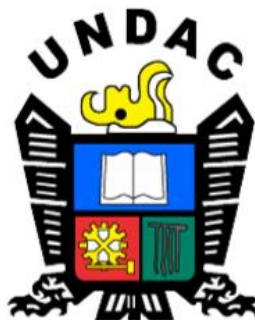


**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**Aplicación del aseguramiento y control de la calidad (Qa/Qc) en la  
campaña de perforación diamantina 2018, Mina Toromocho.**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autor: Bach. Karem Beatriz MUÑASQUI CRISOSTOMO**

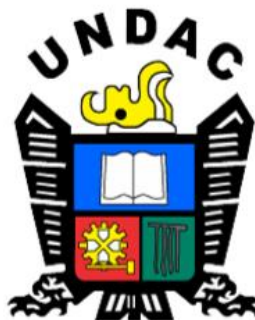
**Asesor: Dr. Favio Máximo MENA OSORIO**

**Cerro de Pasco – Perú – 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**Aplicación del aseguramiento y control de la calidad (Qa/Qc) en la  
campaña de perforación diamantina 2018, Mina Toromocho.**

**Sustentado y aprobado ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. José Fermín HINOJOSA DE LA SOTA**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. Reynaldo MEJIA CACERES**  
**JURADO**

---

**Mg. Saturnino Eleuterio FLORES COAGUILA**  
**JURADO**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por su infinito amor.

A mis padres Dominga y Jesús, por enseñarme a perseguir mis sueños; a mis hermanos Gissela, Roxana y José, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

## RESUMEN

El presente informe titulado: Aplicación del aseguramiento y control de la calidad (QA/QC) en la campaña de perforación diamantina 2018, mina Toromocho, tiene el objetivo principal de aplicar el aseguramiento y control de la calidad (QA/QC) en cada etapa de la campaña de perforación diamantina 2018. La campaña de perforación fue diseñada para la generación del plan de mina de mina Toromocho, actualización del modelo geológico y de reservas realizada el 2015.

Una vez las cajas de muestras conteniendo los testigos de perforación diamantina eran recepcionados en almacén Golf, se procedió a realizar las siguientes actividades de forma secuencial: Registro de las medidas de recuperación de los testigos, toma de fotos de las cajas, logueo geotécnico, logueo geológico, y marcado de línea de corte longitudinal y selección de muestras cilíndricas (SG, PLT, UCS). Una vez realizado los trabajos anteriores para un sondaje completo, recién Geología QAQC Chinalco liberaba las cajas para corte y muestreo. Finalmente se realizó el envío de las muestras al laboratorio primario para su preparación y análisis de todas las muestras del proyecto INFILL2018. En todo momento, desde preparación hasta análisis, siempre hubo personal de Chinalco en laboratorio primario, supervisando minuciosamente los trabajos.

La aplicación del aseguramiento y control de la calidad en todo el proceso desde la perforación diamantina hasta el análisis de los resultados se obtuvo un alto grado de confiabilidad que garantizó una buena data para ser utilizado en la actualización de los recursos y modelo geológico.

**Palabras claves:** Aseguramiento y control de la calidad (qa/qc), Muestreo

## ABSTRACT

This report entitled: Application of quality assurance and control (QA/QC) in the 2018 diamond drilling campaign, Toromocho mine, has the main objective of applying quality assurance and control (QA/QC) at each stage. of the 2018 diamond drilling campaign. The drilling campaign was designed for the generation of the Toromocho mine mine plan, updating the geological model and reserves carried out in 2015.

Once the sample boxes containing the diamond drilling cores were received at the Golf warehouse, the following activities were carried out sequentially: Recording of core recovery measures, taking photos of the boxes, geotechnical logging, logging geological, and longitudinal cut line marking and selection of cylindrical samples (SG, PLT, UCS). Once the previous works were carried out for a complete drilling, Geology QAQC Chinalco recently released the boxes for cutting and sampling. Finally, the samples were sent to the primary laboratory for their preparation and analysis of all the samples of the INFILL2018 project. At all times, from preparation to analysis, there were always Chinalco personnel in the primary laboratory, carefully supervising the work.

The application of quality assurance and control throughout the process from diamond drilling to the analysis of the results obtained a high degree of reliability that guaranteed good data to be used in updating the resources and geological model.

**Keywords:** Quality Assurance And Control (Qa/Qc), Sampling

## **INTRODUCCIÓN**

El aseguramiento y Control de calidad de los datos, hoy en día es de vital importancia ya que estos repercuten en todas las actividades mineras, que incluye el proceso de muestreo, preparación y análisis. Por ende, todas las campañas de perforación deben contar con un protocolo establecido del aseguramiento y control de Calidad QA/QC.

Esta última década diversas empresas en el Perú tomaron la importancia de controlar y seguir estas normas internacionales para el aseguramiento y control de la calidad en sus diversos procesos geológicos - mineros debido a las grandes pérdidas económicas que obtuvieron en etapas posteriores del proyecto.

El presente informe describe como se llevó a cabo el Aseguramiento y Control de la calidad durante el muestreo primario, la preparación y análisis de las muestras de sondajes diamantinos de la campaña 2018. Describe los protocolos utilizados para el control de calidad en la toma de muestras y las dificultades que se fueron presentando durante el proceso y la solución respectiva, describe también el procedimiento para la inserción de muestras control.

# ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**RESUMEN**

**INTRODUCCIÓN**

**ÍNDICE**

**LISTA DE TABLAS**

**I. Datos Generales**

1.1. Título del Trabajo de Suficiencia Personal.....	1
1.2. Delimitación del Trabajo de Suficiencia Profesional .....	1
1.3. Fecha de Inicio y Fecha de Término .....	1

**II. Planificación del Trabajo**

2.1. Descripción del trabajo de suficiencia profesional .....	1
2.1.1. Ubicación .....	1
2.1.2. Geomorfología y Relieve .....	2
2.2. Justificación .....	3
2.3. Objetivos del trabajo de suficiencia profesional .....	3

**III. Marco Teórico**

3.1. Antecedentes .....	3
3.2. Bases teóricas científicas.....	5
3.2.1. Antecedentes del Yacimiento.....	5
3.2.2. Geología Regional .....	7
3.2.3. Geología Local.....	19
3.2.4. Geología Estructural .....	19
3.2.5. Geología Económica.....	21
3.2.6. El Caso Bre-X .....	23

3.2.7. Códigos Mineros .....	24
3.3. Definición de términos básicos: .....	27
<b>IV. Desarrollo de la Experiencia</b>	
4.1. Intervención .....	31
4.2. Programación específica.....	32
<b>CONCLUSIONES</b>	
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	
<b>ANEXOS</b>	



## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.- Mapa de ubicación del yacimiento Toromocho (Fuente: A. Bendezú 2007).</i>	2
<i>Figura 2.- Columna Estratigráfica del yacimiento Toromocho (Fuente: J. Terrones).</i>	14
<i>Figura 3.- Mapa geológico regional del distrito de Morococha (Fuente: A. Bendezú 2007).</i>	19
<i>Figura 4.- Granodiorita potásica, textura equigranular, color marrón blanquecina, alteración potásica, py – cpy disseminada, venillas tipo “b” cortan a venillas “a” y “edm” (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i>	21
<i>Figura 5.- Granodiorita filica, textura equigranular, color marrón blanquecino, alteración filica, py – cpy en disseminación, con venillas tipo “b”, trazas de cpy (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i>	21
<i>Figura 6.- Pórfido feldespático, textura porfirítica, color marrón blanquecino, alteración filica, py – cpy en disseminación, con venillas tipo “b”, trazas de cpy (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i>	22
<i>Figura 7.- Pórfido cuarífero, color gris blanquecino, alteración filica, textura porfirítica, ojos de qz (1 mm – 5 mm), mineralización py-enargita disseminada y en venillas. venillas finas de enargita cortado por venillas “a” (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i>	23
<i>Figura 8.- pórfido dacítico, color blanquecino, alteración filica, textura porfirítica, ojos de qz (1 mm – 5 mm), mineralización py disseminada (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i>	23
<i>Figura 9.- Hornfels de diópsido, venillas de actinolita – tremolita, py y trazas de cpy – digenita (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i>	25
<i>Figura 10.- Endoskarn, granates marrones, epidota, clorita, relicto de plagioclasas, py-cpy en venillas (calcita en venillas), presenta fenocristales de plagioclasas (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i>	26
<i>Figura 11.- Skarn tremolita - actinolita, con venillas finas de qz con py – cpy, disseminación digenita en forma aislada (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i>	27

<i>Figura 12.- Skarn de serpentina - magnetita, disseminación de py – cpy y en fracturas (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i> .....	28
<i>Figura 13.- Skarn de magnetita, disseminación de py – cpy (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i> .....	28
<i>Figura 14.- Endoskarn, con textura de intrusivo, con alteración actinolita – tremolita con parches aislado de epidota – clorita, vlls de py – cpy y disseminación py – cpy, cavidades rellenas de py cristalizada y cpy (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i> .....	29
<i>Figura 15.- Geología local del Yacimiento de Toromocho (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i> .....	19
<i>Figura 16.- Geología local del Yacimiento de Toromocho (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i> .....	19
<i>Figura 17.- La Mina Toromocho está ubicado en la franja metalogenetica XVII (Fuente: Elaboración Propia).</i> .....	23
<i>Figura 18.- Mediciones de desviación del pozo por método giroscopio buscador de norte (Foto: Tajo Mina Toromocho).</i> .....	33
<i>Figura 19.- Recepción de caja de testigo de perforación (Foto: Area de Recepción de Testigos de Perforación- Almacén Golf).</i> .....	33
<i>Figura 20.- Rotulación de cajas de perforación (Fuentes: Elaboración Propia)</i> .....	34
<i>Figura 21.- Rotulación en los tacos de perforación (Fuente: Elaboración Propia).</i> .....	34
<i>Figura 22.- Rotulación de los canales de la caja (Fuente: Elaboración Propia)</i> .....	35
<i>Figura 23.- Toma de recuperación de testigos de perforación de testigos (Foto: Sala de Logueo – Almacén Golf).</i> .....	36
<i>Figura 24.- Formato de control de recuperación (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i> .....	36
<i>Figura 25.- Toma fotográfica de las cajas de testigos (Sala de Toma Fotográfica – Almacén Golf).</i> .....	37
<i>Figura 26.- GVMLogPhoto (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i> .....	38
<i>Figura 27.- Logueo Geológico – GVMapper (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i> .....	39
<i>Figura 28.- Fotografía muestra de densidad (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i> .....	41

<i>Figura 29.- Formato para densidad (Fuente: Minera Chinalco Perú).....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 30.- Formato para ensayo de carga puntual (Fuente: Minera Chinalco Perú). 43</i>	
<i>Figura 31.- Ensayo de carga puntual (Foto: Area de Ensayo de Carga Puntual – Almacén Golf). .....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 32.- Maquina de corte longitudinal coretech. se observa el detalle del sujetador de muestra (color blanco) colocado en la cadena de la máquina, también se observa la ranura en la cual se alinea la línea de corte (Fuente: Minera Chinalco Perú).....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 33.- Lavado de los sujetadores de muestra después de cortar cada tramo de muestreo (Foto: Area Sala de Corte – Almacén Golf). .....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 34.- Codificación y etiquetado en la bolsa del muestreo (etiqueta 1 y 2) (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf). .....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 35.- Colocación ordenada de cajas, previo a realizar el muestreo (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf). .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 36.- Tercera etiquetada en la caja portatestigos y al inicio del tramo muestreado (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf).....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 37.- Detalle de muestreo de testigos enteros (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf).....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 38.- Detalle de muestreo de testigos fracturados (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf). .....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 39.- Detalle de muestreo de testigos triturados (Foto: Area de Muestreo -Almacén Golf).....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 40.- Duplicado de campo (Fuente: Armando Simón 2012).....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 41.- Muestreo de duplicado de campo (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf). .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 42.- Colocado ordenado de bolsas con muestras en una mesa, hasta completar un batch completo (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf). .....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 43.- Bolsas de muestreo encostados y listos para ser enviados a laboratorio lima (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf). .....</i>	<i>56</i>

<i>Figura 44.-Carguío de los costales de muestras en el camión plataforma para envío a lima (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf).</i> .....	57
<i>Figura 45.- Extracción de bolsas de muestras de los costales, y verificación del peso de cada muestra (Foto: Area de Recepción de Muestras – Laboratorio).</i> .....	58
<i>Figura 46.- Diagrama de flujo de preparación de muestras (Fuente: Elaboración Propia).</i> .....	58
<i>Figura 47.- Colocación en horno de cada bandeja conteniendo una muestra (Foto: Area de Secado – Laboratorio).</i> .....	59
<i>Figura 48.- Chancadora primario de malla astm ¼” (Foto: Area de Chancado – Laboratorio).</i> .....	60
<i>Figura 49.- Homogenizador vibratorio y separador de 6 bandejas (Foto: Area de Homogenizado – Laboratorio).</i> .....	61
<i>Figura 50.- Chancadora secundario de malla ASTM 10 (Foto: Area de Chancado Primario – Laboratorio).</i> .....	61
<i>Figura 51.- Equipo de pulverizado (Foto: Area de Pulverizado – Laboratorio).</i> .....	62
<i>Figura 52.- Cuarteo en 4 sobres de 250g cada uno (Foto: Area de Cuarteo – Laboratorio).</i> .....	63
<i>Figura 53.- Control granulométrico de preparación de muestras (Fuente: Elaboración Propia).</i> .....	64
<i>Figura 54.- Re etiquetado de muestras ordinarias.</i> .....	65
<i>Figura 55.- Preparación de muestras de control (Foto: Area de Inserción de Muestras de control).</i> .....	65
<i>Figura 56.- Envío de muestras para Análisis (Foto: Laboratorio BV).</i> .....	67
<i>Figura 57.- Solicitud de envío para análisis (Fuente: Laboratorio Bureau Veritas).</i> .....	67
<i>Figura 58.- Duplicado de Campo, método lineal (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i> .....	73
<i>Figura 59.- Duplicado de Rechazo, método lineal (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i> ....	74
<i>Figura 60.- Duplicados de pulpa de Cu, método lineal (Fuente: Minera Chinalco Perú).</i> .....	75

<i>Figura 61.- Grafico material de referencia (Fuente: Minera Chinalco Perú).....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 62.- Blanco Fino para Cu (Fuente: Minera Chinalco Perú). ....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 63.- Blanco Grueso para Cu (Fuente: Minera Chinalco Perú). ....</i>	<i>78</i>

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1.- Clasificación ISRM (1985) (Fuente: Elaboración Propia).....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 2.- Tabla de Inserción recomendada (Fuente: Elaboración Propia).....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 3.- Criterios de aceptación de sesgo (Fuente: Minera Chinalco Perú). ....</i>	<i>75</i>

## **I. Datos Generales**

### **1.1. Título del trabajo de suficiencia personal**

Aplicación del Aseguramiento Y Control De Calidad (Qa/Qc) En La Campaña De Perforación Diamantina 2018, Mina Toromocho.

### **1.2. Delimitación del trabajo de suficiencia profesional**

La delimitación del informe está basada principalmente en la aplicación del aseguramiento y control de calidad (QA/QC) en la campaña de perforación diamantina 2018, desde el proceso de perforación diamantina hasta el resultado del análisis de las muestras.

### **1.3. Fecha de inicio y fecha de término**

Fecha de Inicio: Junio 2018.

Fecha de Término: Noviembre 2020.

## **II. Planificación del Trabajo**

### **2.1. Descripción del trabajo de suficiencia profesional**

#### **2.1.1. Ubicación**

La mina Toromocho está ubicado en el centro del Perú en el distrito minero Morococha, en la provincia de Yauli, Región de Junín, a 142 km al noreste de Lima y a 4500 m.s.n.m. El acceso a la mina Toromocho, se realiza desde la ciudad de Lima por la Carretera Central, a través de una vía asfaltada hasta Morococha (142 km), así como mediante el Ferrocarril Central (173 km). Ambas vías también unen la zona del Proyecto con la ciudad de La Oroya ubicada a aproximadamente 32 km por carretera y aproximadamente 35 km por ferrocarril.

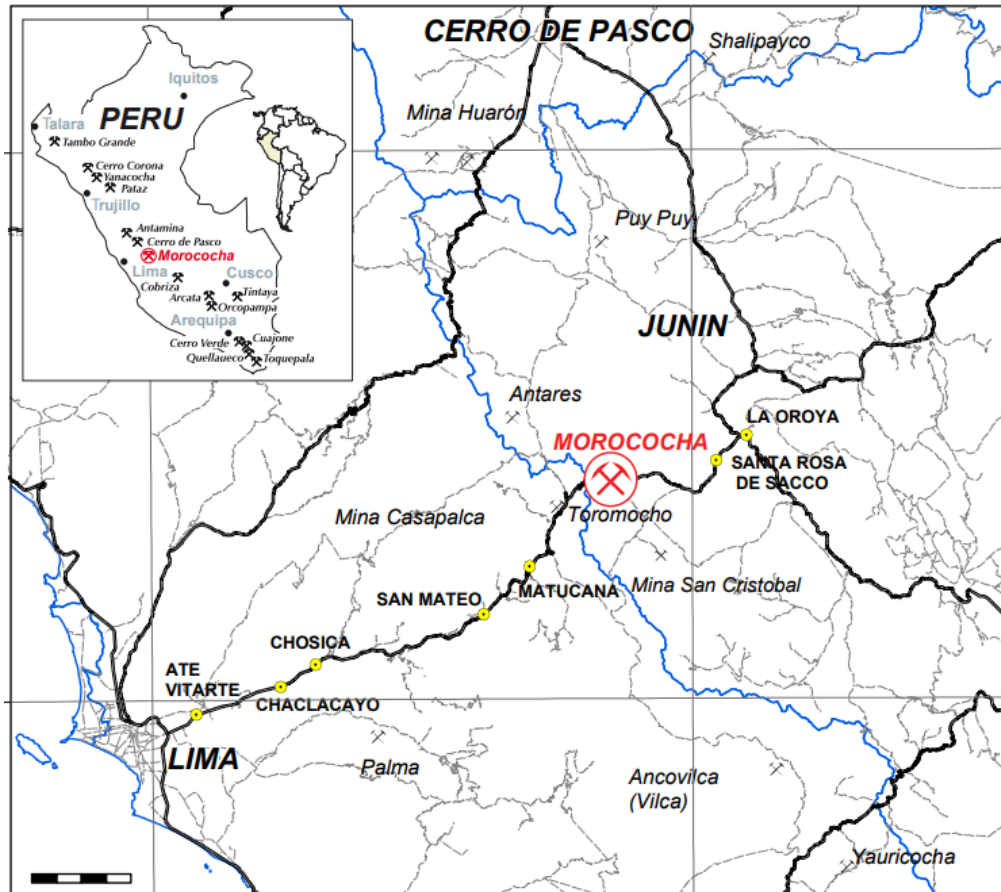


Figura 1.- Mapa de ubicación del yacimiento Toromocho (Fuente: A. Bendezú 2007).

### 2.1.2. Geomorfología y Relieve

El área de estudio se encuentra dentro del ámbito geomorfológico de la Cordillera de los Andes. Está constituida por un conjunto de elevaciones que corren alineadas en cadenas paralelas. La Cordillera de los Andes, configura un gran macizo antiguo, que responde al clásico esquema de plegamiento en el Primario, erosión en el Secundario, formando dilatadas penillanuras y sobre elevación en bloques durante el Terciario debido a la Orogenia Andina, intercalado con grandes cuerpos intrusivos y con eventos volcánicos, conjunto que configura un relieve complejo.



## **2.2. Justificación**

La aplicación correcta del aseguramiento y control de calidad (QA/QC) nos ayudara a adquirir una base de datos confiable para garantizar la fiabilidad de la estimación de recursos y de modelo geológico. Asimismo, la aplicación del QAQC servirá para demostrar que una campaña de perforación con controles es confiable.

## **2.3. Objetivos del trabajo de suficiencia profesional**

Aplicar el aseguramiento y control de la calidad (QA/QC) en cada etapa de la campaña de perforación diamantina 2018.

# **III. Marco Teórico**

## **3.1. Antecedentes**

**J. Velez (2015).** Innovación al control de procesos de muestreo (qa/qc) validan la estimación de recursos y reservas para yacimiento epitermal de alta sulfuración en coimolache – cajamarca, desde su etapa de prospección a mina de oro. PERÚMIN, Nos expresa lo siguiente: El aseguramiento de la calidad, este proceso se realiza con protocolos de toma de muestras, se estable medidas de prevención para minimizar los errores propios del proceso, se establece que el muestreo de sondajes debe ser en forma sistemática cada 2 metros esto a razón de tomar detalles geológicos. En el control de calidad, se implementan técnicas de control y se revisa las técnicas usadas en campañas anteriores. A través de esta serie de controles QA/QC al muestreo, se presenta como una herramienta para cuidar el proceso de muestreo que es la parte más importante y sensible de la industria minera, es por ello que su resultado determina la calidad de su planeamiento a corto y largo plazo, así como la calidad de trabajo realizado.

**S. Canchaya (2010).** QA/QC: ¿Realidad o Fantasía?, XV Congreso Peruano de Geología. Nos expresa lo siguiente: La implementación optimización de procedimientos de aseguramiento y control de la calidad (“QA/QC: Quality Assurance and Quality Control”) fue catalizada por eventos que han sacudido la credibilidad mundial, como el escándalo de Bre-X en 1997, relacionado con el yacimiento aurífero ficticio de Busang en Indonesia; que dieron como respuesta la proliferación de códigos y normas internacionales, como: NI-43-103 del Canadá, el JORC (“Joint Ore Reserves Committee”) de Australia, el UNFC (“United Nations Framework Classifications for Resources/Reserves”), entre otros. Hay que reconocer que los procedimientos QA/QC en la actualidad tienen un uso difundido en todo el mundo; sin embargo, hay que señalar que en gran parte se aplican más por moda u obligación que por convicción. El aseguramiento de la calidad o “Quality Assurance”, cuya abreviatura es “QA”; se entiende como el conjunto de acciones sistemáticas y preventivas para asegurar la calidad y confianza en el muestreo. El control de la calidad o “Quality Control” es el conjunto de actividades o técnicas para monitorear, identificar errores y realizar acciones correctivas durante el muestreo y análisis.

**Scott Long (2003).** Programa de Aseguramiento y Control de Calidad de los Ensayos para Proyectos de Perforación a un Nivel de Informe de Pre-Factibilidad a Factibilidad, AMEC. Nos expresa lo siguiente: Los programas QA-QC son diseñados para monitorear la precisión (reproductividad), y cuantificar cualquier parcialidad posible (precisión). Se debe enfatizar la presentación de una clara visión en cuanto a la confiabilidad de los datos del ensayo, de tal manera que se pueda demostrar que hay una buena relación entre los procedimientos utilizados en la construcción del modelo de recursos y la calidad de la información utilizada

en dicho modelo. Aseguramiento de Calidad se refiere a la información recolectada para demostrar y cuantificar la confiabilidad de los datos de los ensayos. El Control de Calidad consiste en los procedimientos utilizados para mantener el nivel de calidad deseado en la base de datos de los ensayos. Los programas de QA–QC detallados son diseñados para monitorear el muestreo rutinario y el desempeño del laboratorio en un esfuerzo por controlar (minimizar) el posible error total en la secuencia muestreo – cuarteo – análisis.

## **3.2. Bases teóricas científicas**

### **3.2.1. Antecedentes del Yacimiento**

El yacimiento de Toromocho está localizado en el centro del Perú en el Distrito Minero de Morococha. La historia del Distrito Minero Morococha se remonta al tiempo de los Incas, cuando la región fue explorada y explotada por plata y oro. Durante el Periodo de la Colonia Española, el área fue explotada por minerales oxidados con contenido de plata, zinc y plomo. En 1861 el científico Italiano Antonio Raymondi estudió la región y publicó sus hallazgos el año 1902 en un libro titulado “Estudios Geológicos de la Carretera de Lima a Morococha y Áreas Colindantes”.

El servicio ferroviario entre Lima y Yauli se inició en 1894. Ese año, un grupo de mineros dirigidos por Proaño, Valentine, y Stuart iniciaron una exploración a gran escala. En 1908, el Sindicato Cerro de Pasco y la Compañía Backus & Johnston del Perú constituyeron la Compañía Minera Morococha.

La Compañía Minera Morococha se reorganizó en 1915 y se fusionó con la Corporación Cerro de Pasco. Tres años después, Backus & Johnston vendió su participación en Morococha a Cerro de Pasco Corporation. Con

la nacionalización de Cerro de Pasco Corporation en el año 1974, Morococha se convirtió en una unidad de producción bajo la administración de Centromin.

La información más antigua registrada sobre el depósito de Toromocho data de 1928, cuando se identificó una zona de mineral de baja ley a lo largo del borde del pico de monzonita de San Francisco y se descubrieron varios otros bloques de baja ley. Cerro de Pasco llevó a cabo más exploraciones hasta 1973-74, cuando el gobierno peruano nacionalizó la propiedad y la transfirió a Centromin.

Durante la década de 1970, Centromin continuó con la exploración, llevó a cabo un programa de perforación e inició la explotación a pequeña escala del yacimiento Toromocho en 1974. En la década de 1990, Centromin inició el proceso de privatización de todos sus activos. La explotación por parte de Centromin cesó en octubre de 1997.

En 1999, J. David Lowell, uno de los fundadores de Peru Copper, comenzó a estudiar depósitos potenciales explotables de reservas de mineral de cobre en América Latina. A través de este proceso, en 2002, el Sr. Lowell determinó que el yacimiento Toromocho de Centromin tenía potencial como una gran operación a cielo abierto. En abril de 2003 se constituyó el Sindicato del Cobre del Perú con el objeto de presentar una oferta por las concesiones mineras de Toromocho.

La oferta fue exitosa y Chinalco celebró el Contrato de Opción de Toromocho con Centromin en junio de 2003. El Contrato de Opción de Toromocho otorgó a la Compañía el derecho de adquirir ciertas participaciones totales y parciales de Centromin en las concesiones mineras y activos relacionados del Proyecto Toromocho. Posteriormente fue el turno

de Perú Copper quien desarrollo 8 campañas entre los años 2003 al 2012, luego MCP realizó una campaña INFILL de los recursos el 2015, realizada bajo la supervisión de Golder, posteriormente MCP realizo una campaña INFILL el 2018 para realizar la actualización de la información geológica y generar el modelo y estimación de recursos para los próximos años y finalmente el 2019 se realizó una campaña de perforación con fines geometalúrgicos.

### **3.2.2. Geología Regional**

La secuencia estratigráfica del área está compuesta por las rocas del Paleozoico y Mesozoico formado por las siguientes unidades geológicas:

#### **1. Grupo Excelsior (Devónico)**

Las rocas más antiguas conocidas en la región son las del Grupo Excelsior del periodo Devónico que afloran fuera del distrito de Morococha, Yauli, Carahuacra, San Cristóbal y Andaychagua, donde forman el núcleo del Domo de Yauli. Sin embargo, se ha encontrado algunas exposiciones de roca Excelsior a aproximadamente 520 m por debajo de la superficie en el Túnel Kingsmill.

El espesor total del grupo Excelsior es desconocido. Pero J.V. Harrison (1948) estimó un total de 1,800 m de espesor para una secuencia equivalente en los alrededores del área de Tarma.

El Grupo Excelsior está compuesto principalmente de lutitas y filitas de coloración verde oliva a negro, calizas subordinadas y flujos de lava. Los afloramientos están fuertemente plegados, laminados y cortados por intrusiones en forma de lentes irregulares de cuarzo lechoso como resultado

del metamorfismo regional. Las filitas se encuentran finamente estratificadas, mientras que los lentes de cuarzo son más gruesos y se presentan generalmente en el núcleo de los anticlinales pequeños.

## **2. Grupo Mitu (Pérmico)**

En el distrito de Morococha, el periodo Pérmico está representado por las rocas volcánicas félsicas y andesíticas Catalina del Grupo Mitu (Formación Yauli). Las rocas volcánicas de Catalina forman el núcleo de los Anticlinales de Yauli y Morococha desde la superficie hasta la elevación 1,700 m, en el Túnel Kignsmill (Estas rocas volcánicas también afloran al sur del distrito (área de Cajoncillo) a lo largo del eje del anticlinal, pero son más extensos en las áreas de Yauli y San Cristóbal.

Los Volcánicos Pérmicos Catalina se sobreponen en una discordancia angular en las filitas Excelsior del periodo Devónico. Están compuestas por dacita de coloración gris a verde y flujos de lava andesítica que se intemperizan a color marrón, localizadas en la parte inferior del grupo y en la parte superior están compuestas por brechas volcánicas, aglomerados y tobas piroclásticas. Los Volcánicos Catalina son rocas encajonantes favorables para las venas persistentes y bien definidas con rumbo N50°–70°E y contienen cobre, plata, plomo y zinc.

D.H. Laughlin (1924) calculó que el grosor de las rocas volcánicas Catalina en el distrito de Morococha es de 760 m. Sin embargo, A. Terrones (1949) calculó que dicho grosor es solo de 300 m. Se considera que los Volcánicos Catalina y la Formación Yauli se encuentran en la parte superior del Grupo Mitu. No obstante, en el área de Arapa al este y sudeste del distrito de Morococha existe un conglomerado rojo (basal) que se estima

tiene más de 160 m de grosor y se encuentra superyacente a los Volcánicos Catalina y por debajo de la Caliza Pucará (A. Terrones, 1949).

### **3. Grupo Pucará (Triásico – Jurásico)**

El grupo Pucará fue estudiado en los Andes Centrales por Harrison (1944), Jenks (1955), Szekely and Grosse (1972), Mégard (1977), H. Kobe (1977) entre otros. Como resultado de estos estudios, el grupo Pucará fue subdivido en tres formaciones desde la parte inferior a la superior de la siguiente manera:

- **Formación Chambará:** Intercalaciones de caliza, tufos, lutitas bituminosas y cherts alcanza una potencia máxima regional de 1,500 m.
- **Formación Aramachay:** Interestratificación de lutitas, areniscas, tufos, cherts y rocas fosfáticas cuya máxima potencia es de 600 m.
- **Formación Condorsinga:** Ubicada en el tope del Grupo, está constituida por intercalaciones de calizas, lutitas y areniscas con una potencia de 2,900 m.

Al Grupo Pucará se le asigna una edad que va desde la mitad del Triásico Superior hasta el Jurásico inferior teniendo una duración aproximada de 30 millones de años, tiempo en el cual se acumuló una secuencia de 2,900 m de potencia, en la región de La Oroya - Tarma, siendo su relación de depositación de 9.7cm por cada 1000 años.

Las rocas del Pucará en el distrito de Morococha se encuentran discordantes con las rocas subyacentes del periodo Pérmico - Devónico (Mitú y Excelsior) y con rocas suprayacentes del Cretáceo inferior (Goyllarisquisga).

En el distrito de Morococha, el Grupo Pucará está formado por calizas de color gris claro a blanco, que sobre yacen discordantemente al Grupo Mitú. Las calizas del Pucará contienen vetas, mantos y cuerpos mineralizados. Dos derrames lávicos están interestratificados con las calizas, estos son: el basalto Montero y la traquita Sacracancha que actúan como estratos llaves. La edad de las calizas Pucará en el distrito, llamada localmente caliza Potosí, es asignada al Jurásico Inferior (Lías). Últimamente, H. W. Kobe (1981), en base a estudios al microscopio afirma que las denominadas traquitas son tufos. Asimismo, este autor supone que es la formación Condorsinga la que está presente en Morococha.

A.J. Terrones (1949) ha subdividido las calizas Pucará en 13 horizontes con una potencia media de 431 m. Estos horizontes desde el techo a la base son:

- Horizonte "A": Capas delgadas de caliza blanca, alternadas con capas de lutitas rojo-pardo y lutitas arenosas, Espesor máximo: 38 m.
- Brecha Churruca Superior: Fragmentos angulosos a sub angulosos de caliza en una matriz calcárea de color blanco, con una potencia de 24 m.
- Horizonte "B": caliza de color blanco - grisáceo, finamente estratificada y de textura sacaroide. Espesor promedio, 12 m.
- Brecha Churruca Inferior: Fragmentos angulosos a sub angulosos de caliza gris en una matriz calcárea de color blanco a verde pálido. Localmente contiene capas lentiformes de caliza y marga. Potencia promedio de 19 m. Considerada como una brecha de falla regional con buzamiento al oeste y de bajo ángulo por J.M. Proffett (2005).
- Horizonte "C": Calizas gris clara que se intemperizada a color azulado con un grosor promedio de 12m. ➤ Basalto Montero: capa basáltica



de color verde olivo a marrón oscuro, felsítico y localmente amigdaloides, con un espesor promedio de 17 m.

- Horizonte "D": Capas delgadas de lutitas y margas interestratificadas con areniscas calcáreas de color gris-violeta. En la parte inferior existen abundantes capas y lentes de sílice negro, intercalados con capas delgadas de margas abigarradas. El espesor varía entre 62 y 108 m.
- Laura Superior: Caliza dolomítica de color azul-plomizo con fragmentos de fósiles y nódulos de sílice; marmolizada y serpentizada en las inmediaciones de las intrusiones monzoníticas. Su espesor promedio es de 18 metros.
- Traquita Sacracancha: Capa de 5 m de espesor de traquitas de color gris oscuro conteniendo cavidades (vesícula) y líneas de flujo (soldadas) intemperizadas al color verde claro.
- Laura Inferior: Caliza dolomítica con interestratificaciones de lutitas y areniscas. Lentes de sílice predominan en la parte inferior del horizonte. Contiene fragmentos de fósiles, entre los que se destacan tallos de crinoideos y restos de gasterópodos. La potencia promedio es de 87 m.
- Horizonte "E": Arenisca de grano medio a grueso alternando con capas de lutita. Al centro del horizonte se encuentra una capa de dolomita de 3 m. de espesor, fosilífera y con nódulos de sílice. El espesor promedio de este horizonte es de 26 m.
- Horizonte "F": Caliza dolomítica de grano fino de coloración gris claro a blanco con fragmentos de corales y nódulos de sílice, el grosor promedio es 64 m.

- Capas Rojas Potosí: Lutitas rojas arenosas. En la parte central existe una capa de 2 m. de espesor de un conglomerado fino que presenta fragmentos sub angulosos de caliza; potencia de 24 m.
- Complejo de Anhidrita y Yeso: Una unidad lenticular de hasta un máximo de más de 150 m. de espesor en su parte central, se encuentra localizada en la base de la caliza Pucará al oeste del distrito.

#### **4. Grupo Goyllarisquizga (Cretáceo Inferior)**

El Grupo Goyllarisquizga está representado en el distrito de Morococha por una secuencia constituida por un conglomerado rojo basal en aparente concordancia sobre la caliza Pucará. Luego se suceden areniscas y lutitas rojas, capas de cuarcita de 6 a 15 metros de espesor y capas de caliza gris interestratificada con derrames lávicos o diques-capas de diabasa y basalto. Toda esta secuencia está expuesta al Norte, Noreste y Suroeste del distrito. Los horizontes basálticos son generalmente amigdaloides, en tanto que los diabásicos son porfiríticos. Al Norte del distrito se conocen hasta 12 horizontes con espesores que varían de 3 a 61 metros, mientras que, al Suroeste, sólo se conocen tres, con espesores de 5 a 15 metros. Esta secuencia va cambiando hasta el tope a una caliza masiva de color gris azulado y a una caliza fosfática de color gris a oscuro las cuales suceden al último dique-capa de diabasa. Estas calizas constituyen la base del grupo Machay. La potencia de toda la secuencia, de acuerdo con medidas tomadas por J. M. Boutwell (1920) y P. Henshaw (1943) varía de 396 a 469 metros. La secuencia se correlaciona con la arenisca Goyllarisquizga de las regiones de Oroya y Cerro de Pasco.

#### **5. Grupo Machay (Cretáceo Superior)**

El Grupo Mach

ay está representado por una interestratificación de calizas, las cuales están expuestas en las afueras del distrito, al Suroeste y Oeste, en las áreas de Buenaventura, Galera y Ticlio. El Grupo Machay, que yace en concordancia sobre el Grupo Goyllarisquizga, consiste en una caliza gris azulada, masiva con restos de fósiles, en la parte inferior. Luego viene una caliza gris clara que contiene horizontes de caliza carbonosa, lutácea, margosa y caliza fosfatada. Los últimos 12 m. de la secuencia son de lutita negra que contiene ammonites y pelecípodos.

La caliza Machay tiene un espesor de más o menos 445 m. en el distrito, de acuerdo con medidas hechas por J. M. Boutwell (1920). La edad del Grupo corresponde al Cretáceo Medio (Albiano) (J.J. Wilson 1963).

El grupo Machay vendría a representar las formaciones Chulec, Pariatambo y Jumasha en la zona de Morococha.

Al Oeste de Ticlio, fuera del área de Morococha, se encuentra el contacto con las Capas Rojas de Casapalca.

## **6. Actividad ígnea**

La actividad ígnea en el distrito de Morococha se inició durante el periodo Pérmico con las andesitas y dacitas de los volcánicos Catalina que vienen a ser las rocas ígneas más antiguas del distrito. Los flujos volcánicos 20 y diques capas interestratificados con las rocas sedimentarias del periodo Jurásico y Cretáceo indican que la actividad ígnea continuó durante el Mesozoico. El clímax de la actividad ígnea ocurrió en el Terciario Superior con la intrusión de diorita, monzonita cuarcífera, granodiorita, pórfido feldespático, pórfido cuarcífero, pórfido dacítico.

EÓN	ERA	PERIODO	ÉPOCA	UNIDADES LITOGRAFICAS	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN						
FANEROZOICO	CENOZOICA											
							MESOZOICA	CRETACICO	SUPERIOR	Casapalca Fm.		Arenisca amarilla y conglomerados grises, calizas, arenisca roja
									INFERIOR	Jumasha Fm. Turoniano (Romblon)		Caliza gris y dolomítica estratificación laminar
	Parlatambo Fm. Albense Medio (Ferrobamba)		Caliza bituminosa y micrítica 30-120m. amonitas, Oxtropidoceras									
	JURASICO	SUPERIOR		Chúlec Fm.		Caliza blanca y micrítica política 50m. Knemidoceras attenuatum						
				Grupo Goyllarisquisga		Arenisca de cuarzo intercalada con roca sedimentaria de arcilla y caliza. 396-469 m.						
			A Horizonte			Caliza blanca, roca sedimentaria de arcilla, arenisca 33m						
			Churruca Superior			Brecha calcárea 24m.						
			B Horizonte			Caliza sacaroidea 12m.						
			Churruca Inferior			Brecha calcárea, caliza, marga 19m.						
			C Horizonte			Caliza gris 12m.						
			Basalto Montero			Basalto afanítico 17m.						
D Horizonte			Condorsinga Fm.		Marga, arenisca 62m.							
Laura Superior			Caliza fosilífera y dolomítica 18m.									
Traquila de Sacracancha			Traquila, en color violeta 5m.									
Laura Inferior			Calizas dolomíticas, crinoides de esquisto 87m.									
E Horizonte			Arenisca 26m.									
F Horizonte			Caliza dolomítica 64m.									
Capas Sedimentarias Rojas de Potosí			Caliza, roca sedimentaria de arcilla, conglomerado 24m.									
Complejo de Anhidrita-Yeso		Anhidrita		Yeso-Anhidrita 150m.								
TR	INFERIOR			Yeso								
PALEOZOICA	PE			Grupo Mitu (PE)		Aglomerado - dacita, andesita 300m. Terrones						
	CAR			Grupo Excelsior (DE)		Filitas 1800m. Harrison						
	DE											
	SIL											
	OR											
CAM.												

Figura 2.- Columna Estratigráfica del yacimiento Toromocho (Fuente: J. Terrones).

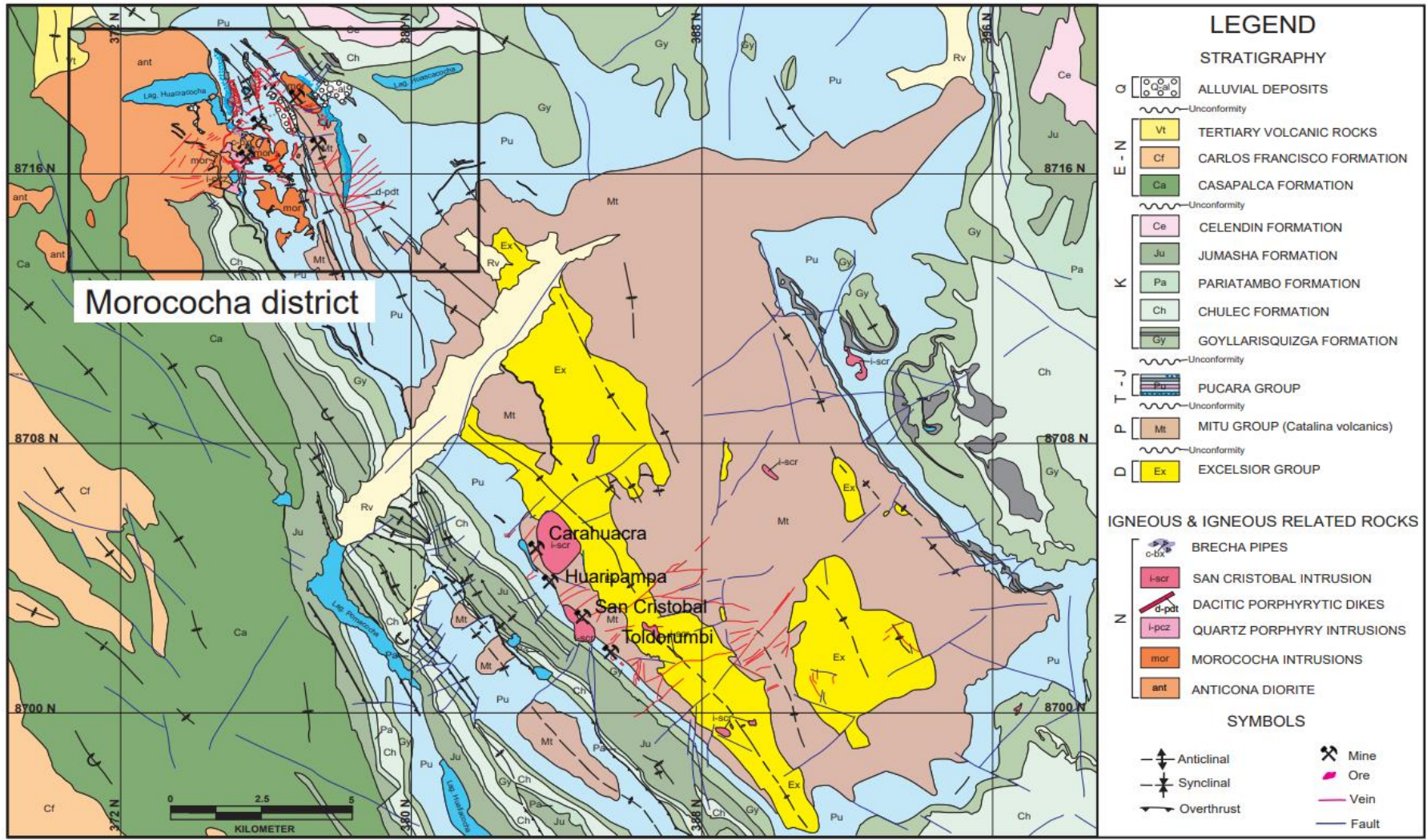


Figura 3.- Mapa geológico regional del distrito de Morococha (Fuente: A. Bendezú 2007).

### **3.2.3. Geología Local**

El distrito polimetálico de Morococha con una extensión de 5 por 6 Km. ocupa el centro del intrusivo Terciario con mineralización asociada de skarn, hornfels y brechas. Se desarrolla en sedimentos calcáreos del grupo Pucara del periodo Jurásico sobre el flanco occidental del anticlinal regional con buzamiento (45–50 grados) localizado entre un gran intrusivo antiguo pre-mineral andesítico (“diorita”) hacia el oeste y Rocas Volcánicas (Catalina) del periodo Pérmico – Triásico hacia el este a lo largo del eje del anticlinal regional.

Las unidades litológicas que afloran en el distrito de Morococha son tanto de naturaleza sedimentaria como ígnea y sus periodos oscilan desde el Periodo Pérmico hasta el Terciario.

Las rocas más antiguas en el distrito pertenecen a la formación volcánica Catalina del Grupo Mitu (Pérmico) y está compuesto por flujos de lava de composición andesítica y riolítica que se presentan como dacitas, brechas volcánicas, aglomerados y tobas localizadas en la sección superior del grupo Mitu.

Las calizas del Grupo Pucará (Jurásico) fueron depositadas discordantemente sobre las rocas subyacentes del grupo Mitu (Catalina) (Proffett 2005). En general, los sedimentos Pucará están compuestos por calizas de color gris claro a blanco, calizas dolomíticas con interstratificaciones de lutitas, hornfels y areniscas. Dos flujos de lava se encuentran intercalados con las calizas, Basalto Montero y la traquita Sacracancho. El Basalto Montero actúa como un horizonte guía y se ubica cerca de la cima del Grupo Pucará.

La anhidrita masiva y yeso en el fondo de la caliza Pucará está compuesta por capas de anhidrita, yeso, lutita y caliza que yacen sobre las rocas volcánicas de la Formación Catalina en una aparente discordancia angular y a lo largo del intrusivo pórfido feldespático y la granodiorita.

### **1. Intrusivos Terciarios**

Las rocas de caja del yacimiento de Toromocho incluyen muchas fases intrusivas de las rocas plutónicas regionales y por lo menos hay dos fases de intrusión de roca porfirítica asociada con la alteración y mineralización del yacimiento Toromocho Terciario.

La secuencia de las fases intrusivas, desde las más reciente a las más antiguas, es la siguiente: Diorita Anticona (8-14 millones de años), granodiorita, pórfido feldespático, y pórfido cuarcífero de 7 a 8 millones de edad.

### **2. “Diorita” Anticona**

La “Diorita” Anticona es la roca intrusiva más antigua del Terciario (8-14 millones de años), expuesta al oeste y noroeste del distrito de Morococha. Es una roca andesítica de color verde a gris. Su textura varía de equigranular de grano grueso a porfirítico con prominentes fenocristales de plagioclasa. La “diorita” forma una “roca de cubierta” plana de base en la zona oeste del distrito donde se superpone al skarn bien mineralizado.

### **3. Granodiorita**

La granodiorita Morococha es una importante roca huésped para la mineralización. Su textura es equigranular con un grano medio a grueso y algunas veces con una textura porfirítica. La granodiorita se expande en

profundidad y subyace, con un contacto superior relativamente plano, en la mayor parte del yacimiento de mineral Toromocho.

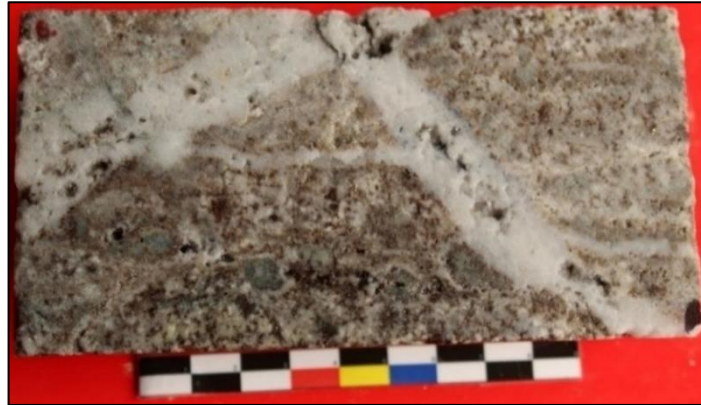


Figura 4.- Granodiorita potásica, textura equigranular, color marrón blanquecina, alteración potásica, py – cpy diseminada, venillas tipo “b” cortan a venillas “a” y “edm” (Fuente: Minera Chinalco Perú).



Figura 5.- Granodiorita filica, textura equigranular, color marrón blanquecino, alteración filica, py – cpy en diseminación, con venillas tipo “b”, trazas de cpy (Fuente: Minera Chinalco Perú).

#### 4. Pórfido Feldespático

El pórfido feldespático es la otra roca huésped intrusiva más importante para la mineralización y es, posiblemente, la que más se asocia con las soluciones hidrotermales que alteran y mineralizan el yacimiento mineral de Toromocho. En un plano del nivel 1000, este tiene una forma



elíptica con sus ejes principales con dirección de NE a SO. Sus límites exteriores no son muy definidos, intruye a la diorita y granodiorita y es intruída por el pórfido cuarcífero. Presenta textura porfirítica con fenocristales de cuarzo (5%–10%), plagioclasa (30%–40%), feldespato potásico (10%–17%), biotita (5%) con matriz micro granular compuesto por los mismos minerales.



Figura 6.- Pórfido feldespático, textura porfirítica, color marrón blanquecino, alteración filica, py – cpy en diseminación, con venillas tipo “b”, trazas de cpy (Fuente: Minera Chinalco Perú).

## 5. Pórfido Cuarcífero

El pórfido cuarcífero es un intrusivo joven encontrado al suroeste del yacimiento principal. Tiene una textura porfirítica con una matriz aplítica principalmente compuesta por plagioclasas de feldespato potásico y cuarzo con fenocristales de cuarzo (>10%).



Figura 7.- Pórfido cuarcífero, color gris blanquecino, alteración fílica, textura porfirítica, ojos de qz (1 mm – 5 mm), mineralización py-enargita diseminada y en venillas. venillas finas de enargita cortado por venillas “a” (Fuente: Minera Chinalco Perú).

## 6. Pórfido Dacítico

Es un solo dique de pórfido félsico de 20 a 30 m de ancho que contiene numerosos ojos de cuarzo y base vidriosa de pórfido aplítico de feldespatos cuarcífero con tendencia NO-SE que cruza toda la porción sudoeste del distrito de Morococha. Este dique es de una característica tardía o aparentemente posterior a todos los otros intrusivos Terciarios y posiblemente a la mayor parte de la mineralización de cobre.

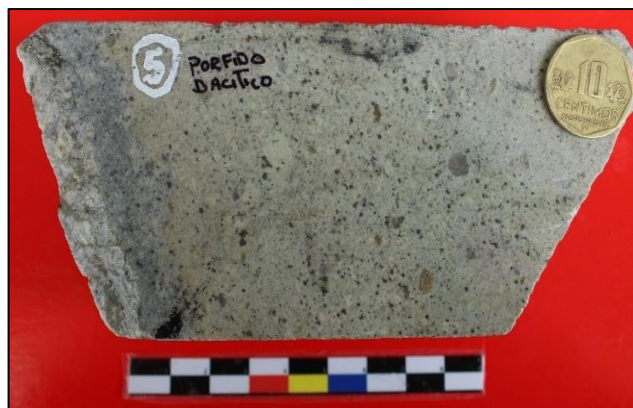


Figura 8.- Pórfido dacítico, color blanquecino, alteración fílica, textura porfirítica, ojos de qz (1 mm – 5 mm), mineralización py diseminada (Fuente: Minera Chinalco Perú).

## 7. Hornfels

Aproximadamente la mitad de la roca huésped del yacimiento de Toromocho son skarns y hornfels derivado de la caliza Pucará, dolomitas, lutitas y areniscas, por contacto y alteración metasomático que circunda a la granodiorita, pórfido feldespático y pórfido cuarcífero del stock Terciario.

### - Hornfels de Diópsido

Los sedimentos calcáreos, que carecen de importantes componentes argílicos, comúnmente se convierten en hornfels de cuarzo-diópsido. Los hornfels de diópsido y las rocas de calcita-diópsido aparentemente también se han desarrollado de las capas más puras de carbonatos, especialmente en aquellas con un contenido significativo de dolomita original. Las unidades de hornfels de diópsido están compuestas por distintas porciones de minerales tales como el cuarzo, tremolita, plagioclasa, epidota y comúnmente se presentan en las unidades de lutitas calcáreas. Sin embargo, los minerales que predominan en los hornfels de diópsido verde claro son el diópsido y/o el cuarzo y las rocas son de grano extremadamente fino y con menor relación de Fe: Al.

La mineralización en este tipo de roca es usualmente débil y se limita a las vetillas de calcopirita y pirita diseminada y diseminaciones débiles de sulfuros. El porcentaje total de sulfuro en los hornfels varía de 1 al 2 % con relación de Py/Cpy sub-iguales. Los valores de cobre fluctúan entre 0.3% y 0.6% en la zona secundaria enriquecida y de 0.1% a 0.3% en la zona primaria.

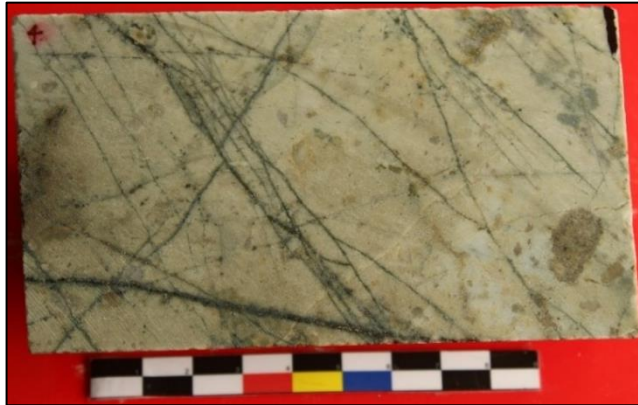


Figura 9.- Hornfels de diópsido, venillas de actinolita – tremolita, py y trazas de cpy – digenita (Fuente: Minera Chinalco Perú).

- **Hornfels de Wollastonita:**

El Hornfels blanco jaseroide se encuentra presente en la zona norte del distrito y está compuesta principalmente por wollastonita y cuarzo muy probablemente proveniente de las areniscas calcáreas. 10.

- **Hornfels de Biotita:**

En la zona central, el hornfels de biotita tiene textura micro - granoblástica y está compuesta por diversos agregados de plagioclasas, feldespatos potásicos, cuarzo y biotita. Se puede encontrar una alteración de superposición a sericita y/o clorita. Los sulfuros están diseminados, reemplazando la biotita alterada a clorita. También podrían estar presentes vetillas de cuarzo del tipo " B" con molibdenita Py. El porcentaje promedio de los sulfuros es igual al 1 por ciento en volumen y la relación de Py/Cpy varía de 3:1 a sub-igual. El contenido de cobre varía de 0.05% a 0.15% y Mo sobre 0.06%.

## 8. Skarns

Los principales tipos de skarn dentro del yacimiento de Toromocho son el skarn tremolita/actinolita, el skarn de magnetita masiva, el skarn alterado “serpentina” y el endoskarn en contacto con los intrusivos.

### - Skarn de Tremolita Actinolita:

Los principales minerales en el skarn temprano son la tremolita, actinolita y granate. El granate está comúnmente ubicado en base a su color que varía de marrón rojizo cerca de la intrusión de roca ígnea a verdoso a más distancia. Las venillas de cuarzo-pirita-calcopirita y calcopirita sin o con bajo contenido de pirita con halos de actinolita son comunes y aparentemente contemporáneas con la alteración biotita potásica y feldespato potásico en los intrusivos.



Figura 10.- Endoskarn, granates marrones, epidota, clorita, relicto de plagioclasas, py-cpy en venillas (calcita en venillas), presenta fenocristales de plagioclasas (Fuente: Minera Chinalco Perú).

El calcio anhidro y el silicato de magnesio predominante en los hornfels son reemplazados por calcio acuoso y por silicato de magnesio, mientras que los sulfuros, óxidos y carbonatos por una alteración de skarn posterior. Por ejemplo, el granate podría ser reemplazado por el cuarzo, calcita, magnetita y pirita, y el diópsido por la tremolita- actinolita, cuarzo y calcita. Las estructuras mineralizadas en los skarns incluyen a vetas

pequeñas, discontinuas y poco profundas y mantos ricos en sulfuro siguiendo la estratificación. En general, estos cuerpos de minerales son pequeños, irregulares y se encuentran agrupados. Son un reemplazo local muy irregular de las rocas encajonantes del skarn.

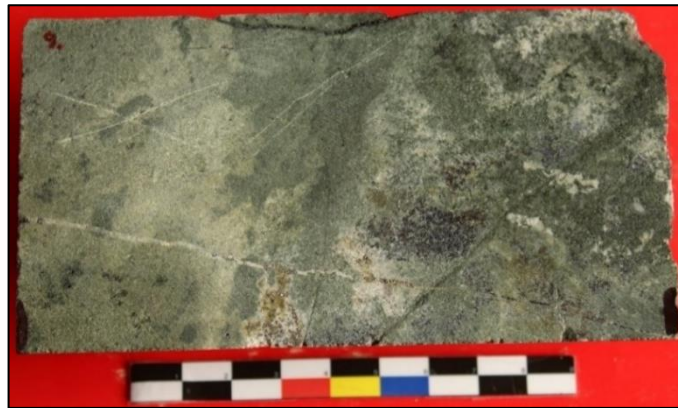


Figura 11.- Skarn tremolita - actinolita, con venillas finas de qz con py – cpy, diseminación digenita en forma aislada (Fuente: Minera Chinalco Perú).

- **Skarn de Magnetita:**

Los skarns ricos en Magnetita se presentan especialmente en skarns serpentinizados provenientes del estrato dolomítico original. Una variedad de minerales con un alto contenido de magnesio se encuentra presente en el skarn serpentizado en porciones variables incluyendo: talco, antigorita, flogopita, lizardita y clorita. Localmente, también se han identificado al olivino y forsterita. Comparado con el skarn de tremolita/ actinolita, el skarn de magnesio, serpentina alterada posee un contenido más alto de magnetita y menos sulfuros (<6%), y una baja relación de pirita y calcopirita (<1:2%). El alto contenido de magnetita podría ser ocasionado por la presencia de silicatos de magnesio como la forsterita, talco y serpentina que no tienen grandes soluciones de sólidos en sus miembros terminales ferrosos y reflejan la naturaleza de oxidación y precipitación del ambiente que altera el skarn.

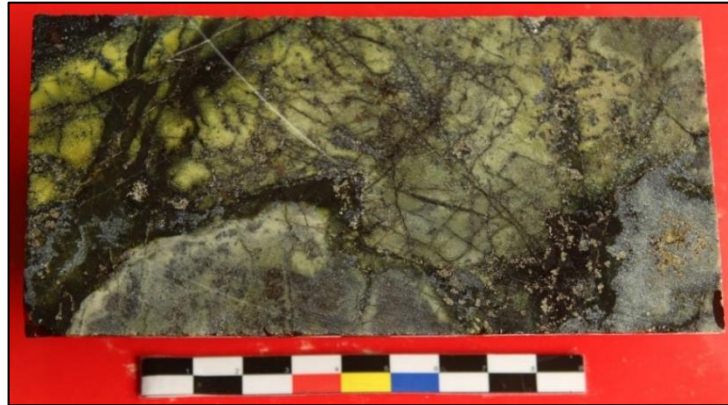


Figura 12.- Skarn de serpentina - magnetita, disseminación de py – cpy y en fracturas (Fuente: Minera Chinalco Perú).

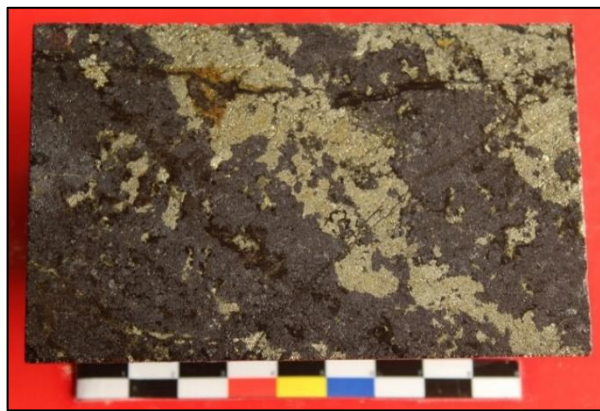


Figura 13.- Skarn de magnetita, disseminación de py – cpy (Fuente: Minera Chinalco Perú).

## 9. Endoskarn

Algunos de los skarns formados en y cerca de los contactos de los intrusivos son endoskarn. Preferentemente se desarrollan en la granodiorita y se caracteriza por el contenido de granates, piroxenos y tremolita y actinolita que reemplaza a la plagioclasa con destrucción completa de la textura ígnea de los intrusivos. El total de los sulfuros está en el rango del 1% a 5% con leyes de cobre a menudo por encima de 1%.

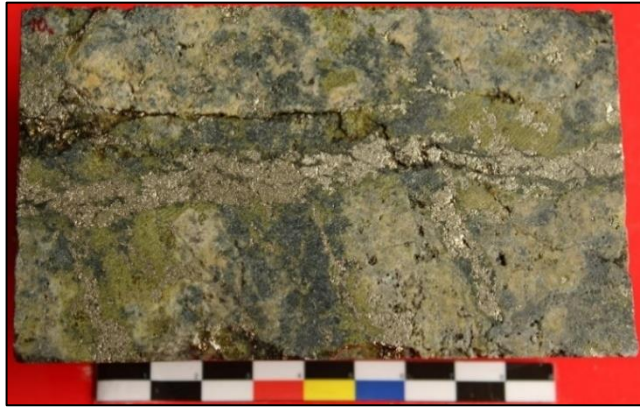


Figura 14.- Endoskarn, con textura de intrusivo, con alteración actinolita – tremolita con parches aislado de epidota – clorita, vlls de py – cpy y diseminación py – cpy, cavidades rellenas de py cristalizada y cpy (Fuente: Minera Chinalco Perú).



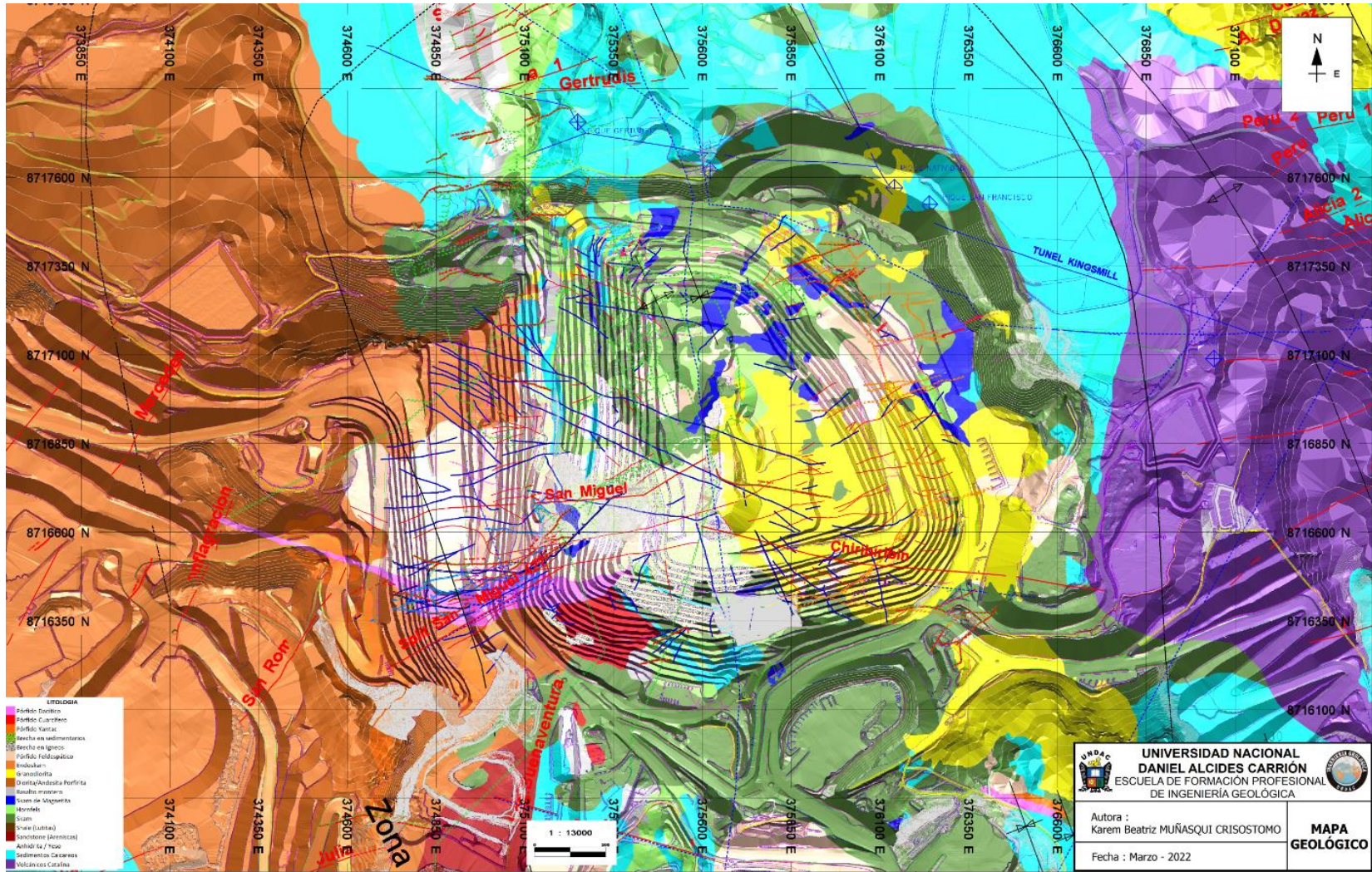


Figura 15.- Geología local del Yacimiento de Toromocho (Fuente: Minera Chinalco Perú).

### **3.2.4. Geología Estructural**

#### **1. Plegamiento**

La principal estructura regional característica de la región es el “Domo de Yauli” que se extiende por 30 Km. desde San Cristóbal hasta Morococha con un rumbo general de N35°O. En el distrito de Morococha, la principal estructura es el anticlinal de Morococha, que es la porción norte del Domo de Yauli. El Anticlinal de Morococha es un pliegue asimétrico con los Volcánicos Catalina como núcleo. El eje del anticlinal tiene un rumbo de N20°O al sur del distrito y N40°O al norte del distrito con inclinación de 10° a 15° hacia el norte. El buzamiento del flanco oeste se encuentra en el rango de 20° a 30° y el flanco este entre 30° y 40°. Existen dos anticlinales secundarios a lo largo de los flancos este y oeste del anticlinal de Morococha respectivamente.

Se han reconocido dos periodos de plegamientos en la región: el primer periodo se inicia al final de Cretáceo y continúa en el Terciario inferior y Terciario Medio. G. Steinmann reconoce tres etapas de plegamiento en la Cordillera de los Andes Peruanos: los “Plegamientos Peruanos” que se producen al final del Periodo Cretáceo y antes que fueran depositados las capas rojas, el plegamiento “Incaico” que ocurrió en el periodo Terciario inferior y fue el plegamiento más intenso. El plegamiento Incaico fue seguido por la actividad ígnea. Finalmente, el plegamiento “quechua” en el periodo Terciario Medio.

## 2. Fallamiento

En el distrito de Morococha, probablemente al finalizar el Periodo Cretáceo, las fuerzas compresivas del plegamiento peruano con dirección este-oeste desarrollaron el anticlinal de Morococha. Cuando la intensidad de la compresión se incrementó durante el periodo de plegamiento “Incaico”, las rocas se fracturaron por ruptura desarrollándose por las menos dos fallas inversas paralelas al rumbo general de las rocas sedimentarias. Estas fallas son Falla “Toldo Potosí” con buzamiento al oeste en el flanco este de la zona NO del anticlinal y la Falla Gertrudis con buzamiento hacia el este sobre el flanco oeste. El buzamiento de las dos fallas invertidas varía entre 45° y 70° y es opuesta.

Al final del plegamiento “Incaico” se produjo la actividad ígnea en la región Morococha con la intrusión de la Diorita Anticona que se inicia primero en la parte occidental del distrito. Las fuerzas continuas de compresión dieron paso a la formación de fracturas de cizalla con rumbo noroeste en la zona sur del distrito donde el anticlinal también tiene un rumbo de N20°O. Dichas fracturas son conocidas como Fallas Huachamachay y San Gerardo. Aproximadamente al mismo tiempo en la zona norte del distrito donde el anticlinal tiene un rumbo de N40°O, se desarrolló una falla de cizalla con rumbo general de este a oeste (Ej. Veta-Falla San Antonio). Estas fallas oblicuas probablemente se desarrollaron después de la intrusión de la diorita Anticona de 8 a 14 millones de años. Siguiendo el plegamiento Incaico, la actividad ígnea se inició nuevamente y surgieron intrusivos de granodioritas, pórfido feldespático y pórfido cuarcífero. Los stocks de granodiorita, pórfido feldespático y pórfido cuarcífero impresionaron en la parte central del distrito a ambos lados del

eje del anticlinal hace 7 millones de años. La actividad ígnea finalizó con el dique de pórfido dacítico en la zona sur del distrito que cruza y se formaron posteriormente a todos los otros intrusivos.

Durante el plegamiento “quechua”, el Anticlinal Morococha fue afectado por el esfuerzo compresional y posiblemente fue levantado por el volumen expandido de los intrusivos en profundidad. Las fuerzas de compresión y los intrusivos de Morococha se combinaron para formar una estructura anticlinal tipo domo. Las estructuras tipo domo crearon fracturas de tensión normales a los ejes de los anticlinales, posteriormente ocupadas por vetas. En la zona sur del distrito, estas fracturas tienen un rumbo de N70°E (Ej. las vetas Milagro 1, Minero y Manuelina) mientras que, en la zona norte del distrito, las fracturas tienen un rumbo general de N50°E (Ej. veta San Antonio 7).

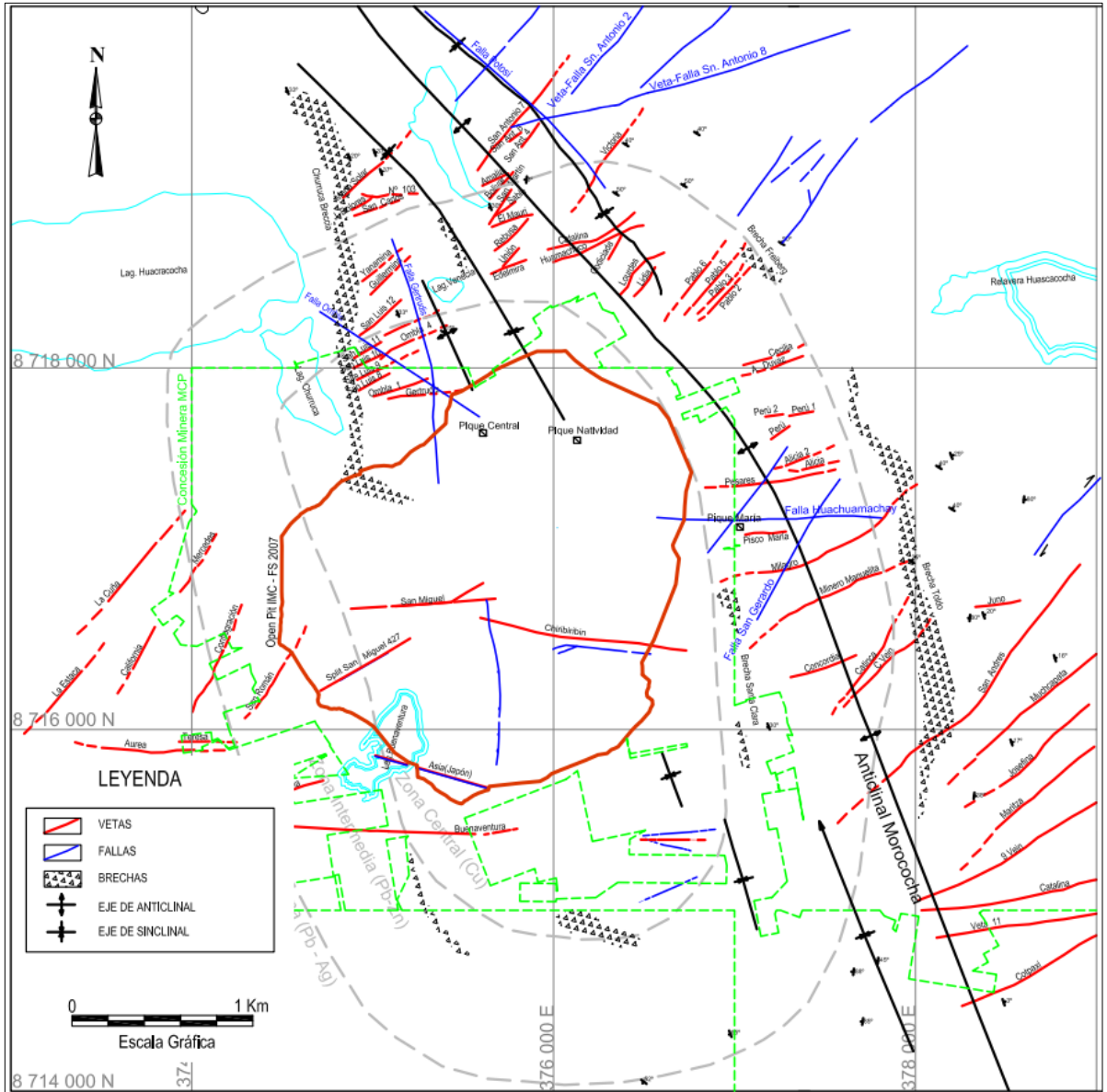


Figura 16.- Geología local del Yacimiento de Toromocho (Fuente: Minera Chinalco Perú).

### 3. Brechas Hidrotermales

Existen muchas brechas hidrotermales polimícticas y monomícticas relativamente pequeñas mineralizadas, en los sedimentos del Pucará tales como las brechas Toldo, Santa Clara, Churrucá, Riqueza. Estas brechas se encuentran generalmente localizadas a lo largo de las zonas de fallas inversas o a lo largo de sus proyecciones, así como, a lo largo de la

disconformidad entre la caliza y los Volcánicos Catalina y a lo largo de los contactos de los Intrusivos Morococha o basalto Montero. Estas brechas aparentemente son tardías y piríticas. A.J. Terrones (1949) propuso un origen sedimentario para la Brecha Churruca y sugirió que podría tratarse de una brecha intraformacional. John Proffett reconoció material de panizo foliado en la Brecha Churruca y propuso que es una brecha tectónica relacionada a una posible falla principal regional post mineral, plana, con buzamiento al oeste (Proffett, 2005).

#### **4. Mineralización en el Distrito de Morococha**

Una amplia variedad de cuerpos minerales ha sido formada en las rocas ígneas, sedimentarias y las rocas encajonantes metamórficas del distrito de Morococha. La mineralización diseminada y de tipo stockwork fue depositada en los stocks de granodiorita, pórfido feldespático y pórfido cuarcífero de San Francisco, Gertrudis y San Miguel.

Los mantos de sulfuros masivos fueron formados paralelamente a la estratificación de las Calizas del Pucará marmolizadas y silicatadas primeramente sobre el lado oriental del anticlinal. Las vetas más continuas mineralizadas se desarrollaron a lo largo de las fracturas de tensión en los Volcánicos Catalina y en las rocas intrusivas. Los cuerpos mineralizados se formaron alrededor de los stocks San Francisco y Gertrudis a lo largo de los contactos con la Caliza Pucará.

Los minerales de mena primarios más abundantes en las vetas y mantos son: calcopirita, tetraedrita, enargita, esfalerita y galena y los minerales de ganga comunes son: pirita, magnetita, cuarzo, carbonatos y anhidrita.

### **3.2.5. Geología Económica**

El yacimiento Toromocho se encuentra en la parte central de cobre de la zona polimetálica de Cu / Pb-Zn / Pb-Ag del distrito de Morococha. Este yacimiento forma un centro de rocas de tipo skarn y brechas asociadas, la alteración e intrusiones porfíricas y de granodiorita tienen alrededor de 7 Ma.

La mayor parte de la mineralización con alta ley de cobre está contenida dentro de una muy alterada y relativamente blanda mineralización de skarn alterada por actinolita y arcilla. El resto está contenido dentro de una roca intrusiva, alterada por biotita, más competente.

#### **1. Franja Metalogenética**

XVII. Franja epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno Oligoceno-Mioceno:

Se localiza en la Cordillera Occidental del Perú central (9°-14°). Esta franja se caracteriza por ser una de las más complejas, debido a que se encuentran depósitos metálicos de diversos tipos, como pórfidos de Cu-Mo, skarns de Pb-Zn-Cu, epitermales de Au-Ag y polimetálicos Pb-Zn (Ag) relacionados con intrusiones. Dichos depósitos se relacionan con tres eventos magmáticos, registrados en los periodos 39-33 Ma (Eoceno), 31-25 Ma (Oligoceno) y 20-10 Ma (Mioceno). La distribución espacial y temporal de dichos depósitos está controlada por las reactivaciones de las fallas NO-SE y N-S de los sistemas La Oroya-Huancavelica y Cerro de Pasco-Ayacucho. El depósito más antiguo conocido hasta la fecha es el epitermal de Au-Ag de Quicay, con una edad de mineralización en el rango de 37 y 35 Ma (Noble y McKee, 1999). Quicay se relaciona con la actividad

magmática del Oligoceno, manifestada principalmente por el emplazamiento de cuerpos intrusivos de composiciones variables entre dioritas y granodioritas. Asimismo, se tienen depósitos tipo pórfido de Cu-Mo, como Pariajirca y skarns de Pb-Zn-Cu, en el contacto con secuencias carbonatadas del Triásico superior/Jurásico inferior del Grupo Pucará, es el caso de los depósitos El Porvenir (Milpo), Atacocha, Raulito, Rondoní, Patashmina y Huancamina, así como, el pórfido-skarn de Vinchos.

De igual forma las intrusiones oligocénicas están relacionadas con vetas de Pb-Zn-Cu, como Machcán y otras más. Según los reportes de edades radiométricas K/Ar de Soler y Bonhome (1988), la época metalgenética para los depósitos de Pb-Zn-Cu se encontraría entre 29 y 26 Ma. Por otro lado, las intrusiones miocénicas ~20 Ma se asocian con las mineralizaciones de Pb-Zn-Cu, es el caso de los depósitos Anita, Asunción, Chanchamina y otros del Perú central.



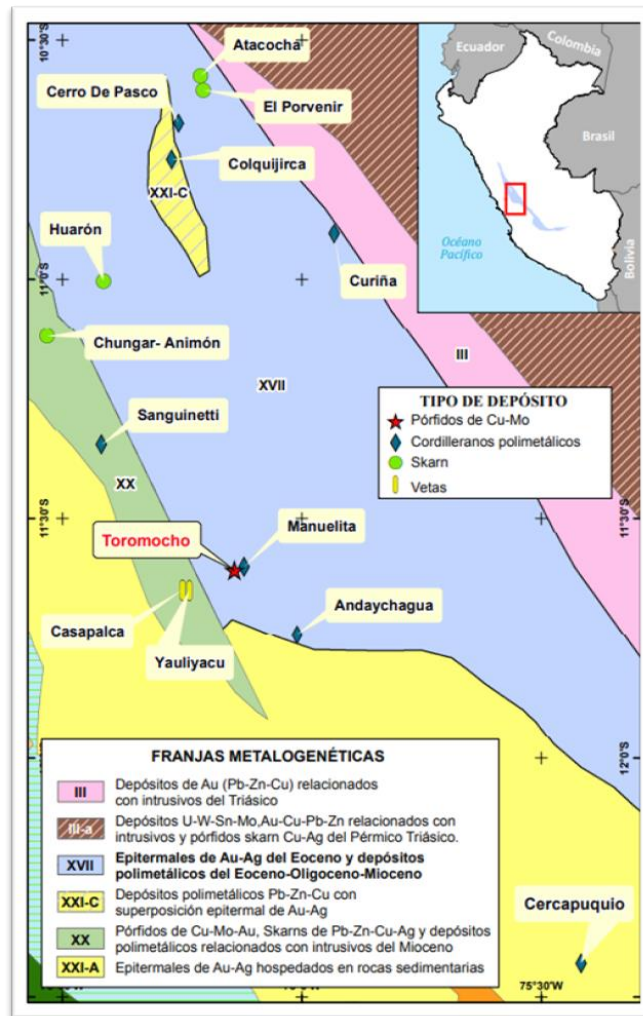


Figura 17.- La Mina Toromocho está ubicado en la franja metalogenetica XVII (Fuente: Elaboración Propia).

### 3.2.6. El Caso Bre-X

En el año 1990 en Indonesia, el caso del falso hallazgo de un yacimiento aurífero en Busang (Isla de Borneo, Indonesia) por la empresa junior canadiense Bre-X conmovió al mundo de la minería. El engaño persistió entre marzo de 1995 y marzo de 1997, mientras el ficticio yacimiento de oro crecía en tamaño y valor hasta unos 200 millones de onzas (unas 6000tn de oro) y recibía ofertas de hasta US\$ 4500 millones de dólares, mientras las acciones de Bre-X crecían continuamente en valor. Algunas personas y fondos ganaron dinero durante las transacciones de

acciones efectuadas durante el periodo 1995-1997; muchos otros lo perdieron al descubrirse el fraude y desplomarse la operación, en la que algunos habían comprometido incluso sus ahorros de jubilación. El caso de Bre-X comprometió la fe pública en una importante actividad de exploración y afectó a otros proyectos llevados a cabo honestamente. Las consecuencias Inmediatas del Caso Bre-X fueron lo siguiente:

- Desplome de las bolsas mundiales en que se transaban las acciones de compañías mineras y de exploración.
- Reducción drástica de la exploración minera en el mundo.
- Revisión de los Códigos Mineros.
- Preparación de nuevas regulaciones y recomendaciones de buenas prácticas.

### **3.2.7. Códigos Mineros**

Los principales códigos Mineros que se utiliza son lo siguiente:

#### ➤ **Canadá: Norma NI43-101**

En 1970, Canadá establece la clasificación de reservas requeridas por el Canadian Securities Administrators (CSA), la National Policy 2-A. En Julio de 1998 se publica por 180 días el National Instrument (NI) 43-101, desarrollado por la CSA. Se publica nuevamente en 2000, y se convierte en ley a partir del 1 de febrero de 2001.

#### **Especificaciones básicas del NI 43-101**

Se ajusta a las definiciones de Recursos y Reservas Minerales del CIM (Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum). No regula los

procedimientos usados para estimar y clasificar los recursos y reservas minerales (la metodología empleada).

Se requiere que se sigan las guías de buenas prácticas de exploración del CIM.

En ciertas circunstancias, se requiere que se emita y se archive en el sitio [www.sedar.com](http://www.sedar.com) un Informe Técnico (Technical Report) preparado por una persona calificada (qualified person) como fundamentación para emitir información escrita. El código estipula que algunas ocasiones la persona calificada debe ser independiente del órgano emisor de la información.

**Persona calificada:**

- Es un ingeniero o geocientista con un diploma universitario, o acreditación equivalente, en un área de la geociencia o la ingeniería relacionada con la exploración minera o la minería.
- Que tiene al menos cinco años de experiencia en exploración minera, desarrollo minero u operación, o evaluación de proyectos minerales, o cualquier combinación de estos, que sea relevante para su grado profesional o área de práctica.
- Que tiene experiencia relevante para el tema en cuestión del proyecto mineral y el reporte técnico.
- Que es miembro válido de una asociación profesional; y En el caso de una asociación profesional extranjera, que tiene un tipo de membresía que requiere una posición de responsabilidad en su profesión que demanda el ejercicio de juicio independiente; y que requiere:

A. una evaluación confidencial favorable de un par sobre el carácter del individuo, su juicio profesional, su experiencia y su comportamiento ético;

o

B. Una recomendación de al menos dos pares para acceder a la membresía, y demostrada prominencia o experiencia en el campo de la exploración mineral o minería.

➤ **Australia: JORC**

En 1989, se establece la primera versión que sirvió de modelo para otros códigos nacionales de recursos y reservas de minerales.

**Especificaciones Básicas del Código JORC**

- Fija estándares mínimos para el reporte público de resultados de la exploración, así como recursos y reservas minerales en Australia y New Zelandia.
- Se aplica a todos los minerales sólidos, incluyendo diamantes, otras gemas, carbón y minerales industriales.
- Entrega un sistema obligatorio de clasificación de estimados de tonelaje y ley de acuerdo con el conocimiento geológico y consideraciones técnico-económicas.
- Requiere que los reportes públicos se basen en el trabajo desarrollado por una Persona Competente (Competent Person).
- Entrega guías detalladas sobre los criterios que deben ser considerados al preparar informes de resultados de exploración, así como recursos y reservas minerales. Cada aspecto señalado debe ser discutido, y si no lo es, la Persona Competente debe explicar por qué se omite.

### **Requerimientos para actuar como Persona Competente (JORC)**

- ✓ Miembro o Fellow del AusIMM, del AIG o de una Organización Profesional Reconocida.
- ✓ Al menos cinco años de experiencia relevante en el estilo de mineralización o tipo de depósito bajo consideración y en la actividad que dicha persona desarrolla.
- ✓ El código no admite el uso de las iniciales CP para denominar a una Competent Person (CP quiere decir Chartered Professional). Quien que actúe como Competent Person debe escribir ese nombre completo.

### **Principios del Código JORC**

- ✓ **Transparencia:** La información debe ser presentada claramente, sin ambigüedades.
- ✓ **Materialidad:** Los reportes deben contener toda la información razonablemente requerida y esperada.
- ✓ **Competencia:** Los reportes públicos deben estar basados en el trabajo realizado por una Persona Competente.

### **3.3. Definición de términos básicos:**

**Aseguramiento de la Calidad (QA):** Conjunto de actividades reestablecidas y sistemáticas necesarias para garantizar que una determinada actividad u operación alcance un grado aceptable de calidad. Actúan desde el inicio del proyecto sobre las principales fuentes de error, teniendo en cuenta su influencia, con el fin de eliminar o minimizar su efecto. tiene como objetivo garantizar la correcta aplicación de protocolos de

muestreo, preparación y análisis de muestras en laboratorio. Normalmente a inicio y fin de procesos.

**Control de Calidad (QC):** Conjunto de técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para determinar el nivel de calidad realmente alcanzado en una operación. Permiten monitorear los posibles errores, con el fin de cuantificar o evaluar sus posibles efectos y tomar oportunamente medidas correctoras. El Control de Calidad se materializa mediante la inserción de muestras de control en el flujo de muestras, o mediante la realización de operaciones de control.

El control de calidad evalúa los siguientes aspectos:

- Exactitud: La cercanía de una medición respecto a un valor «verdadero» o «aceptado». Se evalúa mediante la
- Precisión: Habilidad de repetir consistentemente los resultados de una medición en condiciones similares.
- Contaminación: Transferencia involuntaria del material circundante o de una muestra a otra muestra.

**Muestra de Control:** Las muestras de control se emplean para los siguientes fines:

- Evaluación de precisión de laboratorio: En muestreo, a través de duplicados de campo, en preparación y cuarteo, a través de duplicados gruesos y en análisis, a través de duplicados de pulpa.
- Evaluación de exactitud de laboratorio: En mismo laboratorio: A través de materiales de referencia certificados (estándares) y En laboratorio secundario: A través de muestras para análisis de verificación.

- Evaluación de contaminación: Durante la preparación, a través de blancos gruesos y durante el análisis, a través de blanco fino.
- El objetivo fundamental de agrupar las muestras en batch o lote es, que todas las muestras que la componen, sean analizadas bajo las mismas condiciones. Generalmente, las muestras de control tienen las siguientes ubicaciones en un batch:
- Duplicados: Duplicado de campo va justo después de una muestra de alta ley. Los duplicados gruesos y de pulpa ocupan posiciones aleatorias.
- Estándares: Ocupan posiciones aleatorias.
- Blancos: Blanco fino y grueso van juntos y en ese orden, y van ubicados después de una muestra de alta ley.

Habitualmente se usan los siguientes controles:

- Materiales de referencia certificados (estándares), de ley baja, media y alta. En un porcentaje de 6%.
- Duplicados: Duplicados de campo o gemelos, duplicado grueso rechazo y duplicado de pulpa. En un porcentaje de 6%.
- Blancos de control, blanco grueso y fino. En un porcentaje de 4%.
- Muestras de verificación. En un porcentaje de 5%.

Haciendo un total de 21% de muestras de control.

#### **Definiciones de Gy:**

- Lote: Recolección total de material del que se requiere estimar un componente.
- Componente: La propiedad que se requiere estimar empleando la muestra.

- **Muestra:** La parte de un lote en la que se llevará a cabo la determinación de un componente, donde cada parte del lote tiene la misma probabilidad de ser seleccionada en a muestra.

**Perforación diamantina:** La perforación en diamantina es aquella actividad que se realiza empleando una broca diamantada, máquinas y accesorios que permiten cortar las rocas de un determinado terreno. Los materiales de roca y suelo extraídos durante el corte se denomina testigos.

**Testigo de perforación:** Denominación que se da a una porción de roca o suelo extraída del subsuelo a distintas profundidades por una máquina de perforación diamantina.

**Porcentaje Recuperación de Testigo:** Es el cociente entre la longitud del testigo real comparado con el intervalo de perforación indicado.

**Corte de Testigo:** Es el proceso de partición del testigo por la mitad a lo largo de su eje. Esta mitad (de longitud 1.5 metros) de testigo corresponde a una muestra, muestras que serán enviadas al laboratorio para su análisis químico.

**Muestreo:** Actividad que implica la extracción de muestras de los testigos de perforación, en forma sistemática y equitativa, de tal manera que representen las características de los tramos de testigos donde fueron obtenidas.



#### **IV. Desarrollo de la Experiencia**

##### **4.1. Intervención**

Previo al inicio de los trabajos y como parte del aseguramiento de calidad (QA), ligado a prevención antes de la ejecución de los trabajos y demostrativo después de que los trabajos han sido ejecutados, se realizó: Elaboración de protocolos de recuperación de muestras de DDH durante la perforación diamantina, elaboración de protocolos de muestreo, generación de batch y códigos de muestras, protocolos de preparación de muestras, protocolos de análisis de muestras, protocolos de preparación,

almacenamiento y envío de muestras desde instalaciones de mina Toromocho hasta los laboratorios de análisis en Lima.

A continuación se describirá cada proceso del control del aseguramiento de calidad de la campaña de perforación diamantina:

#### **4.2. Programación específica**

##### **Perforación Diamantina**

Las campañas de perforación diamantina fueron realizadas dentro del tajo de la mina Toromocho, utilizando cinco máquinas de perforación, con diámetro de perforación HQ. Se ejecutaron un total de ciento cuarenta y siete (147) perforaciones en el área de tajo Toromocho entre perforaciones fines actualización de modelo geológico y estimación de recursos, entre agosto y diciembre 2018, con un metraje de 27 538 m. En la plataforma de perforación se realizaron los trabajos bajo responsabilidad de la empresa perforista, los que consideran en coleccionar los testigos desde las barras de perforación, limpieza, traslado a cajas de plástico, ubicación y revisión de tacos. Al finalizar la perforación de un pozo, se realizaron mediciones de desviación del pozo por método giroscopio buscador de norte.



Figura 18.- Mediciones de desviación del pozo por método giroscopio buscador de norte (Foto: Tajo Mina Toromocho).

Una vez culminado un sondaje, las cajas porta testigos conteniendo las muestras de dicho sondaje era trasladado desde tajo de Mina Toromocho a las instalaciones de almacén Golf (Core Shack).

### **Recepción de Cajas de Perforación**

El traslado de las cajas de perforación fue realizado por la empresa contratista de perforación desde las distintas plataformas de perforación, hacia las instalaciones de almacén Golf. El transporte y personal requerido, son por cuenta y responsabilidad de la contratista de perforación.

El personal de la empresa contratista de perforación fueron los responsables de descargar en el piso las cajas de muestras de perforación diamantina, en un área designado por MCP dentro del almacén Golf.



Figura 19.- Recepción de caja de testigo de perforación (Foto: Area de Recepción de Testigos de Perforación- Almacén Golf).

Una vez que personal de la contratista descargue las cajas con los testigos de perforación en el piso, se inspecciono que estas se encuentren en buenas condiciones, debidamente tapadas y correctamente rotulados: Verificando la codificación del sondaje, número de caja y la referencia de

profundidad (desde y hasta). De haber algún error, se reporta al geólogo supervisor. Posteriormente, el geólogo supervisor, trasladará la observación a la supervisión de la empresa contratista de perforación y a los perforistas para que revisen las cajas y hacer las correcciones correspondientes.

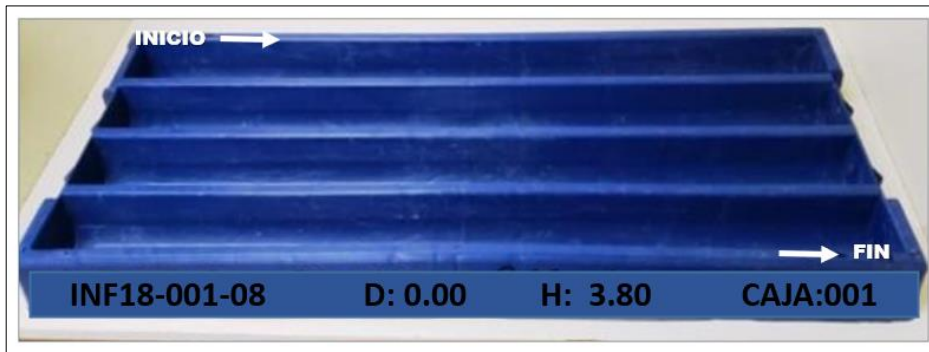


Figura 20.- Rotulación de cajas de perforación (Fuentes: Elaboración Propia)

### Verificación de Tacos y Toma de Recuperación de Muestras

Una vez recepcionado las cajas de perforación y validado, se verifica que los tacos estén en su posición correcta, que las profundidades marcadas sean legibles y congruentes, y las longitudes de corridas indicadas en el taco deben coincidir con la diferencia de profundidad entre tacos consecutivos. La profundidad marcada en el taco debe ser de izquierda a derecha, mirando en contra del avance de la perforación.

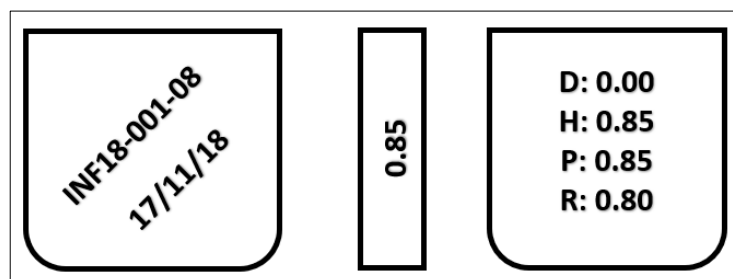


Figura 21.- Rotulación en los tacos de perforación (Fuente: Elaboración Propia).

Asimismo, se deberá verificar que desde - hasta marcado en la caja, coincida por defecto o exceso con las profundidades señaladas por el primer y último taco de la caja, respectivamente.

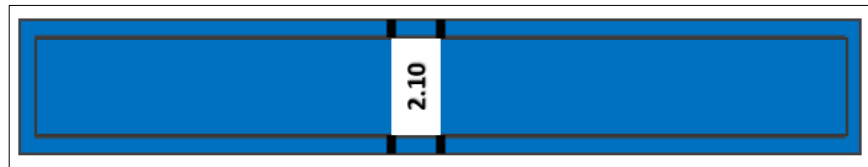


Figura 22.- Rotulación de los canales de la caja (Fuente: Elaboración Propia)

### **Toma de Recuperación de Testigos de Perforación**

Una vez recibidas las cajas de testigos de perforación, se inspeccionaba que las cajas de testigos y los testigos se encuentren en buenas condiciones y debidamente acondicionadas, verificando la codificación del sondaje, número de caja y la referencia de profundidad y tomada la recuperación.

Para la medición de recuperación de testigos entre taco y taco se procedió de la siguiente manera: Tratar de armar los trozos contiguos, y los fragmentos (fracturados y/o triturados) se deberá acomodar y darle la forma del diámetro de perforación. Una vez culminado el armado de testigos y dado la forma del diámetro de perforación de una corrida completa (entre taco y taco), se procede a medir con el flexómetro la longitud total real de testigos real de dicho tramo (entre taco y taco), denominado longitud recuperada. El porcentaje de recuperación se calcula dividiendo la longitud real recuperada entre la longitud perforada (longitud que resulta de restar la profundidad que indica un taco menos la profundidad del taco anterior).

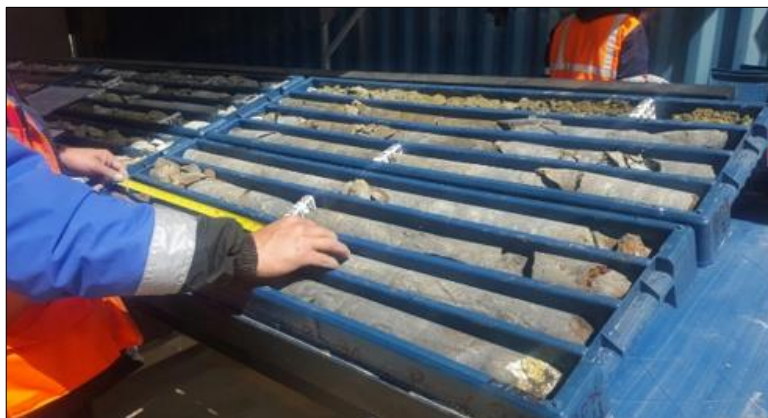


Figura 23.- Toma de recuperación de testigos de perforación de testigos (Foto: Sala de Logeo – Almacén Golf).

Las medidas de recuperación y longitudes perforadas, se ingresó al formato de control de recuperación de perforación diamantina (ver figura 24). En el mismo formato, también se ingresó los datos de recuperación entregados por la empresa de perforación diamantina, que será empleado de manera referencial y con fines comparativos, de ninguna manera debe ser empleado como medida de recuperación real.

MINERA CHINALCO PERÚ S.A.		CONTROL DE RECUPERACIÓN DE PERFORACIÓN DIAMANTINA				Overall						
PROYECTO :	GEOMETALURGIA 2019	EMPRESA PERFORACIÓN :	GEOTECNIA PERUANA		SONDAJE :	GM'S 001-9						
ESTE :		MÁQUINA PERFORACIÓN :			INICIO PERF. :							
NORTE :		PERFORISTA S :			FIN PERF. :							
ELEVACIÓN :		DIÁMETRO PERFORACIÓN :	PQ3		FECHA REV. :							
AZIMUT :		PROFUNDIDAD SONDAJE :	250.20 m		REVISADO :	FREDY ARCOS C.						
INCLINACIÓN :					Nº DE HOJA :	1						
NÚMERO DE CORRIDA	DIÁMETRO PERFORACIÓN	GEOTECNIA PERUANA					OVERALL			Nº DE CAJA	DIFERENCIA DE RECUPERACIÓN (m)	COMENTARIOS U OBSERVACIONES
		PROFUNDIDAD DE PERFORACIÓN (m)		DATOS DE RECUPERACIÓN (TACO)			DATOS DE RECUPERACIÓN					
		DESDE (m)	HASTA (m)	LONGITUD DE CORRIDA (m)	RECUPERADO (m)	RECUPERACIÓN (%)	LONGITUD DE CORRIDA (m)	RECUPERADO (m)	RECUPERACIÓN (%)			
1	PQ3	0.00	0.65	0.65	0.65	100%	0.65	0.60	92%		-0.05	
2	PQ3	0.65	1.00	1.15	1.15	100%	1.15	1.15	100%		0.00	

Figura 24.- Formato de control de recuperación (Fuente: Minera Chinalco Perú).

Si se detectaba errores o inconsistencias en los tacos, cajas (desde - hasta), longitudes de corrida, longitudes recuperadas, etc., se realizaba un reporte y se comunicaba al geólogo supervisor, y al equipo de Perforación para que evalúe y solucione el error y continuar con las actividades.

Una vez finalizado la verificación y medición de las recuperaciones, se procedía a subir la información a la base de datos de MCP.

## Toma Fotográfica

La toma fotográfica de las cajas de testigos de perforación se realizó con una cámara digital con un soporte metálico, lo cual se colocaba la base de la cámara en el sujetador. Así mismo la cámara contaba con una conexión con una laptop para la toma fotográfica con disparo con visión directa remota.



Figura 25.- Toma fotográfica de las cajas de testigos (Sala de Toma Fotográfica – Almacén Golf).

Utilizando el software GVMLogPhoto se realizó la edición de las fotos, creando máscaras de las cajas y canales compositando para visualización en el logueo geológico o geotécnico en las tablets GETAC en tiempo real.

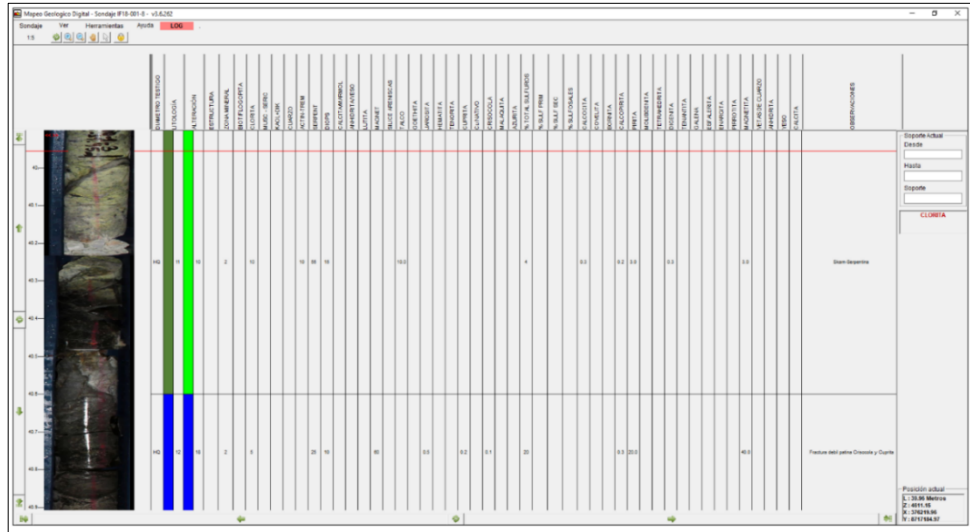


Figura 26.- GVMLogPhoto (Fuente: Minera Chinalco Perú).

La captura digital de la fotografía de las cajas de testigo fue muy beneficiosa para revisar el testigo durante la revisión futura de estudios geológicos y geotécnicos.

### Logueo Geológico y Geotécnico

Una vez realizado la toma fotográfica se realizaba el logueo geotécnico empleando tablets y registrando en un formato, y se empleó el software GVMapper. Asimismo, durante el logueo geotécnico fueron seleccionados, marcados y registrados las muestras de PLT y UCS.

El logueo geológico, entre otros, tomó los siguientes datos: Litología, alteración, estructuras, mineralogía, y contenidos estimados en porcentajes de minerales de cobre.

Además, durante el logueo geológico fueron marcadas la línea de corte longitudinal a lo largo del sondaje, fueron delimitados y marcados los tramos de muestreo cada 1.5 m (de 0.5 m a 2.0 m) según condiciones



geológicas y de tramos con recuperación mayor igual a 30%, y finalmente fueron seleccionados y marcados las muestras de densidad SG.

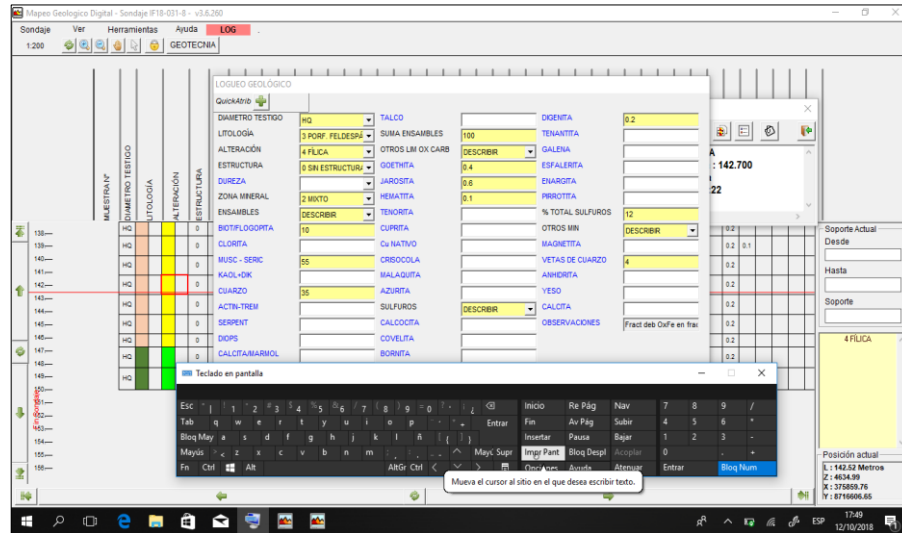


Figura 27.- Logueo Geológico – GVMapper (Fuente: Minera Chinalco Perú).

### Selección de Tramos de Muestreo y Marcado de Línea de Corte

Para los intervalos de muestreo se estableció que serían como mínimo de 0.5 m y como máximo 2.0 m, y de manera general debía tener 1.5m de longitud. Para fines prácticos, a estas muestras se denominó “muestras ordinarias de 1.5m” o simplemente “muestras ordinarias”.

Asimismo, no se muestreaba las siguientes litologías: 0 – Cobertura/Coluvial, 25 – Material de relleno, 102 – Sin recuperación (vacíos), y tramos con recuperación <30%.

Las líneas de corte de los intervalos de muestreo fueron marcadas con plumón rojo delgado indeleble o con crayolas biodegradables. El criterio que se empleó para la marcación de la línea de los intervalos de muestreo fue el siguiente: Equiprobabilidad de muestreo entre ambos lados de la

muestra, cada mitad de la muestra debían ser idénticos entre sí en cuanto a litología, alteración, estructuras y mineralización; en pocas palabras, la línea de corte fue trazado aproximadamente por el punto medio y a lo largo de la longitud del testigo a cortar y muestrear.

### **Selección de Muestras de Densidad (SG) y PLT.**

#### **Densidad (SG)**

El criterio de selección de las muestras de SG fue el siguiente: En general cada 15m a lo largo de las muestras de sondaje y/o según cambios litológicos, en caso un sondaje tenía una composición litológica y de alteración homogénea, los intervalos de selección de SG se podían ampliar a unos 30m, y si en caso había mucha variabilidad litológica se podía muestrear incluso a intervalos de menos de 15m. La selección de las muestras SG se hacía al momento del logueo geológico y en simultáneo al marcado de la línea de corte longitudinal para muestreo. Cada muestra de densidad tenía una longitud de 10cm y 15cm.

Una vez terminado el logueo geológico y el marcado sobre el testigo de línea de corte longitudinal, se procedió a seleccionar muestras representativas para realizar ensayos de densidad (SG) por método de parafina y picnómetro (muestras fragmentadas), para ello se seleccionará las muestras con los siguientes criterios:

Para Rocas Intrusivas 1 muestra por cada 15 metros (tolerancia  $\pm 3m$ ).

- ✓ Para Rocas sedimentarias o metamórficas 1 muestra cada 15 metros (tolerancia  $\pm 3m$ ).

- ✓ Para los tramos descritos líneas arriba se tiene que considerar los contactos litológicos.

En caso se encuentre zonas amplias de fracturamiento, se podrá tomar muestras de tramos fracturados o triturados, para ello, se le deberá unir los fragmentos y dar la forma del diámetro de perforación, y luego de ello medir entre 10 y 15cm para tomar la muestra para ensayo de densidad por método de picnómetro o desplazamiento de agua.

Estas muestras de densidad (SG) se marca con plumón indeleble negro con líneas continuas transversales al testigo y se escribirán los siguientes datos sobre el testigo: Código de muestra, profundidad desde y profundidad hasta. Asimismo, con plumón indeleble negro se deberá marcar sobre la caja profundidad desde y hasta de la muestra de densidad seleccionada. Finalmente, el geólogo de logueo geológico deberá pegar un ticket con código de barras en la caja en la parte superior y a la altura de la parte media de la muestra de densidad SG.



Figura 28.- Fotografía muestra de densidad (Fuente: Minera Chinalco Perú).

Una vez seleccionada la muestra, se registrará en un formato de registro de muestra de Densidad, donde se deberá consignar la siguiente información: Código de muestra, intervalo de muestreo (tramo de muestra

de 1.5m), intervalo de la muestra de densidad (tramo de muestra de densidad SG de 10 a 15cm), fecha y comentarios.


Intervalos de Muestreo de Densidad							
SONDAJE:	IF18-011-8	GEÓLOGO:	R. Zarate				
PROYECTO:	INFILL 2018	FECHA DE MUESTREO:					
N°	SAMPLEID	Intervalo de Muestreo		Intervalo de Muestra de Densidad		Fecha de Muestreo	Comentarios
		Desde	Hasta	Desde	Hasta		
1	SG 011 01	14.50	16.00	15.60	15.70	8/29/2018	Hornfels
2	SG 011 02	33.70	35.20	33.70	33.80	8/29/2018	Granodiorita
3	SG 011 03	50.20	51.70	50.30	50.40	8/29/2018	Granodiorita
4	SG 011 04	80.20	81.70	80.25	80.35	8/29/2018	Granodiorita
5	SG 011 05	107.20	108.70	107.20	107.30	9/29/2018	Granodiorita
6	SG 011 06	164.40	165.40	164.80	164.90	9/29/2018	Hornfels diopsido

Figura 29.- Formato para densidad (Fuente: Minera Chinalco Perú).

### Ensayos de Carga Puntual (PLT):

Los ensayos de PLT se desarrolló en el proceso o al finalizar el Logueo Geotécnico del sondaje, la selección y codificación de las muestras para ensayos de PLT se realizó según los parámetros establecidos. Para el tipo de ensayo a realizarse se tuvo las siguientes consideraciones: litología, intensidad de fracturamiento, alteración, dimensiones de la roca intacta, etc.

Luego de seleccionar las muestras para el ensayo de PLT se procedió a la extracción del fragmento de testigo, si esta no cumplía con el tamaño ideal según tipo de ensayo (diametral o axial), era llevado para la preparación de la muestra a la sala de corte donde se tendrá en consideración que los extremos sean paralelos y pulidos.

En caso el testigo cumplía dimensiones adecuadas, y los extremos son aproximadamente paralelos, no fue necesario llevar a corte transversal y se realizaba el ensayo PLT de manera directa, los datos generales de la muestras y sondajes a considerar se muestra en el formato de carga puntual.

CHINALCO		MINERA CHINALCO PERÚ S.A.										ENSAYO DE CARGA PUNTUAL					Overall				
PROYECTO : INFILL 2018				REVISADO :				FECHA :				9/19/2018									
SONDAJE : IF18-008-8				PROF. SONDAJE :				N° HOJA :													
ENSAYADO : DMC																					
Sondaje	Tipo de Ensayo	Profundidad (m)	Fecha de ensayo	Código de Muestra	Litología	Alteración	Diámetro Perf.	No Fragmentos	Diámetro		Ancho Prom.	Longitud	Fuerza		Tipo Fractura	Diámetro o Equival este	Ind. Carga Puntual Is	Ind. Carga Puntual Is(50)	UCS	ISRM	Observaciones
									D	V			L	P							
									(cm)	(cm)	(cm)	(MPa)	(kN)								
IF18-008-8	Diametra	13.14	15-Jan-19	PLT-008-01	12	W2	HQ	2	6.35		12.10	23.04		1							R4
IF18-008-8	Diametra	32.67	15-Jan-19	PLT-008-02	11	W2	HQ	2	6.35		12.30	25.14		1							R4
IF18-008-8	Diametra	41.24	15-Jan-19	PLT-008-03	10	W2	HQ	2	6.35		11.00	1.86		2							R3
IF18-008-8	Diametra	113.16	15-Jan-19	PLT-008-04	2	W2	HQ	3	6.35		12.20	34.66		1							R4

Figura 30.- Formato para ensayo de carga puntual (Fuente: Minera Chinalco Perú).



Figura 31.- Ensayo de carga puntual (Foto: Area de Ensayo de Carga Puntual – Almacén Golf).

Para el cálculo de la resistencia a la compresión simple de la roca intacta, a partir de valores de la fuerza obtenida de ensayos PLT, se aplicó las ecuaciones de la versión más reciente de la norma ASTM D 5731. Una vez obtenido la resistencia a la compresión simple de la roca intacta, se empleó la siguiente tabla para la clasificación de dicha la resistencia:

Clasificación ISRM (1985)	Den.	Resistencia en Mpa
Roca extremadamente resistente	R6	>250
Roca muy resistente	R5	100-250
Roca resistente	R4	50-100
Roca poco resistente	R3	25-50
Roca débil	R2	5-25
Roca muy débil	R1	1-5
Roca extremadamente débil	R0	<1

Tabla 1.- Clasificación ISRM (1985) (Fuente: Elaboración Propia).

Para la extracción de las muestras cilíndricas SG, PLT o UCS, el procedimiento de etiquetado y embolsado era lo siguiente: Una etiqueta era colocado en la caja en el tramo de muestra cilíndrica correspondiente, la segunda etiquetado fue colocado en la muestra cilíndrica, una tercera etiqueta fue pegado en la bolsa (visible y fácil de escanear) donde era introducido la muestra cilíndrica, y una cuarta etiqueta de respaldo en caso se deteriorará alguna de las 3 primeras etiquetas. Adicionalmente, en la bolsa donde iba una muestra cilíndrica se escribía los siguientes datos con plumón indeleble negro: Código de muestra cilíndrica, y profundidad desde hasta verificado de la muestra cilíndrica. Finalmente, las muestras cilíndricas embolsadas y etiquetadas fueron agrupadas por sondajes en cajas portatestigos (plástico de color azul), y almacenados temporalmente para ser enviados a laboratorio Lima, y también con plumón indeleble se escribió los siguientes datos en la tapa de la caja: "Chinalco", sondaje, códigos de muestras cilíndricas y número total de muestras cilíndricas en la caja.

### **Corte de Testigos de Perforación**

El trabajo de corte longitudinal fue realizado mediante el empleo de dos máquinas CORETECH, modelos CT-1000 PLUS nuevas, específicamente para el corte longitudinal de los testigos de perforación. Y para trabajar con mayor seguridad, las máquinas tenían como accesorio sujetador de testigos de 0.5m longitud, en diámetros NQ, HQ y PQ. Las muestras eran colocadas en los sujetadores (el testigo era roto si tenía más de 0.5m de longitud), y luego una faja o cadena llevaba el sujetador con la muestra hacia el disco diamantado para su corte. El sujetador de muestra posee una ranura, a través de la cual pasa el disco y corta el testigo; al

momento de colocar el testigo, la línea de corte marcada por geología era alineado a la ranura del sujetador de muestra, de esta manera se garantizaba el corte del testigo por la línea marcada y se evitaba el contacto del personal con el disco diamantado en movimiento. El disco diamantado se encontraba encerrado por una guarda, asimismo la guarda estaba provista de delgados tubos que lanzan chorros de agua para refrigerar el disco y evitar emisión de polvo. Fue realizado dos tipos de corte:

**Corte longitudinal:** Fue realizado a lo largo de la línea de corte marcado por el geólogo de logueo geológico en toda la longitud de la perforación, separados en tramos de muestreo de 1.5m. El corte longitudinal separó el testigo en dos mitades idénticas. También se hizo corte longitudinal a muestras de control: Duplicado de campo (1/4 de testigo) y blanco grueso de caliza (1/2 de testigo). Al momento de hacer el corte longitudinal, el operador debía evitar cortar las muestras cilíndricas: SG, PLT y UCS.



Figura 32.- Máquina de corte longitudinal coretech. se observa el detalle del sujetador de muestra (color blanco) colocado en la cadena de la máquina, también se observa la ranura en la cual se alinea la línea de corte (Fuente: Minera Chinalco Perú).

Se ha supervisado los trabajos de corte en todo momento, tales como: El uso de agua limpia para lavar los sujetadores de muestra después de cortar cada tramo de muestreo, que el corte se realizara por la línea marcada por geología y que el corte se estuviera realizando por la mitad del testigo (simétrico). En caso se detectaba que el corte no era simétrico, se detenía el trabajo de la máquina y se ordenaba la calibración y centrado del disco diamantado, la tolerancia que se tomó fue de  $\pm 5\text{mm}$  de medida de la circunferencia a ambos lados del testigo luego de cortado.



Figura 33.- Lavado de los sujetadores de muestra después de cortar cada tramo de muestreo (Foto: Area Sala de Corte – Almacén Golf).

### **Muestreo**

Antes de iniciar el muestreo, el personal fue capacitado para realizar un muestreo correcto El muestreo fue realizado por el siguiente personal: geólogo de muestreo, ayudantes de muestreo y técnicos de corte de testigos.

Los trabajos de muestreo se llevaron a cabo usando las siguientes herramientas:



- ✓ Juego de espátulas (y/o cuchara) para recoger muestras fragmentadas (fracturadas y/o trituradas).
- ✓ Plumones indelebles.
- ✓ Tickets de muestreo codificados por cuadruplicado.
- ✓ Lápiz y lapicero.
- ✓ Bolsas de muestreo.
- ✓ Precintos de seguridad.
- ✓ Picota.
- ✓ Flexómetro.
- ✓ Costales.
- ✓ Balanza electrónica con precisión a 10g.
- ✓ Guantes de nitrilo (quirúrgicos).

#### **Codificación y etiquetado de muestras.**

Una vez teniendo las herramientas necesarias para muestrear, el área de QAQC realiza la entrega de la relación de códigos de los tramos de muestreo al supervisor, indicando los códigos de los dos controles a insertar (duplicado de campo (DDH) y blanco grueso) y 4 tickets autoadhesivas para cada muestra.

Se inició con la codificación en las bolsas de muestreo con plumón indeleble grueso se escribió los siguientes datos: sondaje, número de batch y código de muestra y las etiquetas autoadhesivas fueron impresas por cuadruplicado, y fueron distribuidos de la siguiente manera: La primera etiqueta fue colocada en la bolsa de muestreo en contacto con la muestra (parte media inferior de la bolsa), la segunda etiqueta fue colocada en la parte media superior de la bolsa y después del precinto (no en contacto con la muestra), colocado de tal manera que sea visible y fácil de ser escaneado.

La tercera etiquetada fue colocada en la caja portatestigos y al inicio del tramo muestreado, y la cuarta etiqueta fue de respaldo en caso se deteriorará alguna de las 3 primeras etiquetas. En los tramos donde correspondía inserción de muestra de control, ya sea duplicado de campo o blanco grueso, se colocó dos etiquetas al inicio del tramo: Uno de la muestra que corresponde y la otra etiqueta correspondiente al código de la muestra de control. Adicionalmente, con plumón indeleble grueso se escribió en la bolsa de muestreo los siguientes datos: Sondaje, número de batch y código de muestra. En todo momento se evitó dañar las bolsas de muestreo, en caso la bolsa sufriera roturas era reemplazado inmediatamente.



Figura 34.- Codificación y etiquetado en la bolsa del muestreo (etiqueta 1 y 2)  
(Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf).

Antes de iniciar el muestreo, el personal de muestreo debía asegurarse que la caja de testigos estuviera colocada en la mesa de tal forma que el inicio quedara a la izquierda y el final a la derecha del técnico muestreador. También se debía verificar que los tacos estuvieran en su posición correcta y que los tramos de muestreo estuviesen correctamente marcados (se medía los tramos con flexómetro para corroborar), en caso hubiera algún error en la ubicación de los tacos o tramos de muestreo mal

marcado, se reportaba de manera inmediata y se hacía la corrección de forma inmediata.



Figura 35.- Colocación ordenada de cajas, previo a realizar el muestreo (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf).



Figura 36.- Tercera etiquetada en la caja portatestigos y al inicio del tramo muestreado (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf).

Se empezó el muestreo considerando para todos los casos, el muestreo se realizaba de la siguiente forma: 50% de la muestra equivalente a  $\frac{1}{2}$  del testigo que corresponde al tramo marcado era colocado en la bolsa

y el restante  $\frac{1}{2}$  o 50% era dejado en la caja de muestras como respaldo para ser guardado en los almacenes de mina Toromocho.

De manera aleatoria, se realizaba 3 controles al día para verificar si efectivamente el muestreo se estaba realizando a un  $\frac{1}{2}$  de la muestra, para ello se realizaba lo siguiente: Se elegía al azar un tramo muestreado y se pesaba la muestra de la bolsa, y en otra bolsa (que luego era desechado) se colectaba toda la muestra que se había dejado en la caja como respaldo ( $\frac{1}{2}$ ), y si el muestreo se había realizado correctamente ambas muestras debían pesar lo mismo, lo tolerancia establecida fue de  $\pm 100g$ .

Se empleó 4 métodos de muestreo longitudinal dependiendo de si las muestras eran testigos enteros, fragmentados, triturados, o mixtos como sigue:

### **Muestreo de Testigos Enteros O Continuos**

Cuando las muestras eran testigos enteros se procedió de la siguiente forma: El lado izquierdo del testigo fue devuelto a la caja como respaldo para la mina, y el lado derecho fue introducido en la bolsa de muestreo para luego ser etiquetado y encostalado. Previo a introducir a la bolsa, la muestra era rota con golpes de picota en trozos menores de 10cm, esto con la finalidad de evitar que las puntas del testigo rompan la bolsa de muestreo. El técnico de muestreo, debía asegurarse de introducir a la bolsa todos los fragmentos del lado derecho de la muestra, para ello siempre debía verificar el fondo del canal de la caja y recolectar las partículas que hubiese.

Para definir el lado izquierdo o derecho de la muestra se procedía de la siguiente forma: El muestreador debía colocarse al inicio del tramo de muestreo y ver en el sentido del avance de la perforación.



Figura 37.- Detalle de muestreo de testigos enteros (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf).

### **Muestreo De Testigos Fracturados**

Cuando la muestra era fracturada, con fragmentos de alrededor de 5cm de diámetro a más, se procedía de la siguiente manera: Se aplicó un muestreo alternado, es decir, primeros 10cm con espátula lado derecho a la bolsa y lado izquierdo a la caja, segundos 10cm con espátula lado izquierdo a la bolsa y lado derecho a la caja, y así sucesivamente hasta terminar el tramo fracturado. De los subtramos de 10cm, primero se trataba de sacar manualmente los fragmentos más superficiales y más grandes, luego con ayuda de una espátula o cuchara se sacaba los fragmentos más pequeños. Con la espátula o cuchara el técnico muestreador se aseguraba de sacar hasta las muestras más finas que se iban al fondo del canal de la caja (por segregación).



Figura 38.- Detalle de muestreo de testigos fracturados (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf).

### **Muestreo De Testigos Triturados**

Se llama testigos triturados, a tramos de roca con fragmentos menores de 1cm de diámetro. En este caso el muestreo procedía de la siguiente forma: Se aplicó muestreo alternado con cuchara, primera cucharada (hasta fondo del canal de caja) lado derecho a la bolsa y lado izquierdo a la caja, segunda cucharada lado izquierdo a la bolsa y lado derecho a la caja, y así sucesivamente hasta terminar de muestrear el tramo triturado. El ancho de alternancia del muestreo fue definido según ancho de cuchara o espátula (aprox. 5cm). Al muestrear con espátula o cuchara, el ayudante de muestreo se aseguraba de introducir la cuchara o espátula hasta el fondo de la caja, con la finalidad de extraer los elementos finos que normalmente se van al fondo por segregación, asimismo se tenía cuidado de no extraer muestra del lado que no debía muestrearse (se trataba de sacar 50% de la muestra, no en exceso ni en defecto).



Figura 39.- Detalle de muestreo de testigos triturados (Foto: Area de Muestreo - Almacén Golf).

### **Muestreo de Tramos Mixtos**

Cuando en un tramo de muestreo se encontraban muestras enteras, fracturadas y trituradas, el tramo se muestreó combinando los tres métodos: Muestreo de testigos enteros, muestreo de testigos fracturados y muestreo de testigos triturados.

### **Muestreo de Duplicados de Campo (DDH)**

Las muestras duplicadas de campo (gemelos) fueron tomadas de la siguiente manera: En un tramo de muestreo del que correspondía extraer muestra gemela se subdividió en 2 muestras de  $\frac{1}{4}$ , la primera muestra de  $\frac{1}{4}$  era considerado la muestra original y la segunda muestra de  $\frac{1}{4}$  como su duplicado (gemelo). Cada muestra de  $\frac{1}{4}$  fue embolsada de manera independiente y etiquetado con códigos consecutivos, siendo el primer código la muestra original y el siguiente su gemela (duplicado de campo), y se aseguró que el original y su duplicado estuvieran en un mismo batch. Por último, las muestras duplicadas de campo y su original fueron codificados de manera secuencial al resto de las muestras ordinarias. Y el  $\frac{1}{2}$  restante fue dejado en la caja como respaldo de mina.

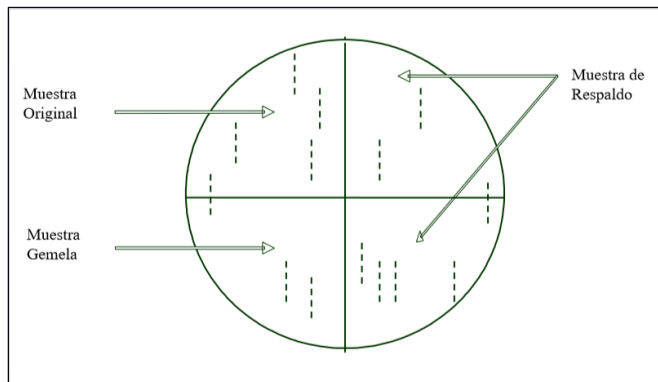


Figura 40.- Duplicado de campo (Fuente: Armando Simón 2012).



Figura 41.- Muestreo de duplicado de campo (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf).

### Muestreo de Blanco Gueso

Las muestras de blancos gruesos, consistentes en calizas previamente cortados por la mitad (1/2), fueron muestreados de la siguiente manera: Primero eran muestreados las muestras ordinarias anterior y posterior a la muestra blanco grueso (caliza), se pesaba ambas muestras y se promediaban los pesos, y el peso de la caliza a muestrear debía ser el promedio de los pesos de ambas muestras ordinarias (anterior y posterior). Debido a que las muestras blanco grueso fueron elegidos de testigos HQ enteros de calizas de sondajes antiguos, en todos los casos las muestras de caliza fueron rotos con golpes de picota a fragmentos menores de 10cm antes de ser introducidos en la bolsa de muestreo. La muestra blanco grueso fue codificado de manera secuencial al resto de muestras ordinarias.



### **Embolsado y encostalado de muestras**

Las bolsas conteniendo las muestras fueron selladas con precinto de seguridad, pesadas y colocadas en una mesa de forma consecutiva, una vez terminado de muestrear un batch completo, las bolsas de muestras fueron colocadas en costales o sacos. En cada costal fueron colocados de 3 a 5 muestras, de acuerdo al peso, de tal manera que el peso total del costal no excediera los 25.00Kg, y finalmente el saco era cerrado con precinto de seguridad. El límite de 25.00Kg de peso por costal se hizo con la finalidad de que cada costal fuera cargado por una sola persona de manera segura sin daños al personal y a las muestras. Los costales fueron agrupados y ordenados de manera consecutiva por cada batch, los costales o sacos fueron enumerados con una única codificación de manera consecutiva, iniciando en 0001 y finalizando en 5251. Se verificó minuciosamente que en cada saco no hubiera muestras de dos batch o sondeos distintos. Adicionalmente, en una parte visible del saco se escribió con plumón indeleble negro los siguientes datos: "Chinalco", sondeo, número de batch, códigos de muestras desde y hasta, número total de muestras en el saco, y número de saco. En caso el saco estaba dañado o se escribía un dato erróneo, éste era reemplazado inmediatamente.

En todo momento se verificó que el código escrito en la bolsa y costal coincidieran con los códigos de los tickets de la bolsa y la caja de muestreo, y que correspondieran con el tramo muestreado.



Figura 42.- Colocado ordenado de bolsas con muestras en una mesa, hasta completar un batch completo (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf).



Figura 43.- Bolsas de muestreo encostalados y listos para ser enviados a laboratorio lima (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf).

### **Traslado de muestras al laboratorio primario a Lima**

El envío de la muestra se realizó progresivamente, desde almacén Golf a laboratorio primario en Lima, se hizo el traslado de sacos en camiones plataformas. Las muestras fueron enviadas con guía de remisión y solicitud de preparación bajo custodia.



Figura 44.-Carguío de los costales de muestras en el camión plataforma para envío a lima (Foto: Area de Muestreo – Almacén Golf).

#### **Preparación y Análisis en Laboratorio de muestras ordinarias.**

El laboratorio recibe las muestras, distribuidas en batch, enviadas para preparación por Chinalco desde almacén Golf, Tuctu. Cada batch de preparación estaba compuesto por 38 muestras.

Cada una de las muestras fue registrada por el laboratorio en un formato donde debían ir los siguientes datos: Fecha, hora, código de muestra, peso de cada muestra, estado de bolsa, entre otros. El laboratorio debía asegurarse de que las muestras registradas por su personal eran las mismas que figuraban en la lista de solicitud de preparación enviada por Chinalco, de no ser así (algo que no ocurrió) debía ser reportado inmediatamente vía correo electrónico. Para el registro de cada muestra, Inspectorate extrajo bolsas de todos los costales, y colocó las bolsas de muestras en bandejas metálicas de forma secuencial y ordenada.



Figura 45.- Extracción de bolsas de muestras de los costales, y verificación del peso de cada muestra (Foto: Area de Recepción de Muestras – Laboratorio).

A continuación, se muestra un diagrama de flujo del proceso de preparación de muestras.

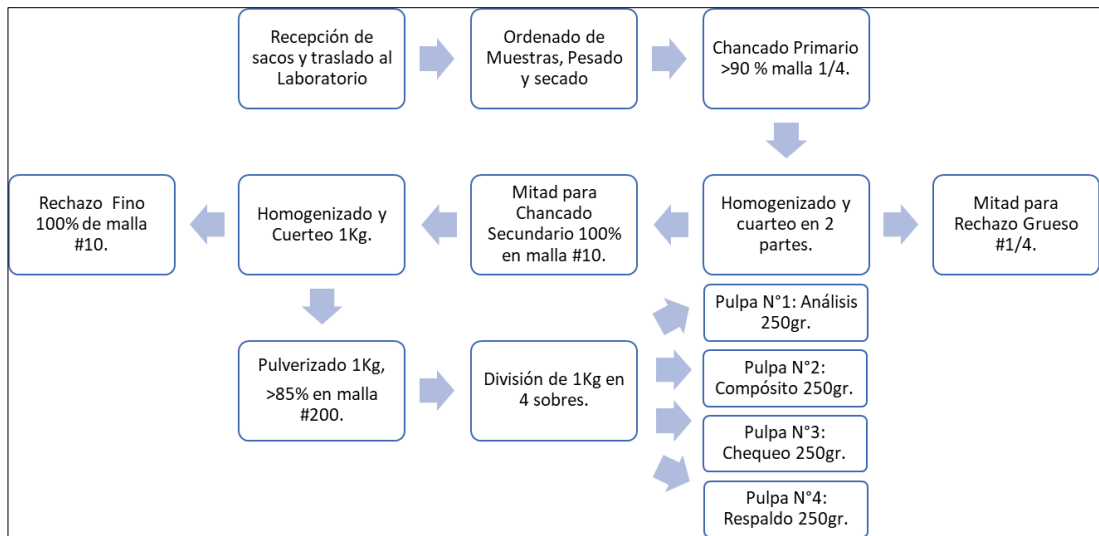


Figura 46.- Diagrama de flujo de preparación de muestras (Fuente: Elaboración Propia).

Una vez realizado la recepción y registro de muestras, se iniciaba la preparación con el secado de las muestras. Para el secado, las muestras eran extraídas de las bolsas en las que fueron enviadas desde almacén Golf, luego cada muestra fue colocada en una bandeja metálica junto a su ticket de identificación, y las bolsas eran desechados. Cada bandeja con la

muestra fue colocada dentro de un horno industrial para capacidad de secado de 330 muestras a la vez, luego el horno era encendido y elevado la temperatura hasta  $100\pm 5^\circ$  durante 8 horas.



Figura 47.- Colocación en horno de cada bandeja conteniendo una muestra (Foto: Area de Secado – Laboratorio).

Una vez secado la muestra, fue llevado a chancado primario de malla ASTM  $\frac{1}{4}$ " (pasante 90%). Luego de pasar la muestra por chancado primario, era llevado a un homogeneizador vibratorio con separador (cuarteo) de 6 bandejas, en ella la muestra era separada en dos partes: La primera mitad (aprox. 3.5Kg) era almacenado en una bolsa y luego en costales como rechazo grueso, y la segunda mitad seguía el proceso de preparación. En caso de la muestra en preparación correspondía preparar un duplicado grueso (rechazo), de la segunda mitad que seguía el proceso, se volvía a cuartear en dos partes ( $\frac{1}{4}$  de muestra inicial), de tal forma que el primer  $\frac{1}{4}$  era la muestra original y el segunda  $\frac{1}{4}$  era la muestra duplicado grueso (rechazo). Cuando se observaba un cambio de color en las muestras y/o cada 30 muestras, personal de laboratorio introducía 1Kg de cuarzo de malla  $\frac{1}{2}$ " para limpiar el equipo de chancado. Se hacía un control granulométrico cada 30 muestras, el 90% debía pasar malla ASTM  $\frac{1}{4}$ ".



Figura 48.- Chancadora primario de malla astm ¼” (Foto: Area de Chancado – Laboratorio).

La mitad de la muestra proveniente de cuarteo de malla ¼” pasó a un segundo chancado (chancado secundario) hasta malla ASTM 10 (pasante 100%). Luego del chancado, la muestra fue llevada a un homogeneizador vibratorio con separador de 6 bandejas, en ella la muestra era separado en dos partes: La primera mitad (aprox. 2.5Kg) fue almacenado como rechazo fino, la segunda mitad que debía pesar 1000g seguía el proceso de preparación. Al observarse un cambio de color en las muestras y/o cada 30 muestras, se volvía a utilizar el cuarzo empleado en el chancado primario manteniendo su ubicación inicial. Se hacía un control granulométrico cada 30 muestras, el 100% debía pasar malla ASTM 10.



Figura 49.- Homogenizador vibratorio y separador de 6 bandejas (Foto: Area de Homogenizado – Laboratorio).



Figura 50.- Chancadora secundario de malla ASTM 10 (Foto: Area de Chancado Primario – Laboratorio).

La muestra de 1000g, proveniente de malla 10, fue pulverizado hasta pasar 85% malla ASTM 200. Luego de ello, la muestra fue cuarteado en 4 pulpas de 250g cada uno e insertados en 4 sobres. El cuarzo de 1/2" para limpieza, empleado en chancado primario y secundario, también era pulverizado manteniendo su ubicación inicial. Se hacía un control granulométrico cada 30 muestras, el 85% debía pasar malla ASTM 200.

Cada uno de los sobres de pulpas pasantes 85% malla 200, recibió la siguiente denominación por Inspectorate:

- **Pulpa 1:** Master Pulp. Para análisis.
- **Pulpa 2:** Split Client. Empleado como duplicado pulpa y para envío a laboratorio secundario para análisis de verificación.
- **Pulpa 3:** Split 2 Client. Empleado en su totalidad en preparación de compositos.
- **Pulpa 4:** Split 3 Client. Respaldo de mina Toromocho.

Asimismo, las pulpas de duplicados gruesos (rechazo) fueron colocados en dos sobres de 250g cada uno, y recibieron la siguiente denominación:

- **Duplicado grueso (rechazo) 1:** Reject 1. Empleado en el análisis como muestra de control "*Duplicado grueso (rechazo)*".
- **Duplicado grueso (rechazo) 2:** Reject 2. Respaldo de la mina Toromocho.



Figura 51.- Equipo de pulverizado (Foto: Area de Pulverizado – Laboratorio).





Figura 52.- Cuarteo en 4 sobres de 250g cada uno (Foto: Area de Cuarteo – Laboratorio).

Como se ha indicado anteriormente, en las diversas etapas de preparación: Chancado primario, chancado secundario y pulverizado; se hizo un control granulométrico cada 30 muestras por parte de laboratorio Inspectorate y Chinalco.

Por cada Envío de muestras preparados por laboratorio (secado, chancado, pulverizado, embolsado) se seleccionó un mínimo de 03 muestras aleatorias para desarrollar el proceso de control de calidad. Se peso 20 gr aproximadamente de muestra por cada sobre y tamizado en malla #200, seguido se pesó la muestra pasante la malla #200 y se calculó el porcentaje pasante. Se tuvo en cuenta que la muestra pasante debe ser mayor al 85 % del peso. Si cumple las condiciones de calidad, el lote pasa al siguiente proceso. En caso contrario todo el lote regresara al área de pulverizado para cumplir las condiciones de calidad.

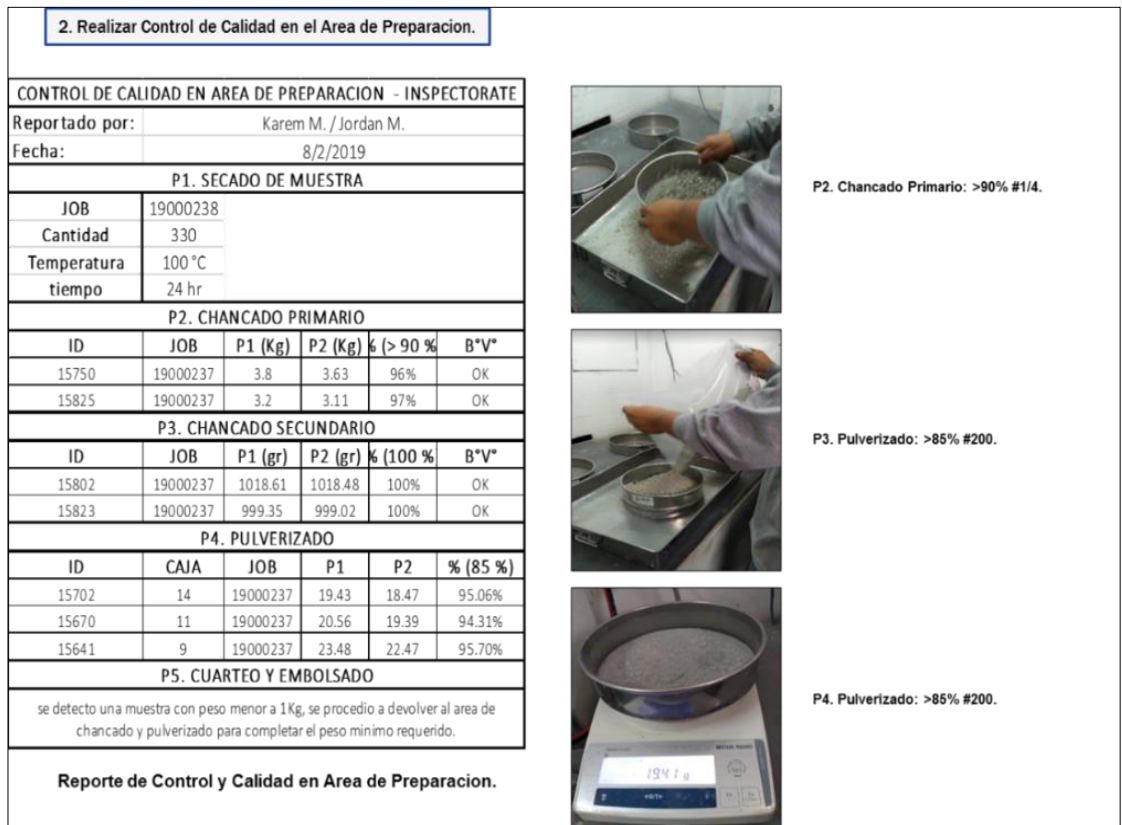


Figura 53.- Control granulométrico de preparación de muestras (Fuente: Elaboración Propia).

### Inserción de Muestras de Control y Re etiquetado

Una vez el proceso de preparación era culminado el laboratorio entregaba los 4 sobres de pulpas (con sus códigos iniciales de preparación) al personal de Chinalco destacado a laboratorio, se procedía a realizar el re etiquetado: La etiqueta con código de preparación de los sobres “*Master Pulp*” (pulpa 1) era quitado, y reemplazado por una etiqueta con código de análisis. A la par, y según lista de análisis, se fueron insertando las muestras de control y colocándoles etiquetas con códigos de análisis, con numeración correlativa. Los tres sobres de pulpa restantes fueron almacenados momentáneamente sin ser re etiquetados.

Para el re etiquetado se generó una nueva lista de muestras con códigos de análisis, con batch de 38 muestras de campo y 05 muestras de control.



Figura 54.- Re etiquetado de muestras ordinarias.

Para hacer la inserción de las muestras de control estándares y blanco fino, previamente se ha debido reemplazar sus sobres plateados originales por sobres idénticos al de las muestras ordinarias con sumo cuidado.



Figura 55.- Preparación de muestras de control (Foto: Área de Inserción de Muestras de control).

Para la inserción de duplicados grueso (rechazo), que provenían del rechazo grueso pasante 90% malla  $\frac{1}{4}$ ", fue tomada la pulpa duplicado

grueso “Reject 1”, se le quitó la etiqueta con código de preparación y fue reemplazado por etiqueta con código de análisis.

Para la inserción de duplicados pulpa, se seleccionó la segunda pulpa “Split Client” (pulpa 2), y se le quitó la etiqueta con código de preparación y fue reemplazado por etiqueta con código de análisis correspondiente.

La tasa de inserción recomendada y establecida en MCP fue de 16.2 % muestras de control.

Tipo de Control	CODIGO	Tipo de Control / Tasa de Inserción	TOTAL	
Duplicado de Campo	DC	2.3 %	DUPLICADOS	16.2 %
Duplicado de rechazo	DR	2.3 %		
Duplicado de Pulpa	DP	2.3 %		
Estándar Ley Alta	CHNA-06	4.6 %	ESTANDARES	
Estándar Ley Media	CHNM-05			
Estándar Ley Baja	CHNB-04			
Blanco Fino	BF	2.3 %	BLANCOS	
Blanco Grueso	BG	2.3 %		

Tabla 2.- Tabla de Inserción recomendada (Fuente: Elaboración Propia).

Una vez estuviese culminado el re etiquetado de muestras ordinarias, e insertado las muestras de control, y ampliado el batch a 43 muestras, se procedía a enviar a análisis, por lote preparado, adjuntando la orden de análisis y relación de muestras. Asimismo, se reportaba al area de Geología cada envío para su conocimiento y seguimiento.



## **Análisis de Muestras**

Una vez Chinalco entregaba las muestras para análisis, Inspectorate procedía a analizar las muestras, y debía entregar los resultados en 7 días luego de solicitados. Las muestras fueron llevados a digestión multiácida (4 ácidos) y analizados por absorción atómica, y sus respectivos análisis de sobre límites cuando fuese requerido.

Una vez Chinalco entregaba las muestras para análisis, Inspectorate procedía a analizar las muestras, y debía entregar los resultados en 7 días luego de solicitados. Las muestras fueron llevados a digestión multiácida (4 ácidos) y analizados por absorción atómica, y sus respectivos análisis de sobre límites cuando fuese requerido.

## **Resultado de Análisis**

Luego de una semana, laboratorio Inspectorate hacía la entrega de los resultados de análisis. Los resultados de análisis fueron entregados en dos formatos: Certificado en pdf y CSV por batch.

Geología QAQC Chinalco revisaba minuciosamente que todos los datos de leyes estuviesen correctos, que los elementos estuviesen ordenados, con LD según contrato, con las unidades definidas en el contrato, que los datos de número de batch y job fuesen los correctos, y que las muestras del batch estén completos. En caso hubiera un error de formato, o que el orden de los elementos o leyes fuese el incorrecto, trasposición de códigos de muestras o unidades de reporte incorrectos, los reportes en CSV y pdf eran devueltos de manera inmediata a Inspectorate para su revisión y corrección.

## **CONTROL DE CALIDAD (QC) MUESTRAS ORDINARIAS**

El control de calidad (en inglés Quality Control o QC) consiste en los procedimientos utilizados para mantener el nivel de calidad deseado en la base de datos de los ensayos. El control de calidad, por seguridad sólo puede ser llevado a cabo en tiempo real, dicho de otra manera, en simultáneo a los trabajos de muestreo, preparación, cuarteo y análisis químico.

El Control de Calidad de proyecto Infill 2018 fue elaborado para monitorear el muestreo y desempeño en preparación y análisis del laboratorio, en un esfuerzo por controlar (minimizar) el posible error total en la secuencia de muestreo, cuarteo (submuestreo) y análisis. El control de Calidad en el muestreo y análisis se logra con el monitoreo y control de cuatro componentes esenciales de dicha secuencia:

- ✓ Recolección y cuarteo de las muestras en campo.
- ✓ Preparación, homogenización, submuestreo (cuarteo) de las muestras en laboratorio.
- ✓ Exactitud, precisión y contaminación analítica.
- ✓ Exactitud del informe (del personal o transferencia de datos).

Como parte del programa de QAQC de Infill 2018, fue realizado un subprograma de inserción rutinaria de materiales de control de calidad en diferentes etapas críticas del proceso de recolección, preparación y ensayo de muestras, con determinaciones analíticas desarrolladas en dos laboratorios. La inserción rutinaria de materiales de control de calidad fue hecha de manera intercalada y ciega, e incluye lo siguiente:

- ✓ Control de muestreo: Duplicado de campo para evaluar precisión de muestreo en campo.
- ✓ Control en preparación en laboratorio: Duplicado grueso rechazo para evaluar precisión, y duplicado grueso (caliza) para evaluar contaminación.
- ✓ Control en análisis en laboratorio: Duplicado de pulpa para evaluar precisión analítica y cuarteo de pulpas, estándares o MRC para evaluar exactitud analítica, y blanco fino para evaluar contaminación. Por último, pulpas de muestras para análisis de verificación en laboratorio secundario, empleado para evaluar exactitud de laboratorio primario.

Que las muestras de control sean ciegas significa que los materiales utilizados para evaluar el desempeño del laboratorio no son perceptibles entre las muestras entregadas, evitando que dichos controles reciban un tratamiento especial en el laboratorio.

A continuación, se muestra un resumen de los trabajos de control de calidad realizados en proyecto Infill 2018.

### **Control de Calidad Laboratorio Primario**

Los reportes de resultados de análisis fueron entregados por lotes (batch). Conforme los reportes de análisis iban llegando, dichos resultados obtenidos se fueron graficando de manera inmediata y secuencial en las gráficas de control de calidad, para evaluar y validar si las muestras de control se encuentran dentro de los parámetros permitidos, y de ser así aprobar los análisis por batch.



En caso los resultados de análisis de un batch eran aceptables, se notificaba a Inspectorate la aprobación de los resultados de dicho batch. En caso no se aprobaba el lote, se emitía un reporte a Inspectorate indicando los errores encontrados y las correcciones a tomar, entre las cuales podía encontrarse también reanálisis de grupos de muestras o lotes completos.

#### **A. Preparación**

Durante la preparación de las muestras, se realizó el siguiente control de control de calidad:

- ✓ Control de peso de muestras durante la recepción. Incluye revisión de relación de muestras y sus respectivas etiquetas.
- ✓ Control de secado de las muestras. El secado fue realizado a  $100 \pm 5^\circ\text{C}$ , durante 8 horas.
- ✓ Control granulométrico cada 30 muestras, durante chancado primario, secundario y pulverizado.

Inserción de muestra blanco (arenas de cuarzo de  $\frac{1}{2}$ "), cada 30 muestras o cuando era observado un cambio de coloración en las muestras. Durante chancado primario, secundario y pulverizado.

Preparación de duplicado grueso (rechazo) de las muestras pasantes del chancado primario. Cada muestra de duplicado grueso (rechazo) fue preparado por duplicado, es decir, dos sobres de pulpas de 250g cada uno. El primer sobre fue empleado en la campaña Infill 2018 como muestra de control "duplicado grueso rechazo", y el segundo sobre fue de respaldo y fue almacenado en los ambientes de almacén Golf, para ser empleado en futuros análisis.

Para evaluar el correcto homogenizado y cuarteo de pulpas, se insertó para el análisis una de las 4 pulpas preparadas de cada muestra. Esta muestra de control fue denominada “duplicado de pulpa”.

Durante los trabajos de preparación, y una vez finalizado el día, personal de Chinalco destacado como supervisores a laboratorio Inspectorate emitía un reporte diario de preparación. En dicho reporte se describe en detalle los trabajos de preparación realizados durante el día, así como incidentes y problemas ocurridos.

## **B. Precisión**

La precisión de muestreo, y durante la preparación y análisis alcanzados por el laboratorio Inspectorate, fue evaluado mediante la inserción de las muestras de control duplicado, tal como sigue:

Precisión de muestreo: Mediante duplicados de campo (muestras gemelas). Se emplearon 513 duplicados de campo, representando el 2.33% del total de muestras analizadas (22059).

Precisión de preparación: Mediante duplicados grueso (rechazo). Se emplearon 513 duplicados grueso rechazo, representando el 2.33% del total de muestras analizadas.

- ✓ Precisión de cuarteo de pulpas: Mediante duplicado de pulpas. Se emplearon 513 duplicados de pulpa, representando el 2.33% del total de muestras analizadas.
- ✓ Precisión analítica: Mediante duplicado de pulpas. La proporción de los duplicados de pulpa se acaba de indicar en el párrafo anterior.

Para la evaluación de la precisión se empleó el método lineal, mediante gráficas scatterplot de Ley de muestra original VS Ley de muestra duplicada. La mayor dispersión se da en leyes bajas (cercanos a los límites de detección) como es de esperarse, razón por la cual en algunos casos la tasa de error (TE) es mayor a 10% en el método lineal, ya que con este método es difícil de controlar valores cercanos a los límites de detección.

### Duplicado de campo (DDH)-(DC):

El criterio de aceptación refiere a que el 90% de los pares de muestras deberán tener un error relativo menor al 30%, o que la tasa de error (TE) no exceda el 10%. Se demuestra por método hiperbólico que ha habido buena precisión de muestreo, que se puede mejorar tomando  $\frac{1}{2}$  de testigo como duplicado y no  $\frac{1}{4}$  como se ha realizado en esta campaña Infill 2018, ya que aún por método hiperbólico la TE de Cu y Mo es mayor de 10%. A continuación, se muestran gráficas de método lineal.

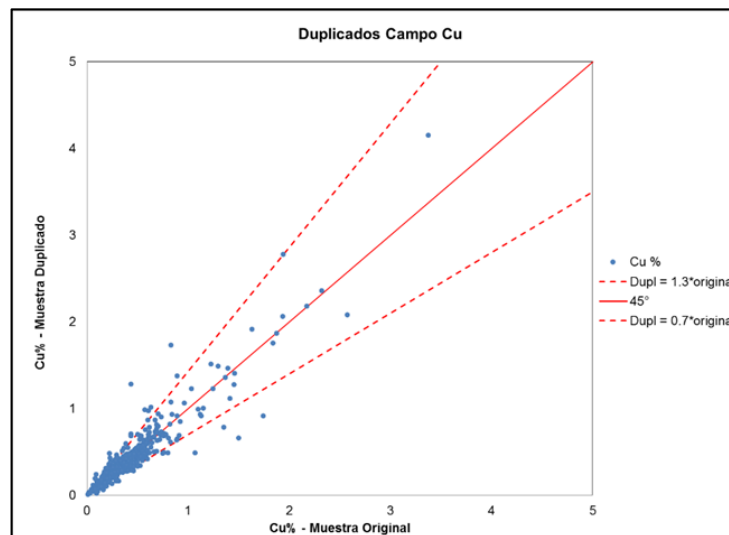


Figura 58.- Duplicado de Campo, método lineal (Fuente: Minera Chinalco Perú).

### Duplicado de Rechazo:

El criterio de aceptación refiere a que el 90% de los pares de muestras deberán tener un error relativo menor al 20%, o que la tasa de error (TE) no exceda el 10%. Se demuestra por método hiperbólico que Inspectorate ha tenido buena precisión y cuidado en preparación de muestras ordinarias de Infill 2018. Algunas de las gráficas obtenidas por método lineal, se pueden ver a continuación.

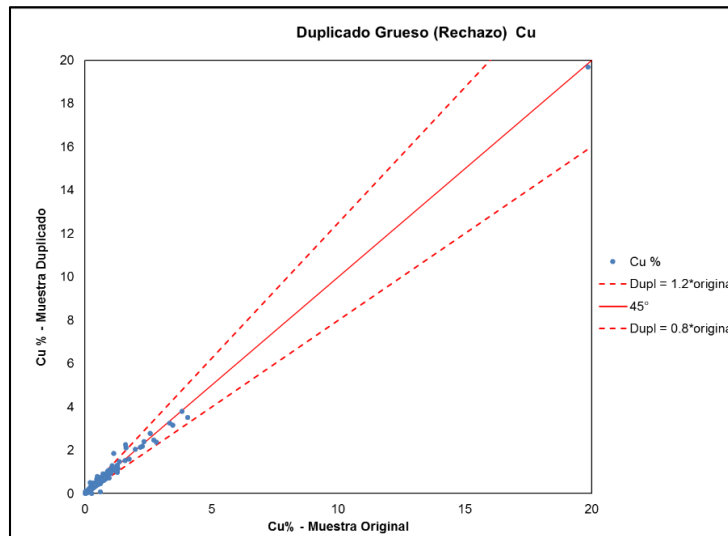


Figura 59.- Duplicado de Rechazo, método lineal (Fuente: Minera Chinalco Perú).

### 3. Duplicados pulpa (DP)

El criterio de aceptación refiere a que el 90% de los pares de muestras deberán tener un error relativo menor al 10%, o que la tasa de error (TE) no exceda el 10%. Del total de datos, hasta batch 513, y tomando en cuenta los valores obtenidos con el método lineal se tiene: Las tasas de error oscilaron entre 0.78% para Cu y 25.73% para As. Se observa que sólo el Cu tiene una excelente precisión, Zn tiene una precisión aceptable, Ag-Mo tienen una precisión marginal y As una precisión pobre.

En conclusión, se demuestra por método hiperbólico que Inspectorate ha tenido buena precisión en homogenizado y cuarteo de pulpas en preparación y análisis químico de muestras ordinarias de Infill 2018.

Algunas de las gráficas obtenidas por método lineal, se pueden ver a continuación.

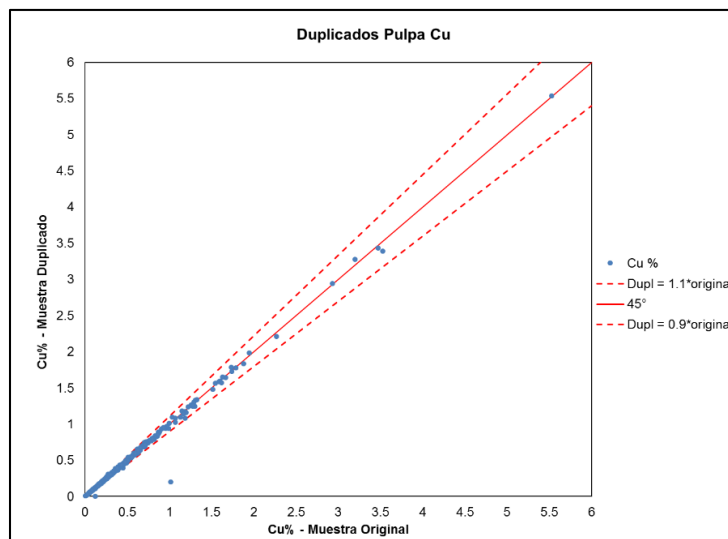


Figura 60.- Duplicados de pulpa de Cu, método lineal (Fuente: Minera Chinalco Perú).

### C. Exactitud

Para evaluar el nivel de exactitud del laboratorio, se ha empleado los criterios de aceptación del sesgo que se muestran en la Tabla 3.

<b>Sesgo</b>	<b>5%</b>	<b>Bueno</b>
<b>Sesgo</b>	<b>5%-10%</b>	<b>Aceptable</b>
<b>Sesgo</b>	<b>&gt;10%</b>	<b>Inaceptable</b>

Tabla 3.- Criterios de aceptación de sesgo (Fuente: Minera Chinalco Perú).

En total, se procesaron 1029 muestras de MRs (364 muestras del MR CHNA-06, 376 muestras del MR CHNM-05 y 289 muestras del MR

CHNB-04), lo que representa una tasa de inserción de 4.66% del total de muestras analizadas de 22059. Se prepararon gráficos de control para cada elemento y para cada MR, y cada resultado fue analizado y revisado por Chinalco en paralelo a los análisis. Cuando era identificado un MR fuera de Media  $\pm 3SD$  para cualquiera de los metales evaluados, se solicitó la repetición de análisis (o re análisis) de estos materiales de referencia y 4 muestras vecinas (2 atrás y 2 adelante del estándar) para investigar la naturaleza del posible error, merece especial atención el batch 031 debido a que se observó un error grosero en el estándar bajo de Cu, por lo que se envió a re análisis todo el batch.

A continuación, se muestran algunas gráficas de control de calidad de los materiales de referencia.

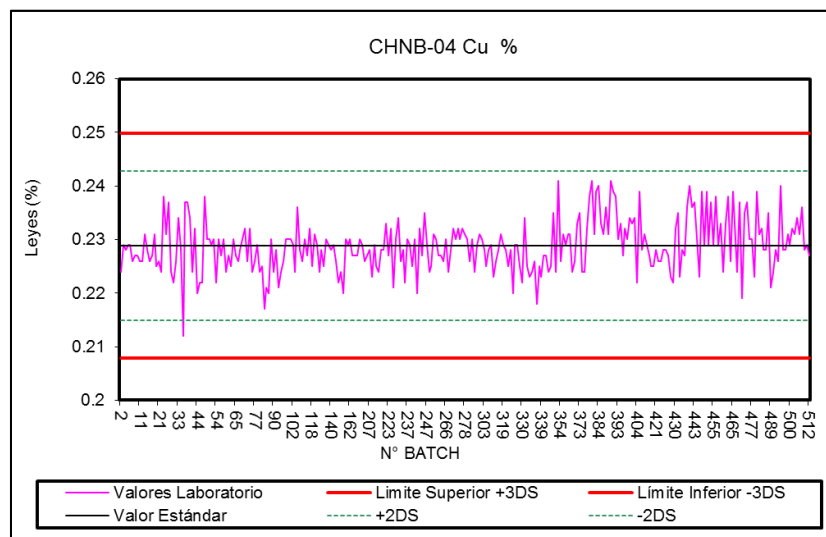


Figura 61.- Gráfico material de referencia (Fuente: Minera Chinalco Perú).

#### D. Contaminación

Se tolera como máximo un 5% de outliers de contaminación tanto para blanco fino como para blanco grueso. En total, entre fino y grueso, se insertaron 1023 blancos, que representa el 4.64% del total de muestras de 22059.

## 1. Blanco fino (BF)

En total, se insertaron y revisaron 510 blancos finos, lo que representa una tasa de inserción de 2.31%. Todos los blancos fueron revisados y evaluados por Chinalco en paralelo a los análisis de laboratorio.

A continuación, se muestran gráficas de control de calidad de muestras de control blanco fino.

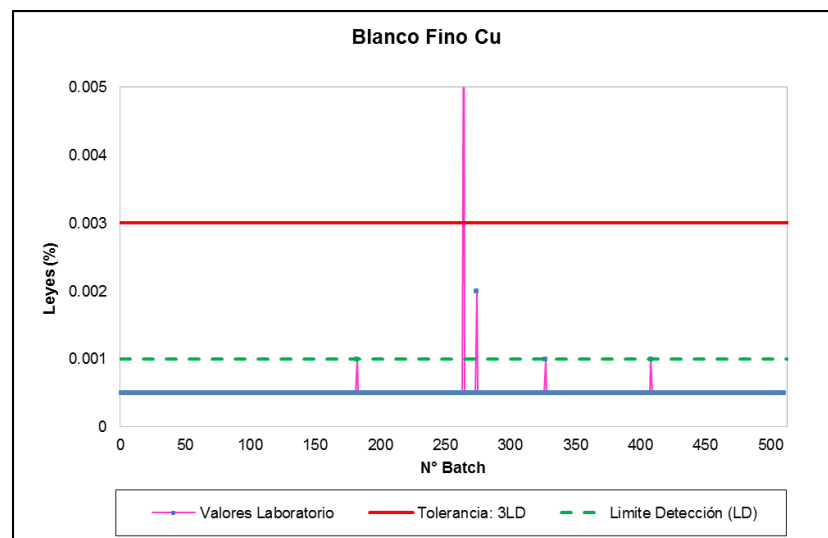


Figura 62.- Blanco Fino para Cu (Fuente: Minera Chinalco Perú).

## 2. Blanco grueso (BG)

En total, se insertaron y revisaron 513 blancos gruesos, lo que representa una tasa de inserción de 2.33%. Se prepararon gráficos de Blanco versus 5 veces límite de detección esperada para todos los elementos estudiados.

En el cobre hay un 3.31% de blancos grueso fuera de tolerancia, por lo que se considera aceptable.

En conclusión, no se detectaron eventos de contaminación significativa durante la preparación. Una segunda conclusión es, debido al contenido de Zn observado en los resultados de análisis, el blanco grueso empleado no es tan efectivo en control de contaminación para Zn.

A continuación, se muestran gráficas de control de calidad de muestras de control blanco grueso.

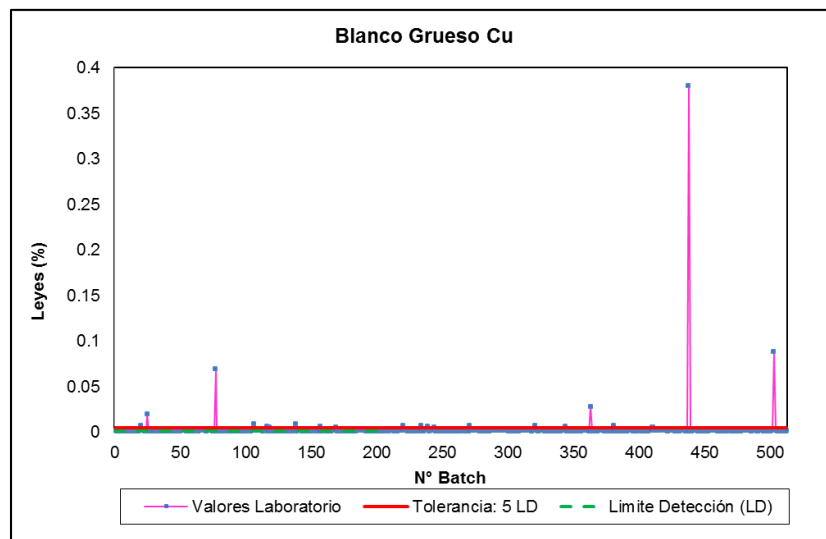


Figura 63.- Blanco Grueso para Cu (Fuente: Minera Chinalco Perú).



## **CONCLUSIONES**

- Con el presente trabajo se concluye que la aplicación del aseguramiento y control de la calidad en todo el proceso de perforación diamantina de la campaña 2018, se obtuvo un alto grado de confiabilidad y garantiza una buena data para ser utilizado en la actualización de los recursos y modelo geológico.

## RECOMENDACIONES

- Para la inserción de muestras de control de los Estándares tener en cuenta el % de cu según el logueo geológico y poner si es alta, baja o media (contrario de cada uno) para tener un control.
- Para el caso de la muestra de control Blanco Fino se debe considerar poner cuando hay un cambio de litología alto % de cu, etc. Y tener en cuenta también el el blanco grueso el cambio de color o minerales con alto contenido de sulfuro.
- Considerar la muestra de control en Blanco grueso, muestras limpias y puaras es decir muestras analizadas y que no presente % de sulfuros, etc.
- Blancos gruesos. Son muestras de material estéril, con granulometría gruesa, que deben ser sometidas a todo el proceso de preparación en conjunto con las demás muestras ordinarias, y que deben ser preparadas a continuación de muestras fuertemente mineralizadas. Los blancos gruesos permiten evaluar si se produce contaminación durante la preparación.
- Se recomienda sacar la mitad de la muestra para el Duplicado de campo para que así los resultados sean más fiables y poder tener una relación bien definida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aldo Bendezu Juarez (2007), Mineralización tipo pórfido de cu-mo asociadas a venas cordilleranas de metales base: Toromocho-morococha, distrito de morococha, Perú. UNI.
- Armando Simón (2013). Aseguramiento y Control de la Calidad (QAQC) en la Exploración Geológica. GEOEXMIN SpA.
- Armando Simón (2022). Aseguramiento y Control de la Calidad (QAQC) en la Exploración Geológica y Minera. CIDES.
- Geología, S. (2012). Geología Local y Regional - Proyecto Toromocho. Minera Chinalco Perú S.A.
- G. Garay. (2018). Informe de QAQC-Infill 2018 – Minera Chinalco Perú S.A.
- J. Velez (2014), la importancia del aseguramiento y control de la calidad (QAQC) en la evaluación y estimación de recursos minerales, tantahuatay, Cajamarca. PERUMIN.
- Jorge Acosta, Raymond Rivera, Michael Valencia, Humberto Chirif, Dina Huanacuni, Italo Rodríguez, Eder Villarreal, Deysi Paico y Alexander Santisteban (2020). Mapa Metalogenetico del Perú – INGEMET.
- Jorge Oyarzun y Roberto Oyarzun (2011). Libro Minera Sostenible Principios y Practicas. Ediciones GEMM – Aula2pontonet.
- Honza Přemek Catchpole (2011). Porphyry-related polymetallic mineralisation in the Morococha district, central Peru: mineralisation styles, timing and fluid evolution. Universidad Geneve.
- Samuel Canchaya (2010) QAQC “Fantasía o Realidad”. XV Congreso Peruano de Geología.

- Scott Long (2003). Programa de Aseguramiento y Control de Calidad de los Ensayos Para Proyectos de Perforación a un Nivel de Informe de Pre-Factibilidad a Factibilidad. AMEC.

## ANEXOS

**Constancia de desempeño profesional de la empresa Overall Business. Mina Toromocho.**

**Overall .b Business**  
Intermediación Laboral

Av. El Derby 254 – Edificio Lima Central Tower,  
Piso 17 Of. 1701  
Monterrico, Santiago de Surco.  
Lima 33 - Perú.  
Tel: (511) 445-1010  
contactenos@overall.com.pe  
[overall.pe](http://overall.pe)

### **CERTIFICADO DE TRABAJO**

LIMA 30 de mayo del 2020

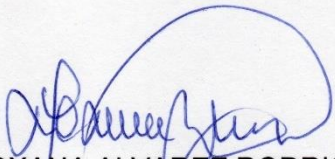
Por medio de la presente certificamos.

Que El (la) Señor(a). MUÑASQUI CRISOSTOMO KAREM BEATRIZ, laboro en nuestra empresa desde el 01 de febrero del 2018 hasta 31 de mayo del 2020 Desempeñando el Cargo de ASISTENTE DE PROYECTOS en el Programa de Perforaciones INFILL 2018 de la Mina Toromocho de Minera Chinalco Perú.

Durante este tiempo, demostró eficiencia y puntualidad en el desempeño de sus funciones.

Se expide el siguiente certificado a solicitud de la parte interesada para los fines que estime convenientes.

Atentamente,

  
ROXANA ALVAREZ RODRIGUEZ  
JEFE ADMINISTRATIVO



**ANEXO 1:** Medición de Sondaje con Giroscopio (CORETECH).



**ANEXO 2:** Envió de muestras al Laboratorio.



**ANEXO 3:** Equipo de Trabajo – Proyecto INFILL 2018.



**ANEXO 4:** Visita Técnica al Laboratorio Certimin Proyecto GEOMET 2019.