 muestras se encuentran fuera de la desviación estandar de un total de 16 muestras lo cual indica un valor de 50% de error que muestra una inaceptable exactitud. El cual difiere de la presente investigación para el estandar STD_OxC152(Ley baja) en el que se obtuvo un sesgo de 4.5% para un total de 154 muestras siendo este cuestionable por encontrarse en el rango de 5 al 10%.

En sus resultados, Zeballos (2019) para su estandar HBB-01 (Ley Baja) obtuvo un sesgo de 2.9% el cual es aceptable por encontrarse por debajo del limite de 5%; lo cual coincide con el presente estudio para el estandar ST51_AuOx13(Ley Baja) con un sesgo de 2.74% el cual es aceptable.

Rojas (2019) en su estandar STD (Ley Media) obtuvo un sesgo de 0.4% para un total de 27 muestras es cual es aceptable; lo cual coincide con nuestro estandar ST52_AuOx29 (Ley Media) con un sesgo aceptable de 1.05%.

Guerrero (2015) en su estandar ST_ELA (Ley Alta) obtuvo un sesgo aceptable de 1.4% para un total de 396 muestras. El cual coincide con nuestro estandar ST103_AuOx31 del cual se obtuvo un sesgo aceptable de 1.77% para un total de 325 muestras encontrandose dentro de los limites.

Algunas de la limitaciones en la presente investigación son la ubicación de la zona de estudio ya que se encuentra un poco alejada de la Ciudad de Cajamarca, también la escasa información de antecedentes para QA/QC en Blast Hole. Los resultados se pueden generalizar hasta maximo un año anterior, ya que el proceso de preparacion y analisis de muestras varian dia con dia.

4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda al área de geología mantener la limpieza y verificar el estado de los equipos y herramientas antes de realizar el proceso de muestreo, se debe realizar inspecciones a las plataformas de la perforación, verificando que la recolección de las muestras se realice con cuidado y evitando la pérdida de los materiales finos. Además, se recomienda preparar 2 tipos de estándares en baja, media y alta ley. Es recomendable realizar evaluaciones a los diferentes métodos y herramientas usados en la toma de la muestra y hacer un seguimiento continuo a los perforadores BH, para una buena perforación con los equipos en las condiciones adecuadas y una buena obtención del cono para el muestreo.

Al laboratorio Certmin se recomienda hacer uso de blancos para limpiar los equipos de chancado, evaluar la absorción de finos en el sistema de extracción en las etapas de chancado y homogenizado. Es importante verificar que el laboratorio de preparación cuente con procedimientos adecuados, usar instrumentos y equipos adecuados en buen estado. Además, realizar auditorías de parte de Geología al laboratorio sin previo aviso para hacer seguimiento de los protocolos de preparación de muestra.

Se recomienda al laboratorio Certmin contar con estándares internos certificados y usar productos químicos confiables, además debe mantener los ambientes de trabajos limpios y ordenados. Así mismo, revisar los pesos de muestra; el tiempo y temperatura.

El plan de inserción de las muestras de control se debe realizar en forma aleatoria, para que no pueda ser identificada en las diferentes etapas del proceso de muestreo, el etiquetado y la inserción de controles debe de hacerse con la supervisión del geólogo y/o el responsable de QAQC, se debe contar con suficiente material estéril que sirva de blanco y la limpieza de equipos, los

materiales de referencia estándar se recomienda que estos se preparen con materiales de la misma operación minera.

REFERENCIAS

- Ancalle Quispe, F. J. (2020). Logueo geológico, muestreo y QA/QC en perforación diamantina, proyecto Puite-Colorada en el departamento Moquegua de la compañía minera Zahena S.A.C. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ; Repositorio Institucional - UNSA.*
- Ancco Castillo, M. P. (2016). *Aseguramiento y control de la calidad del muestreo de canales - Mina Animón, Distrito de Huayllay, Provincia de Pasco, Departamento de Pasco.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ; Repositorio Institucional - UNSA.
- Arias, J. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación Científica.* Arequipa: ENFOQUES CONSULTING EIRL.
- Ávila Indo, M. A. (2019). Desarrollo de guía de mejores practicas en estimación de recursos mineros para yacimiento tipo pórfido cuprífero en Chile. *Universidad de Chile: Repositorio académico.*
- AVR Consultores. (23 de 09 de 2022). *AVR Consultores.* Obtenido de AVR Consultores: <https://avrconsultores.cl/tipos-de-duplicados-en-el-control-de-calidad/>
- Buenaventura. (2016). *Manual de control de calidad.*
- Cabezón Gutiérrez, S. (2014). Control de Calidad en la Producción. *Universidad de Valladolid. Escuela de Ingenierías Industriales.*
- Cabrera Huatay, E. M. (2014). Estudio de la geoquímica del yacimiento Au-Cu La Arena, Huamachuco, La Libertad, Perú. *Universidad Nacional de Cajamarca, Repositorio UNC.*

- Canchaya, S. (2010). "QA/QC": ¿Realidad o fantasía? *Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp.* N° 9 , 1315-1318.
- Cano Gonzáles, O. E. (2017). *Geología y Geometalurgia del Pórfido La Arena (Cu, Au), La Libertad - Perú*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería; Repositorio UNI-Tesis.
- Ccama Huanco, M. L. (2017). Aplicación del QA/QC en el proceso geológico, para validar la estimación de recursos y reservas, de la unidad operativa Chungar. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; Repositorio Institucional - UNSA*.
- Ccapa Cuti, D. (2019). Procesos de operación ore control en el yacimiento pórfido - skarn de la mina Antapaccay Compañía Glen Core - Cuzco, Perú. *Universidad Nacional San Agustín de Arequipa; Repositorio Institucional - UNSA*.
- Dulzaides, M., & Molina, A. (2004). Analisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. *ACIMED*.
- Farfan Macias, L. (2021). Implementación de un programa de aseguramiento de la calidad y control de calidad (QA/QC) y graficas control en muestras puntuales provenientes de planta concentradora de cobre” en el laboratorio químico constancia-área absorción atómica. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ; Repositorio Institucional - UNSA*.
- Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, S. M. (1980). Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. *Intituto Geologico Minero y Metalurgico*, 26-30.
- Guerrero Sandoval, M. A. (2015). Aplicación del programa de aseguramiento y control de calidad QA/QC en el muestreo geológico de la mina subterranea Raurasa. *Universidad Nacional de Piura ; Repositorio Institucional - UNP*.

- Gutierrez Salinas, E. R. (2021). Control de calidad de muestreo de Blasthole litología y control del mineral del banco 3690, tajo Ferrobamba. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa - Repositorio UNSA*.
- Herrera, C. (2005). *Un modelo de cuaderno de campo para una excursión geográfica por la cuenca de los ríos Jarama y Henares*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- ISO 9001:2000. (2005). Sistema de Gestión de la Calidad. *Ministerio de Fomento*. Recuperado el julio de 2022, de https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/iso90012000.pdf
- Morales Osorio, L. (2018). Control de calidad CQC para el recrecimiento del repósito de relaves de la UEA Animón. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*.
- Pan American Silver. (2022). *Informe detallado La Arena 2027*. La Arena: Unidad Minera La Arena.
- Polanco Martínez, J. M. (2012). Aplicación de técnicas estadísticas en el estudio de fenómenos ambientales y ecosistémicos. *Universidad del País Vasco*.
- Rojas Pilco, N. M. (2019). Implementación de programa de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) para el muestreo de detritos en depósitos tipo pórfido de cobre [Tesis de Grado]. *Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann ; Repositorio Institucional - UNJBG*.
- Sánchez Salazar, E. D., & Sánchez Salazar, J. E. (2015). Implementación de un sistema de control de calidad QA/QC aplicado al análisis de muestras geológicas, para mejorar el nivel de confiabilidad de los resultados de laboratorio, en la empresa Anglo American-Quellaveco-2015. *Universidad Privada del Norte; Tesis digitales - UPNorte*.

- Simon, A. (2007). QA/QC insertion rate: is there and industry standard? The Association of Applied Geochemistry. *23rd International Applied Geochemistry Symposium (IAGS)*, 14-19.
- Simón, A. (2021). Aseguramiento y control de la calidad en la exploración geológica y minera. . *CIDES Corpotraining*.
- Tamayo, M. (2007). *El Proceso de la Investigación Científica* . Mexico: Limusa.
- Valencia Huacotto, A. J. (2020). Ore control y QA/QC en la explotación del cuerpo esperanza por el método sub LEVEL CAVING, Unidad Minera Yauricocha. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ; Repositorio Institucional - UNSA*.
- Vélez Ríos, J. (2015). *Innovación al control de procesos de muestreo (QA/QC) que validan la estimación de recursos y reservas para el yacimiento epitermal de alta sulfuración en coimolache - Cajamarca, desde su etapa de prospección a mina de oro*. Cajamarca: CIA Minera Coimolache S.A. U.P. Tantahuatay. Obtenido de https://www.academia.edu/29175309/INNOVACION_AL_CONTROL_DE_PROCESOS_DE_MUESTREO_QA_QC_QUE_VALIDAN_LA_ESTIMACION_DE_RECURSOS_Y_RESERVAS_PARA_EL_YACIMIENTO_EPITERMAL_DE_ALTA_SULFURACION_EN_COIMOLACHE_CAJAMARCA_DESDE_SU_ETAPA_DE_PROSPECCION
- Vera, A. (18 de Septiembre de 2022). *Tipos de Investigación*. Obtenido de Tipos de Investigación: <https://sites.google.com/site/misitioweboswaldotomala2016/tipos-de-investigacion>

Zeballos Vega, C. A. (2019). Aseguramiento y control de la calidad del muestreo de Blastholes y análisis químico del laboratorio primario, Mina Constancia – fase de minado 1 Banco 4260. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10211>

ANEXOS

ANEXO 1.

Área de preparación de muestras- Certimin



ANEXO 2

Área de horneado de muestras



ANEXO 3

Área de análisis químico



ANEXO 4

Frecuencia de Inserción de muestras de control

TIPO DE MUESTRA	PORCENTAJE	RESPONSABLE	¿QUÉ MIDE?	LUGAR DE INSERCCIÓN DEL CONTROL	¿QUÉ EVALUA?
Gemelas	1.5-2%	Geólogo	Precisión	Sitio de muestreo	Control en la toma de la muestra
Duplicados Gruesos (Rechazos)	1.5-2%	Lab/Muestrero	Precisión	Cuarteo	Control en la preparación
Duplicados Finos (Pulpas)	1.5-2%	Lab/Muestrero	Precisión	Pulverizado	Control en el análisis
Blancos Gruesos	1.5-2%	Lab/Muestrero	Contaminación	Envió al laboratorio primario	Control en la preparación
Blancos Finos	1.5-2%	Lab/Muestrero	Contaminación	Envió al laboratorio primario	Control en el análisis
Estándar Bajo	1.5-2%	Lab/Muestrero	Lab/Muestrero	Envió al laboratorio primario	Control en el análisis
Estándar Medio	1.5-2%	Lab/Muestrero	Lab/Muestrero	Envió al laboratorio primario	Control en el análisis
Estándar Alto	1.5-2%	Lab/Muestrero	Exactitud	Envió al laboratorio primario	Control en el análisis
Check Sample	1.5-2%	QAQC Encargado	Exactitud	Envió al laboratorio externo	Control en el análisis

ANEXO 5

PETS de QA/QC área de geología mina

	CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (QA QC) EN MUESTRAS DE MINA (BH)			LA ARENA
	Código: LA-04-EST-005	Área: Geología de Mina		
	Fecha de Elaboración: 02/02/2018	Página: 1 de 7	Versión: 0	

1. OBJETIVO

El propósito de un programa de Control y Aseguramiento de la Calidad (QA QC) para muestras de mina es verificar la calidad de los resultados de los ensayos del laboratorio y del muestreo de campo, tal que permita la confiabilidad de los resultados para la utilización en la producción diaria, reconciliaciones, estimaciones etc. Y permite Identificar las fuentes de error, con el fin de cuantificar o evaluar sus posibles efectos y tomar oportunamente medidas correctoras.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica al área de Geología Mina, e involucra a: Superintendencia de Geología Mina, Geólogo Ore Control, Geólogo de Recursos y Geólogo de Modelamiento.

3. REFERENCIAS LEGALES Y OTRAS NORMAS

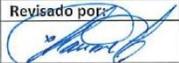
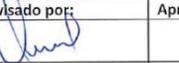
- ⊕ DS 024-2016-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería y su modificatoria DS 023-2017-EM.
- ⊕ Ley 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- ⊕ DS-005-2012-TR Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- ⊕ NI 43-101.

4. ESPECIFICACIONES DEL ESTANDAR

a. Muestras de Control

Las muestras de control son:

- Blanco Grueso
- Blanco Fino
- Duplicado de Campo
- Estándares.
- Duplicado Fino.
- Duplicados de rechazo.

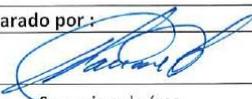
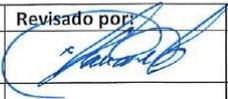
Preparado por: 	Revisado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Supervisor de área Nilton Charlarise Cadenas	Superintendente de Geología Mina	Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones
Fecha de Elaboración: 02/02/2018			Fecha de Aprobación: 17/03/2018

	CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (QA QC) EN MUESTRAS DE MINA (BH)			LA ARENA
	Código: LA-04-EST-005	Área: Geología de Mina		
	Fecha de Elaboración: 02/02/2018	Página: 2 de 7	Versión: 0	

- ⊕ Los estándares de control presentarán su respectivo certificado de análisis, en el cual deberá detallar los laboratorios que participan en el análisis (round robbing), el método de análisis utilizado y además evidenciará el valor del estándar, el intervalo de confianza y la desviación estándar del mismo.
- ⊕ Los estándares de control serán periódicamente cambiados de acuerdo a la disponibilidad de los mismos; de tal manera que no sean detectados por el laboratorio de análisis interno de las muestras de perforación (Blastholes).
- ⊕ Se verificará en campo que el muestreo de BH cumpla con los parámetros de muestreo (LA-04-PETS-007).

b. Envío a laboratorio de preparación y análisis

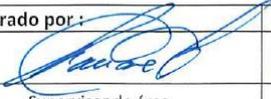
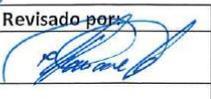
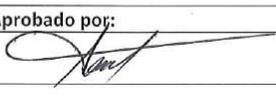
- ⊕ Se enviará al laboratorio el lote de muestras correspondiente a la perforación del día, (cabe mencionar que se realiza 3 envíos diarios), en cada uno de estos se incluirá las muestras de control mencionadas en el LA-04-EST-003 y cumpliendo la tasa de inserción según los parámetros del LA-04-EST-003, las cuales representan entre 10 - 13% del total de muestras enviadas por lote.
- ⊕ Se generará hojas de custodia de las muestras enviadas, la cual nos servirá como control interno, esta hoja debe incluir las muestras originales y de control con su respectivo código.
- ⊕ El Laboratorio se encargará de la preparación y análisis de las muestras enviadas, siguiendo los parámetros de análisis requeridos (ensayos por Au, Ag, Cu, Hg, S), y exportará por LIMS, los resultados parciales de los mismos en un plazo no mayor a 24 horas (Au, Ag y Cu) y en un plazo no mayor a 48 horas los resultados finales (Hg y S), según se haya solicitado.
- ⊕ Adicional a esto, laboratorio CERTIMIN enviará vía Email y en formato csv, los resultados que obtenga de las muestras analizadas por lote.

Preparado por : 	Revisado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Supervisor de área Nilton Chariarse Cadenas	Superintendente de Geología Mina	Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones
Fecha de Elaboración: 02/02/2018			Fecha de Aprobación: 17/03/2018

	CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (QA QC) EN MUESTRAS DE MINA (BH)			LA ARENA
	Código: LA-04-EST-005	Área: Geología de Mina		
	Fecha de Elaboración: 02/02/2018	Página: 3 de 7	Versión: 0	

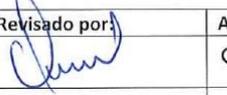
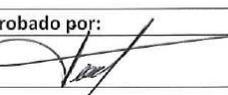
c. Importación de resultados y análisis QAQC

- ⊕ Estos resultados serán importados y actualizados a la base de datos del QA QC, mediante software Acquire; verificando cuidadosamente que se cumplan con los códigos de cada muestra de control y se procede al análisis de las mismas.
- ⊕ El resultado del Blanco Grueso y Blanco Fino aceptado es aquel que no supera el LLD (Low Limit Detección) y es incluido en la data de QA QC principal, si el resultado obtenido fuera mayor al LLD, se procedería a realizar un chequeo interno del lote de envío, para verificar si el error estuvo en este, de ser así se tendrá que alertar a los responsables, y se verificará el estándar de Inserción de Muestras de Control (EST-SIGLA-GE-003); de no encontrarse error en el envío se investiga posible contaminación en la preparación y/o análisis de las muestras en el laboratorio y se envía a reanalizar junto con 5 muestras alrededor de esta, además se comunica al laboratorio por escrito o email, para que no vuelva a suceder.
- ⊕ El resultado de los Estándares aceptados es aquél que no supere +/- 2 Desviaciones Estándar (SD) y será incluido en la data QA QC, aquél resultado que supere lo antes indicado, se procederá a verificar el envío interno del lote de muestras, para cerciorarse que el error no esté en este, si se encontrará algún error en la designación de códigos o inserción de la muestra de Control, comunicar a los responsables; de no encontrarse error en el envío de muestras, se investigará posible contaminación en el análisis enviando 5 muestras alrededor de esta para verificar, si los resultados de estas 5 muestras determinan que no hubo contaminación se procederá a colocar el resultado como OUTLIER, si se demuestra la contaminación, comunicar al laboratorio por escrito o email para que evalúe sus procesos y tome medidas para evitar repeticiones de las deficiencias en la preparación y el análisis de las muestras.

Preparado por :	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
			
Supervisor de área Nilton Chariarse Cadenas	Superintendente de Geología Mina	Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones
Fecha de Elaboración: 02/02/2018			Fecha de Aprobación: 17/03/2018

	CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (QA QC) EN MUESTRAS DE MINA (BH)			LA ARENA
	Código: LA-04-EST-005	Área: Geología de Mina		
	Fecha de Elaboración: 02/02/2018	Página: 4 de 7	Versión: 0	

- ⊕ Se revisará los resultados acumulados por cada tipo de estándar para verificar la precisión y exactitud que pudiera tener respecto de los valores certificados, que no debe sobrepasar el +/-5%.
- ⊕ El resultado de los Duplicados Finos (acumulado en 1 mes), se evaluará en un gráfico HARD-RANK, donde se verificará que el HARD no debe superar 10%, para un RANK de 90% en este tipo de muestras; si se verificara que el HARD supera 10%, se comunicará al laboratorio por escrito o email sobre las diferencias encontradas, para que realice los ajustes necesarios a sus procesos y calibraciones.
- ⊕ El resultado de los Duplicados de Campo (acumulado en 1 mes), se evaluará en un gráfico HARD-RANK donde se verificará que el HARD no debe superar 20%, para un RANK de 90% en este tipo de muestras; si se verificara que el HARD supera 20%, se deberá revisar el Procedimiento de muestreo y cuarteo en campo (LA-04-PETS-007) y se retroalimentará al personal sobre la toma correcta de la muestra.
- ⊕ El resultado de los Duplicados de Rechazo se evaluará en un gráfico HARD-RANK (acumulado en 1 mes), donde se verificará que el HARD no debe superar 20%, para un RANK de 90% en este tipo de muestras; si se verificara que el HARD supera 20%, se revisará la codificación de la muestra, para estar seguros que el error no es interno, de no encontrarse error internamente, se alertará por escrito o email al laboratorio, sobre una posible contaminación y el correcto procedimiento de preparación y análisis de las muestras.
- ⊕ Los valores referenciales del 10% y 20% en el grafico HARD para las muestras de pulpa y muestras gruesas de campo respectivamente, son un estándar máximo aceptable en forma práctica en la industria minera para el tipo de muestras.

Preparado por :	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
			
Supervisor de área Nilton Chariarse Cadenas	Superintendente de Geología Mina	Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones
Fecha de Elaboración: 02/02/2018			Fecha de Aprobación: 17/03/2018

	CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (QA QC) EN MUESTRAS DE MINA (BH)			LA ARENA
	Código: LA-04-EST-005	Área: Geología de Mina		
	Fecha de Elaboración: 02/02/2018	Página: 5 de 7	Versión: 0	

- ⊕ Luego del análisis de los diferentes tipos de muestras de control, se deberá presentar un reporte mensual sobre el análisis QaQc de las muestras de control insertadas en el muestreo de BlastHole, que incluirá gráficos con sus respectivos comentarios.

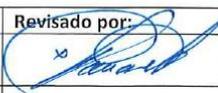
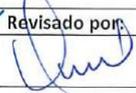
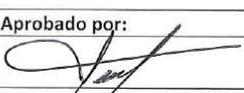
d. Ensaye de Verificación (Check externo)

- ⊕ Periódicamente, se realizarán envíos de muestras de pulpa de los Blast Holes (Duplicado Fino), para realizar ensayos de verificación, por un Laboratorio Externo, para medir la desviación analítica y para evaluar el error analítico generado por el laboratorio principal (CERTIMIN). Estos envíos de muestras de pulpa serán en un rango entre 3-5% del total de muestras analizadas por el laboratorio principal.
- ⊕ En el envío realizado, se insertarán muestras de control, según las especificaciones del estándar de Inserción de muestras de control (LA-04-EST-003).
- ⊕ Los resultados de los análisis realizados por el segundo laboratorio, serán comparados con los del laboratorio principal, mediante un gráfico HARD-RANK, donde se verificará que el HARD no debe superar 10%, para un RANK de 90% en este tipo de muestras; si se verificara que el HARD supera 10%, se comunicará al laboratorio por escrito o email sobre las diferencias encontradas, para que realice los ajustes necesarios a sus procesos y calibraciones.

5. RESPONSABLES

a. Geólogos del área de Geología Mina

- ⊕ Asegurar el cumplimiento del presente protocolo.
- ⊕ Asegurar que el lote de muestras que se envía cumpla con los parámetros de Inserción de Muestras de Control
- ⊕ Asegurar el ingreso de información validada a la base de datos.

Preparado por :	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
			
Supervisor de área Nilton Chariarse Cadenas	Superintendente de Geología Mina	Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones
Fecha de Elaboración: 02/02/2018			Fecha de Aprobación: 17/03/2018

	CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (QA QC) EN MUESTRAS DE MINA (BH)			LA ARENA
	Código: LA-04-EST-005	Área: Geología de Mina		
	Fecha de Elaboración: 02/02/2018	Página: 6 de 7	Versión: 0	

- ⊕ Asegurar el análisis periódicamente de la información de leyes de laboratorio.
- ⊕ Coordinar la corrección de lotes o muestras de control con fallas.
- ⊕ Hacer auditorías semestrales al laboratorio principal de la mina.
- ⊕ Realizar envíos de muestras a un segundo laboratorio como parte del aseguramiento de la calidad de la información recibida por parte del laboratorio interno.
- ⊕ Implementar las mejoras que se estimen convenientes.

6. REGISTROS, CONTROLES Y DOCUMENTACION

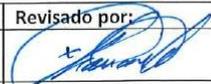
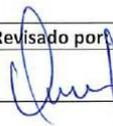
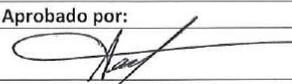
- ⊕ Reportes de Avances de Perforación Blast Hole
- ⊕ Formulario de solicitud de análisis de muestras de Blast Hole

7. FRECUENCIA DE INSPECCIONES

- ⊕ Las inspecciones se harán de manera diaria cada vez que se reciba leyes de muestreo.

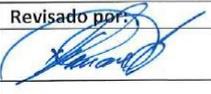
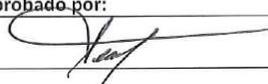
8. DEFINICIONES

- **QAQC: "Quality Assurance and Quality Control";** Siglas del Aseguramiento y Control de Calidad de todo el proceso de Muestreo, Preparación y análisis de muestras con la finalidad de obtener información Confiable.
- **LOTE:** Grupo de muestras que ingresan al laboratorio, con la finalidad de que sigan el mismo tratamiento en todo el proceso de preparación y análisis, las cuales incluyen muestras originales y muestras de control.
- **MUESTRA DE CONTROL:** Muestras que se insertan en los lotes de despacho, con el fin de asegurar y controlar los errores en las etapas de muestreo, preparación y análisis de cada lote.

Preparado por:	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
			
Supervisor de área Nilton Chariarse Cadenas	Superintendente de Geología Mina	Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones
Fecha de Elaboración: 02/02/2018			Fecha de Aprobación: 17/03/2018

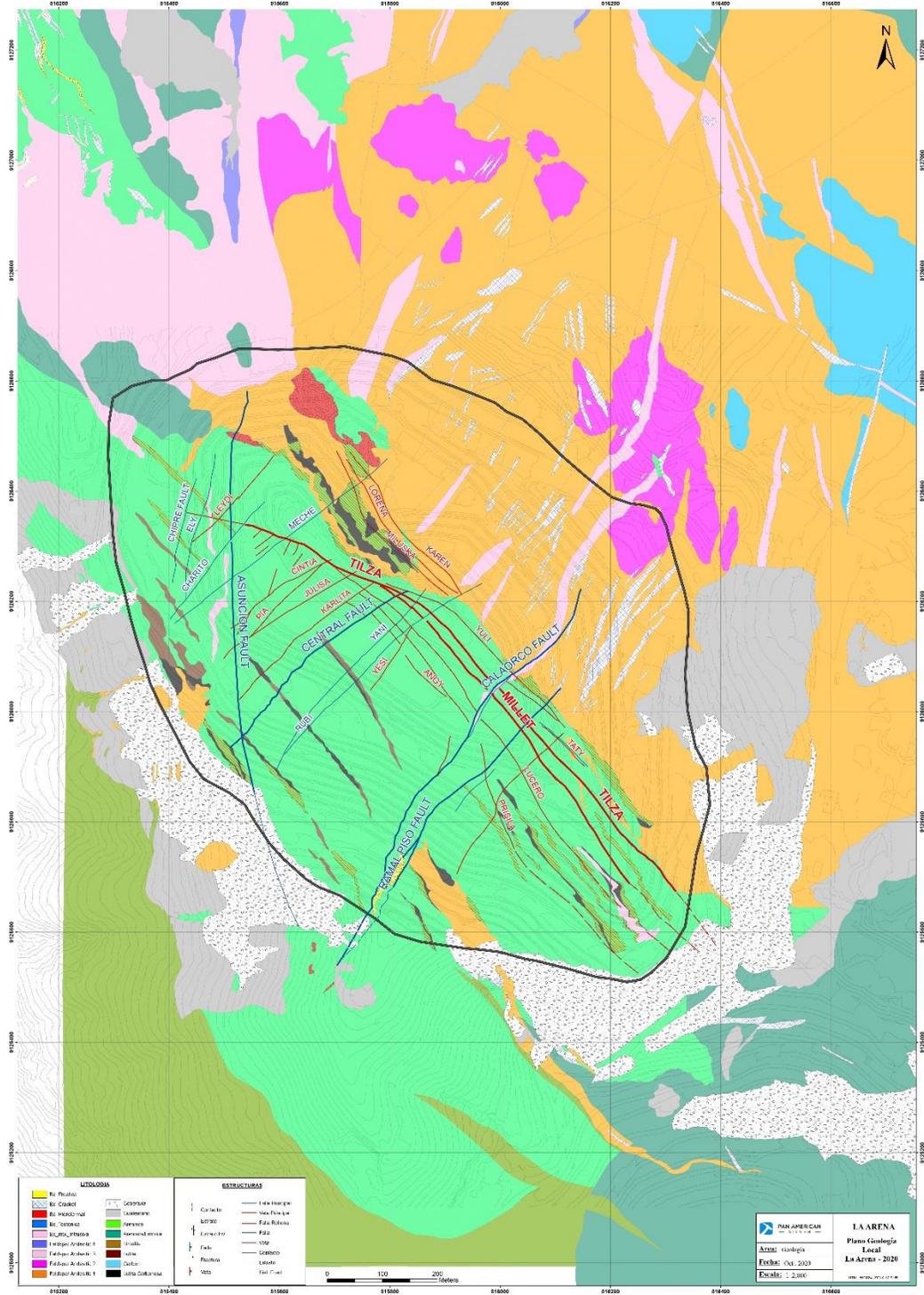
	CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (QA QC) EN MUESTRAS DE MINA (BH)			LA ARENA
	Código: LA-04-EST-005	Área: Geología de Mina		
	Fecha de Elaboración: 02/02/2018	Página: 7 de 7	Versión: 0	

- **CHEQUEO EXTERNO:** Son pulpas generadas a manera de duplicados finos para ser analizadas por un laboratorio secundario, a fin de establecer comparaciones con el laboratorio primario.
- **LIMITE DE DETECCIÓN:** Es el límite que declara el laboratorio, a partir del cual el método analítico es de muy dudosa precisión y exactitud.
- **PRECISIÓN:** Habilidad de repetir consistentemente los resultados de una medición en condiciones similares.
- **EXACTITUD:** Es la proximidad de una medición a un valor real o aceptado como apropiado.

Preparado por :	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
			
Supervisor de área Nilton Chariarse Cadenas	Superintendente de Geología Mina	Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones
Fecha de Elaboración: 02/02/2018			Fecha de Aprobación: 17/03/2018

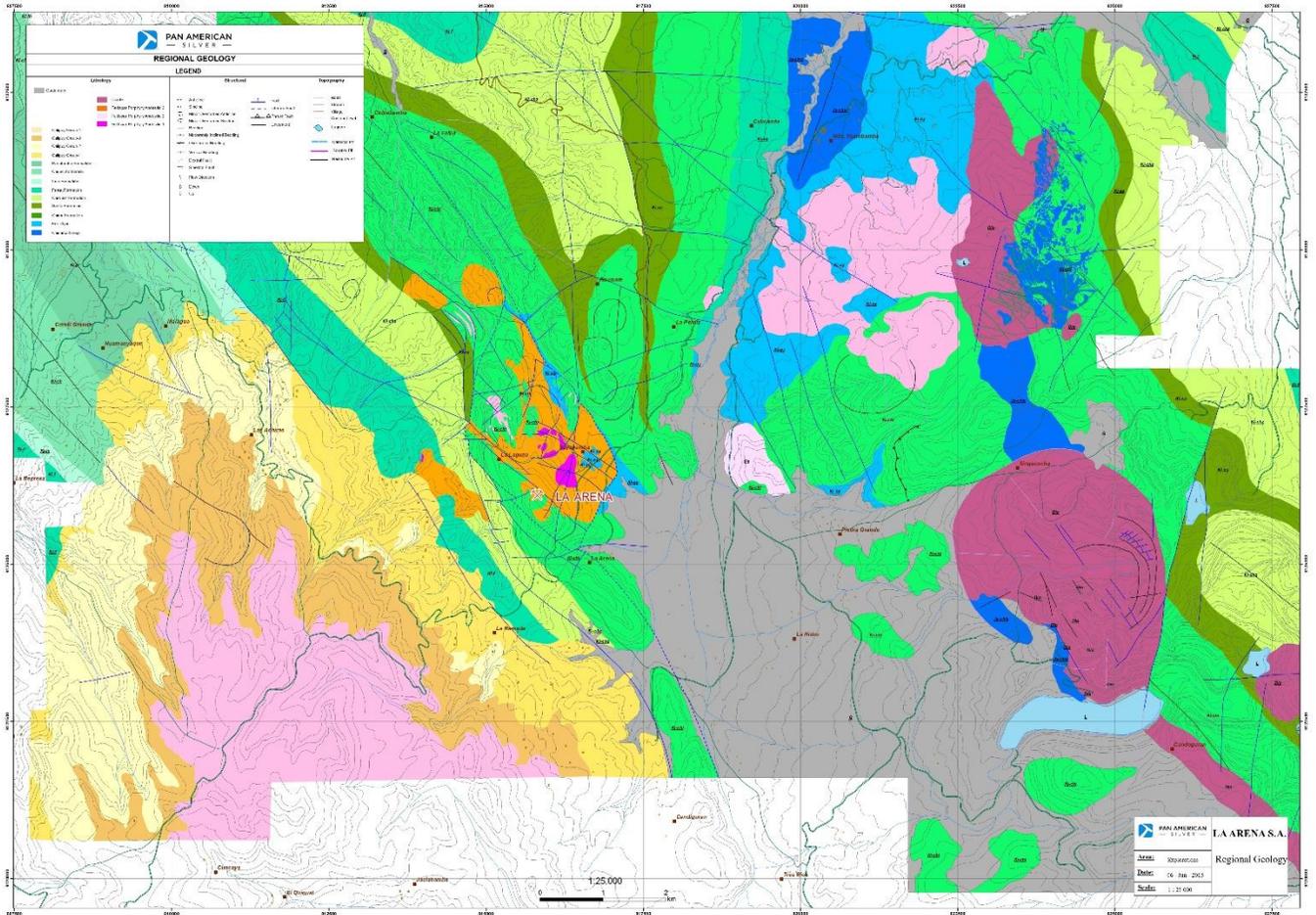
ANEXO 6

Plano Geología local La Arena



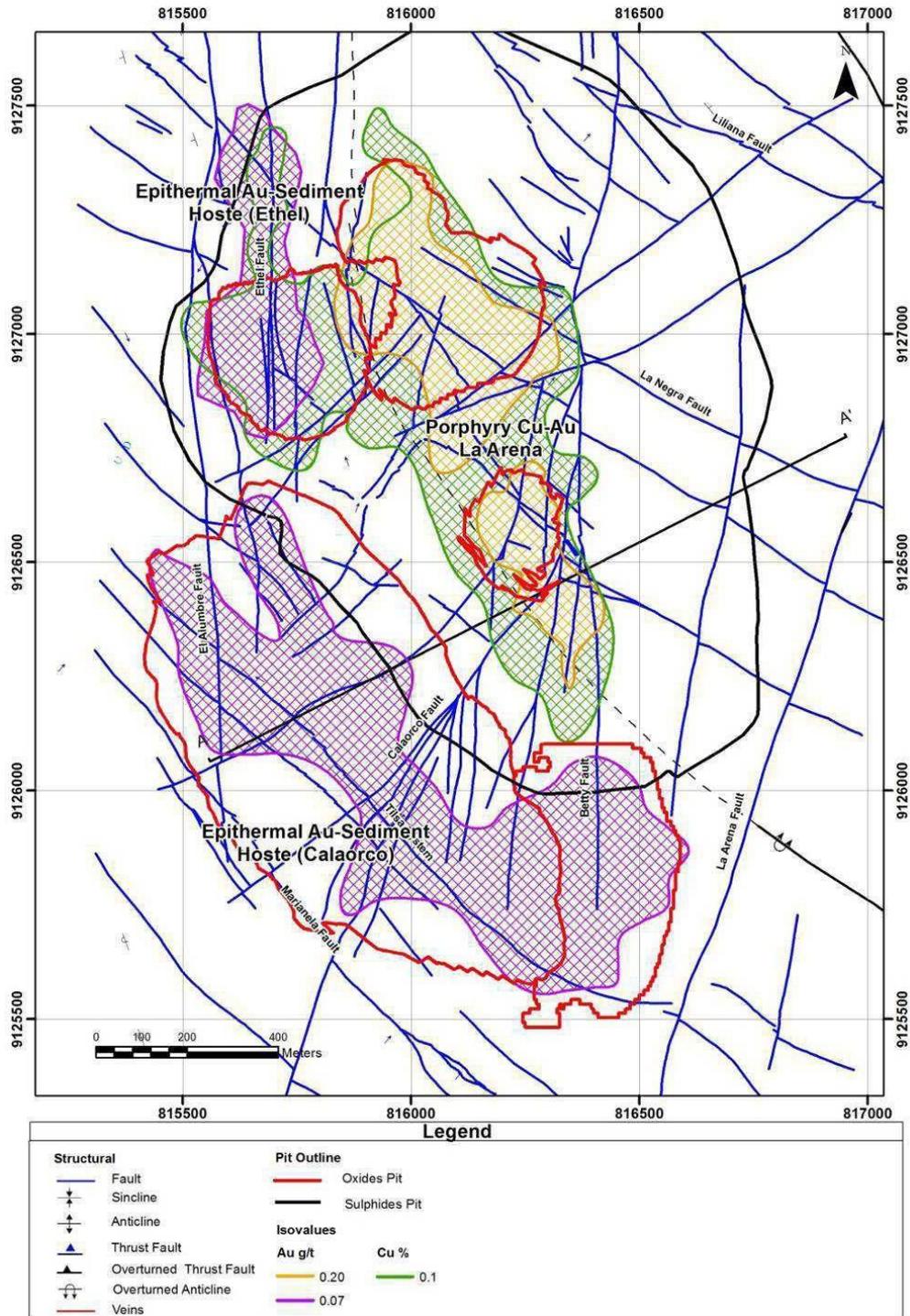
ANEXO 7

Plano Geología regional La Arena.



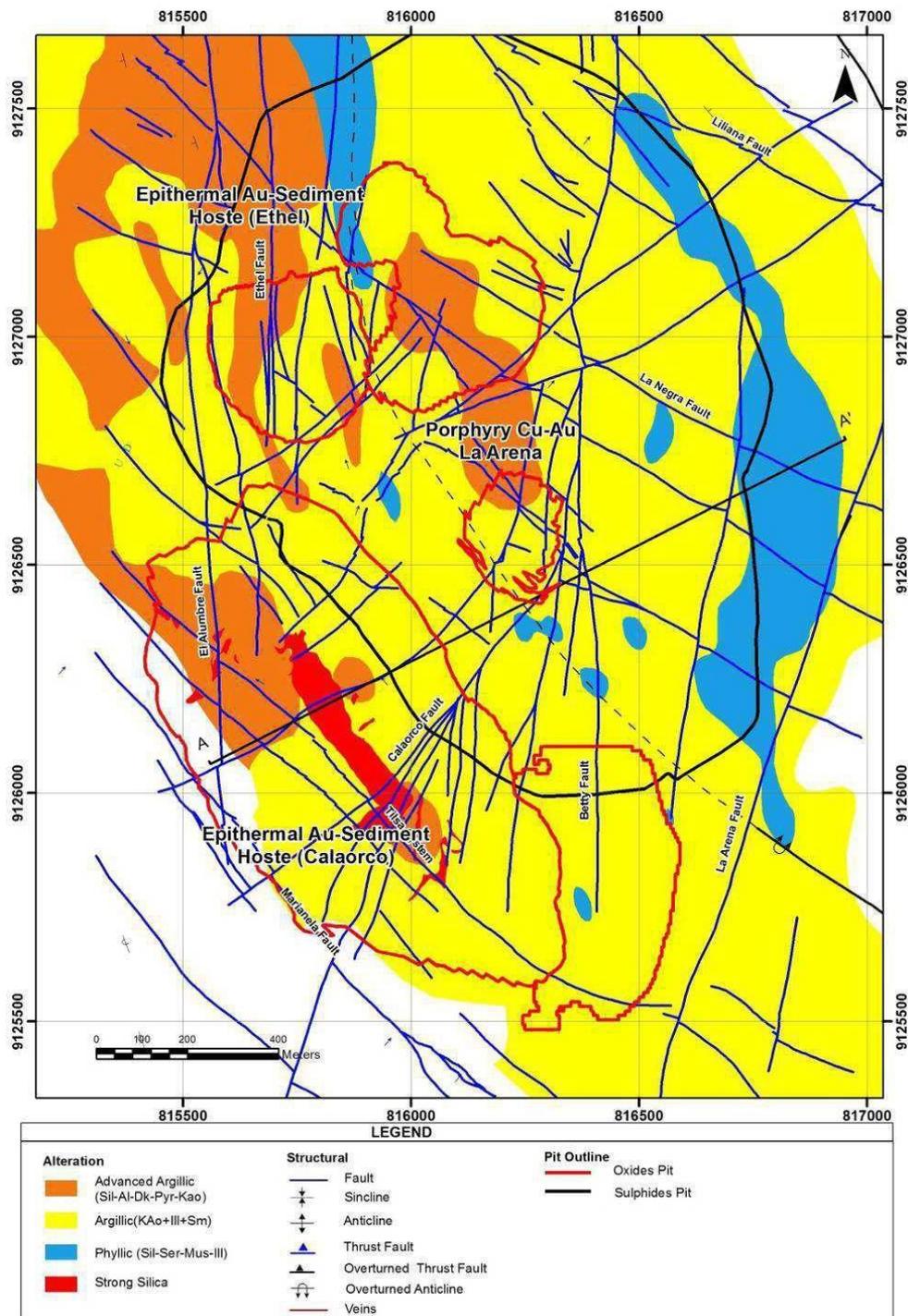
ANEXO 8

Mapa de estructuras y mineralización- La Arena



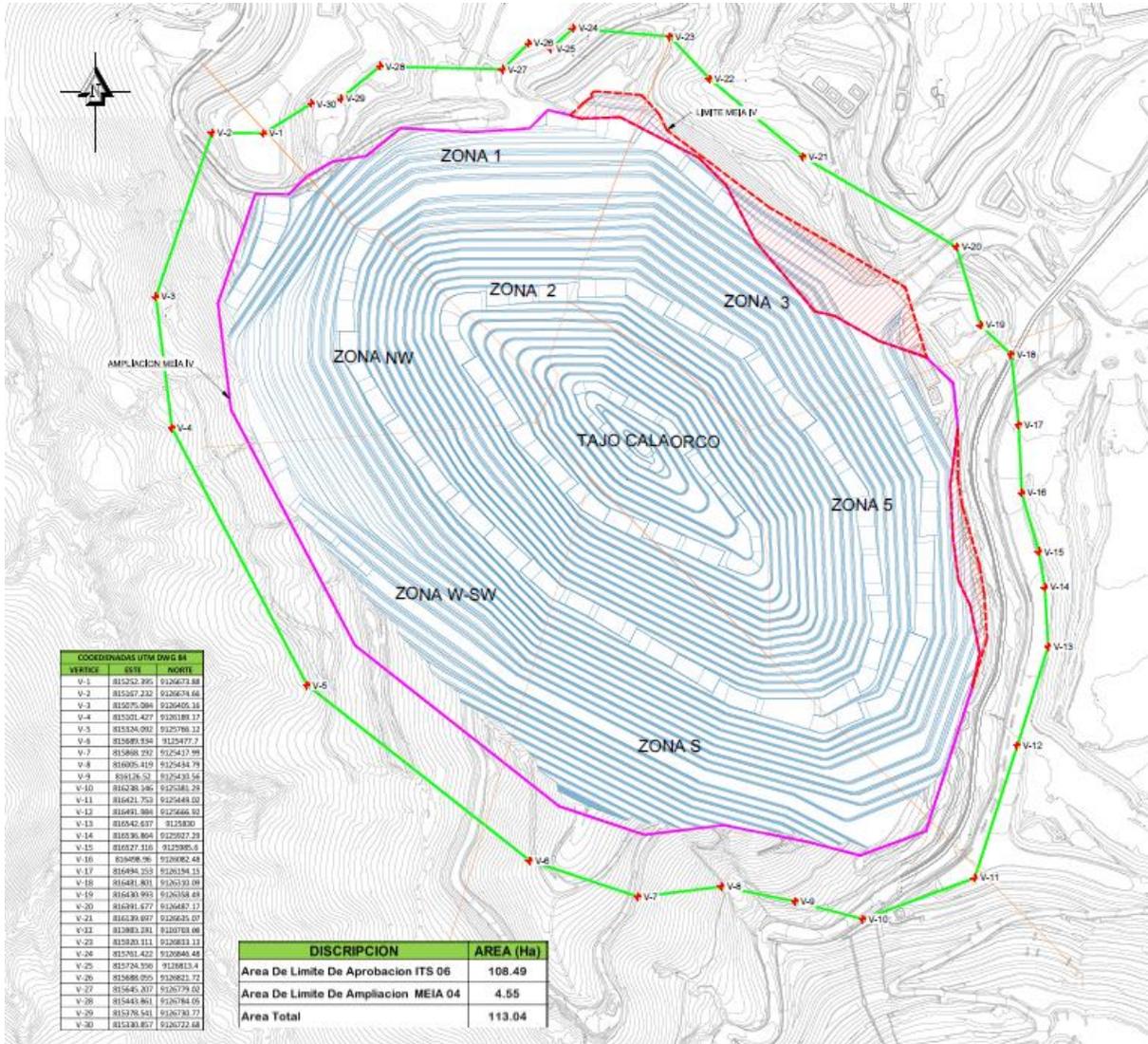
ANEXO 9

Mapa de alteración hidrotermal (en superficie) - La Arena



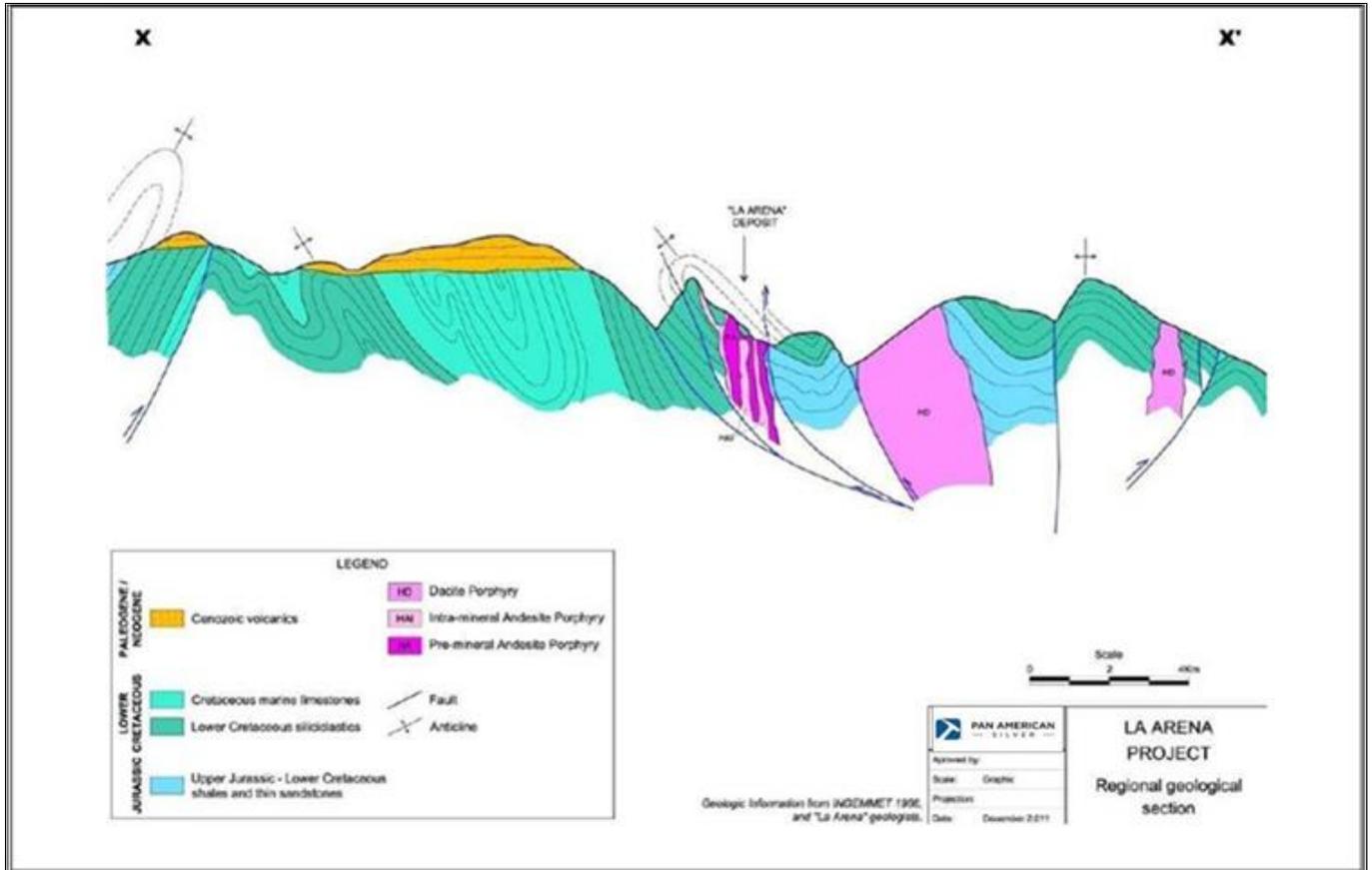
ANEXO 10

Diseño de Tajo Calaorco con el límite de 100 metros desde el límite del tajo



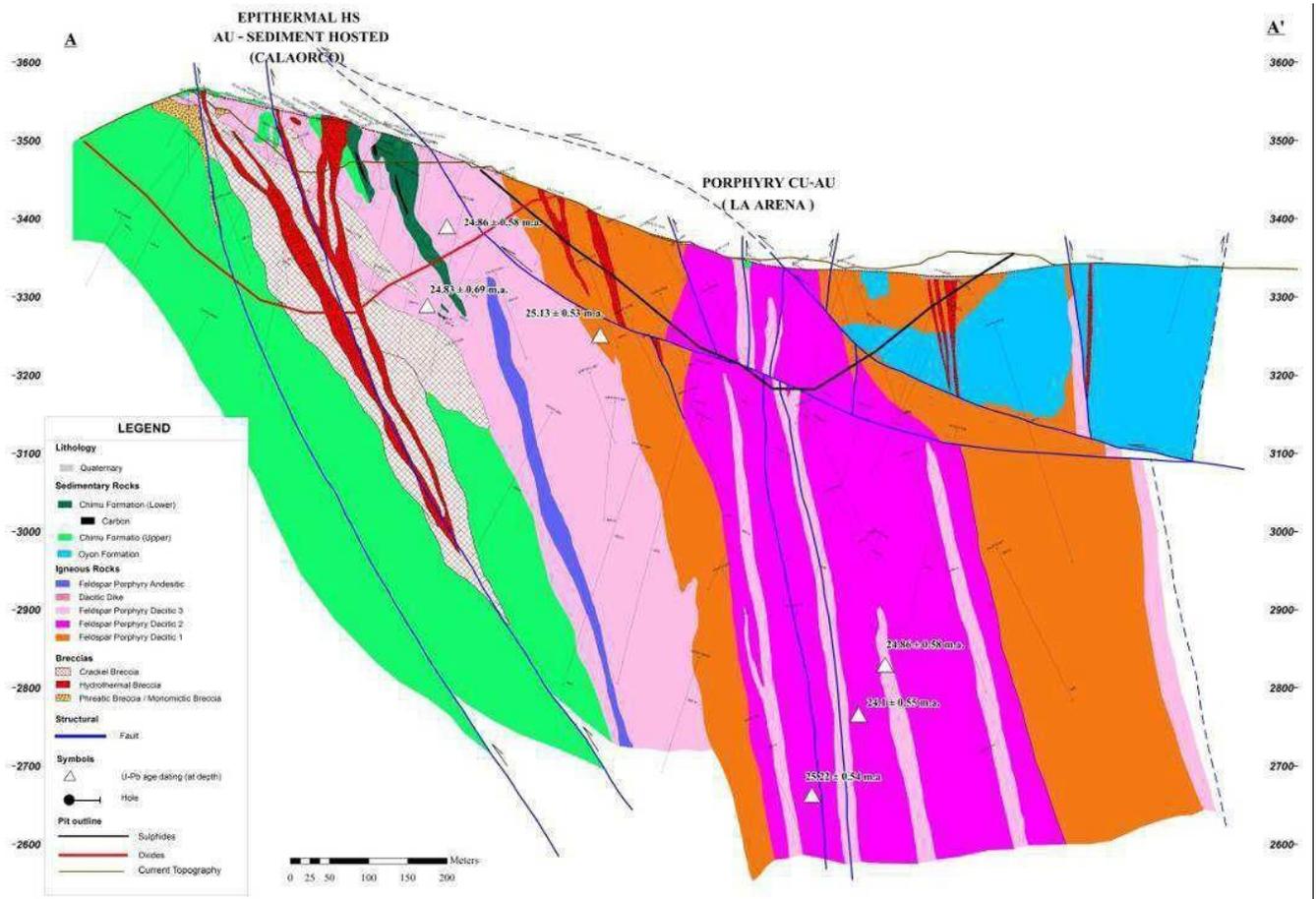
ANEXO 11

Sección geológica transversal- La Arena



ANEXO 12

Intrusión multifásica cortando rocas sedimentarias



ANEXO 13

Material Referencia Estándar



ANEXO 14

Lote de muestras Blast Hole



ANEXO 15

Material estéril Cuarzo Blanco Grueso

