

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“REDUCCIÓN DEL ERROR DE MUESTREO APLICANDO PROTOCOLOS  
DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD (QA/QC) EN  
OPERACIONES A TAJO ABIERTO”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO GEÓLOGO**

**ELABORADO POR  
JAIME HENRY ANCHELIA HUAMANTA**

**ASESOR  
M.Sc. ING. CESAR RAMIRO SANTIAGO CHIRINOS**

**LIMA – PERÚ  
2021**



## **DEDICATORIA**

Especialmente se la dedico a mis padres Arnaldo y Lidia, y mi hermano Arnaldo que son mi soporte y motivación. A mi alma gemela Yessica por su amor, sacrificio y esfuerzo que me brinda en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO**

Sobre todo, a Dios, por iluminarme y bendecirme todo el tiempo de mi vida.

Agradezco a los ingenieros de la Unidad Minera Aruntani, por el apoyo incondicional hacia mi persona, especialmente a los ingenieros Fredy Quispe y Aldo Morocco por la confianza que me brindaron durante mi estadía en la compañía.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de Ingeniería, por inculcarme en el estudio todos los requerimientos para mi desarrollo profesional, los cuales me sirvieron para desempeñarme exitosamente en la unidad minera.



## RESUMEN

El desarrollo exitoso de un proyecto minero debe considerar varios puntos críticos en cada etapa, uno de ellos es la toma eficiente de muestras. Los errores de muestreo y preparación de muestras son responsables de pérdidas significativas de millones de dólares anuales, por lo que el muestreo adecuado es fundamental para un buen control de la mina, su planificación, gestión operativa y procesamiento de minerales.

Este estudio consideró como unidad de análisis al yacimiento Jessica, perteneciente a la Compañía Minera Aruntani SAC, que está ubicado sobre tres unidades geomorfológicas que corresponden al Altiplano andino (meseta del Titicaca), la fosa intermontañosa de origen tectónico que comprende el Lago Titicaca y la franja de cumbres que bordean la meseta. El yacimiento Jessica se localiza en Perú, departamento de Puno, provincia de Lampa, distrito de Ocuwiri. La mina está compuesta principalmente por rocas andesíticas a dacíticas y se sitúa dentro de los grupos Palca y Sillapaca.

Dentro de los principales problemas de la minería del yacimiento es el alto error de muestreo, hasta el momento, las actividades de muestreo se han desarrollado de manera empírica, el yacimiento no cuenta con protocolos de control de calidad lo que ha generado altos índices de error y, por ende, un análisis de laboratorio deficiente.

En las actividades de campo, el geólogo es quien se encarga del monitoreo continuo de los recursos con los que se realiza el proceso de minado, y dentro de sus obligaciones, está la caracterización correcta de los materiales con el mínimo porcentaje de error, lo que requiere una supervisión permanente.

Esta función, denominada “Ore control” empieza en el muestreo y culmina en la planta e implica el control de todas las fases intermedias concernientes con la reserva en mina, movilización, disposición final y alimentación de la planta.

Sin un protocolo de control de calidad, el manejo adecuado de las leyes y la caracterización geológica eficiente, se vuelven subjetivos y dan cabida a altos porcentajes de error. Con el fin de mitigar este problema se plantea diseñar una propuesta para implementar protocolos que protejan y regulen la calidad para la disminución de errores y el incremento en la confiabilidad del análisis.

Para ello, se recopila información del proceso de muestreo en las etapas del proyecto minero y se identifican las prácticas actuales con las que se lleva a cabo. Posteriormente, se identifican los principales parámetros que causan un alto índice de error en el proceso y se implementa un procedimiento diseñado en base a protocolos QA/QC que debe aplicarse en el proceso de muestreo, lo que reduce considerablemente el índice de error y con ello las pérdidas económicas de la empresa.

**PALABRAS CLAVE:** Error de muestreo, ore control, aseguramiento y control de calidad.

## ABSTRACT

The successful development of a mining project must consider several critical points at each stage, one of them is efficient sampling. Sampling and sample preparation errors are responsible for losses in the order of millions of dollars annually, so correct sampling is essential for good mine control, planning, operational management, and mineral processing.

This study considered the Jessica deposit as the unit of analysis, belonging to Cia. Minera Aruntani SAC, located in the Ocuvi district, Lampa province, Puno department. The study area is located on three geomorphological units that correspond to Altiplano andino, the intermountain trench of tectonic origin that occupies Lago Titicaca and the strip of peaks that border the plateau. The mine area is located within the Sillapaca and Palca Group, which consists of andesitic to dacitic volcanic rocks.

One of the main problems is the high sampling error, so far, sampling activities have been developed empirically, the site does not have quality control protocols, which has generated high error rates and, therefore, poor laboratory analysis.

In field activities, the geologist is in charge of the continuous monitoring of the materials where the mining process is carried out, and within his obligations, is the correct characterization of the materials with the minimum percentage of error, which requires permanent supervision. This function, called "Ore control" begins in the sampling and ends in the plant and involves the control of all the intermediate steps related to the collection in the mine, transportation, final disposal and feeding of the plant.

Without a quality control protocol, proper handling of the laws and efficient geological characterization, they become subjective and give rise to high error rates. In order to mitigate this problem, it is proposed to design a proposal to implement quality assurance and control protocols that allow the reduction of errors and the increase in the reliability of the analysis.

For this purpose, information is collected from the sampling process in the stages of the mining project and the current practices used are identified. Subsequently, the main parameters that cause a high error rate in the process are identified and a procedure designed based on QA/QC protocols is implemented that must be applied in the sampling process, which considerably reduces the error rate and with it the economic losses of the company.

**KEYWORDS:** Sampling error, ore control, quality and control assurance.

## PRÓLOGO

El presente trabajo de investigación constituye un aporte a la disminución del índice de error en el proceso de muestreo y la mejora de los análisis de laboratorio a través de la adición de protocolos de QA/QC (aseguramiento y control de calidad). El contenido del trabajo de suficiencia se ha estructurado en seis capítulos que se describen a continuación:

Capítulo I: Contiene las generalidades y la descripción de la realidad problemática, que constituye la base de este estudio. Dentro de este capítulo se encuentra el objetivo general del trabajo de investigación, así como una síntesis de la bibliografía revisada previamente.

Capítulo II: Se presentan las bases teóricas necesarias para la comprensión y desarrollo del trabajo de investigación, se describen conceptos asociados con el proceso de muestreo, aseguramiento y control de calidad, entre otros, protocolos de muestreo, caracterización de polígonos de producción, plan de minado, control de leyes, entre otros. Se muestra también el marco conceptual, que implica definir los términos necesarios para el avance de esta indagación, se definen términos como muestra, cono, estándares, blancos, ley, etc.

Capítulo III: Contiene la hipótesis, variables de investigación e indicadores, así como la operacionalización de variables. Siendo la aplicación adecuada de los protocolos QA/QC y el error de muestreo, las variables independiente y dependiente, respectivamente.

Capítulo IV: Se describe la metodología del trabajo de investigación, se detalla el tipo de investigación aplicada, la unidad de análisis y la matriz de consistencia.

Capítulo V: Se muestra el desarrollo del trabajo de investigación, compuesto de cuatro partes: descripción de las características geológicas del área de estudio; recolección de la información que implica la agrupación de la información para el logueo de blastholes, muestreo, análisis de laboratorio, aseguramiento y control de calidad; procesamiento de software Vulcan, implica una breve descripción del desarrollo del modelamiento en el software y, finalmente, el análisis de la información donde se agrupa la conciliación de los modelos de bloques a corto plazo y a largo plazo, la conciliación del modelo de bloques a largo plazo y la producción de mina y el control de polígonos de mineral.

Capítulo VI: Muestra la manera como se analizan y discuten los resultados, se evidencia la validez de la hipótesis, confirmando la reducción del error de muestreo mediante la aplicación de protocolos QA/QC en operaciones a tajo abierto.

Finalmente, se enuncian las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

## INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN .....	I
ABSTRACT.....	III
PRÓLOGO.....	V
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.    GENERALIDADES .....	1
1.2.    DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.3.    OBJETIVO DEL ESTUDIO .....	7
1.3.1.  OBJETIVO GENERAL .....	7
1.4.    ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	7
1.4.1  INVESTIGACIONES INTERNACIONALES .....	8
1.4.2  INVESTIGACIONES NACIONALES.....	10
CAPÍTULO II.....	13
MARCOS TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....	13
2.1    MARCO TEÓRICO .....	13
2.1.1  MUESTREO .....	13
2.1.2  ERROR DE MUESTREO.....	15
2.1.3  MUESTREO DE BLASTHOLE.....	16
2.1.4  ASEGURAMIENTO EN LA CALIDAD .....	18
2.1.5  CONTROL DE CALDIAD.....	19
2.1.6  PROTOCOLO DE MUESTREO .....	19
2.1.7  CARACTERIZACIÓN DE LOS POLÍGONOS DE PRODUCCIÓN .....	20
2.1.8  PLAN DE MINADO A CORTO PLAZO .....	21
2.1.9  MODELO DE BLOQUES.....	21
2.1.10  CONTROL DE LEYES.....	22
2.2    MARCO CONCEPTUAL .....	23

2.2.1	MUESTRA.....	23
2.2.2	CONO .....	23
2.2.3	DETRITUS .....	23
2.2.4	ALTERACIÓN .....	23
2.2.5	SILIFICACIÓN.....	23
2.2.6	ARGÍLICA.....	24
2.2.7	PROPILÍTICA .....	24
2.2.8	DUREZA.....	24
2.2.9	SULFUROS .....	24
2.2.10	DILUCIÓN .....	24
2.2.11	EXACTITUD.....	24
2.2.12	PRECISIÓN.....	25
2.2.13	CONTAMINACIÓN .....	25
2.2.14	DUPLICADOS .....	25
2.2.15	BLANCOS.....	25
2.2.16	ESTÁNDARES .....	25
2.2.17	LEY.....	26
CAPÍTULO III.....		27
HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....		27
3.1	HIPÓTESIS .....	27
3.2	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	27
3.2.1	VARIABLE INDEPENDIENTE (VI) .....	27
3.2.2	VARIABLE DEPENDIENTE (VD).....	27
3.2.3	INDICADORES.....	27
CAPÍTULO IV.....		28
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....		28
4.1	TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	28
4.1.1	ENFOQUE .....	28
4.1.2	ALCANCE.....	29
4.1.3	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	29
4.2	UNIDAD DE ANÁLISIS .....	30
4.2.1	CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS.....	30



4.3	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	31
CAPÍTULO V.....		32
DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....		32
5.1	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	32
5.1.1	ÁREA DE ESTUDIO.....	32
	UBICACIÓN.....	32
	ACCESIBILIDAD.....	34
	FISIOGRAFÍA.....	34
	HIDROGEOLOGÍA.....	35
	GEOMORFOLOGÍA.....	38
5.1.2	MARCO GEOLÓGICO.....	39
	GEOLOGÍA REGIONAL.....	41
	ESTRATIGRAFÍA.....	42
	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	45
5.1.3	GEOLOGÍA LOCAL.....	47
	LITOLOGÍA.....	49
	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	50
	ALTERACIONES.....	50
	MINERALIZACIÓN.....	53
5.1.4	GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	56
5.2	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	59
5.2.1	LOGUEO DE BLASTHOLES.....	60
5.2.2	MUESTREO.....	64
5.2.3	ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	68
5.2.4	ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD.....	71
5.3	PROCESAMIENTO DE SOFTWARE.....	74
5.4	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	79
5.4.1	RECONCILIACIÓN DEL MODELO DE BLOQUES DE CORTO PLAZO Y DE LARGO PLAZO.....	80
5.4.2	CONCILIACIÓN DEL MODELO DE BLOQUES DE LARGO PLAZO Y LA PRODUCCIÓN DE MINA.....	81
5.4.3	CONTROL DE POLÍGONOS DE MINERAL.....	82

CAPÍTULO VI.....	86
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	86
6.1    EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN.....	86
6.2    EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN .....	88
6.3    COMPARATIVO LEY LP VS BH.....	89
CONCLUSIONES .....	91
RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
ANEXOS .....	99

**ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 5, 1: Descubrimiento del cono de perforación.....	60
Fotografía 5, 2: Perforación tricónica .....	64
Fotografía 5, 3: Identificación del número y profundidad del taladro .....	65
Fotografía 5, 4: Toma de muestra .....	66
Fotografía 5, 5: Codificación de muestras .....	67
Fotografía 5, 6: Control de polígonos de mineral .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2, 1: Definición de polígonos de extracción, contactos entre estéril y mineral .....	20
Figura 5, 2: Valle glaciar en forma de “U” .....	39
Figura 5, 3: Ubicación yacimiento Arasi .....	40
Figura 5, 4: Columna estratigráfica distrital .....	41
Figura 5, 5: Columna estratigráfica esquemática .....	45
Figura 5, 6: Sección de alteraciones con vista al Norte .....	51
Figura 5, 7: Evolución del Yacimiento Jessica .....	54
Figura 5, 8: Depósito mineral Valle .....	57
Figura 5, 9: Depósito mineral Carlos .....	57
Figura 5, 10: Alteraciones banco 4936 .....	61
Figura 5, 11: Simbología de alteración .....	62
Figura 5, 12: Dureza banco 4936 .....	63
Figura 5, 13: Esquema de la evaluación y el procesamiento en Vulcan .....	75
Figura 5, 14: Archivo en formato .csv, con la información del blasthole.....	75
Figura 5, 15: Proceso de importar los archivos en formato .csv .....	76
Figura 5, 16: Elaboración del modelo dinámico .....	76
Figura 5, 17: Panel del Blast Preferences - variables de blastholes .....	77
Figura 5, 18: Blastholes importados.....	78
Figura 5, 19: Grade blocks del Proyecto 01 del banco 4936 .....	78
Figura 5, 20: Plano en CAD del reporte de polígonos .....	79
Figura 5, 21: Conciliado de bloques. ....	80

Figura 5, 22: Reconciliación de modelo Largo Pazo vs. modelo Corto Plazo.....	81
Figura 5, 23: Conciliación de modelo Largo Plazo vs producción mina.....	82
Figura 5, 24: Esquema del proceso Ore Control .....	85
Figura 6, 25: Polígono mineral – desmonte .....	87
Figura 6, 26: Evaluación de la precisión – duplicado de campo Au.....	87
Figura 6, 27: Evaluación de contaminación – Blanco Grueso .....	88
Figura 6, 28: Onzas de oro para LP y BH.....	89

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 4, 1: Matriz de consistencia.....	31
Tabla 5, 2: Trayecto Juliaca – Minera Aruntani .....	34
Tabla 5, 3: Cuadro resumen de las reservas en los yacimientos de la unidad minera Arasi .....	59
Tabla 5, 4: Envío de muestras .....	70
Tabla 5, 5: Ratio de inserción de muestras de control .....	72
Tabla 5, 6: Reporte de leyes de mina .....	73
Tabla 5, 7: Comparación de modelo a corto plazo vs. modelo a largo plazo .....	80
Tabla 4, 8: Comparación de producción de mina vs modelo a largo plazo .....	81
Tabla 6, 9: Evaluación de muestras duplicadas .....	86
Tabla 6, 10: Desempeño de las muestras de blancos .....	88
Tabla 6, 11: Conciliado del modelo Banco 4936 - Py01 .....	89

**ÍNDICE DE MAPAS**

Mapa 5, 1: Ubicación del área de estudio .....	33
Mapa 5, 2: Ordenamiento Hidrogeológico de Aruntani .....	37
Mapa 5, 3: Mapa Geológico regional.....	44
Mapa 5, 4: Lineamientos estructurales.....	46
Mapa 5, 5: Mapa geológico local.....	49
Mapa 5, 6: Mapa de alteraciones.....	53
Mapa 5, 7: Distribución de los depósitos .....	56

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. GENERALIDADES**

El sector minero puede describirse como uno de los motores económicos primordiales para el Perú ya que representa el 12% del PIB total. Crea empleo directo para 174,000 trabajadores e indirectamente representa otros 1.5 millones de puestos de trabajo. Dentro del área minera, está la empresa Arasi SAC (Yacimiento Jessica), lugar objeto de este estudio, que en el 2007 inicia su producción con 20,000 Ton/día, es decir, 120,000 onzas de oro en un año. En 2016, las exportaciones mineras a nivel nacional totalizaron \$ 23,8 mil millones, que consisten en el 65% de todas las exportaciones de productos de la nación peruana.

La viabilidad económica de extracción de un proyecto minero depende en gran medida del muestreo adecuado de los depósitos tectónicos de minerales. A lo largo de la cadena de valor de la industria minera, muchas decisiones críticas se basan en muestras y ensayos. Un proceso de muestreo y análisis incorrecto conduce a malas disposiciones con costos elevados por miles de millones de dólares durante la vida de un proyecto minero.



Los profesionales involucrados en la industria minera son conscientes de las consecuencias de altos errores de muestreo. Sin embargo, los protocolos de muestreo y preparación de muestras son a menudo deficientes y están sujetos a errores elevados que generan importantes pérdidas invisibles.

Según la teoría de muestreo de Pierre Gy, el error total de muestreo y preparación de la muestra del barreno se descompone en: un error fundamental, de agrupación y separación, de delimitación, error de extracción y error de preparación. El único componente que se cuantifica es el error fundamental (FE), que se debe a la heterogeneidad de constitución de los fragmentos en el lote a muestrear, como forma, composición mineralógica, etc.

El error fundamental depende de la constante de muestreo, que cuantifica la heterogeneidad del lote en cada etapa de trituración, el tamaño de las partículas, el peso del lote y de la muestra extraída. En un protocolo de preparación de muestras, se agrega el error fundamental en cada etapa en la que está involucrada la reducción de la masa de la muestra. Estos errores son acumulativos en todo el protocolo. Algunos protocolos de uso común están asociados con errores del 30% o más, que no son aceptables. Un error fundamental total por debajo del 10% se considera aceptable.

La aplicación de protocolos para asegurar y controlar la calidad en el muestreo reduce considerablemente el índice de error fundamental que se tiene en cada etapa, por lo que es fundamental definir los protocolos aplicables a los proyectos mineros.

## **1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La falta del cumplimiento del control de leyes y la planificación a corto plazo impiden que haya un buen desempeño y producen decisiones incorrectas que generan un impacto financiero negativo, como se evidencia en el proceso de muestreo del yacimiento Jessica, donde se desarrolló la presente investigación.

El muestreo es un componente crítico en todas las etapas de un proyecto minero. Incluye el muestreo de material in situ, como en el caso del muestreo del núcleo de perforación y del frente; y el muestreo de material en forma de partículas (roca quebrada), como en el caso del muestreo de pilas de escombros, camiones, cintas transportadoras y pilas. El muestreo, y el análisis constituyen los principales retos en los depósitos de oro, especialmente en aquellos que contienen cantidades representativas de oro grueso.

Parte del efecto pepita está directamente relacionado con el proceso de muestreo: tamaño de las muestras de campo tomadas; la efectividad de la recolección; preparación de muestras, por ejemplo, trituración, pulverización y partición; el tamaño de las submuestras después de la división; y el análisis. Algunas de las razones de esta inconsistencia incluyen un muestreo incorrecto, el estudio de las causas y no de las bases del problema, la falta de comunicación, de compromiso y comprensión de los procesos mineros de las personas involucradas en el muestreo y la poca preparación de los profesionales en este tema.

Durante el desarrollo de la minería, se producen varios problemas. Uno de ellos es el error de muestreo en el proceso de ore control, originados por varias causas, debido a las características mismas del depósito mineral, otros son causados por factores personales de quienes toman las muestras y, otros tantos resultan del desconocimiento de la técnica correcta de extracción de las muestras.

En un proyecto minero la toma de decisiones se basa en los resultados de análisis provenientes de las muestras obtenidas en campo. Dichas decisiones van desde la etapa de exploración hasta la etapa del cierre de una mina, consecuentemente un inadecuado muestreo en el proceso de ore control, genera impactos económicos negativos durante la producción.

En base a esto, la etapa más importante y de sumo cuidado en el proceso ore control es el muestreo de blastholes. Las muestras del cono de blasthole constituyen la herramienta principal utilizada en las predicciones de control de leyes para la planificación de corto y mediano plazo en todas las minas a tajo abierto, ejecutarlo de manera correcta estará sujeto de lo colocado en el pad de lixiviación, la productividad minera y el destino correcto de este material. El muestreo de blastholes de un tajo, asegura la calidad con un correcto control del mineral, garantizando que no se presenten problemas en las condiciones actuales.

El único componente cuantificable es el error fundamental, depende de la constante de muestreo, que mide la heterogeneidad del lote en cada etapa de trituración, el tamaño de las partículas, el peso del lote y de la muestra extraída.

Los efectos de un muestreo deficiente y las implicaciones financieras para las empresas mineras, los comerciantes de activos minerales y los vendedores de metales como oro o materias primas se han documentados en varios estudios. Uno de ellos, Ortiz (2000), desarrolló el estudio titulado “Estimation of Economic Losses due to Poor Blast Hole Sampling in Open Pits”, se enfocó en examinar el impacto financiero de las malas prácticas de muestreo en la industria del cobre de Chile y encontró que las pérdidas financieras debido a un muestreo deficiente ascendían a cientos de millones de dólares durante la vida de una operación minera. Holmes (2010) examinó los efectos del muestreo correcto, y la medición, como base de los balances metalúrgicos, su estudio determina que los ingresos por las ventas de grandes envíos de mineral de hierro se afectan profundamente por prácticas de muestreo deficientes.

La clasificación errónea de las leyes del mineral da como resultado una pérdida de ingresos y la necesidad de procedimientos de muestreo representativos en la minería a cielo abierto es cada vez más importante. La medición precisa del ore control, el tonelaje y la ubicación del mineral tienen gran influencia en la planificación de la mina, la gestión operativa y el procesamiento de minerales.

El muestreo y análisis del mineral son de gran importancia, ya que conducen a errores de estimación y pérdidas de mineral, con graves efectos económicos en todo el proceso minero. En un protocolo de preparación de muestras, se agrega el error fundamental en cada etapa en la que está involucrada la reducción de la masa de la muestra. Estos errores son acumulativos en todo el protocolo. Algunos protocolos de uso común están asociados con errores del 30% o más, que no son aceptables. Un error fundamental total por debajo del 10% se considera aceptable.

Los errores de muestreo y preparación de muestras son responsables de pérdidas de grandes cantidades de millones de dólares anuales, por ello el muestreo correcto es fundamental para un buen control de la mina, su planificación, gestión operativa y procesamiento de minerales. Aunque el muestreo se ha estudiado ampliamente, en la práctica, aún es impreciso y el tiempo de respuesta del análisis es largo.

Cuando el error fundamental de muestreo no se minimiza para cada etapa de muestreo y submuestreo, a menudo se convierte en un componente principal de la varianza del “efecto pepita”. Minimizar el error fundamental de muestreo es un tema relevante porque afecta cualquier estudio geoestadístico posterior para la estimación de recursos. Ortiz (2000) y Pitard (2008) han determinado que cuanto mayor es el error fundamental de muestreo, mayor es la pérdida financiera.

La importancia de la aplicación de protocolos QA/QC radica en operaciones a tajo abierto con el objetivo de disminuir los errores de muestreo y con ello las pérdidas económicas. No obstante, el yacimiento Jessica, no cuenta con protocolos de aseguramiento y control de calidad para el desarrollo de las actividades de muestreo, llevándose a cabo un procedimiento basado en la experiencia y ejecutado de manera empírica, generando altos índices de error.

En cualquier área, la aplicación de protocolos QA/QC garantiza la obtención de muestras representativas que permitan un mejor diseño de las operaciones críticas de una mina, evitando pérdidas económicas y beneficiando a toda la actividad minera a cielo abierto. Por lo que se precisa investigar en qué medida la inadecuada aplicación de protocolos QA/QC en operaciones a tajo abierto contribuye al incremento del error de muestreo.

El presente trabajo de suficiencia desarrolla protocolos QA/QC (Quality Assurance / Quality Control) actualizados para reducir los errores en el muestreo blasthole, los cuales se deberán realizar de forma continua con el propósito de minimizar y/o mitigar la dilución del mineral. La presente investigación constituye una propuesta para desarrollar protocolos que permitan la disminución de errores, de forma que se obtengan análisis con mayor índice de confiabilidad y se eviten pérdidas de mineral y por ende económicas.

En base a las situaciones descritas se formula la pregunta de investigación:

¿En qué medida la inadecuada aplicación de protocolos QA/QC en operaciones a tajo abierto contribuye al incremento del error de muestreo?

### **1.3. OBJETIVO DEL ESTUDIO**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Reducir el error de muestreo aplicando los protocolos QA/QC en operaciones a tajo abierto.

### **1.4. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Diversos estudios referentes a protocolos QA/QC para reducir el error de muestreo en operaciones a tajo abierto, tema de la presente investigación, se mencionan algunas tesis de pregrado presentadas en distintas universidades nacionales y algunos trabajos de investigaciones realizados por autores internacionales:

### **1.4.1 INVESTIGACIONES INTERNACIONALES**

Rivas Oviedo, J. (2018), en su trabajo titulado “Control Geológico en la Dilución Mineral”, menciona que la dilución mineral es uno de los aspectos más preocupantes en la minería puesto que afecta directamente al proceso de producción en su totalidad. La implementación de medidas de control depende, en gran medida, de los parámetros geológicos y operacionales, estos permiten reducir el impacto en el desempeño económico y los planes de producción.

El autor concluye que el control geológico, reduce la dilución mineral en rangos aceptables (+10%), consecuentemente permitirá al área de Geología participar, controlar, reducir o mitigar las pérdidas económicas por este concepto a lo largo de la producción.

Dominy & Petersen (2015), realizaron la investigación titulada “Sampling Coarse Gold-Bearing Mineralisation - Developing Effective Protocols and a Case Study From the Nalunaq Deposit, Southern Greenland” indican que el muestreo es uno de los principales desafíos en la extracción de oro, mencionan que los protocolos de muestreo mal diseñados aplicados a estos tipos de depósitos conduce a altos índices de error que junto con otros errores incrementan el llamado “Efecto Pepita”. Se requieren protocolos adecuados de recolección, preparación y análisis de muestras para minimizar este error y, por lo tanto, reducir dicho efecto.

Los autores concluyen que, durante un programa de muestreo y análisis, los protocolos de QA/QC deben ser una característica principal. Deben establecerse protocolos para el muestreo de campo (método de recolección, tamaño, numeración, etc.), transporte (cadena de custodia, seguridad, almacenamiento, etc.), preparación de laboratorio (clasificación, secado, división, trituración, etc.) y análisis de laboratorio (análisis analítico, métodos, límites de detección, calibración de instrumentos, etc.). Si se tienen en cuenta todas estas consideraciones, se minimizarán los errores de muestreo y se reducirá el efecto pepita. A su vez, esto permitirá realizar mejores estimaciones geoestadísticas de la calidad del recurso.

Ortiz (2000) desarrolló la investigación denominada “Estimation of Economic Losses due to Poor Blast Hole Sampling in open pits” el estudio se basa en la simulación geoestadística para cuantificar las pérdidas generadas por un muestreo deficiente del blasthole y una estimación imperfecta en tres tipos diferentes de cuerpos minerales encontrados en Chile: un pórfido de cobre homogéneo, un depósito de cobre irregular tipo manto y un depósito de oro diseminado altamente variable.

La investigación demuestra que las comparaciones entre las pérdidas incurridas para los casos sin error de muestreo con aquellas con 30% de error son del orden del 2% cuando se usa kriging y del 7% cuando se usa el método de estimación poligonal, independientemente del tipo de yacimiento considerado.

El estudio demuestra que la metodología de estimación y los errores de muestreo y preparación de muestras son responsables de pérdidas del orden de millones de dólares anuales.



Por lo tanto, mejoras como la implementación de técnicas de estimación geoestadística, mejores equipos de muestreo y preparación de muestras y capacitación del personal tiene impactos considerables en las ganancias totales.

#### **1.4.2. INVESTIGACIONES NACIONALES**

Bobadilla Mojo, W. (2020), en su tesis presentada a la Universidad Nacional del Altiplano “Optimización del Proceso de Ore Control Mediante Técnicas Metodológicas de Muestreo en Blastholes para el Plan de Minado de Corto Plazo en Mina Toquepala Southern Perú Copper Corporation”, explica que el “muestreo de blastholes es la etapa más crítica dentro del proceso de ore control, siendo ésta la herramienta principal utilizada en las predicciones de control de leyes para el plan de producción semanal y diario de corto plazo”.

El objetivo de su investigación consistió en implementar técnicas metodológicas de muestreo para la mejora del proceso de ore control.

El autor concluye que la técnica metodológica de muestreo con Equipo Auger en blastholes es la más confiable para asegurar la máxima representatividad de las leyes de ensayos con un ángulo de inserción al cono de 60°-70° respecto a la horizontal del piso; obteniéndose 34 cm de alcance máximo de corte, un peso promedio de 11 Kg, una ley media de 0.896 % CuT para mineral y 0.079 % CuS para material lixiviable y un tiempo promedio de muestreo de 4h:39min, indica que el ciclo del proceso de ore control, específicamente en este estudio, incrementa su eficiencia según a las exigencias y al ritmo de producción de mina Toquepala. (Bobadilla Mojo, 2020).

Gutiérrez Panihuara, Y. (2016), en su tesis presentada a la Universidad Nacional de Ingeniería “Metodología de Control de Calidad de Mineral en la Producción de Oro, Aplicado en Minería a Tajo Abierto - Yacimiento Jessica Compañía Minera Aruntani - Puno”, determina que, la revisión constante que efectúa el geólogo en los materiales a usarse en el proceso minero tiene gran importancia dentro del control de calidad, puesto que la caracterización correcta y oportuna es indispensable, previo al envío hacia el destino correspondiente. El fin de su estudio es mejorar el control de calidad de producción del mineral a través de una correcta vigilancia de leyes que posibilite disminuir la dilución de material y evidenciar los resultados obtenidos en la conciliación de los modelos de bloques y la producción de minado.

El autor concluye que para asegurar el destino adecuado del mineral al pad de lixiviación, sin pérdidas y cumpliendo con el programa de leyes y el tonelaje recuperado es mediante el proceso de Ore Control. (Gutiérrez Panihuara, 2016)

Apaza (2020) realizó la investigación titulada “Control de calidad (QA/QC) de los Cuerpos Catas, Contacto Sur Medio y Macota – Unidad Minera Yauricocha” indica que el muestreo y análisis de las muestras deben ser realizados correctamente ya que están relacionados con el valor económico de los minerales determinados en un yacimiento, por lo que es necesario implementar QA/QC para identificar errores y poder prevenirlos.

El autor concluye que “el muestreo es la parte más importante para realizar un buen cálculo de recursos minerales y finalmente llegar a las reservas minerales. Los datos del muestreo dan un nivel de confianza aceptable para realizar los cálculos”.

Rojas (2019) desarrolló el estudio titulado “Implementación de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) para el muestreo de detritos en depósitos tipo pórfido de cobre”, donde propone adicionar un protocolo de aseguramiento y control de calidad de forma que su diseño abarque el desarrollo de la toma de muestras con el fin de que constituya una guía para las actividades mineras de este tipo.

El autor concluye que el desarrollo adecuado del proceso de muestro se basa en el diseño e implementación de protocolos de aseguramiento y control de calidad, estos garantizan la confiabilidad de los resultados de los análisis. Por otro lado, la implementación de estos protocolos, disminuye considerablemente el error humano que se tiene en la toma de muestras.

Zeballos (2019) desarrolló la investigación titulada “Aseguramiento y control de la calidad del muestreo de blastholes y análisis químico del laboratorio primario, Mina Constancia - Fase minado I Banco 4260” cuyo fin fue reforzar y garantizar la calidad de la toma de muestras de conos de perforación en la UM Constancia, esto implica también la mejora de resultados en su análisis químico, lo que permite prevenir y detectar errores a tiempo.

En el desarrollo de este estudio se evaluaron 2,066 muestras SGS, con un ratio de inserción del 15,68% que se distribuyó aleatoriamente. Tanto en precisión, exactitud y contaminación, el análisis de muestras y la inserción correspondiente, fue menor al 10%. Los resultados finales de la investigación fueron aceptables, el autor valida todo el proceso de muestreo y dentro de este la preparación de muestras y el respectivo análisis químico, constituyendo una base para futuras auditorías de recursos y reservas (Zeballos, 2019).

## **CAPÍTULO II**

### **MARCOS TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

#### **2.1 MARCO TEÓRICO**

##### **2.1.1 MUESTREO**

El muestreo adecuado de los depósitos tectónicos de minerales es esencial para evaluar su viabilidad económica de extracción. Las técnicas de muestreo utilizadas para lograr este objetivo se describen en este capítulo para condiciones variables tales como; análisis incremental y continuo de partículas de diferentes tamaños, formas, densidades y metales preciosos. Se proporcionan enfoques estadísticos de datos analíticos para interpretar los resultados con la mayor precisión posible.

Acharya, Prakash, Saxena, & Nigam (2013) definen la muestra, como un subconjunto de la población, seleccionada de forma que sea representativa de la población en general. Mientras que el muestreo es la labor de tomar muestras de calidad y distintivas o contextos medios de un todo para deducir las características del conjunto (Alfaro, 2012).

Las muestras se toman de una amplia gama de ubicaciones en la industria minera para ore control, incluidos barrenos, alimentación y producto, cintas transportadoras, camiones, ferrocarril vagones y arsenales. Este proceso es vital para empresas mineras, metalurgia, optimización de la utilización de recursos, y maximización de la rentabilidad. Sin embargo, el número de casos en los que las prácticas del muestreo son deficientes es increíblemente grande, incluso en esta época tecnológicamente avanzada. La principal razón de esto es que el muestreo es a menudo dejado al personal que no entiende la importancia crítica de la generación de muestras representativas y análisis posteriores que son verdaderamente significativos.

No basta solo recolectar algo de material y enviarlo al laboratorio para su análisis si la muestra no es representativa. Todo el ejercicio se traduce en una pérdida de tiempo y conduce a una recuperación subóptima de planes de procesamiento, descenso del tiempo lucrativo de la mina y pérdidas de los ingresos por ventas. Por tanto, es fundamental asegurarse de que las muestras estén libres de sesgos significativos.

Wang, Yang, & Bai (2015) mencionan que gran parte de las decisiones de un proyecto, minero, desde la fase de búsqueda hasta el periodo final, giran en torno a los resultados de las muestras tomadas en campo, y eso se traduce en ganancia o pérdida para la empresa a cargo.

La toma de muestras no se basa en un procedimiento estricto, cada proyecto tiene sus propios requerimientos. Sin embargo, es necesario desarrollar un esquema de muestreo para cada sitio, este debe contener la ubicación de los puntos ideales para la toma de muestras y al mismo tiempo debe permitir realizar los ajustes necesarios durante el desarrollo del trabajo en campo (Volke, Velasco, & De la Rosa, 2005).

### **2.1.2 ERROR DE MUESTREO**

Existen varios componentes en las técnicas de muestreo que deben usarse para disminuir el error. Los principales factores que se debe procurar reducir incluyen una delimitación incorrecta de incrementos, esto es, geometría de corte; extracción incompleta de incrementos, exclusión preferencial de fracciones de tamaño específico, pérdida de muestra y contaminación de la muestra.

Los componentes clave del error de muestreo, son:

- Error fundamental, agrupación y segregación.
- Error de fluctuación de calidad de largo alcance.
- Error de ponderación.
- Error de delimitación de incrementos.
- Error en los accesorios para toma de muestras.

De estos errores, la ponderación, la delimitación de incrementos, la extracción de incrementos y los errores accesorios conducen a sesgos y deben eliminarse, mientras que los demás, incluidos los errores fundamentales, de agrupamiento y segregación, fluctuación de calidad de largo alcance y fluctuación de calidad periódica, deben ser reducido para lograr una precisión aceptable. Minimizar o incluso eliminar el sesgo es fundamental, no se elimina una vez que está presente.

Las fuentes de sesgo que posiblemente se eliminen incluyen la delimitación incorrecta y la extracción de incrementos, el derrame de muestras y la contaminación de la muestra, mientras que las fuentes de sesgo que deben minimizarse incluyen cambios en el contenido de humedad y pérdidas de polvo.

La eliminación de los errores de extracción y delimitación de incrementos es particularmente importante porque, en conjunto, son responsables de una gran proporción de sistemas de muestreo diseñados incorrectamente. Estos dos errores surgen de una delimitación incorrecta del incremento debido a un mal diseño del cortador de muestras y la posterior extracción del incremento que se recolecta.

El error de delimitación se elimina si la geometría del cortador es correcta, mientras que el error de extracción se elimina si los incrementos son extraídos sin pérdida de muestra (por ejemplo, sin reflujos o pérdida de muestra de la abertura del cortador).

Los errores accesorios también son comunes en sistemas de muestreo mal diseñados y mantenidos y donde la capacitación del operador es deficiente y los procedimientos no se controlan regularmente. Dichos errores incluyen contaminación de la muestra, pérdida de muestra como polvo, alteración de la composición química de las muestras, pérdida de humedad, degradación de partículas, errores del operador, como mezclar etiquetas de muestra, fraude y sabotaje.

### **2.1.3 MUESTREO DE BLASTHOLE**

Pitard (2008) indica que un pozo de voladura, conocido como blasthole, se constituye por una pila cónica de detritus que se forman alrededor del collar de un talado de rotación perforado con el fin de contener los explosivos utilizados para fracturar las masas rocosas en las minas a tajo abierto.

McArthur, Jones, & Murphy (2010) señala que los blastholes suelen estar disponibles en un estrecho espacio de modo que un gran número de puntos de ensayo están disponibles para estimar el componente clase de grado de bloques programados en el plan de minería a corto plazo.

Un muestro con bajo índice de error en blastholes es relativamente difícil por varias razones, entre estas la segregación de los cortes de perforación, el grosor no uniforme de los cortes en el cono y los cortes de subperforación generados. El hecho de que la parte superior del banco está fracturada debido a la voladura previa, hace que se generen relativamente pocos cortes desde los metros superiores del barreno, por lo que el cono de cortes está sesgado hacia el material en las secciones media e inferior del banco.

El muestreo de pozos de voladura es ampliamente utilizado para el control de leyes en la industria minera de todo el mundo, tanto en la minería a cielo abierto de metales básicos como preciosos. Las muestras de blastholes (BH) a menudo se consideran inferiores en comparación con el "muestreo de perforación adecuado", como la perforación de circulación inversa (RC) y la perforación de diamante (Engtrom, 2015).

Cada técnica de muestreo tiene sus ventajas y desventajas y su elección debe estar relacionada con el tipo de mineral y las condiciones de extracción. Es necesario cerciorarse de que el sistema de muestreo específico contemplado no genere pérdidas ocultas (Minkkinen, Auranen, Rutsalainen, & Auranen, 2015).

Actualmente, se considera que la mejor solución es la perforación separada de circulación inversa (RC) con fines de control de leyes, aunque esto aumenta considerablemente los costos generales.



Los recortes de perforación son más fáciles de recolectar con este enfoque, debido a que las masas de muestra más pequeñas están involucradas, al tiempo que se perforaran múltiples bancos de manera simultánea.

Holmes (2010) indica que para mejorar el muestreo de blastholes, se utilizan varios métodos de la siguiente manera:

- Tomando muestras verticales de una o más ranuras excavadas en el costado del cono de esquejes.
- Tomando dos cortes de canal completos a través de todo el cono.
- Extraer uno o varios sectores radiales completos del cono de esquejes utilizando 'cortadores de sector'.
- Recolección y división automática de los recortes en el equipo de perforación utilizando aire comprimido / aspiración y un ciclón para separar los recortes.

#### **2.1.4 ASEGURAMIENTO EN LA CALIDAD**

El aseguramiento en la calidad o “Quality Assurance”, abreviado a “QA”, se fundamenta en la búsqueda del cumplimiento de líneas de ejecución previamente definidas y planificadas de forma sistemática, que se encuentran inmersas en un sistema que gestiona la calidad de la empresa, las operaciones que se efectúen deben llevarse a cabo con el objeto de incrementar el grado de confiabilidad de un análisis. Estas directrices actúan desde el día 1 de un proyecto, identifican los principales errores, considerando su grado de afectación, y mitigan los principales efectos contribuyendo así a la disminución de problemas y la prevención de aquellos que no hayan ocurrido antes (Zeballos, 2019).

Barth & Mason (2004) afirman que el aseguramiento de calidad es un esquema definido para la investigación que utiliza procedimientos operativos estándar para garantizar que los resultados sean altamente confiables y se ajusten a los objetivos establecidos. La certeza de los resultados depende principalmente de la recolección de muestras, el equipo a usarse para el muestreo, la toma y preservación de las muestras, la identificación y cadena de custodia y el monitoreo del aseguramiento y control de calidad en campo.

### **2.1.5 CONTROL DE CALIDAD**

Bertrand & Prabhakar (2009) definen el control de calidad o “Quality Control”, abreviado a “QC” como el grupo de procesos y métodos para orientar, supervisar y controlar todas las etapas de un proyecto. El control de calidad representa una inversión que, como cualquier otra, genera beneficios que justifiquen su implementación. Dentro de una empresa, todos sus miembros son responsables del control de calidad, cualquiera que sea el trabajo que desarrolle.

El control de calidad implica la asociación de actividades de control directas e indirectas, que tienen la intención de certificar si los datos obtenidos son fiables y garantizar que los datos generados cumplan con los requerimientos mínimos para el control de leyes, reconciliaciones, entre otros. (Bobadilla Mojo, 2020)

### **2.1.6 PROTOCOLO DE MUESTREO**

Alfaro (2012) menciona que el protocolo de muestreo es un procedimiento previamente establecido que se define paso a paso la selección de blasthole a ser muestreado. Se establecen a detalle las acciones a seguir para obtener un muestreo representativo, cuyo análisis sea confiable y con bajo porcentaje de error.

### 2.1.7 CARACTERIZACIÓN DE LOS POLÍGONOS DE PRODUCCIÓN

Nicola (2015) menciona que en la industria minera se requiere identificar el material que se va a enviar, o no, a planta. Esta información debe ser conocida por el personal involucrado en toda la operación, entre estos los conductores y operadores del sistema de transporte, para que no existan errores. Es necesario precisar los polígonos de producción con el fin de identificar los lugares donde se encuentra el mineral y aquellos donde se cargará estéril para su correcta ubicación.

Dado que el planificar de corto plazo define los polígonos considerando que la ley media del polígono sea mayor a la ley de corte, esta acción resulta arbitraria. Por otro lado, los aspectos operativos del equipo de carga hacen imposible generar una selectividad al 100%, de forma que la disposición de los polígonos muchas veces incluye cierta parte de estéril, tal como se observa en la Figura 2,1:

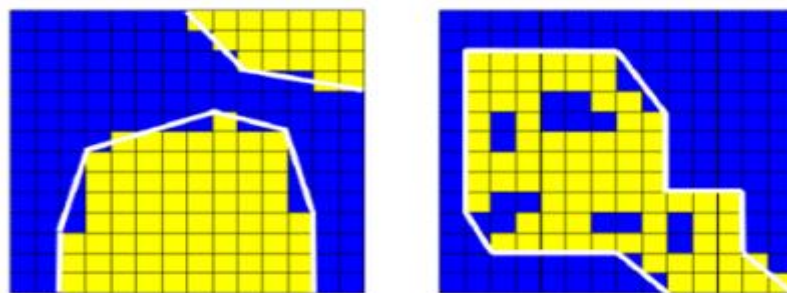


Figura 2, 1: Definición de polígonos de extracción, contactos entre estéril y mineral  
Fuente: Empresa NCL. Reporte de simulación de diluación y determinación de la velocidad y desplazamientos del material tronado, 2009

### **2.1.8 PLAN DE MINADO A CORTO PLAZO**

Este plan de minado aplica diferentes tipos de planificaciones en técnicas de minería a cielo abierto y subterránea, cuyo propósito es conocer de mejor manera el yacimiento y la ley de mineral, trazar el método de extracción adecuado, considerando los parámetros geomecánicos del mismo y apuntando a obtener la mayor cantidad de mineral con el menor costo posible (Ticllasuca, 2019).

Bobadilla Mojo (2020) menciona que el planeamiento de minado es establecer los parámetros necesarios para tener una producción continua mensual, como la ubicación, el volumen de mineral, el momento de extracción, entre otros.

El diseño de un plan de minado se realiza a corto plazo, mediano plazo y largo plazo, la oposición entre cada uno es el tiempo de planificación. Un plan de minado en corto plazo se realiza para un tiempo de 1 a 3 meses, el planeamiento a mediano plazo tiene un tiempo de 3 a 12 meses, mientras que a largo plazo implica una planificación de un año hasta culminar las reservas.

### **2.1.9 MODELO DE BLOQUES**

El modelo de bloques constituye el modelado del yacimiento mediante un arreglo tridimensional de bloques. Se elabora por los geólogos, a través de estadística espacial, y proporciona información de gran importancia que facilita la toma de decisiones sobre la extracción del mineral, si extraer o no el depósito y de qué manera (Delphos, 2021).

Previo a la ejecución del modelo de bloques y la estimación, se requiere desarrollar un análisis variográfico de los datos, con el fin de obtener las propiedades más importantes de la distribución espacial y así conocer la continuidad de la variable dentro del yacimiento. El proceso inicia con la conversión de la información original, pasando de un histograma asimétrico a una distribución gaussiana o normal que permite calcular el variograma experimental que permite agregar distintas variables geológicas, litológicas, geometalúrgicas, etc., que son útiles en la estimación de leyes (Tituana, 2014).

#### **2.1.10 CONTROL DE LEYES**

El control de leyes es una herramienta que define el destino del material en la operación minera. Generalmente, este trabajo es el final de una serie de actividades previas realizadas por los operadores de ore control, geólogos, ingenieros de planeamiento, perforistas y superintendentes. Constituye la decisión más importante en el proceso de minado. Una vez el material haya sido asignado a un destino, es muy difícil revertir la decisión por lo que los cálculos deben ser precisos a fin de evitar pérdidas de mineral e incrementar la dilución (Choquehuanca, 2021).

Bobadilla Mojo (2020) menciona que la eficiencia del control de leyes depende de la cantidad de datos, tanto los proveedores como los consumidores, debido a que es un proceso cíclico cuyo fin es planificar y ejecutar su parte de la operación. Este proceso, en minas a cielo abierto, representa uno de los factores más importantes dentro de la industria minera. Esta medida, que generalmente es irreversible, delimita la viabilidad final de la operación. Un control de leyes bien diseñado y ejecutado evita el cierre de muchas operaciones y lleva al éxito a muchas otras.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1 MUESTRA**

Una muestra constituye una parte que contiene lo primordial de un todo, de forma que la muestra y el todo tengan las mismas características, proporción y distribución. Una muestra debe ser representativa, tener el contenido correcto, provenir del lugar preciso y someterse a un proceso de reducción de peso y análisis apropiados.

### **2.2.2 CONO**

Se conoce también como blasthole, taladro de producción o voladura, pozo corte (8 a 15 cm), vertical, producido a causa de las máquinas perforadoras. En la zona alta externa se encuentra acumulado los detritos producidos por la perforación, al que es necesario para la descripción geológica.

### **2.2.3 DETRITUS**

Constituye el material perforado y depositado en la boca del pozo o taladro.

### **2.2.4 ALTERACIÓN**

La alteración es el cambio de las rocas y minerales. Este proceso origina nuevos minerales, ya sea que se formen por cambios en su estructura cristalina o en su constitución química.

### **2.2.5 SILIFICACIÓN**

Alteración hidrotermal que se identifica por la pérdida completa de su mineralogía inicial. La roca se transforma en una masa silíceo. Presenta el mayor grado de hidrólisis posible.

### **2.2.6 ARGÍLICA**

Alteración hidrotermal caracterizada por la presencia de grandes cantidades de caolinita, montmorillonita, esmectita o arcillas amorfas, que llegan a la zona en reemplazo de minerales como plagioclasas, intermedia o avanzada, que produce la pérdida completa de feldespatos en circunstancias de una hidrólisis bastante fuerte, originando caolinita y/o alunita.

### **2.2.7 PROPILÍTICA**

Alteración hidrotermal que se distingue por la clorita, epidota y/o calcita, y plagioclasa albitizada. No se muestra lixiviación de álcalis; H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y/o S.

### **2.2.8 DUREZA**

La dureza es la resistencia superficial que presenta un mineral o material a ser rayados.

### **2.2.9 SULFUROS**

Constituye todos los minerales que se han formado por la combinación del azufre (anión S<sup>2-</sup>) con otros metales.

### **2.2.10 DILUCIÓN**

La dilución de mineral es la disminución en ley por material por debajo de la ley mínima de corte, o estéril que se combina con el mineral económico.

### **2.2.11 EXACTITUD**

Es la cercanía que se presenta entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando. Se dice que una medición es exacta cuando el error de medida es más pequeño o cuando ofrece una incertidumbre menor de medida.

### **2.2.12 PRECISIÓN**

Es la cercanía que se presenta entre medidas reiteradas de un mismo objeto, o de objetos parecidos, bajo entornos de repetitividad o reproductibilidad, por lo que, generalmente, la precisión representa repetitividad.

### **2.2.13 CONTAMINACIÓN**

Es la transferencia automática de material presente en el medio cercano a una muestra.

### **2.2.14 DUPLICADOS**

Son duplicados tomados inmediatamente después de una fase de chancado y cuarteo, que deben ser analizados en el mismo laboratorio interno, con diferente número, y en el mismo lote que la muestra original. Los duplicados gruesos se usan para evaluar el error de cuarteo o sub-muestreo.

### **2.2.15 BLANCOS**

Son muestras estériles que se utiliza para determinar si se produce contaminación durante el proceso de muestreo y/o análisis. Se procede a insertar Blancos Gruesos (evaluando la contaminación en el proceso de preparación) y Blancos Finos (evaluando la contaminación en el proceso de analítico).

### **2.2.16 ESTÁNDARES**

Muestras de control, a partir de una pulpa de valor medio y límites de confianza conocidos, puede ser preparada a partir de material de la mina o comprada a un laboratorio externo, en ambos casos debidamente certificados. Se inserta a los lotes con la finalidad de controlar la etapa analítica (la exactitud).



### **2.2.17 LEY**

Existen dos tipos de leyes principales, la ley de corte económica y la ley marginal. La ley de corte se define como la ley mínima que produce un beneficio prefijado de antemano. Es el grado mínimo que se necesita para que un mineral se extraiga de manera rentable. Mientras que la ley de corte marginal implica el grado mínimo que pueda costear el procesamiento y mercadeo. En minas a cielo abierto, no se consideran los costos de mina para escombros y mineral, determina el destino del material después de ser minado, al tiempo que se usa como criterio de selección.

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

#### **3.1 HIPÓTESIS**

Al aplicar adecuadamente protocolos QA/QC en operaciones a tajo abierto, reducirá los errores de muestreo.

#### **3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

##### **3.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE (VI)**

Aplicación adecuada de los protocolos QA/QC.

##### **3.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE (VD)**

Error de muestreo.

##### **3.2.3 INDICADORES**

Variación del error de muestreo.

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **4.1.1 ENFOQUE**

El enfoque del presente proyecto de tesis es de tipo aplicado, se llevó a la experiencia, teorías generales y la aplicación de los conocimientos con la finalidad de disminuir el error de muestreo, a través de la aplicación de protocolos QA/QC. Hurtado (2010) define la investigación aplicada como aquella que aplica los conocimientos, al tiempo que adquiere otros, durante y después del desarrollo de la investigación. El conocimiento adquirido y los resultados del estudio resultan en el conocimiento de la realidad de una forma implacable.

Este tipo de investigación se relaciona esencial, objetiva y metodológicamente con el nivel experimental de la misma, ya que busca producir cambios cualitativos, mediante aplicación de nuevos sistemas, modelos o técnicas. Del mismo modo, se considera investigación aplicada, ya que se aplicaron protocolos QA/QC al proceso de muestreo de blastholes para asegurar la confiabilidad de las muestras y análisis de laboratorio.

#### **4.1.2 ALCANCE**

Esta investigación tiene un alcance correlacional, puesto que asocia dos variables: aplicación adecuada de los protocolos QA/QC y error de muestreo, en un contexto con el fin de validar o no una hipótesis: al aplicar adecuadamente protocolos QA/QC en operaciones a tajo abierto, reducirá los errores de muestreo.

#### **4.1.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Con el fin de mejorar el muestreo y disminuir el error en el proceso de ore control mediante la implementación de protocolos de aseguramiento y control de calidad en el yacimiento Jessica, este estudio constituye una investigación de tipo experimental.

La investigación experimental es un enfoque científico de la investigación, donde una o más variables independientes se manipulan y se aplican a una o más variables dependientes para medir su efecto sobre estas últimas. El efecto de las variables independientes sobre las variables dependientes se suele observar y registrar durante algún tiempo, para ayudar a los investigadores a obtener conclusiones razonables con respecto a la relación entre estos 2 tipos de variables (Hurtado, 2010).

Por lo tanto, en la presente investigación se analizó el nivel de confiabilidad de las técnicas metodologías de muestreo en blastholes para determinar la eficiencia en los ensayos. La finalidad de este trabajo es perfeccionar el procedimiento de QA/QC del material económico (mineral producido), disponiendo de un control conveniente de las leyes y reduciendo la dilución.

## **4.2 UNIDAD DE ANÁLISIS**

Para el estudio se considera como unidad de análisis al Yacimiento Epitermal de Alta Sulfuración de la Unidad Minera Arasi, operada por Aruntani S.A.C. localizada en el distrito de Ocuvi, provincia de Lampa, departamento de Puno - Perú.

### **4.2.1 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS**

De acuerdo con los rasgos geológicos, mineralógicos y de alteración, el Proyecto Arasi reside, principalmente, de los yacimientos de Valle, Carlos y Jessica. Éstos son centros mineralizados de tipo epitermal y alta sulfuración. Hasta la fecha, en los yacimientos Valle y Carlos, se registra una ley promedio de 0.72 gramos por cada tonelada de oro, se cuantifican 18.7 millones de toneladas, esto equivale a 525,000 onzas de oro, aproximadamente.

En la Unidad Minera Aruntani se observan y reconocen afloramientos que corresponden principalmente a la era del cenozoico siendo el más reciente los depósitos aluviales correspondientes al periodo del cuaternario, el relieve de la zona está marcado por la influencia de los glaciares y por la actividad volcánica dejando como evidencia la presencia de tobas, lapilli y cenizas volcánicas.

### 4.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 4, 1: Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables		Indicadores	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
			Dependiente	Independiente		
¿En qué medida la inadecuada aplicación de protocolos QA/QC en operaciones a tajo abierto contribuye al incremento del error de muestreo?	Reducir el error de muestreo aplicando los protocolos QA/QC en operaciones a tajo abierto.	Al aplicar adecuadamente protocolos QA/QC en operaciones a tajo abierto, reducirá los errores de muestreo.	Error de muestreo.	Aplicación adecuada de los protocolos QA/QC.	Variación del error de muestreo (g/t).	Envío de muestras Reporte de leyes Polígonos de control

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO V**

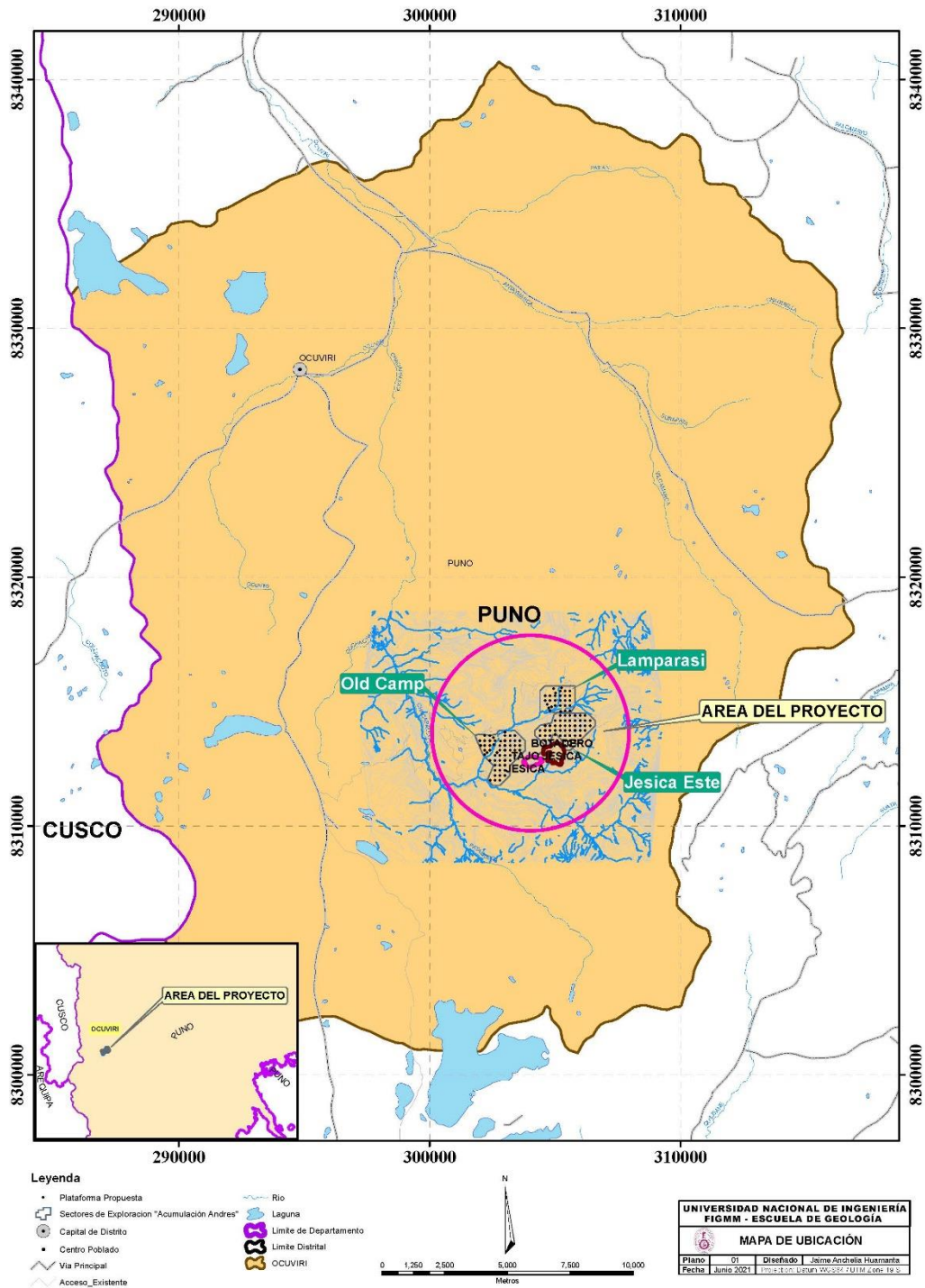
### **DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

#### **5.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

##### **5.1.1 ÁREA DE ESTUDIO**

###### **UBICACIÓN**

El lugar de estudio se ubica en la margen derecha del río Chacapalca. El sector de estudio se localiza en el distrito de Ocuvi, provincia de Lampa, región Puno. Hidrográficamente se ubica en la cuenca del Lago Titicaca, como se observa en el Mapa 5,1. El yacimiento Jessica está ubicado aproximadamente a 800 km al SE de Lima, en el departamento de Puno, provincia de Lampa, distrito de Ocuvi. Las cadenas de cerros tienen entre los 4,400 a 5,150 msnm y con huellas de intensa actividad glaciaria. Se sitúa en los altos afloramientos rocosos de las subcuencas de los ríos Azufrine y Huarucane. El punto de coordenada UTM donde se localiza el yacimiento Jessica es: 304 095m E y 8 312 938m N (PSAD 56, Zona 19S) (UM Aruntani, 2017).



Mapa 5, 1: Ubicación del área de estudio

Fuente: Elaboración propia



## ACCESIBILIDAD

Al lugar de estudio se accede a través de vía aérea o terrestre, carretera asfaltada, desde Lima pasando por las ciudades de Arequipa y Juliaca.

El acceso a la unidad minera Aruntani se puede realizar por la siguiente ruta:

Tabla 5, 2: Trayecto Juliaca – Minera Aruntani

<b>Recorrido</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Carretera</b>	<b>Tiempo (hrs)</b>
Juliaca – Ocuvi	126	Asfaltada	2.5
Ocuvi – Minera Aruntani	16	Trocha	1.5

Fuente: Elaboración propia

## FISIOGRAFÍA

El lugar de estudio muestra un relieve irregular con pendientes y alturas variables, en su mayoría la componen superficies estrechas, planas a ligeramente onduladas y superficies disectadas, montañosas, con más de 15° de pendiente (UM Aruntani, 2017).

La geomorfología de las montañas son consecuencia de los procesos orogénicos que producen levantamientos estructurales y que han sufrido grandes procesos de erosión, sobre todo fluvio-glaciares. Se destacan un par de paisajes:

- Paisaje Aluvial.
- Paisaje Montañoso.

## **HIDROGEOLOGÍA**

### **Climatología**

El clima del lugar de estudio es frío se presentan lluvias frecuentes y tiene una amplitud térmica moderada. El rango de temperatura va de los 14.4 °C a los 2.7 °C. en este sector, se han presentado las temperaturas más elevadas en la costa norte y la selva baja, mientras que las más bajas se presentan principalmente en el altiplano, en las zonas altoandinas.

Sin importar la época del año, el clima es típicamente frío y semiseco, debido a que se encuentra, en promedio, a 3,827 msnm, los picos más altos presentan alturas de hasta los 6,000 msnm. En invierno la temperatura mínima puede alcanzar 1°C, mientras que la máxima no sobrepasa los 15° C, la temperatura promedio esta alrededor de los 8° C.

### **Drenaje**

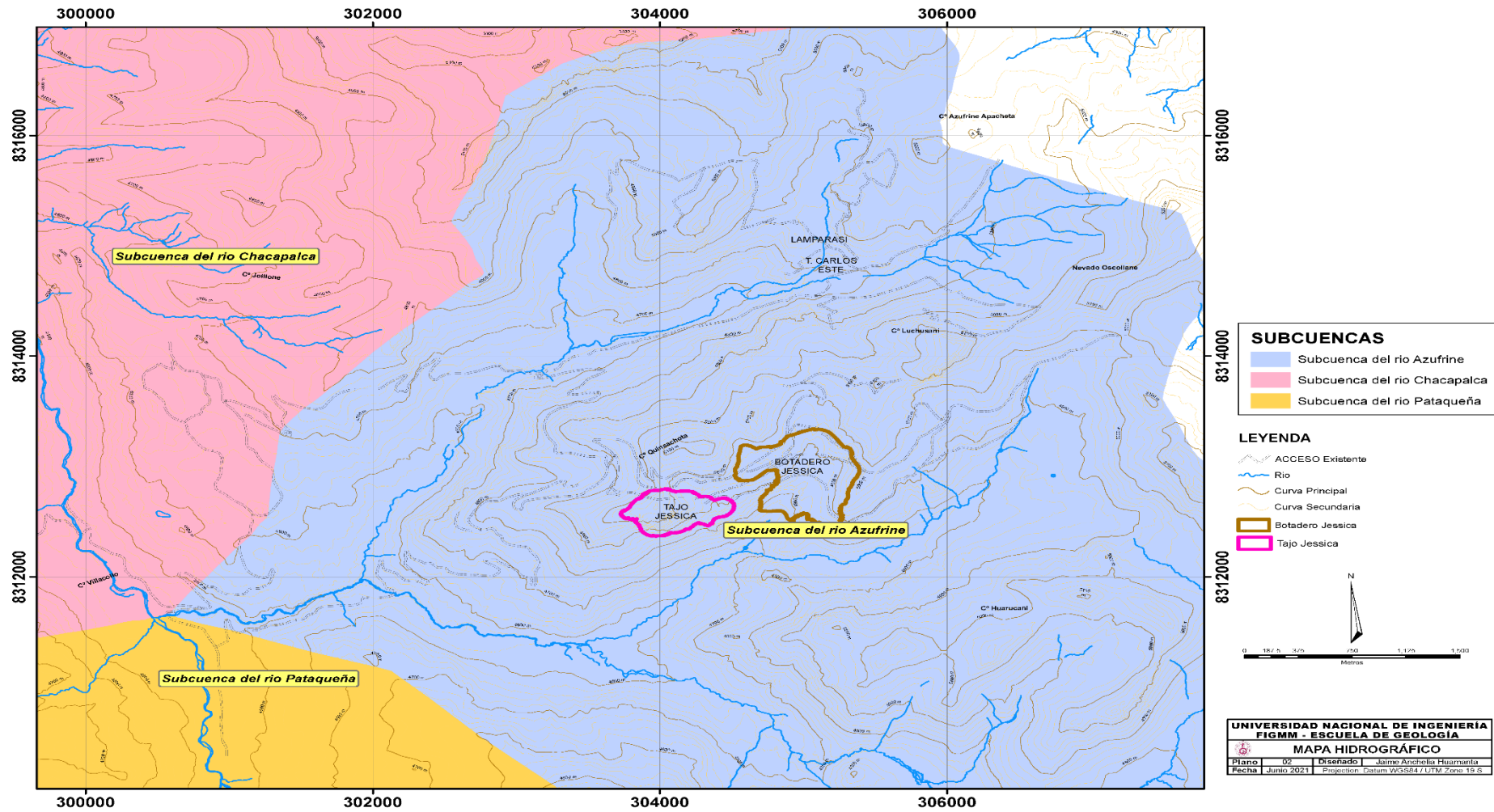
El drenaje de las aguas en la región está dirigido a la cuenca correspondiente al Pucara y su recolección corresponde a los ríos nacientes en la cordillera oriental. El agua que alimenta el río Chacapalca proviene principalmente de la precipitación fluvial y la deglaciación de la cordillera. El drenaje observado es ramificado y tiene como río principal al río Chacapalca.

### **Unidades hidrogeológicas**

En la zona de estudio se tiene información geológica en base a la cartografía realizada por el INGEMMET de acuerdo con estratigrafía existente en la superficie estudiada, se aprecian tres componentes hidrogeológicos muy marcados se organizan en relación con sus propias características hidráulicas, usualmente asociadas con unidades geológicas. El Mapa 5,2, muestra las unidades hidrogeológicas que se describen de la siguiente manera:

- **Acuíferos:** Aquellas unidades que proporcionan, de manera económica, fuentes de agua potable y no potable y que presentan permeabilidad de moderadas a altas y características de almacenamiento de bajas a altas (formaciones capaces de transmitir una cantidad importante de agua).
- **Acuitardos:** Aquellas unidades que retardan el movimiento del agua y que generalmente presentan una baja permeabilidad y características considerables de almacenamiento (unidades confinantes).
- **Acuífugos:** Aquellas unidades de muy baja permeabilidad y bajas características de almacenamiento.

Desde un punto de vista hidrogeológico las aguas subterráneas que se identifican dentro de la zona de estudio y área local de influencia y se encuentran contenidas en los depósitos cuaternarios.



Mapa 5, 2: Ordenamiento Hidrogeológico de Aruntani  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallan las unidades hidrogeológicas:

*Acuífero poroso no consolidado:* Corresponde a formaciones detríticas con permeabilidad en general no consolidadas, sus acuíferos por lo regular son amplios, con alta productividad (permeabilidad elevada), los depósitos observados son aluviales, morrenas, glaciofluviales y lacustrinos.

*Acuífero fisurado volcánico – neógeno mioceno:* Presenta a la misma característica estructural que el acuitardo volcánico sedimentario. Presentando acuíferos locales, su principal característica y la que la diferencia del acuitardo es su litología que consiste en tobas piroclásticas.

## **GEOMORFOLOGÍA**

Geomorfológicamente la zona estudiada se encuentra en el límite del altiplano occidental y la cordillera occidental. Esta zona tiene afloramientos principalmente mesozoicos y tiene como basamento rocas paleozoicas. En la cordillera occidental se tiene rocas precámbricas con un fallamiento profundo que influenciará en el drenaje regional. Las principales unidades geomorfológicas que se reconocen en la zona prospectada como en zonas aledañas al área de estudio son:

- **Cordillera accidental:** Esta unidad cubre la parte sur de la región con alturas entre los 3,800 y 5,000 msnm, se caracteriza por constituir una cadena montañosa conformada por elevaciones y aparatos volcánicos en avanzado estado de erosión, algunos de los cuales son cubiertos por nieve perpetua. La intensa glaciación Pleistocénica ha producido la erosión de rocas cuyas edades van desde el Jurásico hasta el Plio-Cuaternario configurando la actual topografía, disectada por numerosos valles amplios y de poco recorrido.

- Valles glaciares: Estos valles se presentan en casi toda la zona de estudio diferenciándose valles fluvioglaciares y fluviales. Los valles fluvioglaciares se desarrollan a altitudes mayores de 2,500 msnm, presentan en forma de “U” con grandes escarpas y acantilados como resultado de los procesos de erosión glaciar. Los valles fluviales se desarrollan a alturas menores a 2,500 msnm, son profundos con niveles simétricos, encañonados y fondo en forma de “V”, desarrollando terrazas en las partes bajas.



Figura 5, 2: Valle glaciar en forma de “U”

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 MARCO GEOLÓGICO

El Proyecto Arasi está ubicado en Perú, en la zona de los Andes del Sur, en el borde occidental de un conglomerado de estratovolcanes de forma redonda, como se mira en la Figura 5,3:



Figura 5, 3: Ubicación yacimiento Arasi

Fuente: Vásquez, y otros. Geología de los depósitos epitermales de alta sulfuración en el proyecto Arasi - Puno, 2017

El grupo Palca constituye la base geológica del Proyecto Arasi, en la base presenta ignimbritas verdosas, que sobrayacen a frescas andesíticas de color grisáceo que presentan una textura amigdaloidal. A continuación, se aprecian rocas volcanoclásticas que no presentan alteraciones hidrotermales. Estas secuencias litológicas descritas infrayacen al Grupo Sillapaca de edad miocénica (16.2-13.5 Ma), compuesta por lavas andesíticas púrpuras en la base y presencia de flow banding; en la parte superior se observa el Clástico Lamparasi que constituye el trascendental horizonte alterado y mineralizado de naturaleza volcanoclástica. En la parte superior se presentan lavas andesíticas grisáceas, denominadas andesitas Lamparasi. Al pie de los afloramientos mineralizados se observa erosión postmineral, de procedencia coluvio-glaciario, lo que produjo la deposición local de boulders.

Estructuralmente la unidad minera Arasi está en la intersección de dos lineamientos primordiales en la región: el primer lineamiento N80° (originario de los flancos occidentales) y el segundo lineamiento NNW de edad del Mioceno (subparalelo al rumbo andino).

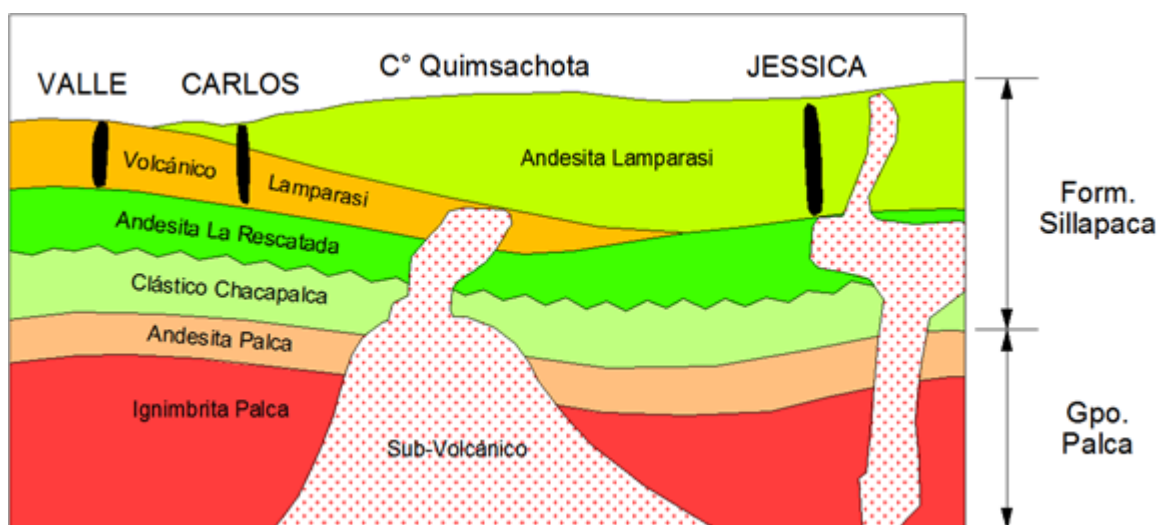


Figura 5, 4: Columna estratigráfica distrital

Fuente: Vásquez, y otros. Geología de los depósitos epitermales de alta sulfuración en el proyecto Arasi - Puno, 2017.

## GEOLOGÍA REGIONAL

El INGEMMET, en su mapa geológico, sitúa el área minera en los dominios del Grupo Sillapaca y Grupo Palca, constituido por rocas de origen ígnea volcánica asociada con andesita y dacita. El Grupo Palca es suprayacente al Grupo Tacaza correspondiente al Oligoceno a Mioceno, cuyo afloramiento se observa en el lado Este y Oeste del yacimiento (UM Aruntani, 2017).

La litología en el ámbito de la región está conformada por rocas mesozoicas del Jurásico superior a Cretáceo inferior de origen sedimentario.



La litología constituida por lutitas de la Formación Chicama en la parte inferior, se encuentran por debajo de cuarcitas, areniscas, limolitas, lutitas y calizas del Grupo Goyllarisquizga, que está dividido en tres unidades: Formación Chimú, Formación Santa-Carhuaz y Formación Farrat. El escenario del yacimiento Jessica se encuentra entre las fallas geológicas a nivel regional de rumbo andino (NO-SE), donde se aprecian afloramientos rocosos de diferentes tipos: ígneas (una cantidad bastante menor en volcánicas) y sedimentarias (UM Aruntani, 2017).

### **ESTRATIGRAFÍA**

Las unidades estratigráficas aflorantes que se lograron observar en campo son el Grupo Palca, Grupo Sillapaca, Grupo Tacaza y depósitos cuaternarios, como se expone en la Figura 5, 3; de inmediato, se detallan cada una de las unidades mencionadas:

#### **Grupo Tacaza (PN-ta)**

Pertenece al Oligoceno tardío a Mioceno medio. Cubre desde las zonas de Arequipa, Majes hasta las zonas de Puno al este, en donde adquiere su mayor espesor, pertenece al Paleógeno y Neógeno y está conformado por lavas andesíticas, tobas dacíticas, ignimbritas, conglomerados tobáceos y una sucesión lacustrina. Su extensión va desde la Cordillera Oriental hasta el lago Titicaca y Cusco, al este, y a Arequipa, hacia el oeste. En cuanto a su litología, se compone por paquetes aglomerados o brechas de tobas que presentan una matriz de ceniza fina de no consolidada a poco consolidada, con intercalaciones de lavas andesíticas y areniscas tobáceas.

### **Grupo Palca (Nm-pa/tbka)**

Cuenta con una amplia extensión en el cuadrángulo Ocuvi, atravesando también por el cuadrángulo de Juliaca y Lagunillas. Este grupo yace en discordancia angular sobre el Grupo Tacaza. Esta Formación está compuesto principalmente de depósitos de ignimbritas que forman una superficie de plataforma disectada a una cota de aproximadamente 4,600 msnm. El área de estudio está afectada por un alto grado de intemperismo. Los depósitos piroclásticos están estratificados y tienen una tonalidad de gris pálido a oscuro, se aprecia hasta tres facies piroclásticas.

### **Grupo Sillapaca (Nm-si)**

Presenta, principalmente, lavas dacíticas y traquiandesíticas, areniscas arcósicas y conglomerados con tonalidades oscuras, se ubica en la Cordillera de Sillapaca, descansa concordante al Grupo Palca y en otras áreas descansa en discordancia angular con el Grupo Tacaza.

### **Depósitos cuaternarios**

Constituyen por depósitos, morrénicos, fluvio-glaciares, fluvioaluviales y coluviales.

*Depósitos morrénicos:* Se encuentra, sobre los 4,200 msnm, rellenando valles glaciares antiguos. Principalmente, lo componen morrenas formadas por brechas de composición variada.

*Depósitos glaciofluviales:* A causa de la deglaciación, se originan de la erosión y removilización de los depósitos morrénicos.

*Depósitos fluviales:* Localizados en los fondos y riveras de los ríos.



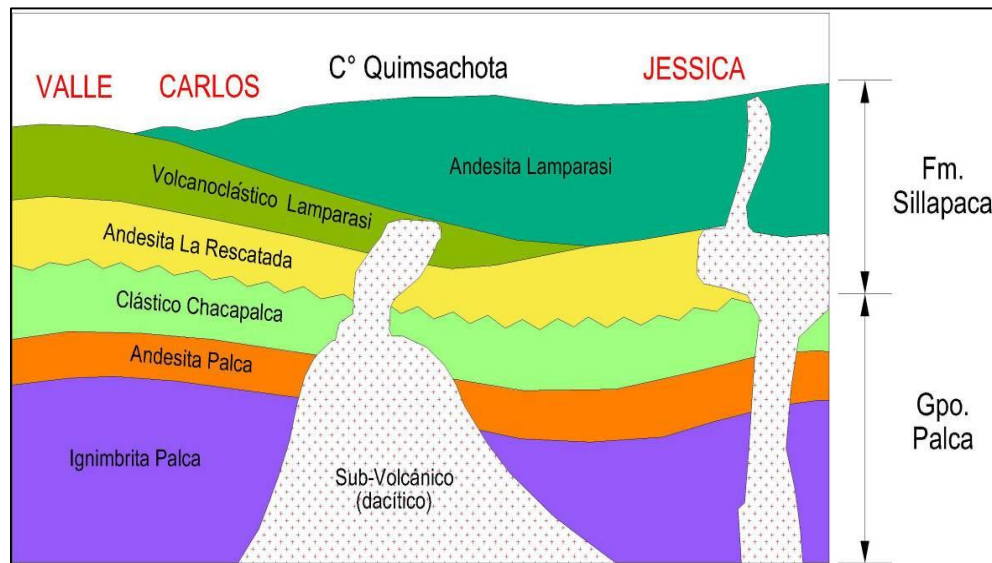


Figura 5, 5: Columna estratigráfica esquemática

Fuente: Vásquez, y otros. Geología de los depósitos epitermales de alta sulfuración en el proyecto Arasi - Puno, 2017.

Toda la secuencia litológica intruida por un sub volcánico dacítico pre-mineral, la que fue útil para suscitar desorden estructural en el área y producir fracturamiento y espacios abiertos por donde recorrerían de forma ascendente brechas hidrotermales.

## **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

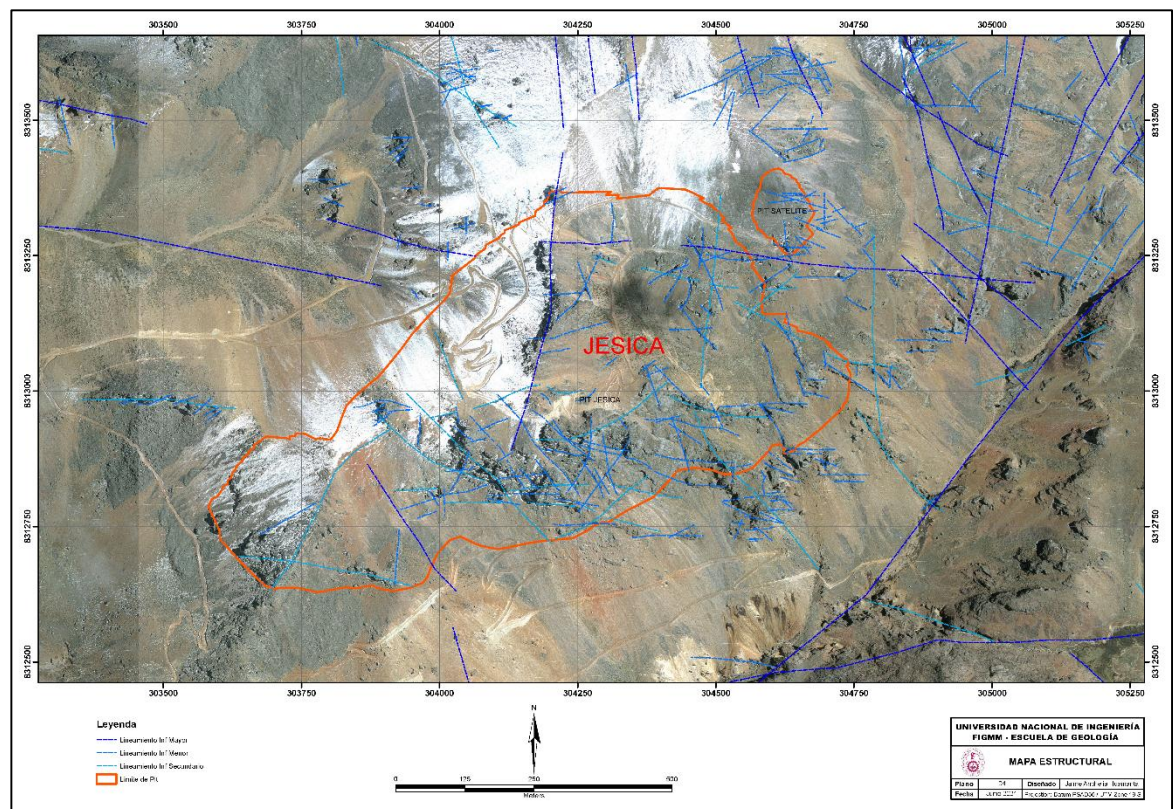
En cuanto a la geología estructural el yacimiento Jessica se compone de un escenario cortical con aparatos volcánicos de variadas estructuras, entre ellas: domáticas, cuellos volcánicos y conos deformados, se observan también estratificaciones de derrames lávicos. Se hallan estructuras tipo calderas volcánicas, relacionadas con la mineralización, y estructuras de fisuras ignimbríticas, entre los derrames lávicos.

La estructura original se encuentra desconfigurada debido a la erosión glacial y pluvial, lo que ha dado lugar a la desaparición de formaciones lávicas, originándose depresiones de grandes dimensiones. En cuanto a su estructura, se encuentran formaciones plegadas y levantadas, NO-SE, que afectan a la región.



El alineamiento volcánico del Tacaza - Sillapaca Este, con un fallamiento de dirección NE-SE, representa el rasgo estructural con mayor relevancia en el área.

La falla dominante tiene un rumbo NE-SO, junto con otros sistemas NO-SE, componen distintas estructuras, que guardan correspondencia con los procesos de alteración y mineralización que se presentan en la zona. Se presencia emplazamiento de brechas hidrotermales en el corredor estructural con una orientación NO y con acimudes que varían de  $N60^{\circ}$  a  $N70^{\circ}$  y buzamientos desde  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  al NO y NS en la parte central, y extensionalmente al norte.



Mapa 5, 4: Lineamientos estructurales

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3 GEOLOGÍA LOCAL

De acuerdo con los estudios desarrollados, se han identificado las siguientes unidades litológicas.

Desde abajo hacia arriba, se tiene:

#### **Grupo Palca**

En cuanto a su litología, se compone por agrupaciones de ignimbritas suprayacentes al Grupo Tacaza (en discordancia angular) y infrayacentes a la Formación Sillapaca (en contacto gradual). Está constituido por ignimbritas que es soldada con clastos de composición andesítico, deleznales y algo pedregoso. Se observan también brechas clásticas de tonalidades rojizas. El yacimiento se encuentra en el lado occidental donde se observa el Río Chacapalca, cuyo lado izquierdo constituye el fondo de forma encañonada del valle.

*Ignimbrita Palca:* Constituye la parte inferior de la columna estratigráfica local. Representa a una roca tipo piroclástica con clastos polimícticos gruesos angulares, dacíticos y andesíticos, presenta escasa silicificación, se observa las plagioclasas como fenos y a la biotita.

*Clásticos finos Palca:* Se identifica por contener clastos líticos de granulometría fina a media, con colores de marrón a rojo oscuro, siempre se le haya en condición fresca. En promedio se presenta con un espesor de 15 metros.

*Andesita Palca:* Constituye una litología de secuencia fina, de textura afanítica, con colores de gris a gris oscuro, vesículas orientadas y fenos de plagioclasas prismáticas.

*Clásticos Chacapalca:* Material volcanoclástico re TRABAJADO con clastos verdosos subredondeados. La secuencia se observa hacia el Oeste del Cerro Quimsachota. Tiene un espesor entre 50 y 150 m.

### **Grupo Sillapaca**

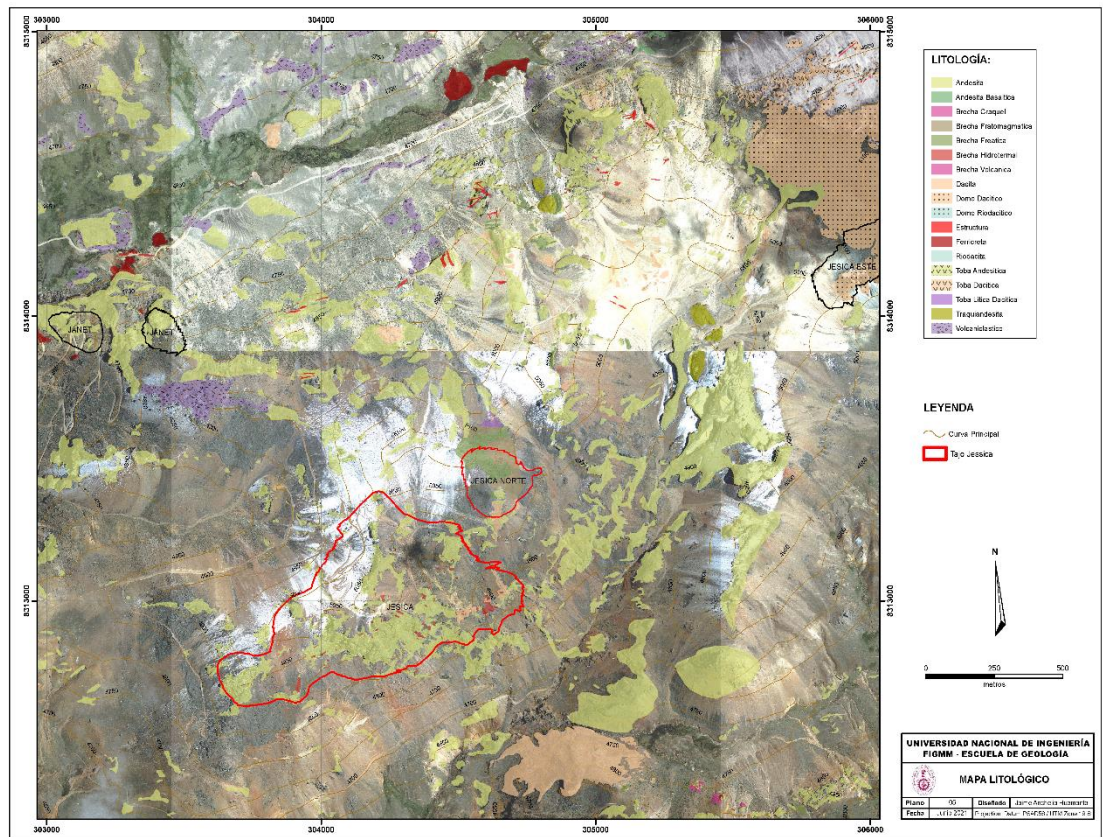
Formado por una secuencia de volcánicos que reposan sobre los grupos Palca y Tacaza, como una discordancia angular. En cuanto a su litología, tienen una secuencia de lavas fluidas dacíticas y andesíticas y lavas dacíticas y traquiandesíticas, de color rojo a púrpura, con un espesor promedio de 600 m. El grupo Sillapaca se compone de una cordillera de gran altura y extensión, ubicada en las colinas Azufrine, Lamparasi, Quimsachota, etc. Estos volcánicos casualmente se hallan mineralizados con Ag, Cu y Pb, al igual que con Au y otros minerales metálicos, en ciertos puntos.

*Volcanosclásticos la Rescatada:* Es una secuencia fina (10 m) compuesta de clásticos delgados bandeados con pirita, orientadas conforme el bandeamiento de la roca.

*Andesita La Rescatada:* Presenta flujos en bandas, tiene una textura vesicular con plagioclasas orientadas, de color marrón rojiza. En el yacimiento Jessica tiene un espesor promedio de 40 m.

*Volcanoclástico Lamparasi:* Se observan intercalaciones de clásticos y tufos, presenta alteraciones en el yacimiento Jessica y tiene un espesor máximo de 100 m.

*Andesita Lamparasi:* Se localiza en el centro del yacimiento Jessica, constituye una secuencia andesítica, de gran grosor, con textura vesicular sin flujos en bandas. Se aprecian fenos de plagioclasas, hacia el tope los granos se van engrosando. Está ubicado a 4,900 msnm y tiene un espesor de 300 m.



Mapa 5, 5: Mapa geológico local

Fuente: Elaboración propia

## LITOLOGÍA

Se observan afloramientos de lavas andesíticas y tobas de grano fino. En los sondajes diamantinos, se identifica un fracturamiento, que es causado posiblemente por un intrusivo hipabisal félsico (subvolcánico) que corta a las lavas de composición andesítica, que se dio previo al proceso de mineralización. El fracturamiento ayudó para que ascendieran los fluidos hidrotermales, brechas y recirculación de aguas meteóricas. A lo último, se tiene la formación de brechas hidrotermales y brechas crackel, que por causa de la desglaciación del cuaternario dan lugar a morrenas glaciares (UM Aruntani, 2017).



## **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

El cuerpo mineralizado presenta fallas con rumbo E-O, principalmente, que determinan su elongación. Las estructuras dominantes (trasandino) tienen como azimut N70°, estas cortan a estructuras (con orientaciones iguales al rumbo andino) con azimut N330°. En el yacimiento Jessica, el lineamiento estructural con azimut N80° presenta coincidencia con la elongación de un cuerpo rico en mineral, en este lineamiento estructural posiblemente ascendió un intrusivo subvolcánico félsico que separa las intercalaciones de tobas y lavas de composición andesíticas, y provoca un fuerte fracturamiento, desorden estructural y espacios abiertos que permiten el ascenso de fluidos magmáticos, que dan lugar a explosiones freáticas, alteraciones hidrotermales y ascensos subverticales de brechas freáticas hidrotermales con elevados valores de Au (UM Aruntani, 2017).

## **ALTERACIONES**

Presenta un ambiente de alta sulfuración, se observan halos de con respecto al foco, que se encuentran en función de la temperatura y pH.

De acuerdo con un estudio realizado por AngloGold Exploration Perú S.A.C. - Petrographic Study on Thela Rescatada Property (2000) en el yacimiento Jessica se observan alteraciones, principalmente, de: vuggy silica (SV), sílice masiva (SM), sílice granular (SG), sílice alunita (SA), sílice arcillas (SC) y argílica (C) y por último propilítica (P).

*Vuggy silica (SV)*: Se asocia a la sílice masiva, su textura es porosa, contiene trazas de hematita, goethita y sulfatos, entre los que se identifican jarosita, en las oquedades y fracturas.

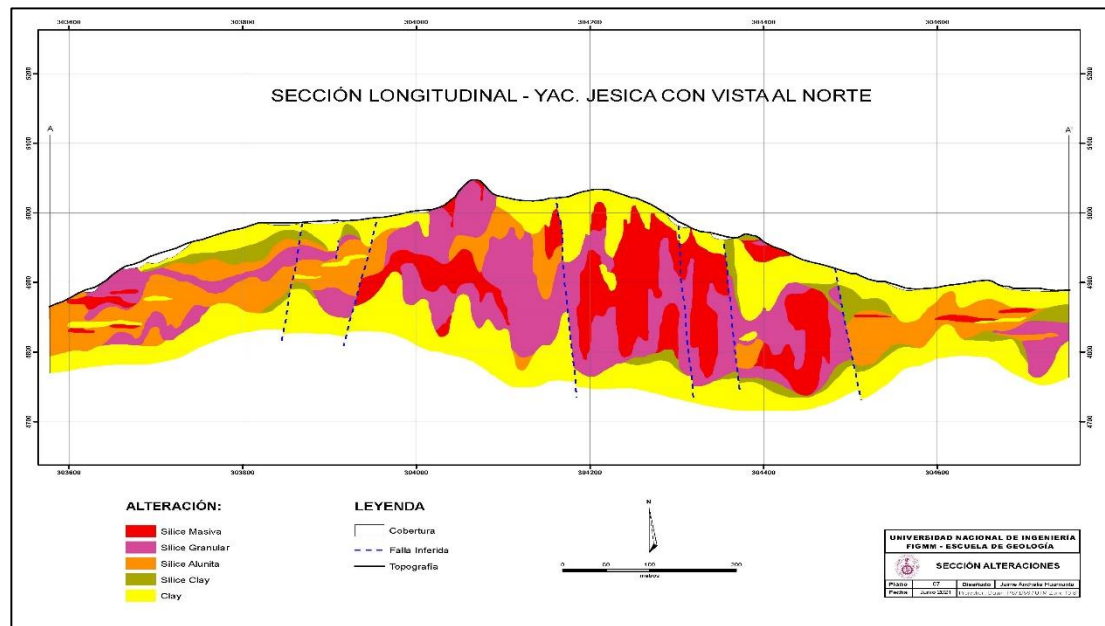


Figura 5, 6: Sección de alteraciones con vista al Norte

Fuente: Elaboración propia

*Sílice masiva (SM)*: Tiene una textura alterada, está asociada a brechas hidrotermales, no es preservada la textura original de la roca. Contiene hematita y goethita, principalmente en fracturas. Principalmente se encuentra aflorando en la parte central del tajo alrededor de la alteración sílice granular.

*Sílice granular (SG)*: Se presenta una coloración blanquecina a beige con una textura sacaroidea, puede gradar a compacta, y a sílice granular deleznable, está alteración está asociada a vuggy sílica, arcillas u otros minerales diseminados como el azufre y óxidos. Principalmente se encuentra aflorando en la parte central del tajo.

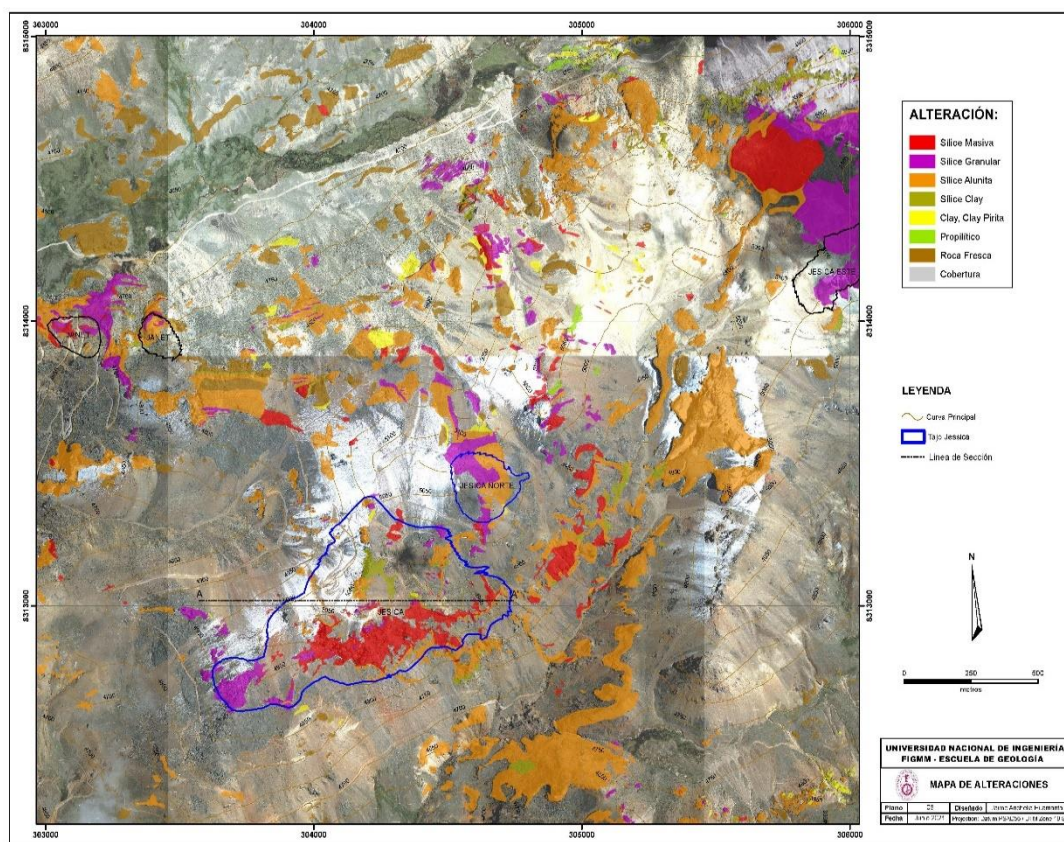
*Sílice alunita (SA)*: Se asocia con la vuggy sílica y contiene sílice y alunita, en sus ensambles mineralógicos, el macizo rocoso mantiene la textura original. Se localizan en la parte central y en las paredes del lado noreste del tajo. La alunita se presenta con una textura de reemplazamiento donde las plagioclasas son reemplazadas por esta, y en ocasiones con ocurrencia en fracturas.

*Sílice arcilla (SC):* Es común el intercrecimiento de sílice arcilla en la matriz de la roca con argilización de los fenos, alterando completamente a diversos tipos de arcillas como la dickita y pirofilita las principales, contiene arcillas y sílice, en sus ensambles mineralógicos, la textura original de la roca caja se mantiene, siendo esta de reemplazamiento de cristales de feldespatos. Se asocia a estructuras aflorantes de tamaño pequeño en el área de estudio, en las fracturas de la parte SW se observa hematita. Principalmente de encuentra limitado al sur del tajo y en las paredes del lado oeste del mismo.

*Argílica (C):* Se aprecia claramente el protolito con texturas de flujo, se observa una matriz de roca agilizada. Los tipos de arcillas predominantes son la illita, la esmectita y la caolinita. Esta alteración se encuentra lejos del núcleo mineralizante. Principalmente se encuentra en casi toda la extensión del tajo, especialmente cercano a superficie.

*Propilítica (P):* La alteración propilítica prácticamente no se encuentra en la zona de estudio. Se evidencia restos del yacimiento en dimensiones pequeñas, en sus ensambles mineralógicos contienen: abundante clorita y escasa epidota.

Las alteraciones predominantes en el yacimiento Jessica corresponden a: sílice masiva craquelada, sílice granular y vuggy silica. En las zonas este y oeste, es notoria la presencia de sílice alunita, mientras hacia los bordes del cuerpo mineralizado, incrementa el contenido de sílice alunita arcillas a argílico.



Mapa 5, 6: Mapa de alteraciones

Fuente: Elaboración propia

## MINERALIZACIÓN

Gutiérrez (2016) en el “informe geológico para el Plan de Minado Jessica para el EIA 2009” indica que el yacimiento Jessica es de tipo ácido sulfato, que contiene considerables cantidades de Au (oro). En la correlación Au-Jarosita se aprecia que la alteración sílice granular contiene jarosita, y la correlación Au-baritina la alteración sílice granular presenta cristales tabulares de baritina transparente. Se encuentra pirita fina en ocurrencia diseminada en venillas con sílice gris hacía el tope del yacimiento. La brecha hidrotermal presenta los valores más altos de Oro, se encuentra asociado a goethita, jarosita y hematita en cavidades y matriz, otro determinante de altas leyes de oro son los cuerpos de sílice con cristales de baritina, aunque no es común encontrarlos.

## Evolución geológica del Yacimiento Jessica

El diagrama que se presenta a continuación; muestra la evolución del yacimiento Jessica.

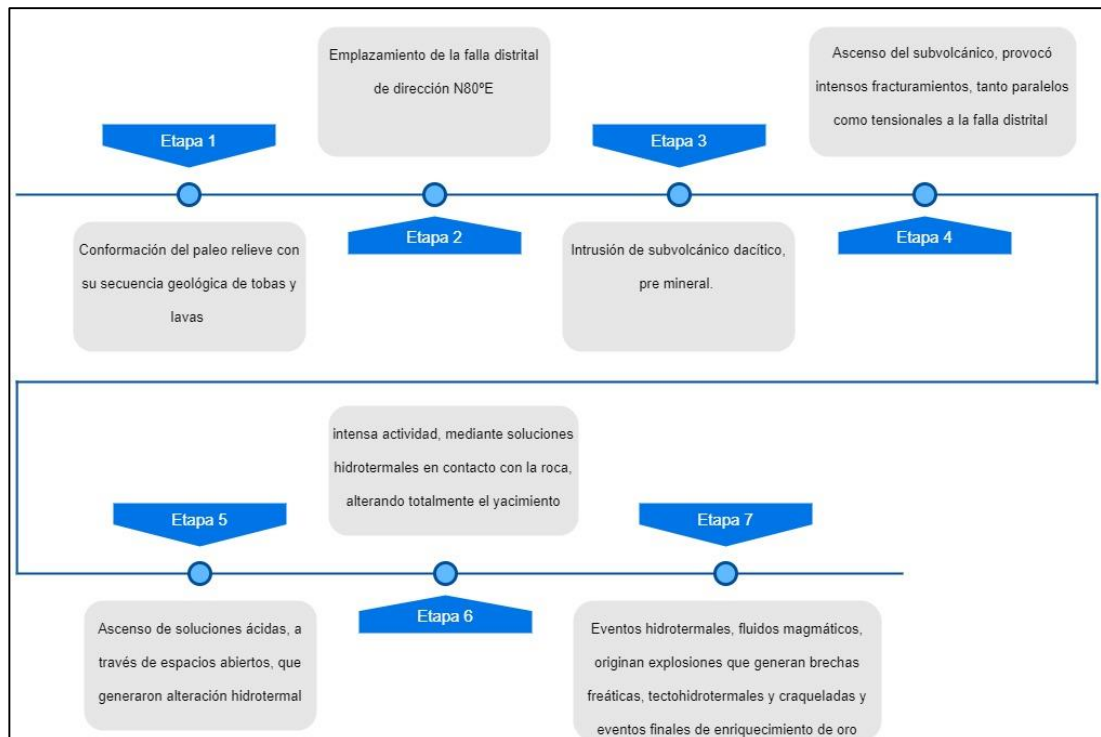


Figura 5, 7: Evolución del Yacimiento Jessica

Fuente: Elaboración propia

## Tipos de brechas

Las fracturas o las explosiones hidrotermales causadas por la rápida transformación de agua sobrecalentada a vapor dan origen a las brechas. Entre los principales tipos de brechas, se tienen:

- **Brecha Tectohidrotermal:** Conocida también como Crackel, se origina por el fracturamiento durante el movimiento de fallas. Se observan cuerpos de brechas de fallas, con ligeras inclinaciones, en los taludes de los bancos, presentan alto grado de ley sobre todo en sectores tensionales de fallas.

- Brecha Freática: Las brechas en el yacimiento se manifiestan presentando sucesivas etapas de alteración, mineralización y brechización, la alteración hidrotermal dominante es la silicificación en la variedad de masiva a residual.
- Las brechas constituyen las porciones de mejor ley en el depósito. El oro en la mayoría de los casos está en la matriz de la brecha complementado con jarositas, y goethitas botroidales.

Las brechas predominantes en la zona de Jessica están caracterizadas por presentarse con una disposición subvertical, bandas de sílice gris lixiviada, vuggy. Tienen una matriz rellena con polvo de roca derivada localmente del mismo material rocoso que fueron progresivamente molidas en su deformación, relleno de micro brechas con oxidación jarosita, goethita de hábito botroidal generalmente, formando patinas como turgita. También presencia de cristales tabulares de baritina, teniendo con estos minerales una relación directa con los valores altos de oro.

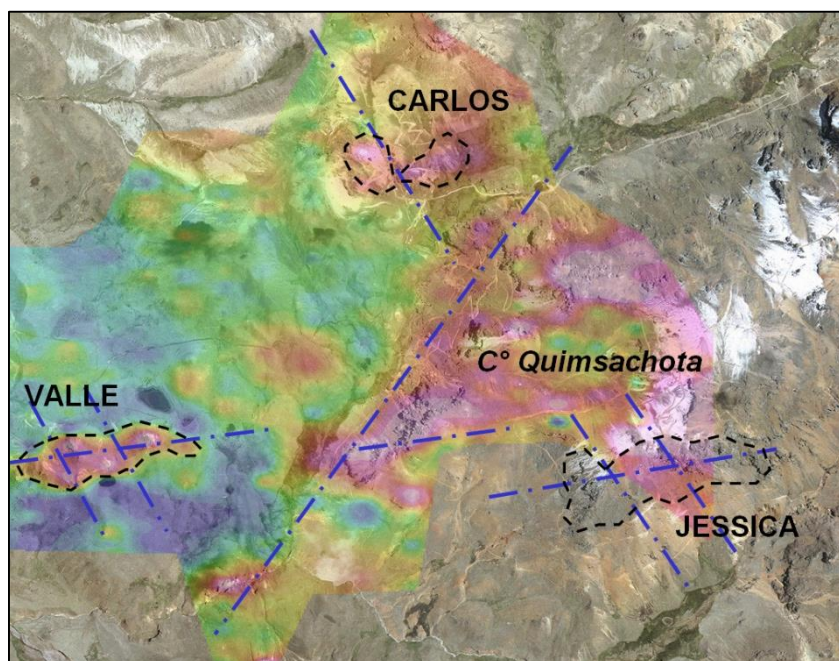
Los fragmentos tienen variadas intensidades de alteración hidrotermal generalmente son monomícticas de composición andesítica. Normalmente no existen evidencias que sugieran movimientos significativos de los fragmentos dentro de la brecha, ocurriendo inicialmente un craquelamiento, ya que los fragmentos parecen haber sido separados y podrían volverse a su posición original.

Existen también brechas de composición polímictrica por lo que se observa fragmentos de tobas.



### 5.1.4 GEOLOGÍA ECONÓMICA

La geología económica principalmente se centra en los depósitos minerales: Valle, Carlos y Jessica, como se observa en el Mapa 5, 7.



Mapa 5, 7: Distribución de los depósitos

Fuente: Vásquez, y otros. Geología de los depósitos epitermales de alta sulfuración en el proyecto Arasi - Puno, 2017.

El depósito Valle, como se observa en la Figura 5, 5; contiene clásticos Lamparasi, que son rocas volcanoclásticas afectadas por el lineamiento distrital ENE, que permite la migración y ascenso de soluciones mineralizantes, y el fracturamiento andino N30°O. El oro, está coligado a la sílice granular compacta, oxidada y con un fracturamiento intenso contiene trazas de jarosita, se registran leyes que superan 1 gramo por cada tonelada de oro.

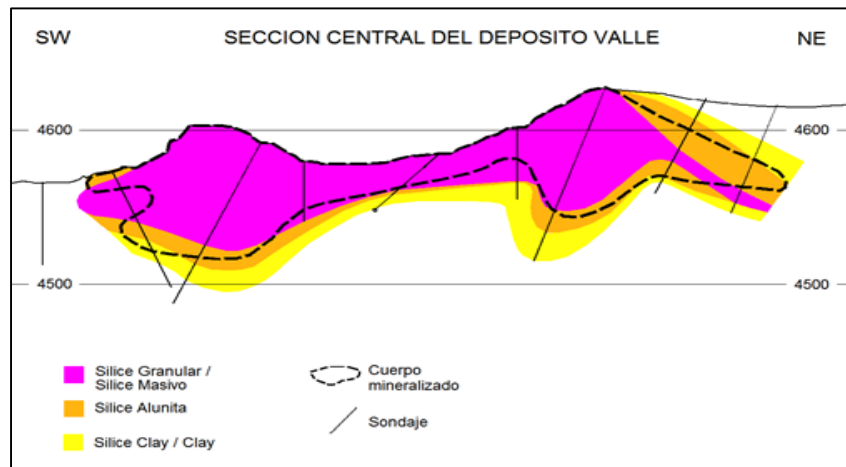


Figura 5, 8: Depósito mineral Valle

Fuente: Vásquez, y otros. Geología de los depósitos epitermales de alta sulfuración en el proyecto Arasi - Puno, 2017.

El Depósito Carlos, tiene un control estructural N30°O, a través del cual pasaron los fluidos hidrotermales de sur a norte, lo que generó alteraciones en los horizontes del Clástico Lamparasi y La Rescatada. La mineralización aurífera está relacionada con la sílice masiva proveniente de los volcanoclastos y la sílice granular, presenta una oxidación de grado moderado e intenso crackelamiento.

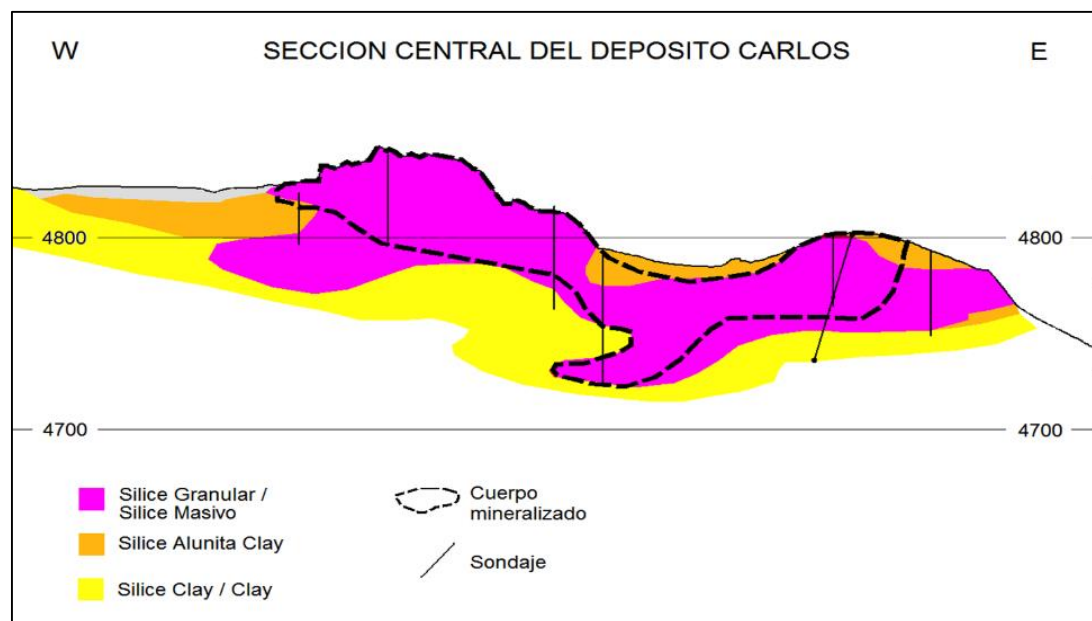


Figura 5, 9: Depósito mineral Carlos

Fuente: Vásquez, y otros. Geología de los depósitos epitermales de alta sulfuración en el proyecto Arasi - Puno, 2017.



El depósito Jessica se compone por lavas andesíticas, presenta Andesitas Lamparasi provenientes de alteración hidrotermal. La mineralización aurífera se asociada a sílice masiva y sílice granular con halos de brecha crackel. Por el lineamiento preexistente E-N-E que se prolonga hasta Valle, pudo ascender un cuerpo subvolcánico félsico intuyendo a la lava andesítica Lamparasi, lo que dio lugar a un fracturamiento de gran intensidad generando espacios abiertos que permitieron el ascenso de fluidos magmáticos que provocaron explosiones freáticas, alteración hidrotermal y posterior deposición de Au.

La mineralización aurífera en el depósito de Jessica está entre los 4,750 y 5,050 m.s.n.m., localizándose el área de sulfuros por debajo de los 4,800 m.s.n.m. La py (pirita), mc (marcasita) y en cantidades mínimas la apy (arsenopirita) siempre están asociados al Au. En cambio, la enargita no se relaciona de manera directa con la mineralización aurífera, ya que la encontramos prácticamente profunda.

La reactivación posterior de la falla Azufrine originó una zona de debilidad estructural, colapsando el material involucrado con el evento tectónico. La geomorfología actual del distrito, indica eventos últimos de arranque glaciario en la zona, evidenciado por la presencia de estrías en los bordes de los farallones de las rocas expuestas, además de superficies pulidas planares en la zona de Carlos Bajo en dirección este a oeste originando el aislamiento físico del depósito de Carlos. Probablemente el Proyecto Carlos estuvo inicialmente conectado al Cerro Quimsachota. El depósito Jessica presenta una ley de oro de 0,57 g/t (Tabla 5,3).

Tabla 5, 3: Cuadro resumen de las reservas en los yacimientos de la unidad minera Arasi

<b>Tajo</b>	<b>Mineral</b>	<b>Desmante (t)</b>	<b>Ley Au (g/t)</b>	<b>Onzas</b>	<b>Stripping</b>
<b>Valle</b>	19,526,904	17,085,744	0.70	439,463	0.87
<b>Carlos</b>	3,625,191	6,314,882	0.73	85,083	1.74
<b>Jessica</b>	41,200,000	33,900,000	0.57	755,028	0.82
<b>Total</b>	<b>64,352,095</b>	<b>57,300,626</b>	<b>0.62</b>	<b>1,279,574</b>	<b>0.89</b>

Fuente: Modificación del EIA de Arasi por ampliación de nuevas áreas – Capítulo V

## 5.2 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Inicialmente se realizó una revisión bibliográfica asociada al proceso de toma de muestras y análisis de laboratorio en la industria minera. La recolección de datos se hizo a partir del análisis documentación disponible, entre estos polígonos de control, envío de muestras, logueo de blastholes, análisis de laboratorio y reporte de leyes. Cabe decir que uno de los problemas más relevantes que presentó el yacimiento Jessica es la falta de un protocolo de muestreo, el proceso se desarrollaba de manera empírica y generaba altos índices de error.

No obstante, es necesario que el proceso de Ore Control se defina como el control de calidad del minado, mediante técnicas geológicas usadas en la gran minería. Se entiende como el trabajo que realiza un supervisor de geología, que debe controlar eficientemente los materiales que son cargados y acarreados del pit al pad y botaderos. El profesional a cargo debe asegurarse del destino adecuado del mineral, impedir la pérdida de mineral y maximizar la ganancia, optimizar el proceso de minado y controlar las implicaciones del medio ambiente.

Por lo que, es necesario contar con información confiable de muestreo, muestreo de blastholes, leyes, etc., que constituyen herramientas necesarias para la toma correcta de decisiones.

### 5.2.1 LOGUEO DE BLASTHOLES

En las mallas de perforación, se realiza el logueo principalmente de las alteraciones y la dureza de los detritos o fragmentos producto de las perforadoras de producción. Es necesario proceder al logueo en el menor tiempo posible después de la perforación del blasthole, con el fin de reducir la contaminación regular al que se somete el cono por existencia de polvo, lluvias, derrame de hidrocarburos, lastrado, cargado de voladura, entre otros.

El procedimiento inicia con el descubrimiento del cono de perforación, descartando la cobertura que posiblemente esté contaminada, manos y pies se usan como herramientas para agilizar el proceso.



Fotografía 5, 1: Descubrimiento del cono de perforación

Fuente: Toma propia

En los detritos se determinaron las características indicadas a continuación:

**Alteración:** Se debe de tomar en cuenta a los detritos con alteración predominante.

Por ejemplo, en el banco 4936 las alteraciones presentes corresponden a sílice granular (SG) y sílice alunita (SA). Es necesario efectuar la limitación de las alteraciones en cada uno de los polígonos perforados con el fin de delimitar las zonas de contacto de mineral con desmonte y halos de alteraciones, así como el material óxido de sulfuros u otros contactos existentes, evitando la dilución del mineral.

Este procedimiento permite controlar la dilución en zonas mineralizadas, tal como se muestra en la siguiente figura:

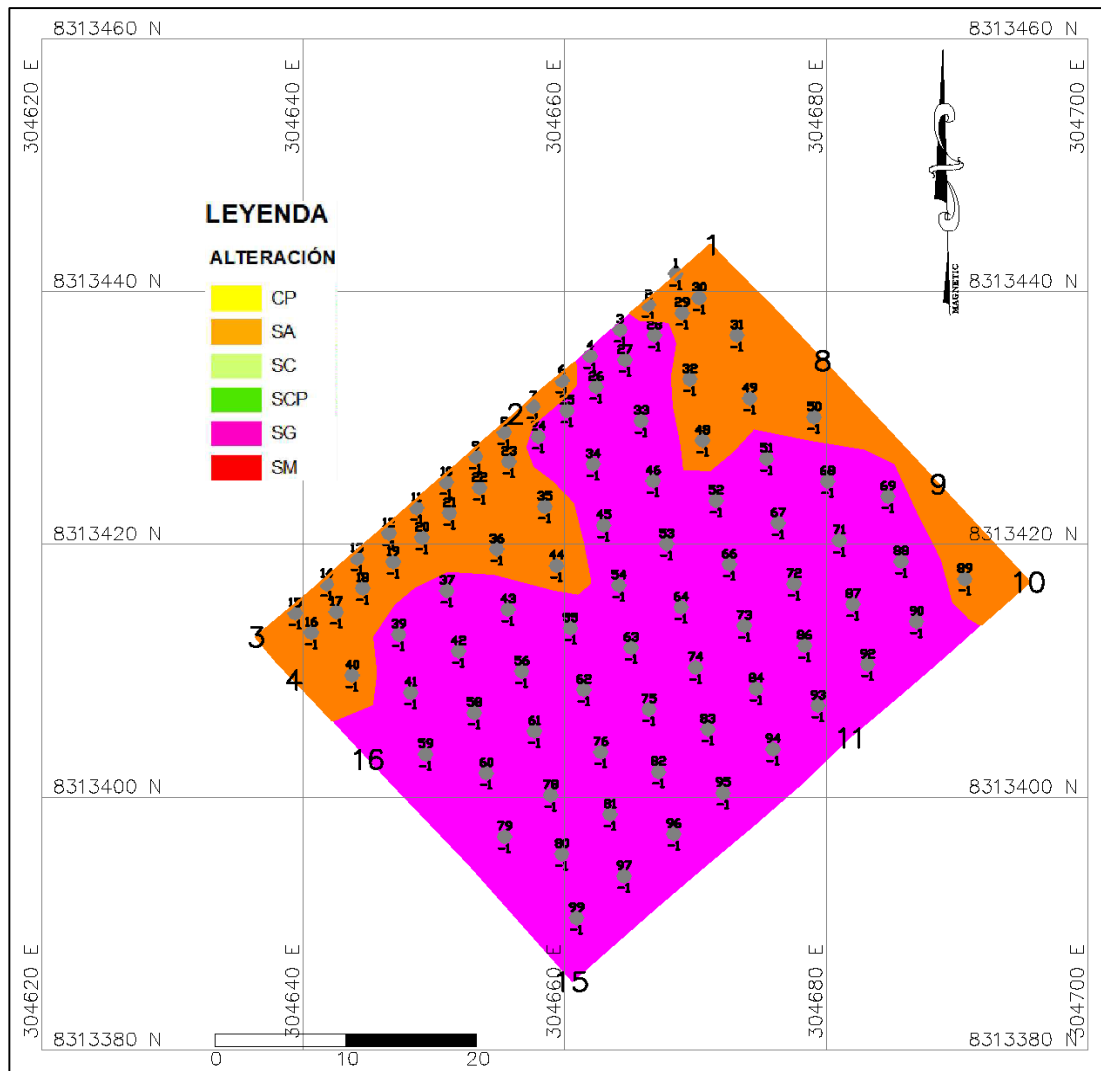


Figura 5, 10: Alteraciones banco 4936

Fuente: Elaboración propia

Toda la configuración geológica que determina la delimitación de alteraciones en campo, como las zonaciones de las alteraciones, la variedad de silicificación y la presencia de brechas hidrotermales definen la formación del yacimiento y completan el proceso de enriquecimiento de valores de oro. La determinación de la alteración predominante en Jessica se define en base a la siguiente simbología:

Clasificación	Descripción Alteración	Simbología
SM	Sílice masiva	
SG/Silx/SV	Sílice granular/lixiviada, Vuggy silica	
SA	Sílice alunita	
SC	Sílice arcilla	
C	Argílica	
P/F	Propilítica / Fresca	

Figura 5, 11: Simbología de alteración

Fuente: Elaboración propia

El yacimiento Jessica, con alteraciones predominantes de tipo granular y argílica, pertenece a un depósito epitermal de alta sulfatación que se caracteriza por ser oxidado y ácido. Los fluidos hidrotermales de alta sulfatación del yacimiento Jessica provienen de fuentes magmáticas, estos fluidos ascienden a través de las rocas encajantes, aprovechando las posibles fracturas y cuando entran en contacto con las aguas superficiales y subterráneas sitúan al Au cerca de la superficie. Los fluidos que circulan a través de los volcánicos pueden lixiviar los minerales en solución.

**Dureza:** Con el fin de apoyar a quienes trabajan en la mina, voladura o planeamiento, se deben clasificar los detritos o fragmentos según su dureza. Para esto, se requiere determinar la plasticidad del material, la determinación al tacto y la forma de los fragmentos.

El banco 4936, presenta una dureza de tipo duro y medio (Figura 5, 12), lo que implica que los fragmentos varían entre semi-anguloso a sub-redondeado. Presenta una alteración original de sílice granular o vuggy silica, es un material no plástico y semiáspero al tacto. Su mineral característico es la sílice, en campo se presenta en forma de arena sílicea semisuave.

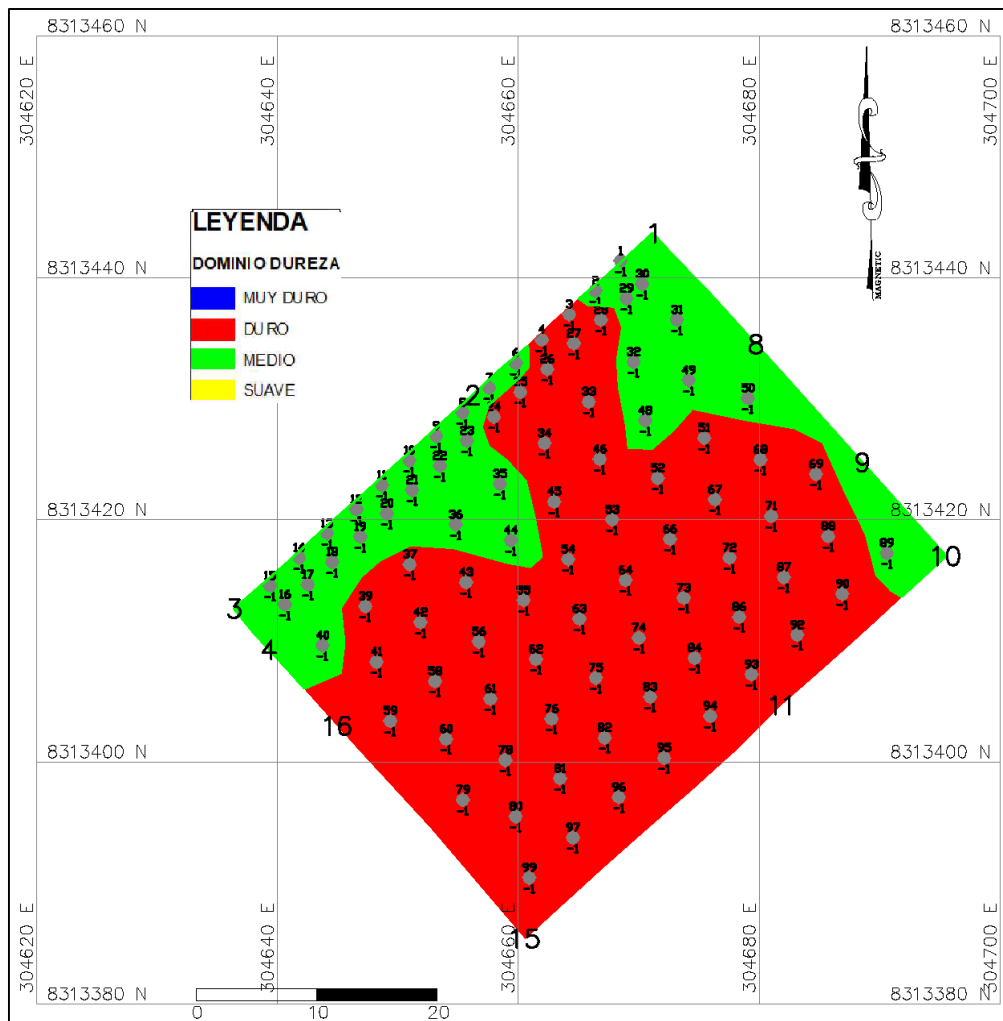


Figura 5, 12: Dureza banco 4936

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2 MUESTREO

Constituye quizá uno de los trabajos más importantes dentro de la actividad minera y requiere sumo cuidado. De la realización exitosa del muestreo depende de un control óptimo del material. Gran parte de las decisiones de las compañías mineras se basan en los valores obtenidos del material muestreado en el proyecto minero, estas decisiones significan millones de dólares.

El proceso de muestreo inicia con la perforación tricónica. Las perforadoras de aire de reverso DMs, perforan la roca haciendo hoyos de perforación para obtener montículos de detritos o fragmentos (en forma de conos) producto de la perforación, se acumulan en la parte externa de los blastholes.



Fotografía 5, 2: Perforación tricónica

Fuente: Toma propia

A continuación, el área de topografía de mina marca el número de taladro y la profundidad de este. Se debe identificar la parte más elevada del montículo de detritos de forma representativa. Cuando el cono es muy irregular y de baja altura, Para no contaminar la muestra, se debe realizar un surco en forma de canal y así poder tomar todo lo que se pueda del material.

Para recuperar el material de forma más representativa de todo el canal, el montículo de fragmentos debe presentar paredes con inclinaciones de 40 a 50°.



Fotografía 5, 3: Identificación del número y profundidad del taladro

Fuente: Toma propia

Al realizar el corte o surco al cono de perforación se debe tomar el material con el cucharón en ambos lados del canal, incluyendo toda la altura del canal desde la parte inferior hasta la parte superior. Se cuartea la muestra y se procede a muestrear de 2 a 4 kilogramos de muestra. Es recomendable que el muestreo se realice de preferencia antes que llegue el área de voladura y carguen los blastholes, debido a que se emplean materiales de lastre para sellar la carga. Si encontramos el taladro cargado y sellado se debe coordinar con el supervisor de geología para tratar de recuperar el material lo más representativo posible.





Fotografía 5, 4: Toma de muestra

Fuente: Toma propia

Se procede a codificar la muestra, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se debe engrampar bien las bolsas de polietileno para que no pueda salir el material muestreado y evitar contaminar la muestra.
- Se tiene que codificar de forma clara, debe contener: *Número de banco, número del proyecto, número de blasthole.*
- Los plumones tienen que ser nuevos o estar en buenas condiciones y las letras deben ser bastante legibles para que no ocurran confusiones en la codificación de las bolsas de muestreo y las etiquetas, que van engrampadas y dentro de las bolsas.
- Engrampar bien las etiquetas, para que no se pierdan y evitar deterioros dentro de las bolsas de muestreo y más si están húmedas.
- Las muestras de control también son codificadas de manera consecutiva a las muestras ordinarias.



Fotografía 5, 5: Codificación de muestras

Fuente: Toma propia

Cuando se requiera muestras argílicas, debe considerarse un procedimiento especial que se detalla a continuación:

- Cuando se identifica una alteración argílica (arcillas, con piritita), se debe realizar el muestreo con una pala más contorneando los blastholes con presencia de óxidos.
- Esto último asunto colabora con la conciliación y observando probables tendencias.
- En los blastholes correctamente identificados dentro del área de alteración argílica no se realiza el muestreo, pues si en este material tuviera algo de leyes, no es conveniente enviar al pad de lixiviación por problemas de recuperación.

- Es de suma importancia que el geólogo identifique a esta alteración durante el logueo, ya que él tiene la responsabilidad confirmar el material en campo, y también las muestras enviadas a laboratorio.
- El personal técnico de muestreo hará la consulta necesaria al supervisor de geología, para poder descartar el material arcilloso el cual fue identificado durante el logueo y no enviar algunas muestras al laboratorio.

Su envío, no beneficia a la producción, más bien aumentan los costos y se perdería tiempo de trabajo, tanto a las áreas de geología como al laboratorio químico.

### **5.2.3 ANÁLISIS DE LABORATORIO**

En cada guardia se recolectan entre 50 a 80 muestras que son llevadas al laboratorio, donde se procesan aproximadamente 500 muestras por día. El análisis tarda, en promedio, 5 horas después de entregada la muestras.

Previo a cualquier prueba o ensayo que se realice en cualquier muestra, es necesario prepararla, de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Pesado: una vez recibidas las muestras en el laboratorio se pesan.
- Secado: el esquema normal para la realización de análisis químicos estima que las muestras para ser analizadas están conformadas por material seco, por lo que se requiere eliminar la humedad de las muestras para lo que se toman 400g que se seca a 150 °C.

- Chancado y pulverizado: se obtiene una parte de la muestra inicial, de 150 a 200g, que conforme una masa homogénea con fragmentos de menor tamaño. Luego, las muestras pasan por un proceso de chancado, donde se usan chancadoras de quijada. Posterior al secado, la muestra se pulveriza y se envían 200g, aproximadamente, a laboratorios que no tengan relación con la mina para tener un análisis de comprobación que será usado en controles de calidad.

El envío de muestras se soporta con un registro donde consta el número, la respectiva codificación, el número de banco, proyecto, la fecha de muestreo y el turno (Tabla 5, 4).

Tabla 5, 4: Envío de muestras

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## FIGMM - ESCUELA DE GEOLOGIA

## GUIA DE ENVIO DE MUESTRAS



<b>BANCO:</b>	4936	<b>FECHA:</b>	
<b>PROYECTO:</b>	1	<b>TURNO:</b>	

N°	CODIGO	CHECK	N°	CODIGO	CHECK	N°	CODIGO	CHECK
1	4936-1-1	X	42	4936-1-42	X	83	4936-1-83	X
2	4936-1-2	X	43	4936-1-43	X	84	4936-1-84	X
3	4936-1-3	X	44	4936-1-44	X	85	4936-1-85	X
4	4936-1-4	X	45	4936-1-45	X	86	4936-1-86	X
5	4936-1-5	X	46	4936-1-46	X	87	4936-1-87	X
6	4936-1-6	X	47	4936-1-47	X	88	4936-1-88	X
7	4936-1-7	X	48	4936-1-48	X	89	4936-1-89	X
8	4936-1-8	X	49	4936-1-49	X	90	4936-1-90	X
9	4936-1-9	X	50	4936-1-50	X	91	4936-1-91	X
10	4936-1-10	X	51	4936-1-51	X	92	4936-1-92	X
11	4936-1-11	X	52	4936-1-52	X	93	4936-1-93	X
12	4936-1-12	X	53	4936-1-53	X	94	4936-1-94	X
13	4936-1-13	X	54	4936-1-54	X	95	4936-1-95	X
14	4936-1-14	X	55	4936-1-55	X	96	4936-1-96	X
15	4936-1-15	X	56	4936-1-56	X	97	4936-1-97	X
16	4936-1-16	X	57	4936-1-57	X	98	4936-1-98	X
17	4936-1-17	X	58	4936-1-58	X	99	4936-1-99	X
18	4936-1-18	X	59	4936-1-59	X	100		
19	4936-1-19	X	60	4936-1-60	X	101		
20	4936-1-20	X	61	4936-1-61	X	102		
21	4936-1-21	X	62	4936-1-62	X	103		
22	4936-1-22	X	63	4936-1-63	X	104		
23	4936-1-23	X	64	4936-1-64	X	105		
24	4936-1-24	X	65	4936-1-65	X	106		
25	4936-1-25	X	66	4936-1-66	X	107		
26	4936-1-26	X	67	4936-1-67	X	108		
27	4936-1-27	X	68	4936-1-68	X	109		
28	4936-1-28	X	69	4936-1-69	X	110		
29	4936-1-29	X	70	4936-1-70	X	111		
30	4936-1-30	X	71	4936-1-71	X	112		
31	4936-1-31	X	72	4936-1-72	X	113		
32	4936-1-32	X	73	4936-1-73	X	114		
33	4936-1-33	X	74	4936-1-74	X	115		
34	4936-1-34	X	75	4936-1-75	X	116		
35	4936-1-35	X	76	4936-1-76	X	117		
36	4936-1-36	X	77	4936-1-77	X	118		
37	4936-1-37	X	78	4936-1-78	X	119		
38	4936-1-38	X	79	4936-1-79	X	120		
39	4936-1-39	X	80	4936-1-80	X	121		
40	4936-1-40	X	81	4936-1-81	X	122		
41	4936-1-41	X	82	4936-1-82	X	123		

Fuente: Elaboración propia

#### **5.2.4 ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD**

El aseguramiento de calidad es un grupo de actividades que se establecen de forma sistemática previo a determinada actividad con el fin de garantizar un grado aceptable de calidad. Su principal objetivo es actuar desde el comienzo del proyecto sobre los puntos de fallas importantes, teniendo en cuenta su influencia, y reducir o eliminar las consecuencias de estas. El aseguramiento de calidad se basa en la prevención y actúa a través del diseño e implementación de protocolos de trabajo.

Por otro lado, el control de calidad está compuesta por un conjunto de técnicas y actividades de índole operativo con el objetivo de dar un seguimiento a los posibles errores para que sean cuantificados y evaluados, así como también los efectos que estos tienen y tomar acciones correctoras a tiempo. El control de calidad se basa en la detección y se desarrolla a través de la adición de muestras de control en el conjunto de muestras o la realización de operaciones de control, como el Protocolo de Control de Calidad.

Es importante tomar las precauciones necesarias para identificar el origen de los principales errores, para esto el área de geología realiza un rastreo permanente y sistemática a la versatilidad de las leyes de producción con el fin de corregir y minimizar el error a tiempo.

Los duplicados de los taladros de producción se realizan en el laboratorio químico. Las lecturas se realizan de manera periódica, y por cada cinco muestras analizadas se debe realizar una nueva lectura de un duplicado fino o de pulpa, estas pulpas se obtienen a partir de las muestras pulverizadas, y tienen un número de muestra diferente que permite su identificación.

A pesar de que no sea la forma más apropiada para controlar la calidad, estos se utilizan para valorar la precisión analítica de un duplicado.

Distintos consultores internacionales, recomiendan usar un promedio de 20% de muestras de control, entre blancos, duplicados y estándares. En el presente estudio, se inició la incorporación de QA/QC en el área de geología del Proyecto 01 del banco 4936. Se enviaron un total de 99 muestras al laboratorio químico de la Minería Arasi SAC, donde se insertaron 10 muestras de control, que representan una tasa de inserción del 10,1%.

Tabla 5, 5: Ratio de inserción de muestras de control

<b>TIPO DE CONTROL</b>	<b>Nº DE MUESTRAS</b>	<b>IR (%)</b>
Duplicados de campo (DC)	4	4.04%
Duplicados de rechazo (BR)	4	4.04%
Blanco grueso (BL)	2	2.02%
<b>TOTAL CONTROLES</b>	<b>10</b>	<b>10.1%</b>
<b>TOTAL BLASTHOLES</b>	<b>89</b>	

Fuente: Elaboración propia

Las muestras de control insertadas corresponden a duplicados de campo (4), duplicados de preparación (4), blancos gruesos (2). En el reporte de leyes de mina, como control interno, y el ratio de inserción de las muestras de control se evidencia como detalla la Tabla 5,6.

Tabla 5, 6: Reporte de leyes de mina

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FIGMM - ESCUELA DE GEOLOGIA**



**REPORTE DE LEYES**

BANCO: 4936

FECHA:

PROYECTO: 01

TURNO:

ITEM	CODIGO	Au (g/t)	Ag ppm	
1	JES 4936 PY01 T - 1	0.208		
2	JES 4936 PY01 T - 2	0.162		
3	JES 4936 PY01 T - 3	0.394		
4	JES 4936 PY01 T - 4	0.348		
5	JES 4936 PY01 T - 5	0.362		Duplicado Campo
6	JES 4936 PY01 T - 6	0.264		
7	JES 4936 PY01 T - 7	0.174		
8	JES 4936 PY01 T - 8	0.082		
9	JES 4936 PY01 T - 9	0.050		
10	JES 4936 PY01 T - 10	0.052		
11	JES 4936 PY01 T - 11	0.096		
12	JES 4936 PY01 T - 12	0.150		
13	JES 4936 PY01 T - 13	0.056		
14	JES 4936 PY01 T - 14	0.134		
15	JES 4936 PY01 T - 15	0.010		
16	JES 4936 PY01 T - 16	0.152		
17	JES 4936 PY01 T - 17	0.136		
18	JES 4936 PY01 T - 18	0.112		
19	JES 4936 PY01 T - 19	0.130		
20	JES 4936 PY01 T - 20	0.078		
21	JES 4936 PY01 T - 21	0.010		
22	JES 4936 PY01 T - 22	0.158		
23	JES 4936 PY01 T - 23	0.172		
24	JES 4936 PY01 T - 24	0.276		
25	JES 4936 PY01 T - 25	0.350		
26	JES 4936 PY01 T - 26	0.768		
27	JES 4936 PY01 T - 27	0.344		
28	JES 4936 PY01 T - 28	0.536		
29	JES 4936 PY01 T - 29	0.254		
30	JES 4936 PY01 T - 30	0.268		
31	JES 4936 PY01 T - 31	0.174		
32	JES 4936 PY01 T - 32	0.218		
33	JES 4936 PY01 T - 33	0.232		
34	JES 4936 PY01 T - 34	0.306		
35	JES 4936 PY01 T - 35	0.084		
36	JES 4936 PY01 T - 36	0.142		
37	JES 4936 PY01 T - 37	0.244		
38	JES 4936 PY01 T - 38	0.246		Duplicado Rechazo
39	JES 4936 PY01 T - 39	0.222		
40	JES 4936 PY01 T - 40	0.248		
41	JES 4936 PY01 T - 41	0.456		
42	JES 4936 PY01 T - 42	0.354		
43	JES 4936 PY01 T - 43	0.200		
44	JES 4936 PY01 T - 44	0.138		
45	JES 4936 PY01 T - 45	0.288		
46	JES 4936 PY01 T - 46	0.230		
47	JES 4936 PY01 T - 47	0.210		Duplicado Campo
48	JES 4936 PY01 T - 48	0.192		
49	JES 4936 PY01 T - 49	0.142		
50	JES 4936 PY01 T - 50	0.280		
51	JES 4936 PY01 T - 51	0.346		
52	JES 4936 PY01 T - 52	0.318		
53	JES 4936 PY01 T - 53	0.300		
54	JES 4936 PY01 T - 54	0.450		
55	JES 4936 PY01 T - 55	0.404		
56	JES 4936 PY01 T - 56	0.464		
57	JES 4936 PY01 T - 57	0.461		Duplicado Rechazo
58	JES 4936 PY01 T - 58	0.504		
59	JES 4936 PY01 T - 59	0.962		
60	JES 4936 PY01 T - 60	1.320		
61	JES 4936 PY01 T - 61	0.548		
62	JES 4936 PY01 T - 62	0.384		
63	JES 4936 PY01 T - 63	0.444		
64	JES 4936 PY01 T - 64	0.190		
65	JES 4936 PY01 T - 65	0.206		Duplicado Campo
66	JES 4936 PY01 T - 66	0.236		
67	JES 4936 PY01 T - 67	0.246		
68	JES 4936 PY01 T - 68	0.390		
69	JES 4936 PY01 T - 69	0.360		
70	JES 4936 PY01 T - 70	0.358		Duplicado Rechazo
71	JES 4936 PY01 T - 71	0.410		
72	JES 4936 PY01 T - 72	0.388		
73	JES 4936 PY01 T - 73	0.350		
74	JES 4936 PY01 T - 74	1.026		
75	JES 4936 PY01 T - 75	0.824		
76	JES 4936 PY01 T - 76	1.032		
77	JES 4936 PY01 T - 77	0.020		Blanco Grueso
78	JES 4936 PY01 T - 78	0.682		
79	JES 4936 PY01 T - 79	0.690		
80	JES 4936 PY01 T - 80	0.918		
81	JES 4936 PY01 T - 81	0.590		
82	JES 4936 PY01 T - 82	0.828		
83	JES 4936 PY01 T - 83	0.502		
84	JES 4936 PY01 T - 84	0.510		
85	JES 4936 PY01 T - 85	0.502		Duplicado Campo
86	JES 4936 PY01 T - 86	0.678		
87	JES 4936 PY01 T - 87	0.388		
88	JES 4936 PY01 T - 88	0.596		
89	JES 4936 PY01 T - 89	0.078		
90	JES 4936 PY01 T - 90	0.632		
91	JES 4936 PY01 T - 91	0.631		Duplicado Rechazo
92	JES 4936 PY01 T - 92	0.722		
93	JES 4936 PY01 T - 93	1.214		
94	JES 4936 PY01 T - 94	0.716		
95	JES 4936 PY01 T - 95	1.096		
96	JES 4936 PY01 T - 96	0.326		
97	JES 4936 PY01 T - 97	1.490		
98	JES 4936 PY01 T - 98	0.020		Blanco Grueso
99	JES 4936 PY01 T - 99	1.032		

Fuente: Elaboración propia



### 5.3 PROCESAMIENTO DE SOFTWARE

Vulcan es un software que se utiliza para modelar y visualizar en tercera dimensión, diseñar y realizar evaluaciones económicas en la industria de la minería. Posee muchas herramientas que organiza la data en un árbol jerárquico de complejidad descendiente y proporciona métodos para juntar la data en niveles cruzados y dentro de él. En el software se pueden realizar las siguientes funciones: estimación de recursos, modelamientos, trabaja con archivos importados de AutoCAD, uso de base de datos, elabora modelo de bloques y geometalurgia, entre otros. El uso adecuado de estas herramientas incrementa la eficiencia del análisis, lo que se traduce en aumento de productividad.

Para el ingreso de la data, tanto en “sample” como en “patrn”, se usa un archivo de formato Excel, que debe guardarse con la extensión “.csv”. El primero requiere las coordenadas UTM PSAD56, las leyes de Au reportado por laboratorio interno y los códigos alfanuméricos del logueo geológico. Para el archivo, para el segundo se necesita el código del proyecto de cada malla de perforación. Para poder calcular el modelo de bloques, es necesario contar con la información de estos archivos. La data de entrada y salida, así como el diagrama de procesamiento del software se resumen a continuación:

*Input:* la data de entrada la constituye el reporte del GOM con las variables del taladro que sean necesarias para la clasificación y zonificación de los polígonos (Au, Ag, Moxsu, etc.).

*Output:* Reporte de polígonos, tonelaje, tipo de mineral, densidad, recuperación.

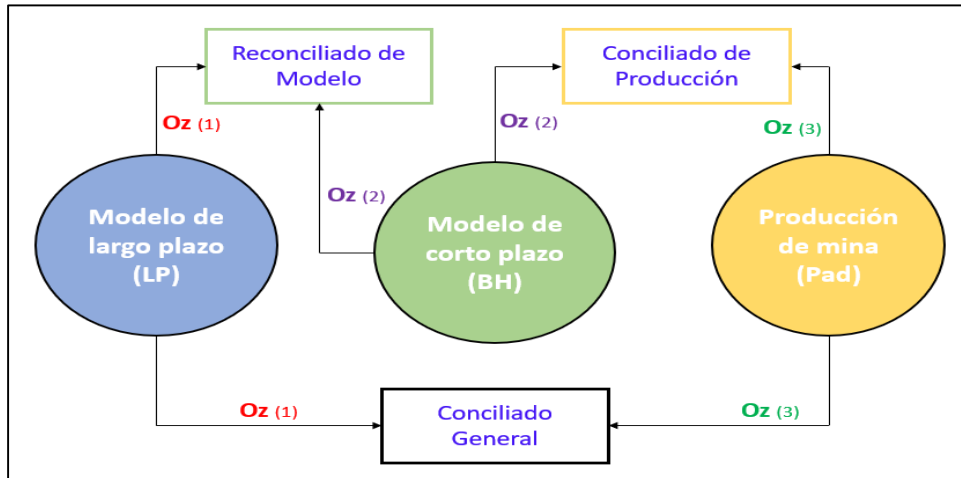


Figura 5, 13: Esquema de la evaluación y el procesamiento en Vulcan

Fuente: Fuente: Elaboración propia

Los datos en archivo “.csv” deben prepararse diariamente, se crean los archivos: name y sample, estos son guardados en la carpeta del proyecto creado para después ser importados.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
NAME	ID	DEPTH	TOPX	TOPY	TOPZ	MIDX	MIDY	MIDZ	AU	ALTERACION
4936-01	1	8.132	304668.492	8313441.4	4944.132	304668.492	8313441.4	4940.066	0.208	SA
4936-01	2	7.835	304666.394	8313438.93	4943.835	304666.394	8313438.93	4939.917	0.162	SA
4936-01	3	7.75	304664.23	8313436.97	4943.75	304664.23	8313436.97	4939.875	0.394	SG
4936-01	4	7.763	304661.939	8313434.88	4943.763	304661.939	8313434.88	4939.882	0.348	SG
4936-01	6	7.823	304659.793	8313432.94	4943.823	304659.793	8313432.94	4939.912	0.264	SA
4936-01	7	7.923	304657.574	8313430.9	4943.923	304657.574	8313430.9	4939.962	0.174	SA
4936-01	8	7.949	304655.365	8313428.85	4943.949	304655.365	8313428.85	4939.975	0.082	SA
4936-01	9	8.05	304653.186	8313426.92	4944.05	304653.186	8313426.92	4940.025	0.05	SA
4936-01	10	8.074	304650.939	8313424.9	4944.074	304650.939	8313424.9	4940.037	0.052	SA
4936-01	11	8.122	304648.679	8313422.86	4944.122	304648.679	8313422.86	4940.061	0.096	SA
4936-01	12	8.208	304646.552	8313420.86	4944.208	304646.552	8313420.86	4940.104	0.15	SA
4936-01	13	8.392	304644.124	8313418.88	4944.392	304644.124	8313418.88	4940.196	0.056	SA
4936-01	14	8.326	304641.8	8313416.85	4944.326	304641.8	8313416.85	4940.163	0.134	SA
4936-01	15	8.244	304639.386	8313414.54	4944.244	304639.386	8313414.54	4940.122	0.01	SA
4936-01	16	8.265	304640.632	8313413	4944.265	304640.632	8313413	4940.132	0.152	SA
4936-01	17	8.289	304642.537	8313414.64	4944.289	304642.537	8313414.64	4940.145	0.136	SA
4936-01	18	8.298	304644.554	8313416.51	4944.298	304644.554	8313416.51	4940.149	0.112	SA
4936-01	19	8.179	304646.889	8313418.59	4944.179	304646.889	8313418.59	4940.09	0.13	SA
4936-01	20	8.134	304649.094	8313420.52	4944.134	304649.094	8313420.52	4940.067	0.078	SA
4936-01	21	8.129	304651.197	8313422.45	4944.129	304651.197	8313422.45	4940.065	0.01	SA
4936-01	22	8.032	304653.493	8313424.45	4944.032	304653.493	8313424.45	4940.016	0.158	SA
4936-01	23	7.991	304655.734	8313426.53	4943.991	304655.734	8313426.53	4939.996	0.172	SA
4936-01	24	7.976	304657.972	8313428.51	4943.976	304657.972	8313428.51	4939.988	0.276	SG
4936-01	25	7.862	304660.171	8313430.57	4943.862	304660.171	8313430.57	4939.931	0.35	SG
4936-01	26	7.796	304662.403	8313432.44	4943.796	304662.403	8313432.44	4939.898	0.768	SG
4936-01	27	7.789	304664.612	8313434.58	4943.789	304664.612	8313434.58	4939.895	0.344	SG
4936-01	28	7.76	304666.855	8313436.52	4943.76	304666.855	8313436.52	4939.88	0.536	SG
4936-01	29	7.883	304668.983	8313438.29	4943.883	304668.983	8313438.29	4939.941	0.254	SA

Figura 5, 14: Archivo en formato .csv, con la información del blasthole

Fuente: Elaboración propia

Se importan los archivos en el comando file y se crea el archivo ISIS, que se une con el archivo de diseño y la base de datos.

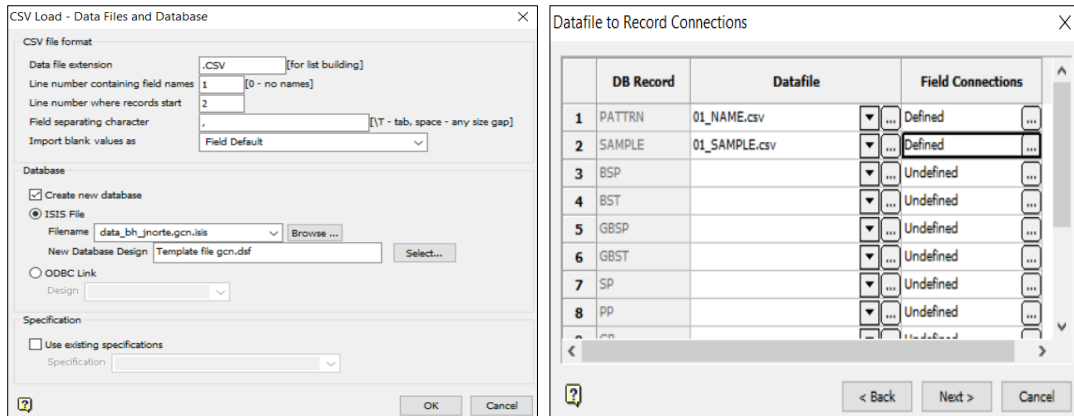


Figura 5, 15: Proceso de importar los archivos en formato .csv

Fuente: Elaboración propia

Para la creación del modelo de bloques, se usa la plantilla predefinida, posterior a la creación del archivo “.bdf” que constituye los parámetros que son estimados y generar leyes de Au (g/t) del modelo de bloques dinámico.

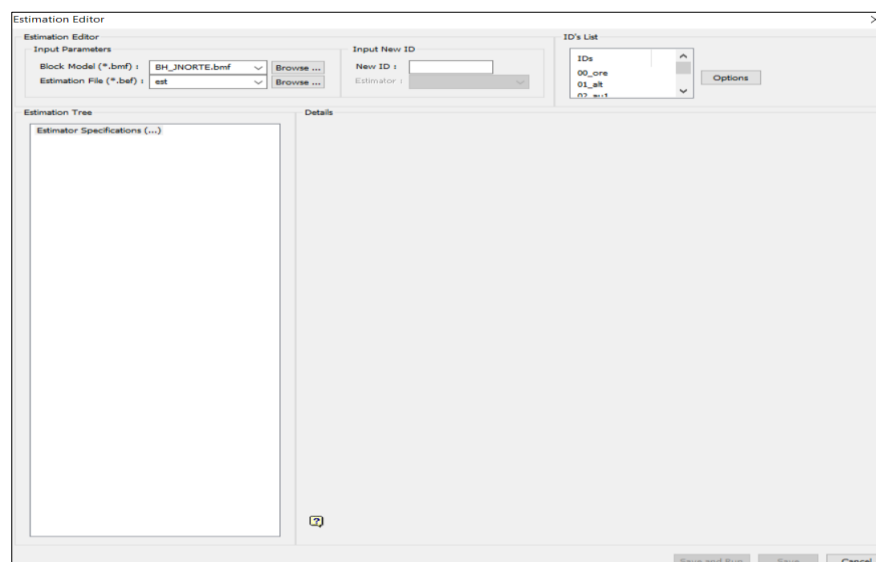


Figura 5, 16: Elaboración del modelo dinámico

Fuente: Elaboración propia

En el panel del “Blast Preferences” se debe de cambiar la configuración de la información, las alternativas de como visualizar, y en el menú advanced se añaden todas las variables que se necesitan para generar los reportes de los modelos: ley de oro (AU), alteración (ALTE), destino de material (DESTAG).

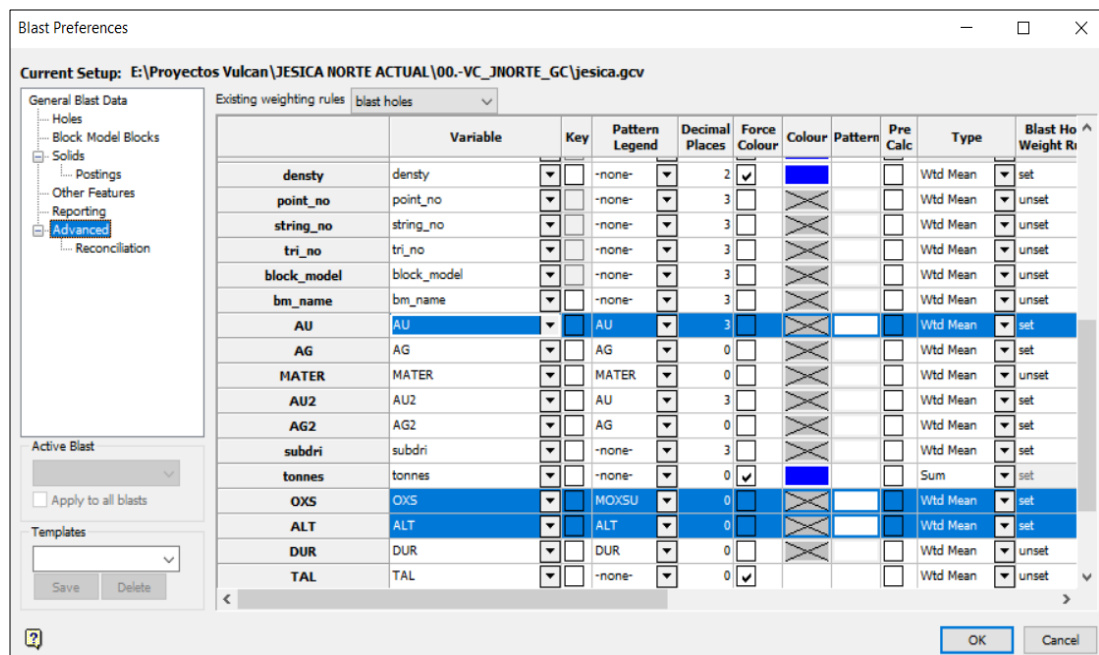


Figura 5, 17: Panel del Blast Preferences - variables de blastholes

Fuente: Elaboración propia

En este punto, se utilizan las alteraciones, durezas, leyes de Au, etc. Para decidir el destino del material. En base a las condiciones del proyecto, el usuario asignará estas clasificaciones.

Posteriormente se cargan los taladros y la generación de sólidos, se ingresa a “Open pit”, luego “grade control” y “load blast”.

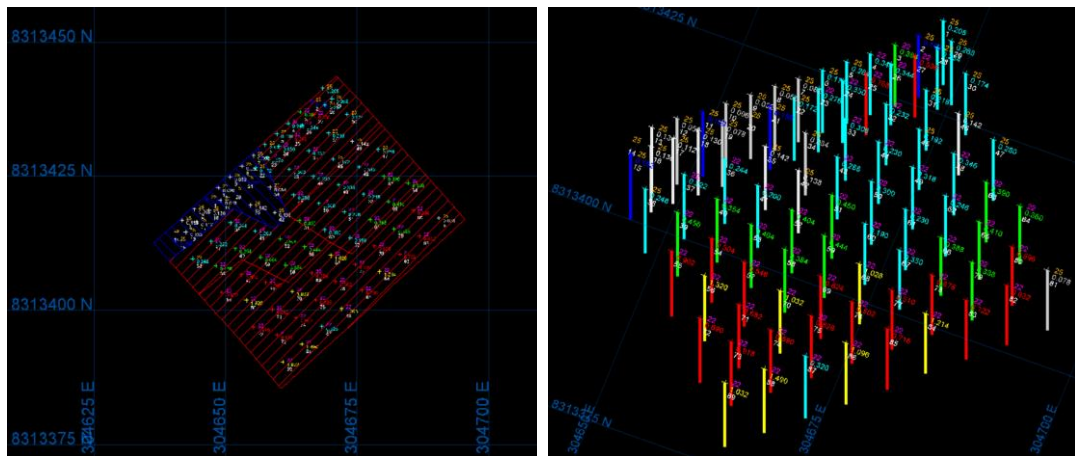


Figura 5, 18: Blastholes importados

Fuente: Elaboración propia

La generación de leyes del modelo de bloques dinámico se ejecuta de manera automática, primero se generan líneas de corte y luego los grade blocks.

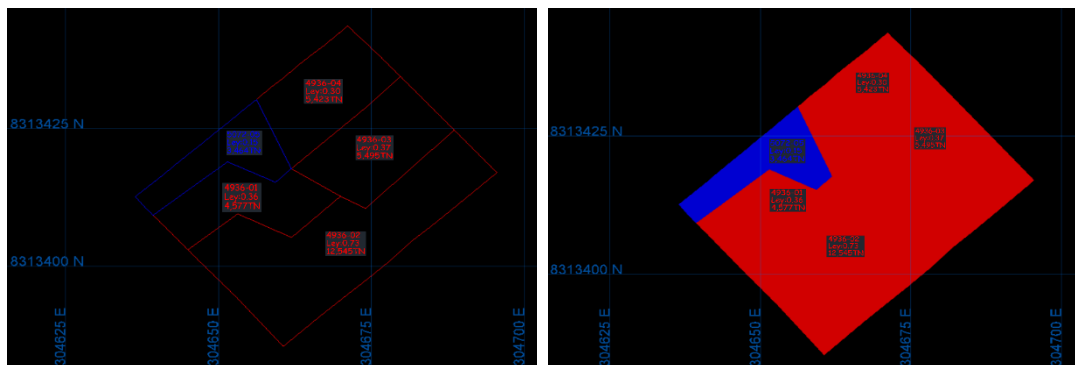


Figura 5, 19: Grade blocks del Proyecto 01 del banco 4936

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se genera el reporte de polígonos.

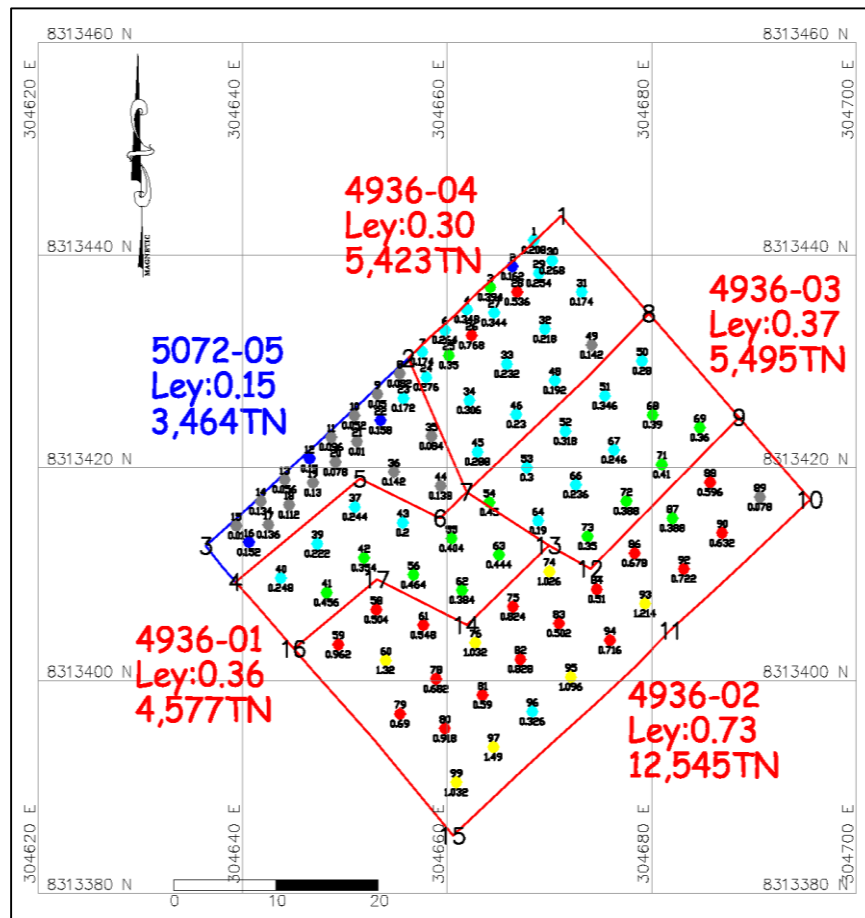


Figura 5, 20: Plano en CAD del reporte de polígonos

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los datos se analizaron empleando, principalmente, los modelos de reservas tanto a largo plazo como a corto plazo. El modelo de reservas a largo plazo se utiliza para planificar la extracción mineral de forma anual y la vida de la mina. Mientras que el modelo de reservas a corto plazo se refiere al recurso mineral estimado sobre una base mensual utilizando la información más reciente de las muestras. La imagen que se presenta a continuación, muestra el conciliado final de este estudio, a partir de cual se obtiene una ganancia de ley y una pérdida de material de desmonte.

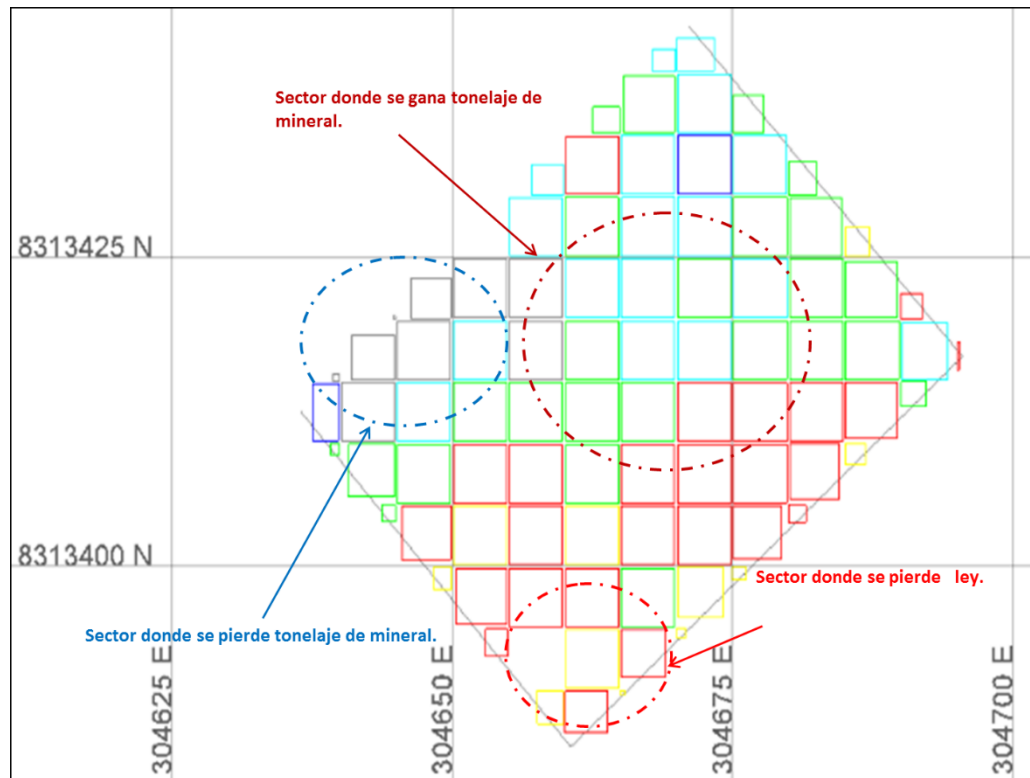


Figura 5, 21: Conciliado de bloques.

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.1 RECONCILIACIÓN DEL MODELO DE BLOQUES DE CORTO PLAZO Y DE LARGO PLAZO

En el yacimiento Jessica se lleva a cabo un control permanente de acuerdo con el avance de minado y los proyectos de perforación.

Tabla 5, 7: Comparación de modelo a corto plazo vs. modelo a largo plazo

AÑO	MODELO LARGO PLAZO (DDH)				MODELO CORTO PLAZO (BH)				VARIACIÓN			
	MINERAL (tn)	LEY (g/tn)	ONZAS	DESMONTE (tn)	MINERAL (tn)	LEY (g/tn)	ONZAS	DESMONTE (tn)	MINERAL	LEY	ONZAS	DESMONTE
2011	3,872,153	0.388	48,282	4,764,713	3,650,652	0.431	50,635	4,704,117	-5.7%	11.1%	4.9%	-1.3%
2012	7,470,192	0.427	102,508	9,705,810	7,212,910	0.467	108,191	9,619,245	-3.4%	9.4%	5.5%	-0.9%
2013	9,178,884	0.466	137,476	6,060,728	7,844,301	0.550	138,659	7,065,755	-14.5%	18.0%	0.9%	16.6%
2014	7,128,129	0.603	138,221	10,952,777	9,227,039	0.511	151,689	8,805,790	29.4%	-15.3%	9.7%	-19.6%
2015	9,222,934	0.447	132,481	8,876,685	9,012,231	0.424	122,941	8,902,944	-2.3%	-5.1%	-7.2%	0.3%
2016	6,541,040	0.486	102,235	4,596,232	6,858,730	0.491	108,276	4,343,966	4.9%	1.0%	5.9%	-5.5%
2017	921,412	0.654	19,380	2,968,968	1,224,197	0.601	23,646	2,947,574	32.9%	-8.1%	22.0%	-0.7%
2018	258,458	0.577	4,793	1,300,121	293,627	0.416	3,923	1,352,824	13.6%	-27.9%	-18.2%	4.1%
<b>TOTAL</b>	<b>44,593,202</b>	<b>0.478</b>	<b>685,376</b>	<b>49,226,034</b>	<b>45,323,687</b>	<b>0.486</b>	<b>707,960</b>	<b>47,742,215</b>	<b>1.6%</b>	<b>1.6%</b>	<b>3.3%</b>	<b>-3.0%</b>

Fuente: Elaboración propia

La reconciliación de los modelos de bloques, a corto plazo y largo plazo, permite conocer el aporte de este estudio a la empresa mediante el control y evaluación de los módulos geológicos.

En la reconciliación de modelos de bloques (corto plazo y largo plazo) indica que se tiene un tonelaje de ganancia de ley de oro de 1.6%; que equivale a un incremento de 3.3% onzas de oro y una pérdida de 3.0% en el tonelaje de desmonte.



Figura 5, 22: Reconciliación de modelo Largo Pazo vs. modelo Corto Plazo

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.2 CONCILIACIÓN DEL MODELO DE BLOQUES DE LARGO PLAZO Y LA PRODUCCIÓN DE MINA

Este control es de suma importancia y se ejecuta de manera constante en base a los proyectos de las mallas de perforación, al avance del mineral extraído y los resultados de la producción de la mina.

Tabla 4, 8: Comparación de producción de mina vs modelo a largo plazo

AÑO	MODELO LARGO PLAZO (DDH)				PRODUCCIÓN MINA				VARIACIÓN			
	MINERAL (tn)	LEY (g/tn)	ONZAS	DESMONTE (tn)	MINERAL (tn)	LEY (g/tn)	ONZAS	DESMONTE (tn)	MINERAL	LEY	ONZAS	DESMONTE
2011	3,872,153	0.388	48,282	4,764,713	3,074,304	0.491	48,487	4,594,167	-20.6%	26.5%	0.4%	-3.6%
2012	7,470,192	0.427	102,508	9,705,810	7,654,576	0.477	117,406	10,559,785	2.5%	11.7%	14.5%	8.8%
2013	9,178,884	0.466	137,476	6,060,728	7,768,908	0.510	127,304	6,436,807	-15.4%	9.4%	-7.4%	6.2%
2014	7,128,129	0.603	138,221	10,952,777	9,400,196	0.498	150,437	7,557,007	31.9%	-17.4%	8.8%	-31.0%
2015	9,222,934	0.447	132,481	8,876,685	9,373,663	0.429	129,295	8,253,711	1.6%	-4.0%	-2.4%	-7.0%
2016	6,541,040	0.486	102,235	4,596,232	6,793,042	0.506	110,511	4,497,392	3.9%	4.1%	8.1%	-2.2%
2017	921,412	0.654	19,380	2,968,968	1,170,764	0.600	22,585	2,957,843	27.1%	-8.3%	16.5%	-0.4%
2018	258,458	0.577	4,793	1,300,121	261,838	0.587	4,941	1,005,453	1.3%	1.7%	3.1%	-22.7%
<b>TOTAL</b>	<b>44,593,202</b>	<b>0.478</b>	<b>685,376</b>	<b>49,226,034</b>	<b>45,497,291</b>	<b>0.486</b>	<b>710,966</b>	<b>45,862,165</b>	<b>2.0%</b>	<b>1.7%</b>	<b>3.7%</b>	<b>-6.8%</b>

Fuente: Elaboración propia



La conciliación de la producción de mina vs el modelo LP indica que se tiene un tonelaje de mineral con una ganancia de 2.0%; ley de oro con una ganancia de 1.7%; ganancia de 3.7% en onzas de oro y una pérdida de 6.8% en el tonelaje de desmonte.

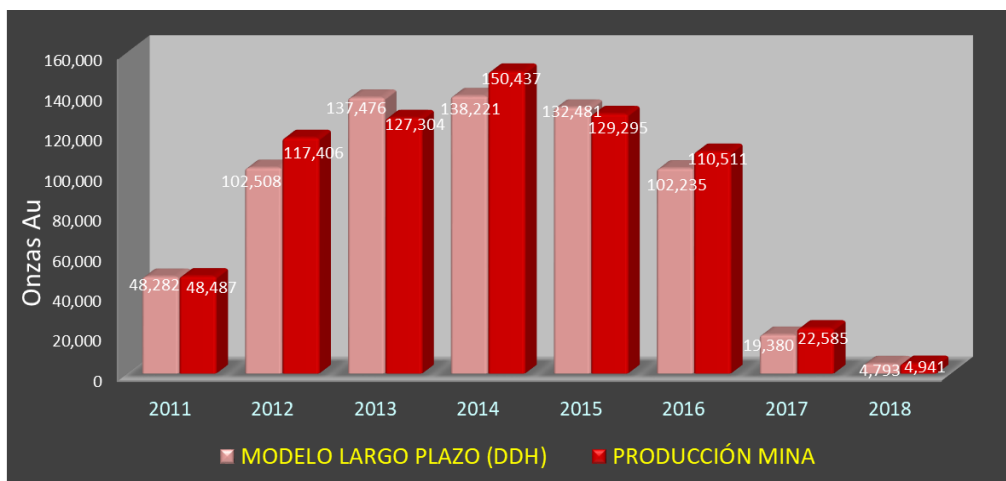


Figura 5, 23: Conciliación de modelo Largo Plazo vs producción mina

Fuente: Elaboración propia

### 5.4.3 CONTROL DE POLÍGONOS DE MINERAL

El control de polígonos de mineral inicia con el marcado de polígonos en campo. Para esto, se requiere el plano total de los polígonos, donde consten las delimitaciones según las clasificaciones del material. La demarcación en campo, está a cargo del personal de geología mina en coordinación del geólogo de control de calidad, debe identificarse cada uno de los polígonos y efectuarse la delimitación en base a los siguientes lineamientos:

- Para polígonos con contacto mineral/mineral se usan estacas de campo con banderines de color - rojo/rojo.
- Para polígonos con contacto mineral/desmonte se usan estacas de campo con banderines de color - rojo/azul.

- Para polígonos con contacto desmonte/desmonte se usan estacas de campo con banderines de color - azul/azul.

Parte importante del control de polígonos es el control de dilución y pérdida de mineral. Para mitigar los efectos de la dilución y pérdida se han aplicado controles de carguío de mineral por proyectos de perforación según su destino, con la finalidad de producir mayor cantidad de mineral. Para ello, es necesario delimitar las zonas de mineral y desmonte identificando los contactos litológicos, alteraciones y estructuras que determinan las zonas de mineralización. Para poder clasificar los materiales mediante este control es necesario coordinar en campo con el área de operaciones mina. Estos controles deben de aplicarse de manera constante con el fin de evitar pérdidas y optimizar la producción del mineral.

Los desplazamientos se identifican a través de la determinación de las coordenadas teóricas en el plano de un contacto de mineralización y/o alteración notoria, como material argílico o sílice granular. Después de las explosiones realizadas por el área de voladura, el personal de topografía realiza el replanteo de las coordenadas de los polígonos de control. El geólogo confirma cada uno de los puntos de contacto de los polígonos del proyecto tronado. Después, en coordinación con topografía se realiza el levantamiento de los puntos que han sido desplazados, para realizar el levantamiento se usan de los datos recopilados y el software Vulcan, se determina la distancia de desplazamiento y se efectúa el replanteo. La distancia determinada se considera en el planteamiento de los polígonos de dicho proyecto y se entregan las coordenadas en las zonas con el desplazamiento identificado.

El control de calidad cuenta también con un proceso de control visual que tiene personas a cargo de controles específicos, entre estos:

- Supervisor de control de calidad, es quien tiene la responsabilidad de llevar el control visual de los frentes de minado, zonas de minado, ya sea mineral o desmonte.
- Controlador de mineral, es el responsable de registrar el carguío del material económico o estéril, en coordinación con el geólogo supervisor. Se asegura de que se cumple con el tonelaje establecido en cada bloque y de existir variaciones, estas no deben superar el 8%.
- Controlador de viajes, controla las operaciones de mina, registra cada viaje de los volquetes que transportan mineral al pad y desmonte al botadero.



Fotografía 5, 6: Control de polígonos de mineral

Fuente: Toma propia

Sin embargo, el geólogo de control de calidad es el encargado de supervisar y verificar en campo todas las actividades del proceso de ore control, es el responsable de entregar un mineral controlado de buena calidad y realizar el cálculo de los volúmenes.

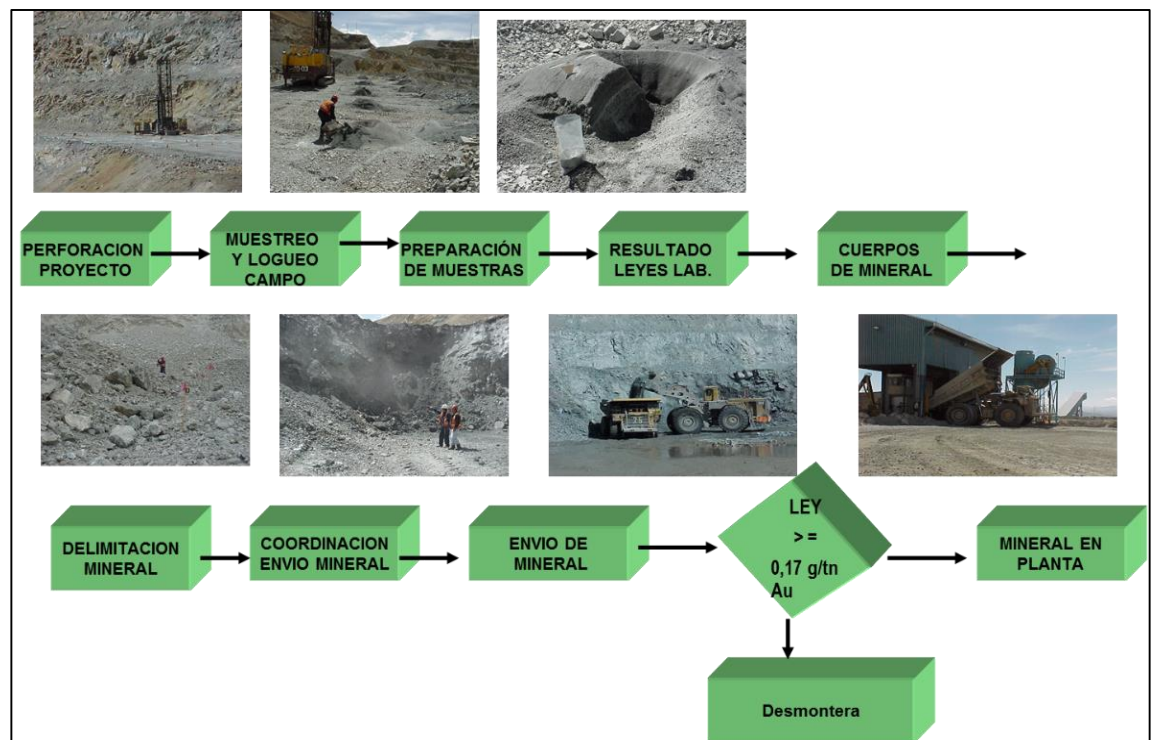


Figura 5, 24: Esquema del proceso Ore Control

Fuente: Arasi. Grade Control, 2017

## CAPÍTULO VI

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con las muestras de control se ha evaluado la precisión y contaminación en el laboratorio químico, obteniendo los siguientes resultados:

#### 6.1 EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN

En los duplicados de campo, para este estudio se analizaron 4 duplicados de campo, lo que representa una tasa de inserción de 4.04%, se preparó gráficos de Max-Min para Au, los cuales fueron evaluados mediante el método hiperbólico, teniendo como límite de ER el 30%. En total, se identificaron 0 muestras fallidas para Au (Tasa de Error: 0%). Como se muestra en las figuras a continuación.

Tabla 6, 9: Evaluación de muestras duplicadas

TIPO DE MUESTRA	ELEMENTO	Nº DE MUESTRAS	PARES FALLIDOS	TASA DE ERRORES %
Duplicados de campo (DC)	Au	4	0	0%
Duplicados de rechazo (DR)	Au	4	0	0%

Fuente: Elaboración propia

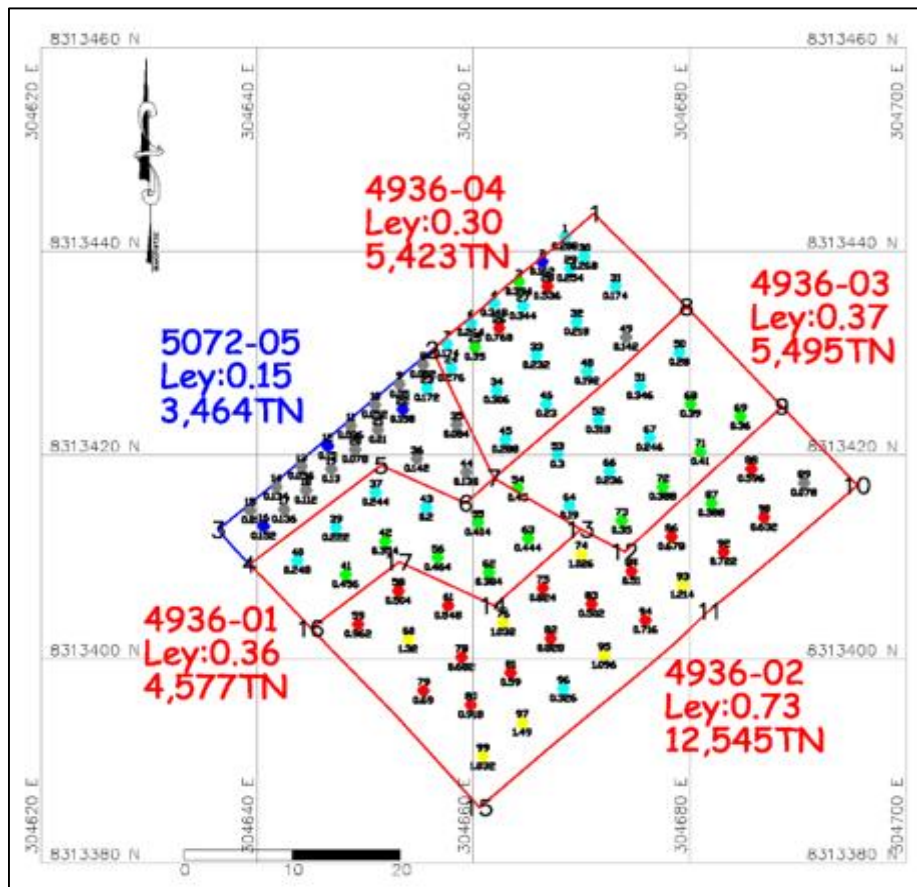


Figura 6, 25: Polígono mineral – desmonte  
Fuente: Elaboración propia

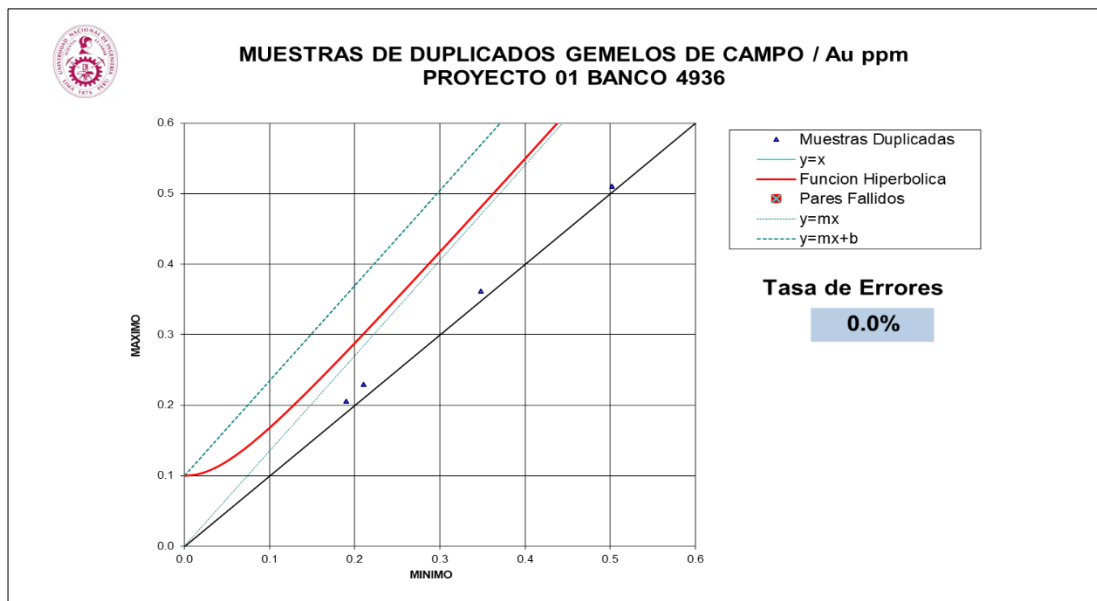


Figura 6, 26: Evaluación de la precisión – duplicado de campo Au  
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los duplicados de rechazo, fueron analizados 4 duplicados de rechazos, lo que representa una tasa de inserción de 4.04 %. Se preparó gráficos de Max-Min para Au, los cuales fueron evaluados por el método hiperbólico, teniendo como límite de ER el 20%. En total se identificaron 0 muestras fallidas para Au (Tasa de Error: 0%).

## 6.2 EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

La referencia como criterio de aceptación indica que el valor del blanco no debe de ser mayor de 4 a 5 veces el límite de detección para el elemento evaluado.

Para los blancos gruesos, se tiene un total de 2 muestras de blanco grueso que fueron enviadas al Laboratorio Arasi, lo cual representa el 2.02 % del ratio de inserción (IR), 0 muestras salieron por encima del límite permisible, como se observa en la figura.

Tabla 6, 10: Desempeño de las muestras de blancos

TIPO DE MUESTRA	ELEMENTO	Nº DE MUESTRAS	TASA DE ERRORES
Blanco grueso (BL)	Au	2	0%

Fuente: Elaboración propia

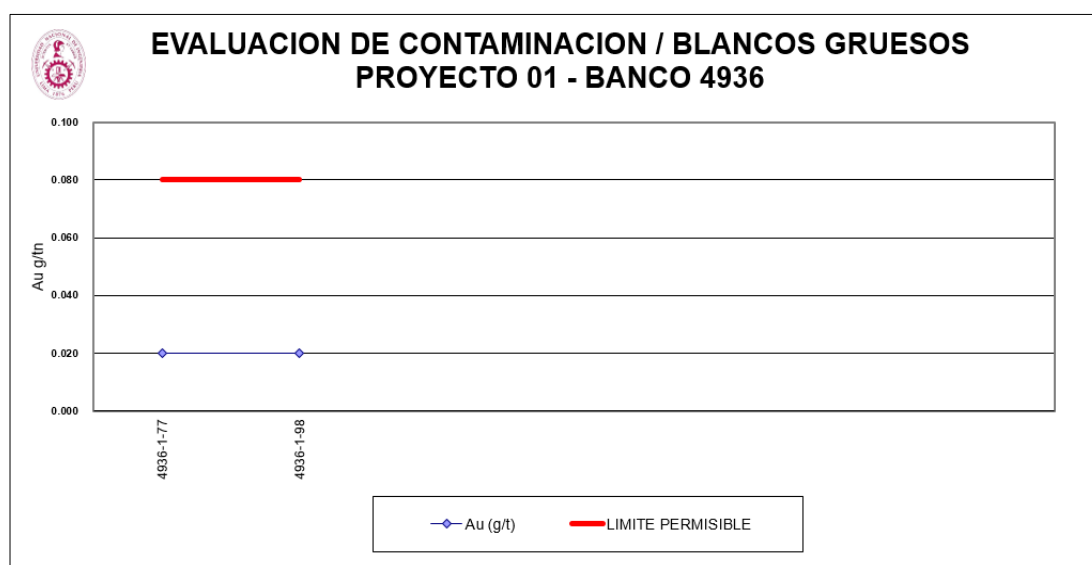


Figura 6, 27: Evaluación de contaminación – Blanco Grueso

Fuente: Elaboración propia

### 6.3 COMPARATIVO LEY LP VS BH

La aplicación de protocolos QA/QC en el área de estudio, generó una ganancia de 12,183 tn de mineral, equivalente al 77% con respecto al modelo de Largo Plazo. Respecto a la ley de oro se tiene una pérdida de 19%, y en onzas se ganó 44% equivalente a 141 oz, como se indica en la Tabla 6,11.

Tabla 6, 11: Conciliado del modelo Banco 4936 - Py01

Proyecto			Modelo		Def./Incr.	Var (%)
			Largo Plazo	BH		
Bc 4936 - PY001	Mineral	t.	15,856	28,039	12,183	77%
	Ley Au	g/t	0.63	0.51	-0.12	-19%
	Onzas Au	Oz	323	464	141	44%
	Desmonte	t.	16,663	3,464	-13,200	-79%
	Densidad	t/m3	2.4	2.3		-3%
	S.R		1.1	0.1		-88%
Volumen			m3	13,607	13,607	0%

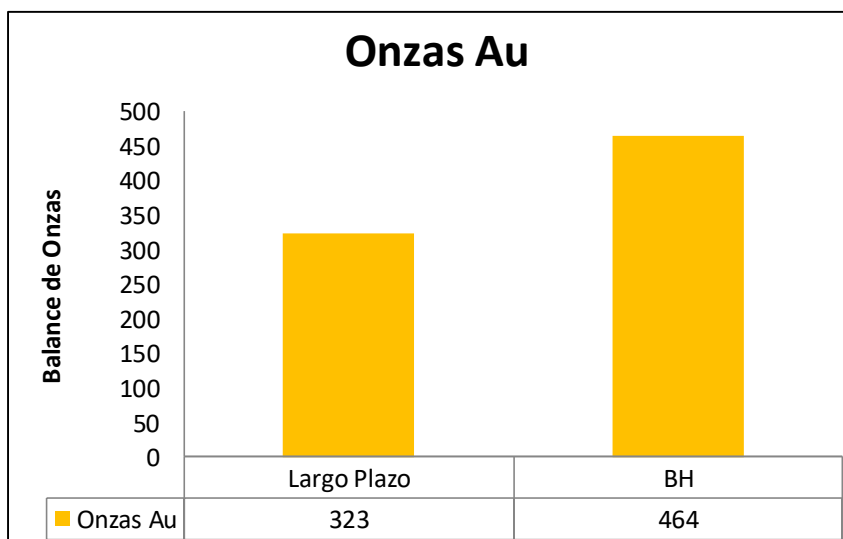


Figura 6, 28: Onzas de oro para LP y BH

Fuente: Elaboración propia





Los resultados logrados en este estudio explican la validez de la hipótesis planteada:  
*Al aplicar adecuadamente protocolos QA/QC en operaciones a tajo abierto, se reducirá los errores de muestreo.*

El estudio demuestra que la aplicación de protocolos QA/QC en operaciones a tajo abierto genera un índice de error de 0%, lo que indica que la inserción de duplicados de campo, duplicados de rechazo y blancos gruesos es correcta y permite optimizar la producción del yacimiento, lo que se ve reflejado en la conciliación del comparativo del modelo de bloques de Corto Plazo donde se evidencia una ganancia de 12,183 tn de mineral, equivalente al 77% con respecto al modelo de bloques de Largo Plazo.

## CONCLUSIONES

- Los resultados alcanzados en este trabajo de suficiencia, demuestran la validez de la hipótesis planteada: Al aplicar adecuadamente protocolos QA/QC en operaciones a tajo abierto, se reducen los errores de muestreo.
- El error de muestreo se redujo dentro de los límites esperados definidos como consecuencia de la aplicación de los protocolos QA/QC en operaciones a tajo abierto.
- Para efectos de aplicación de los protocolos se tomó las convenciones señaladas en la tabla adjunta:

Convenciones empleadas en el Protocolo QA/QC		
Ensamble	Descripción Alteración	Simbología
$Qz \pm Al \pm Kao$	Sílice granular	
$Si \pm Al$	Sílice alunita	

- La evaluación de la precisión en duplicados de campo para el Au (0%) está dentro del rango definido. Lo que indica que el proceso de muestreo es aceptable.
- La evaluación del sub-muestreo y reanálisis en el duplicado de rechazo se encuentra dentro de los rangos definidos. Lo que indica que no se tienen desviaciones durante el proceso.
- En la evaluación de blancos de control no se encontraron muestras observadas (Tasa de errores 0%), lo que indica que durante proceso preparación la limpieza de la instrumentación es adecuada.

## RECOMENDACIONES

- Actualizar el protocolo QA/QC en los diversos momentos del desarrollo del proyecto, conforme se incremente el conocimiento del depósito.
- Capacitar al personal involucrado en todo el proceso de muestreo a fin de garantizar los resultados de los análisis dentro del protocolo QA/QC aprobado.
- Comparar periódicamente los resultados obtenidos de las muestras de duplicados y blancos emitidas por el Laboratorio Interno con laboratorios externos.
- Actualizar permanentemente el modelo geológico (litología, alteraciones y mineralización típica) del proyecto, este proceso impacta en los protocolos QA/QC.
- Es exigible estándares de cumplimiento de acorde al protocolo QA/QC de las campañas de perforación (blastholes) exploratoria.
- Reducir la rotación del personal de planta para la ejecución del muestreo.
- Garantizar la continuidad de las observaciones de campo al muestreo de blastholes e implementación de los procedimientos para asegurar la calidad del de muestreo mineral.
- Validación del Laboratorio interno con otros laboratorios externos de manera periódica.

- Implementar controles orientados a la Evaluación de Exactitud durante el proceso de monitoreo QA/QC en las muestras de Mina (Duplicados externos y preparación de Estándares).
- Incrementar el índice de muestras de control durante el muestreo, insertando estándares, duplicados de pulpa, blancos finos, para ejercer mayor control con lo cual mejorar la calidad de los resultados finales.
- Incorporar en la fase exploratoria la aplicación de los protocolos QA/QC.
- Es prioritario establecer el etiquetado de muestras por medios electrónicos de impresión.
- Implementar controles granulométricos en el proceso de pulverización, para poder controlar la exactitud analítica, del laboratorio interno.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alfaro, M. (2012). *Introducción al muestreo minero*. Chile: MAA Sironvalle.
2. AngloGold Exploracion Perú S.A.C. (2000). *Petrographic Study onThela Rescatada Preperty*. Perú: AngloGold.
3. Apaza, J. (2020). *Control de calidad (QA/QC) de los cuerpos Catas, Contacto Sur Medio y Mascota - Unidad Minera Yauricocha*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa.
4. Atkinson, T. (1992). *Selection and sizing of minin equipment*. Colorado: SME Mining Engineering Handbook.
5. Barth, D., & Mason, B. (2004). *Soil sampling quality assurance user's guide*. United States: Nevada University.
6. BCRP. (2017). *Memoria 2017*. Perú: Banco Central de Reserva de Perú .
7. Bertrand, H., & Prabhakar, G. (2009). *Control de calidad* . Madrid: Ediciones Diaz de Santos S.A.
8. Bobadilla Mojo, W. (2020). *Optimización del proceso de ore control mediante técnicas metodológicas de muestreo en blastholes para el plan de minado de corto plazo en mina Toquepala Southern Perú Copper Corporation*. Puno, Perú: Tesis, Universidad Nacional del Altiplano.
9. Bonilla. (2014). *Mejora continua de los procesos*. Perú: Universidad de Lima.
10. Bonilla, & Elsie. (2014). *Mejora continua de los procesos: herramientas y técnicas* . Perú: Universidad de Lima, Fondo Editorial.

11. Choquehuanca, N. (2021). *Replanteo de polígonos de alta ley de cobre y molibdeno para minimizar la dilución en el proceso de minado en mina Toquepala*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
12. Ciesla, M. (2016). *Aluminium supplier selection for the automotive parts manufacturer*. México: Metalurgia.
13. Delphos. (2021). *Mine Planning Laboratory*. Chile: Universidad de Chile.
14. Dominy, S., & Petersen, J. (2015). *Sampling Coarse Gold-Bearing Mineralisation — Developing Effective Protocols and a Case Study From the Nalunaq Deposit, Southern Greenland*. Nalunaq: Sampling and Blending Conference.
15. Empresa NCL. (2009). *Reporte de simulación de diluación y determinación de la velocidad y desplazamientos del material tronado*. Perú.
16. Engtrom, K. (2015). *A comprehensive literature review reflecting fifteen years of debate regarding the representativity of reverse circulation vs blast hole drill sampling*. Denmark: Aalborg University.
17. Fernandez. (Perú). *Metología de la Investigación*.
18. Freiles, J. (2016). *Ley de corte*. Venezuela: GeoMin.
19. Gutiérrez Panihuara, Y. A. (2016). *Metodología de Control de Calidad de Mineral en la Producción de Oro, Aplicado en Minería a Tajo Abierto - "Yacimiento Jessica" Compañía Minera Aruntani- Puno*. Lima, Perú: Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería.

20. Hadler, K., Smith, C., & Cilliers, J. (2010). Recovery vs. mass pull: The Link to air recovery. *Minerals Engineering*, 994-1002.
21. Holmes. (2010). Sampling mineral commodities—the good, the bad, and the ugly. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 110, 269 - 278.
22. Hurtado, J. (2010). *Metodología de la Investigación. Guía para la comprensión holística de la ciencia*. Carácas - Venezuela: Centro Internacional de Estudios Avanzados Sypal y Ediciones Quirón S.A.
23. Hurtado, J. (2010). *Metodología de la Investigación. Guía para la comprensión holística de la ciencia*. Carácas - Venezuela: Centro Internacional de Estudios Avanzados Sypal y Ediciones Quirón S.A.
24. McArthur, G., Jones, C., & Murphy, M. (2010). *Blasthole Cone Sampling Experiments for iron Flich*. Perth: WA.
25. Ministerio de la Producción. (2020). *gob.pe*. Obtenido de <https://www.gob.pe/produce>
26. Ortiz, J. (2000). *Estimation of economic losses due to poor blast hole sampling in open pits*. Santiago, Chile: University of Chile.
27. Pitard, F. (2008). *Blastholes Sampling for Grade Control-The Many Problems and*. Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
28. Rivas Oviedo, J. M. (2018). *Control Geológico en la Dilución Mineral*. Concepción, Chile: Tesis, Universidad de Concepción.

29. Rojas, N. (2019). *Implementación de programa de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) para el muestreo de detritos en depósitos tipo pórfido de cobre*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna.
30. Ruiz, A., García, J., & Mesa, J. (2010). *Error, incertidumbre, precisión y exactitud, términos asociados a la calidad espacial del dato geográfico*. México: CICUM.
31. Ticllasuca, E. (2019). *Planeamiento de minado a corto plazo para optimizar a producción en la Unidad Minera Pallancata de Hochschild Mining S.A.* Huancayo: Universidad Continental.
32. Tituana, K. (2014). *Modelo de Bloques del Depósito de Cobre ESPOL-X para la Selección del Método de Explotación Minera Utilizando Herramientas Informáticas*. Guayaquil: ESPOL.
33. U.S. Department of Energy. (2016). *Energy Efficiency & Renewable Energy*. Obtenido de <https://www.energy.gov>
34. UM Aruntani. (2017). *Informe Geofísico Minera Aruntani*. Puno - Perú : Unidad Minera Aruntani .
35. Vásquez, E., Loayza, D., Rios, A., Barreda, J., Torres, J., & Franco, Y. (2017). *Geología de los depósitos epitermales de alta sulfuración en el proyecto Arasi - Puno*. Puno - Perú: Aruntani SAC.
36. Volke, T., Velasco, J., & De la Rosa, D. (2005). *Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación*. México:

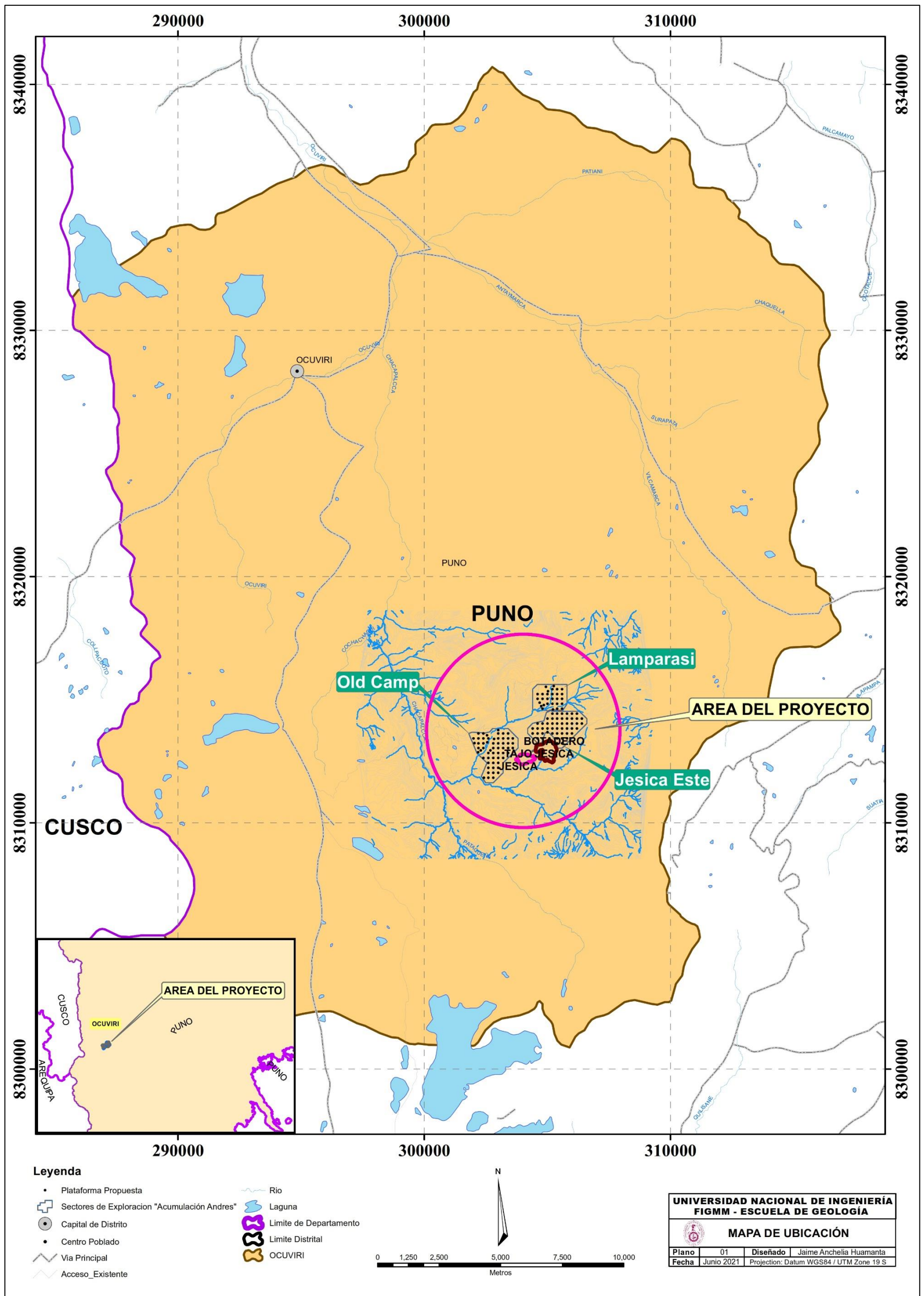


Secretaria de Medio Ambiente y Recursos naturales - Instituto Nacional de Ecología.

37. Wang, J., Yang, R., & Bai, Z. (2015). Spatial variability and sampling optimization of soil organic carbon and total nitrogen for Minesoils of the Loess Plateau using geostatistics. *Ecological Engineering*, 159-164.
38. World Economic Forum. (2016). *Global Information Technology Report*.  
Obtenido de <https://www.weforum.org/reports/the-global-information-technology-report-2016>
39. Zeballos, C. (2019). *Aseguramiento y control de la calidad del muestreo de blastholes y análisis químico del laboratorio primario, Mina Constancia - Fase minado I Banco 4260*. Arequipa - Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

## **ANEXOS**

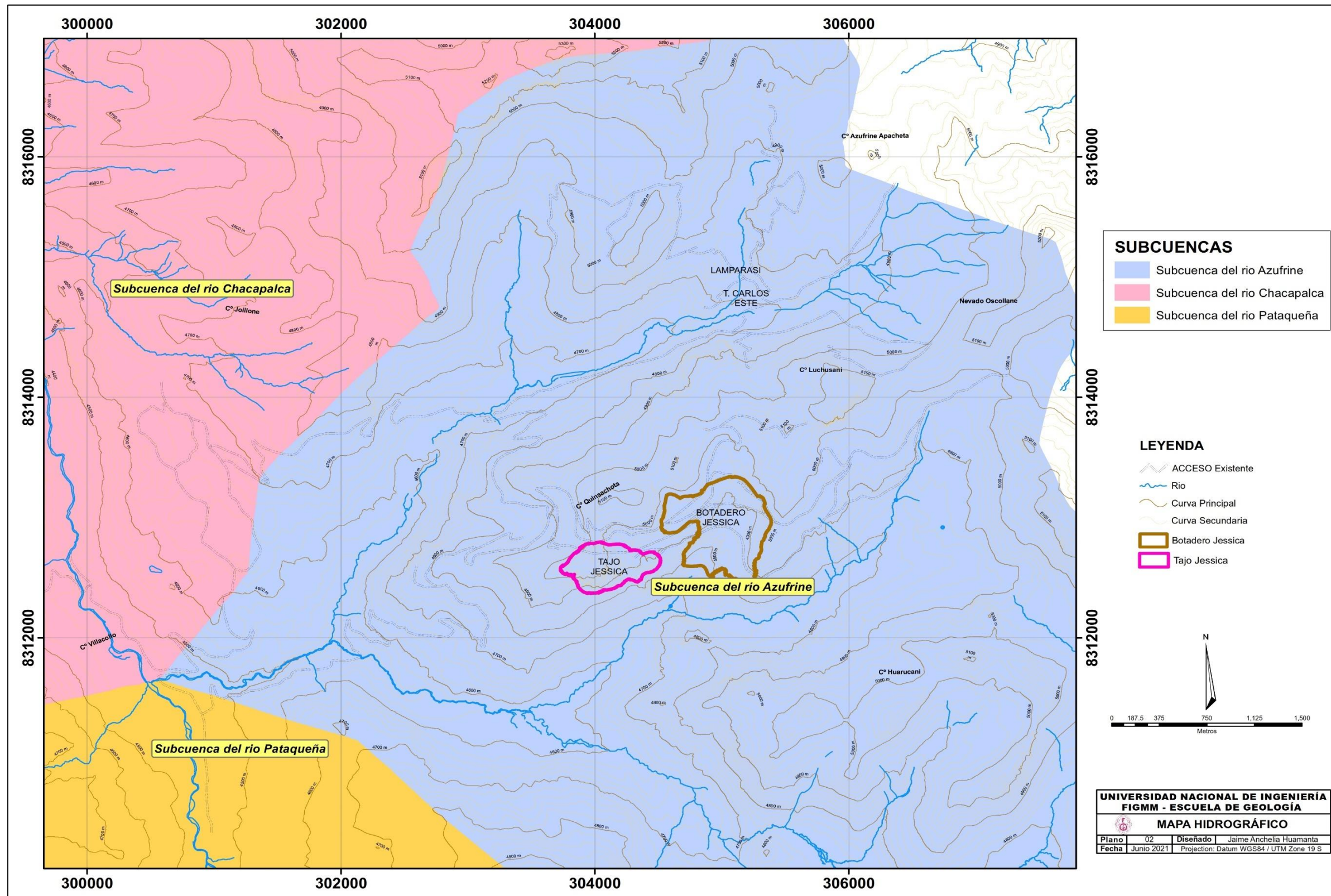
Figura 1. Mapa de ubicación



Fuente: Elaboración propia



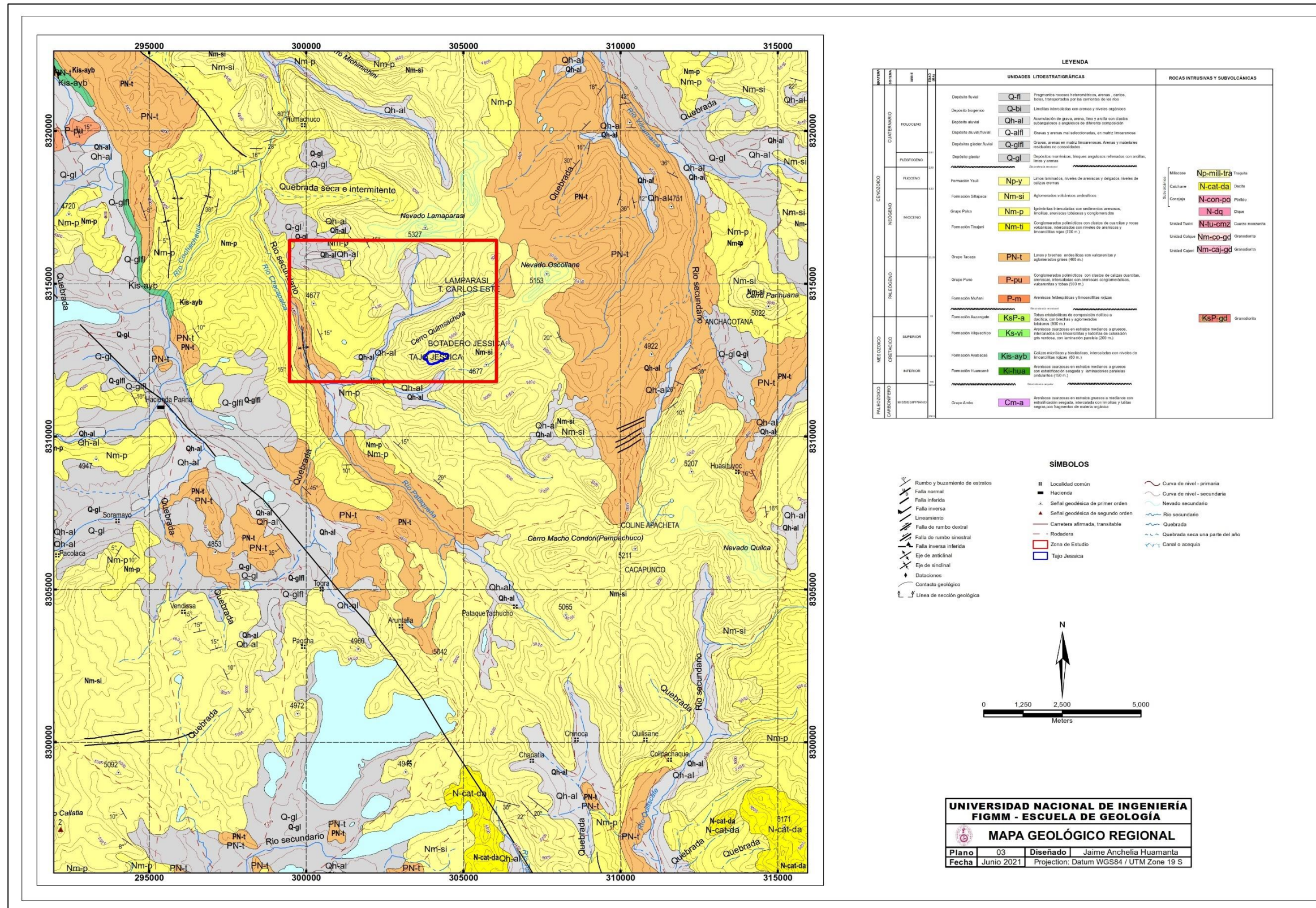
Figura 2. Mapa hidrográfico



Fuente: Elaboración propia



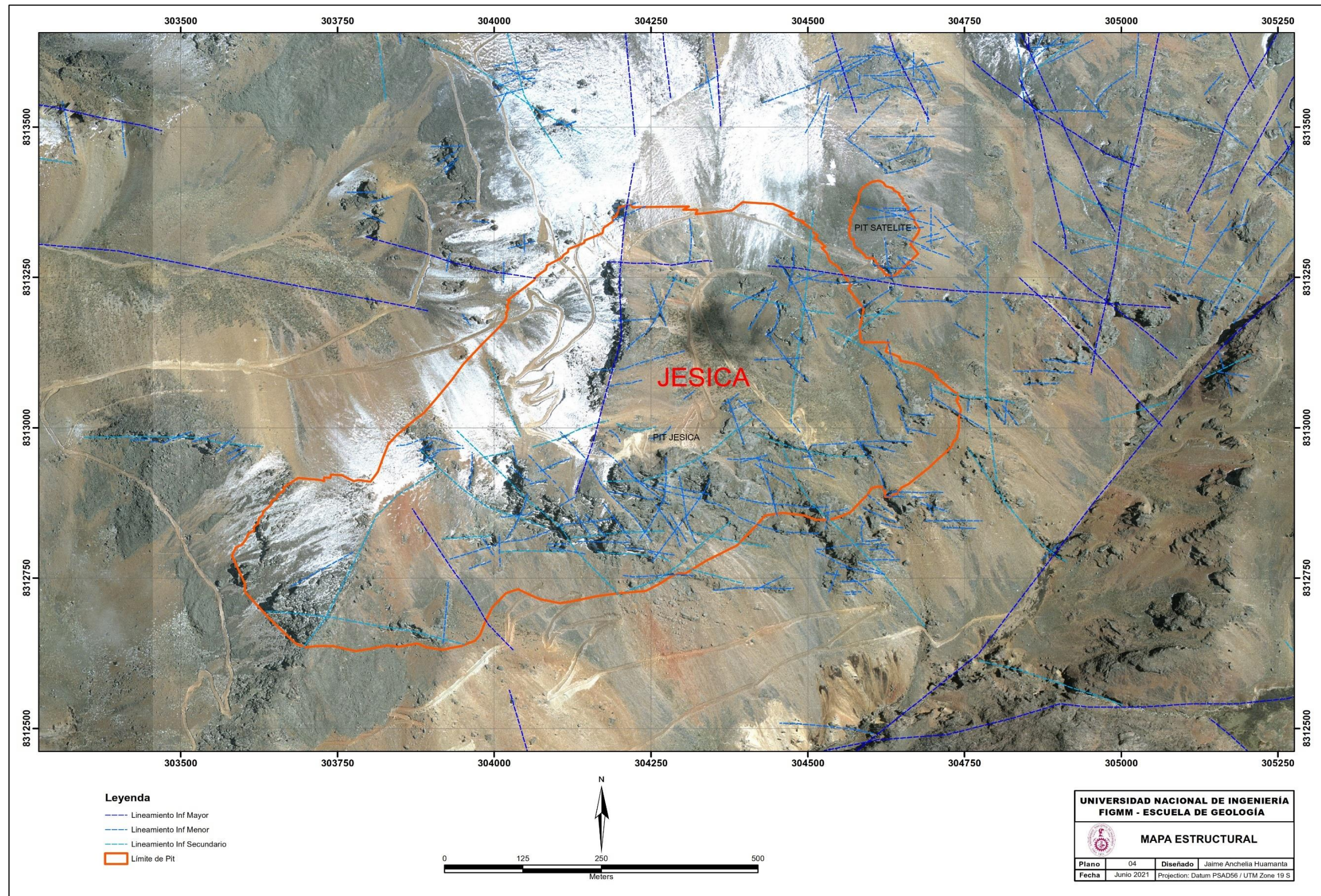
Figura 3. Mapa geológico regional



Fuente: Elaboración propia



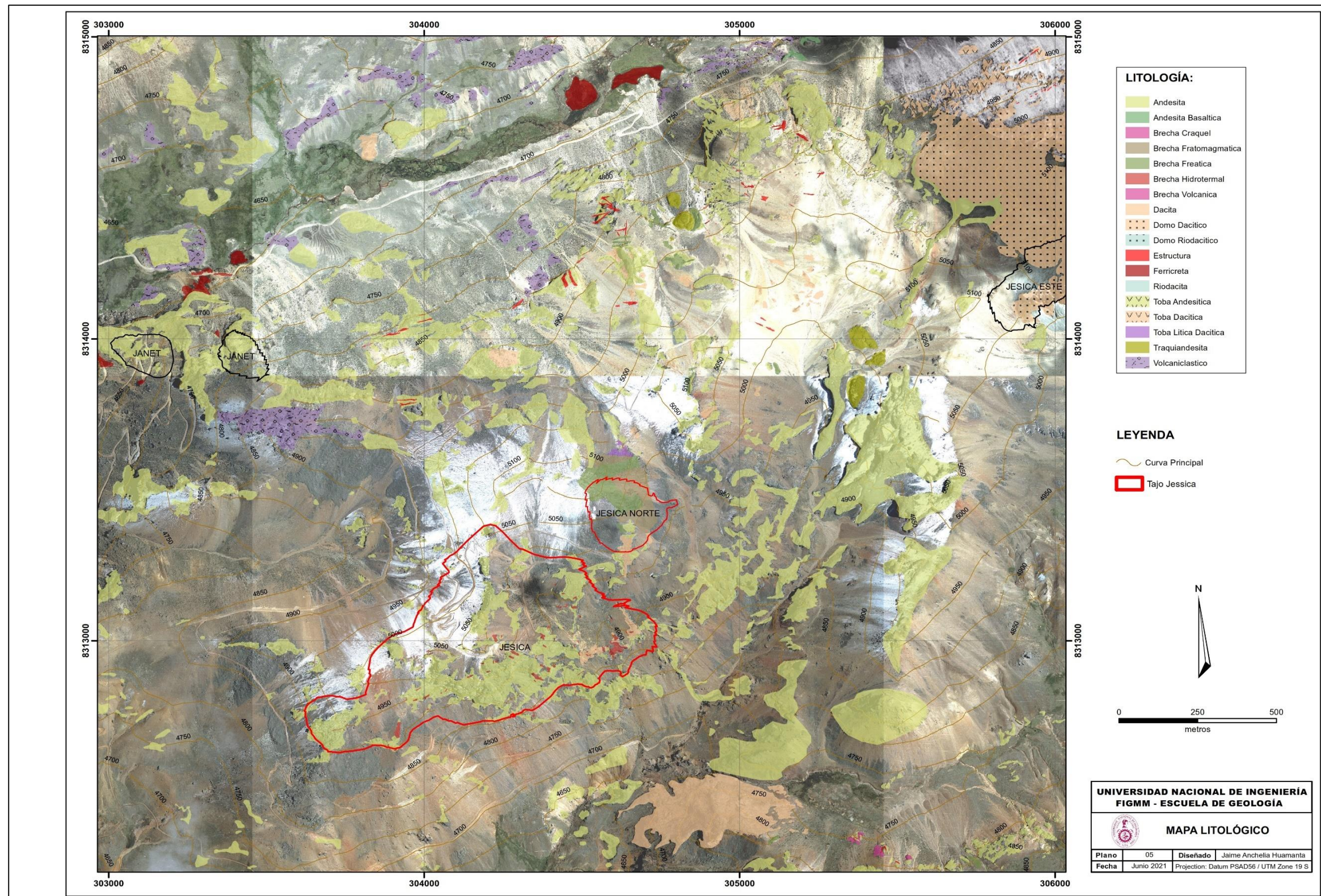
Figura 4. Mapa estructural



Fuente: Elaboración propia



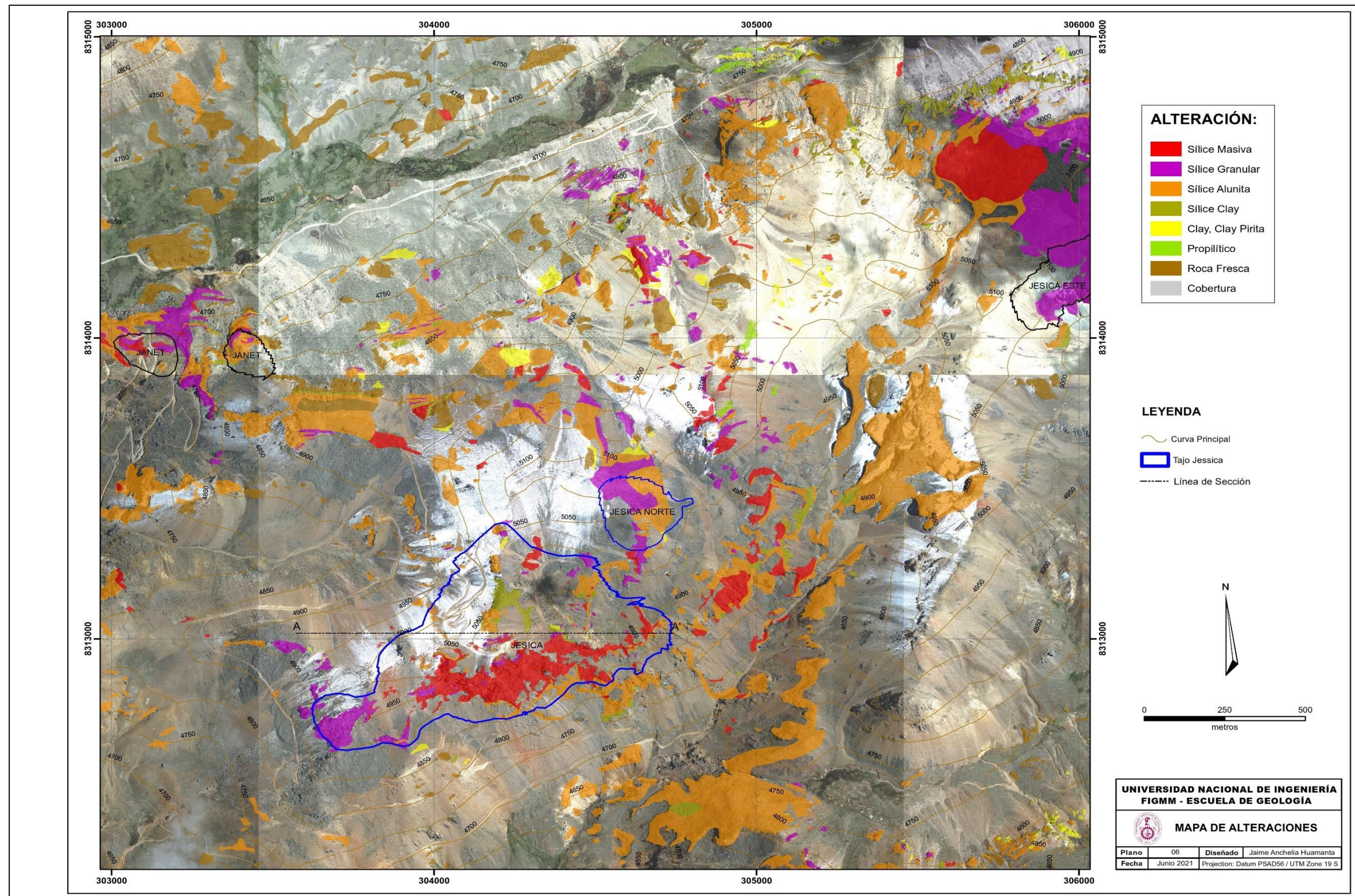
Figura 5. Mapa litológico



Fuente: Elaboración propia



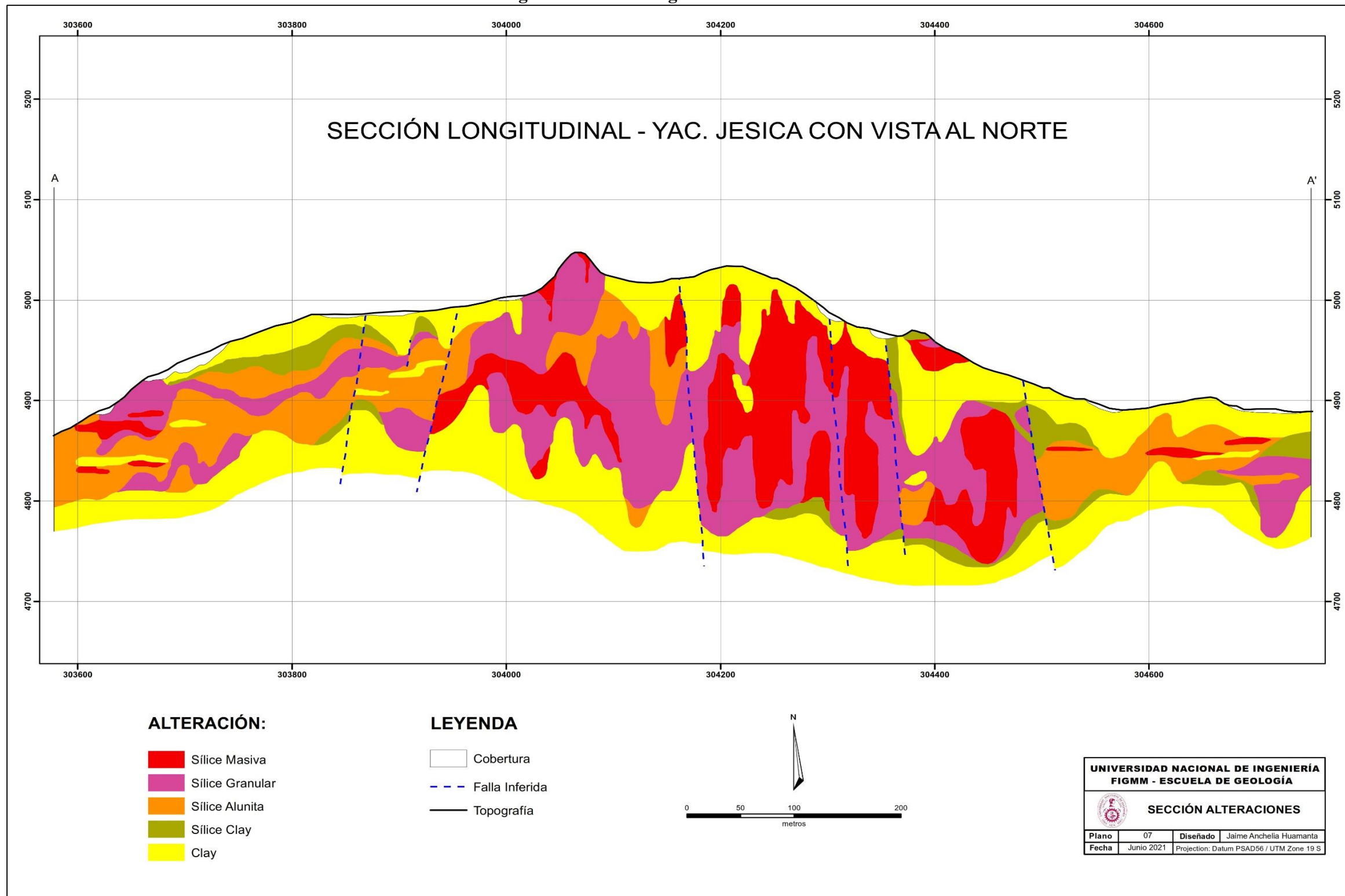
Figura 6. Mapa de alteraciones



Fuente: Elaboración propia

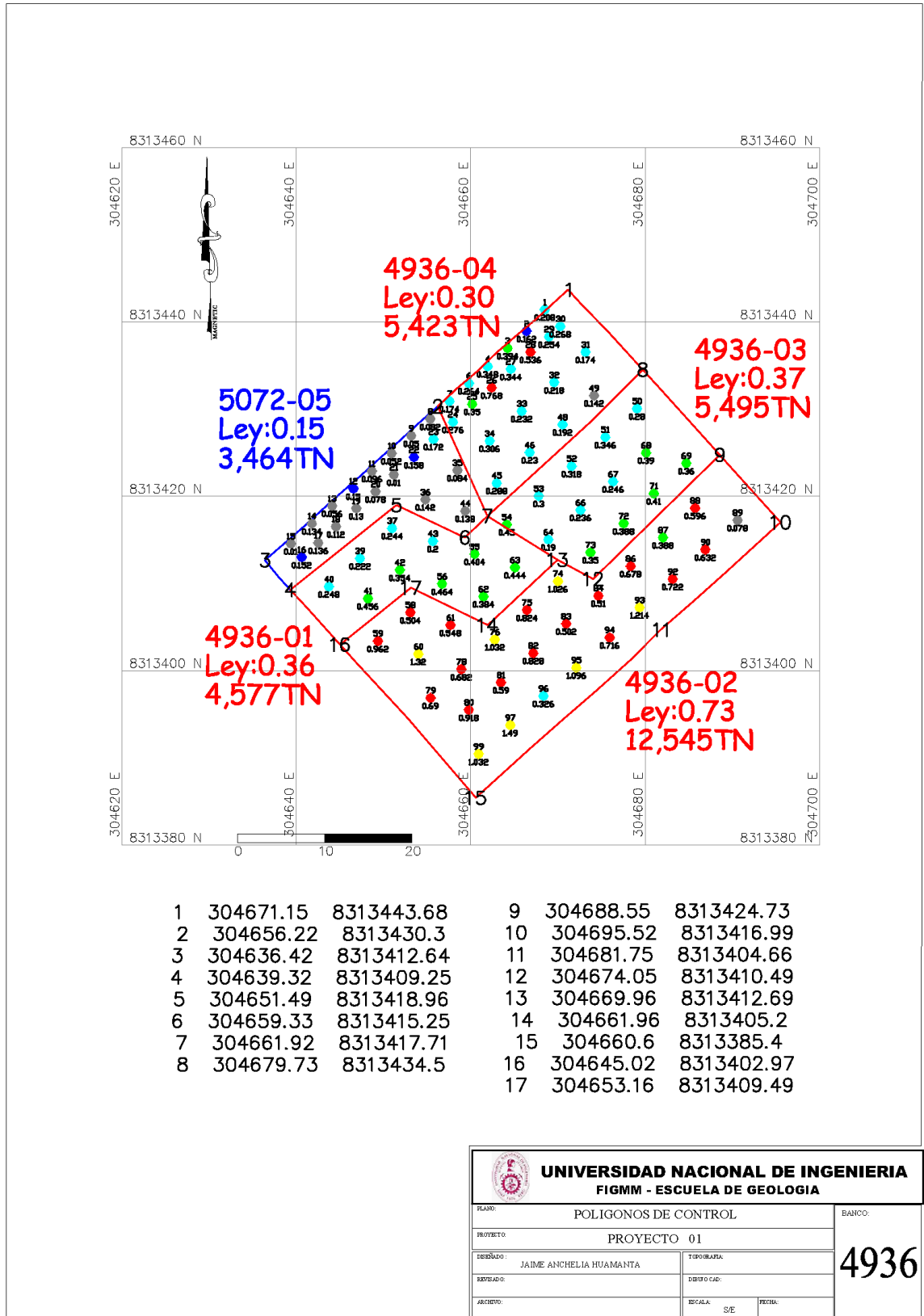


**Figura 7. Sección longitudinal de alteraciones**



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Polígono mineral – desmante



Fuente: Elaboración propia

**Figura 9. Reporte de leyes (1-40)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FIGMM - ESCUELA DE GEOLOGIA**

**REPORTE DE LEYES**



BANCO: 4936

FECHA:

PROYECTO: 01

TURNO:

ITEM	CODIGO	Au (g/t)	Ag_ppm
1	JES 4936 PY01 T - 1	0.208	
2	JES 4936 PY01 T - 2	0.162	
3	JES 4936 PY01 T - 3	0.394	
4	JES 4936 PY01 T - 4	0.348	
5	JES 4936 PY01 T - 5	0.362	
6	JES 4936 PY01 T - 6	0.264	
7	JES 4936 PY01 T - 7	0.174	
8	JES 4936 PY01 T - 8	0.082	
9	JES 4936 PY01 T - 9	0.050	
10	JES 4936 PY01 T - 10	0.052	
11	JES 4936 PY01 T - 11	0.096	
12	JES 4936 PY01 T - 12	0.150	
13	JES 4936 PY01 T - 13	0.056	
14	JES 4936 PY01 T - 14	0.134	
15	JES 4936 PY01 T - 15	0.010	
16	JES 4936 PY01 T - 16	0.152	
17	JES 4936 PY01 T - 17	0.136	
18	JES 4936 PY01 T - 18	0.112	
19	JES 4936 PY01 T - 19	0.130	
20	JES 4936 PY01 T - 20	0.078	
21	JES 4936 PY01 T - 21	0.010	
22	JES 4936 PY01 T - 22	0.158	
23	JES 4936 PY01 T - 23	0.172	
24	JES 4936 PY01 T - 24	0.276	
25	JES 4936 PY01 T - 25	0.350	
26	JES 4936 PY01 T - 26	0.768	
27	JES 4936 PY01 T - 27	0.344	
28	JES 4936 PY01 T - 28	0.536	
29	JES 4936 PY01 T - 29	0.254	
30	JES 4936 PY01 T - 30	0.268	
31	JES 4936 PY01 T - 31	0.174	
32	JES 4936 PY01 T - 32	0.218	
33	JES 4936 PY01 T - 33	0.232	
34	JES 4936 PY01 T - 34	0.306	
35	JES 4936 PY01 T - 35	0.084	
36	JES 4936 PY01 T - 36	0.142	
37	JES 4936 PY01 T - 37	0.244	
38	JES 4936 PY01 T - 38	0.246	
39	JES 4936 PY01 T - 39	0.222	
40	JES 4936 PY01 T - 40	0.248	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 10. Reporte de leyes (41-80)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FIGMM - ESCUELA DE GEOLOGIA**  
**REPORTE DE LEYES**



**BANCO:** 4936

**FECHA:**

**PROYECTO:** 01

**TURNO:**

ITEM	CODIGO	Au (g/t)	Ag_ppm
41	JES 4936 PY01 T - 41	0.456	
42	JES 4936 PY01 T - 42	0.354	
43	JES 4936 PY01 T - 43	0.200	
44	JES 4936 PY01 T - 44	0.138	
45	JES 4936 PY01 T - 45	0.288	
46	JES 4936 PY01 T - 46	0.230	
47	JES 4936 PY01 T - 47	0.210	
48	JES 4936 PY01 T - 48	0.192	
49	JES 4936 PY01 T - 49	0.142	
50	JES 4936 PY01 T - 50	0.280	
51	JES 4936 PY01 T - 51	0.346	
52	JES 4936 PY01 T - 52	0.318	
53	JES 4936 PY01 T - 53	0.300	
54	JES 4936 PY01 T - 54	0.450	
55	JES 4936 PY01 T - 55	0.404	
56	JES 4936 PY01 T - 56	0.464	
57	JES 4936 PY01 T - 57	0.461	
58	JES 4936 PY01 T - 58	0.504	
59	JES 4936 PY01 T - 59	0.962	
60	JES 4936 PY01 T - 60	1.320	
61	JES 4936 PY01 T - 61	0.548	
62	JES 4936 PY01 T - 62	0.384	
63	JES 4936 PY01 T - 63	0.444	
64	JES 4936 PY01 T - 64	0.190	
65	JES 4936 PY01 T - 65	0.206	
66	JES 4936 PY01 T - 66	0.236	
67	JES 4936 PY01 T - 67	0.246	
68	JES 4936 PY01 T - 68	0.390	
69	JES 4936 PY01 T - 69	0.360	
70	JES 4936 PY01 T - 70	0.358	
71	JES 4936 PY01 T - 71	0.410	
72	JES 4936 PY01 T - 72	0.388	
73	JES 4936 PY01 T - 73	0.350	
74	JES 4936 PY01 T - 74	1.026	
75	JES 4936 PY01 T - 75	0.824	
76	JES 4936 PY01 T - 76	1.032	
77	JES 4936 PY01 T - 77	0.020	
78	JES 4936 PY01 T - 78	0.682	
79	JES 4936 PY01 T - 79	0.690	
80	JES 4936 PY01 T - 80	0.918	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 11. Reporte de leyes (81-99)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FIGMM - ESCUELA DE GEOLOGIA**

**REPORTE DE LEYES**



BANCO: 4936

FECHA:

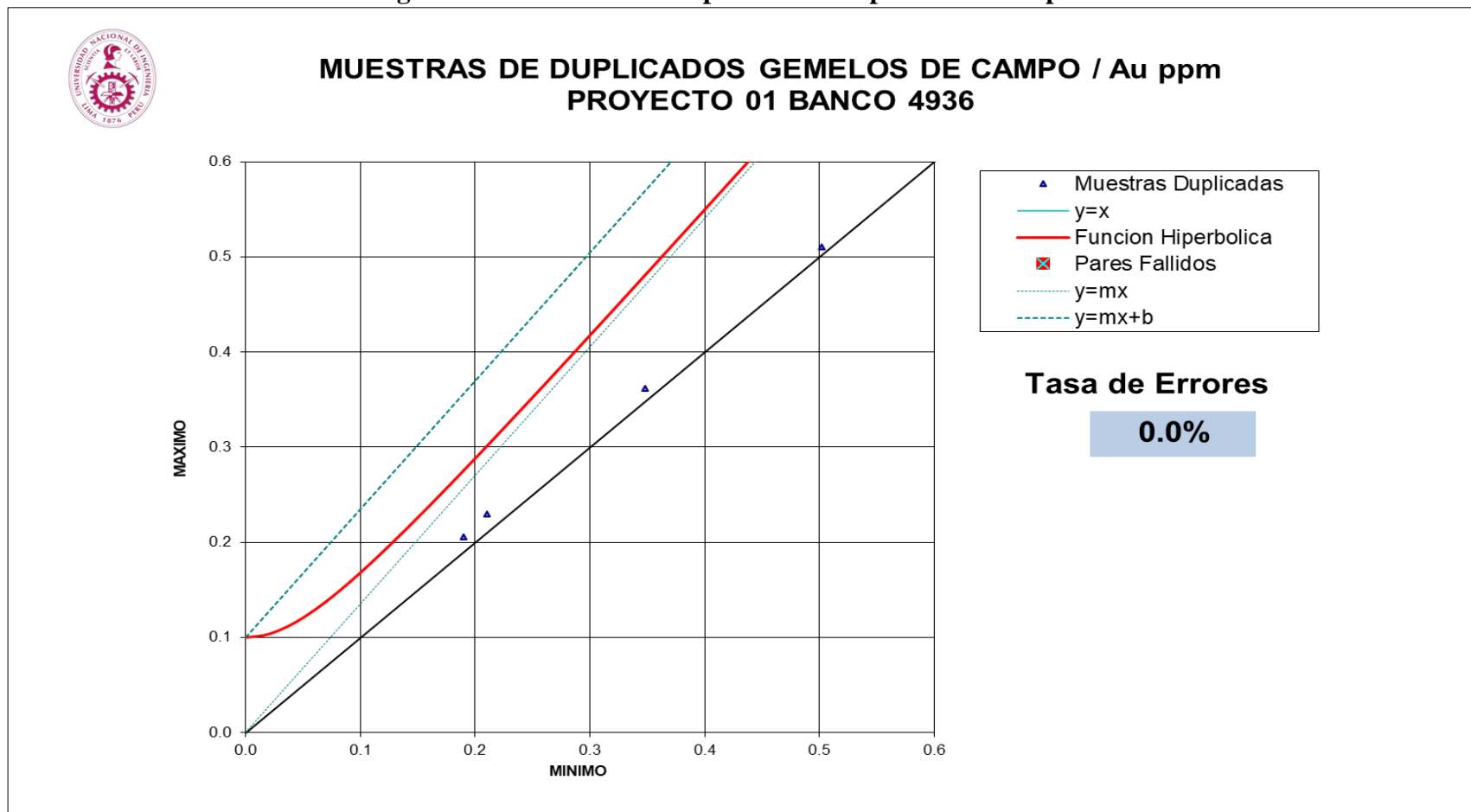
PROYECTO: 01

TURNO:

ITEM	CODIGO	Au (g/t)	Ag_ppm
81	JES 4936 PY01 T - 81	0.590	
82	JES 4936 PY01 T - 82	0.828	
83	JES 4936 PY01 T - 83	0.502	
84	JES 4936 PY01 T - 84	0.510	
85	JES 4936 PY01 T - 85	0.502	
86	JES 4936 PY01 T - 86	0.678	
87	JES 4936 PY01 T - 87	0.388	
88	JES 4936 PY01 T - 88	0.596	
89	JES 4936 PY01 T - 89	0.078	
90	JES 4936 PY01 T - 90	0.632	
91	JES 4936 PY01 T - 91	0.631	
92	JES 4936 PY01 T - 92	0.722	
93	JES 4936 PY01 T - 93	1.214	
94	JES 4936 PY01 T - 94	0.716	
95	JES 4936 PY01 T - 95	1.096	
96	JES 4936 PY01 T - 96	0.326	
97	JES 4936 PY01 T - 97	1.490	
98	JES 4936 PY01 T - 98	0.020	
99	JES 4936 PY01 T - 99	1.032	

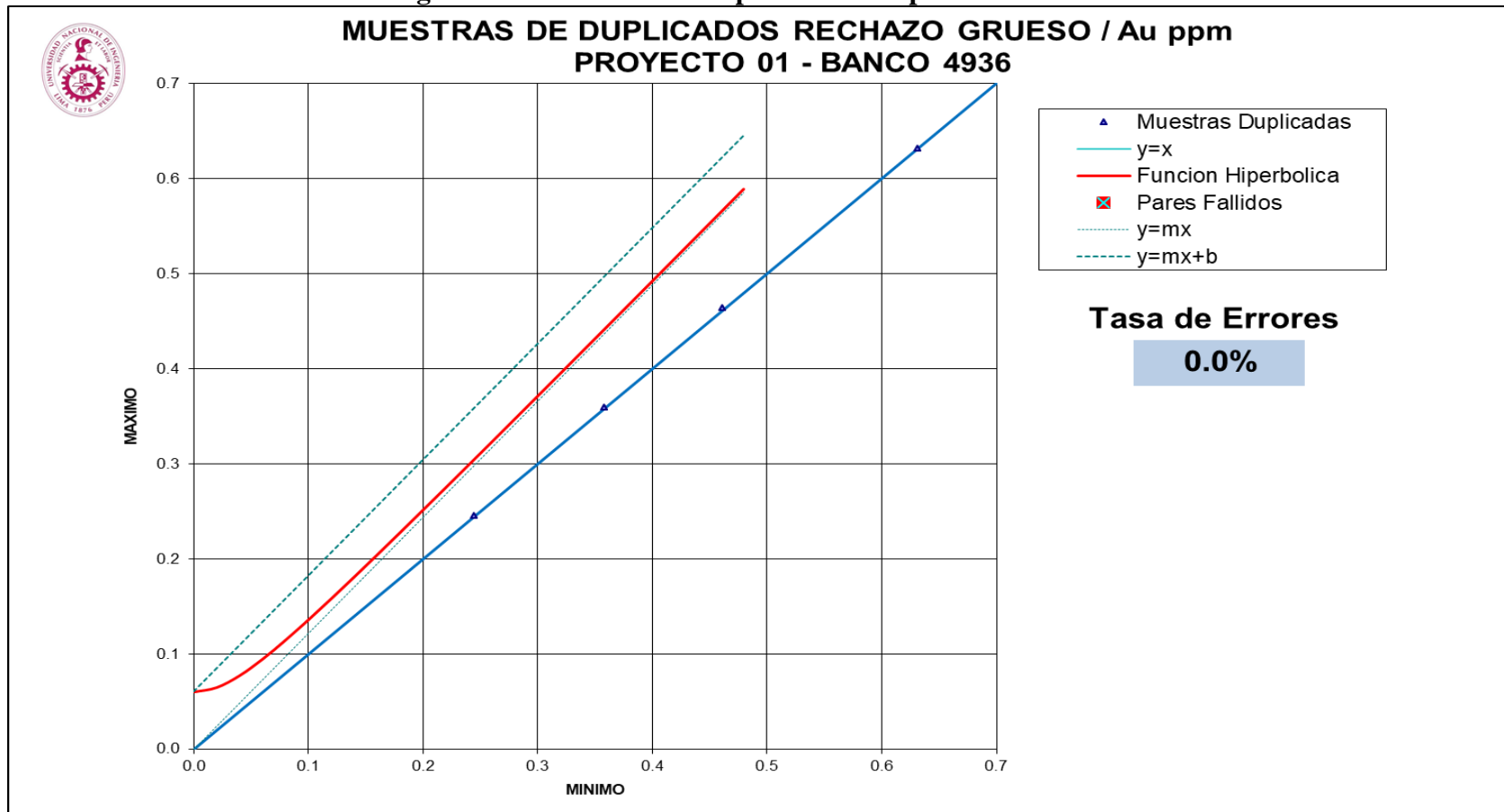
Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Evaluación de la precisión – duplicado de campo Au



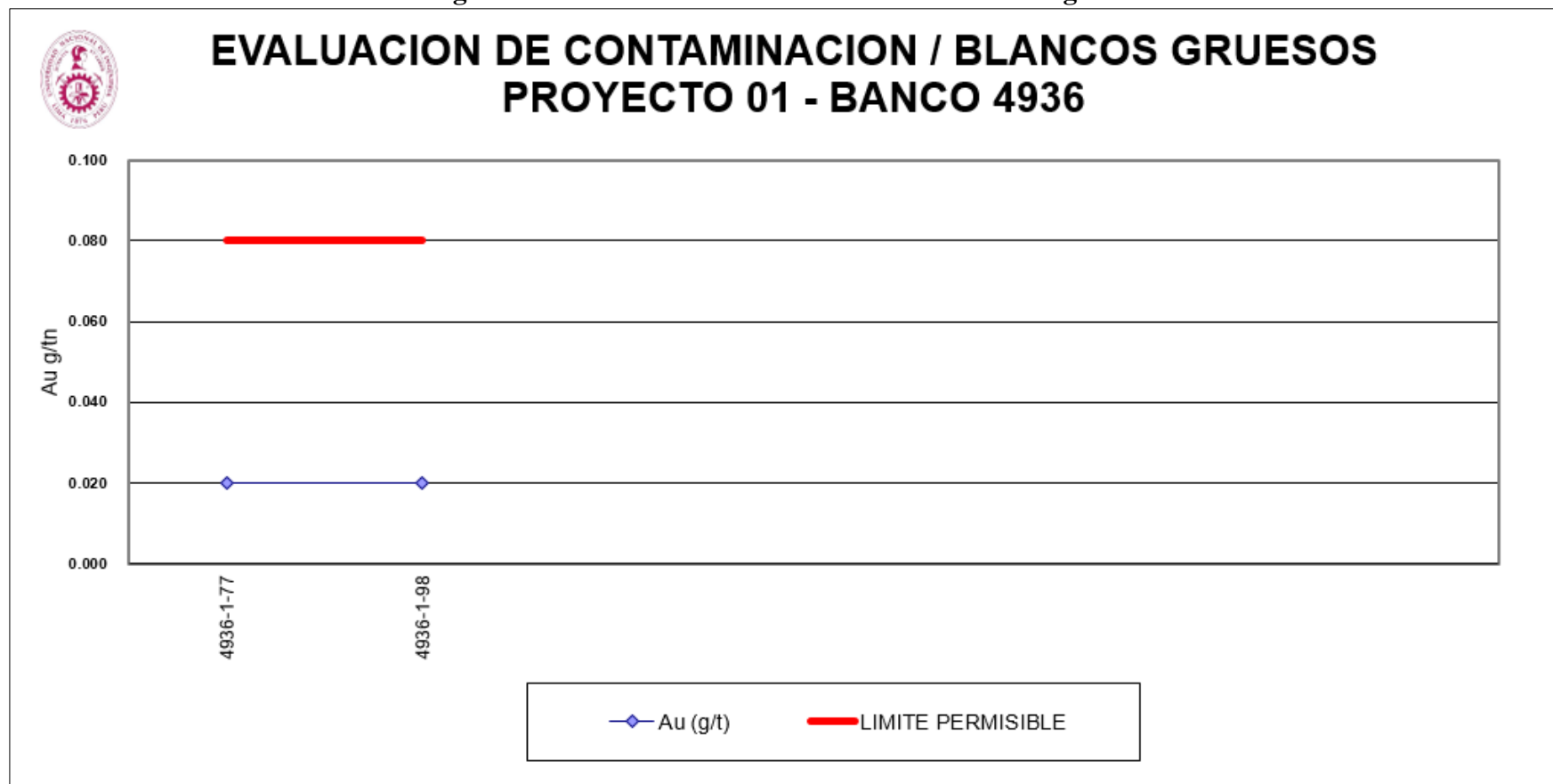
Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Evaluación de la precisión – duplicado de rechazo



Fuente: Elaboración propia

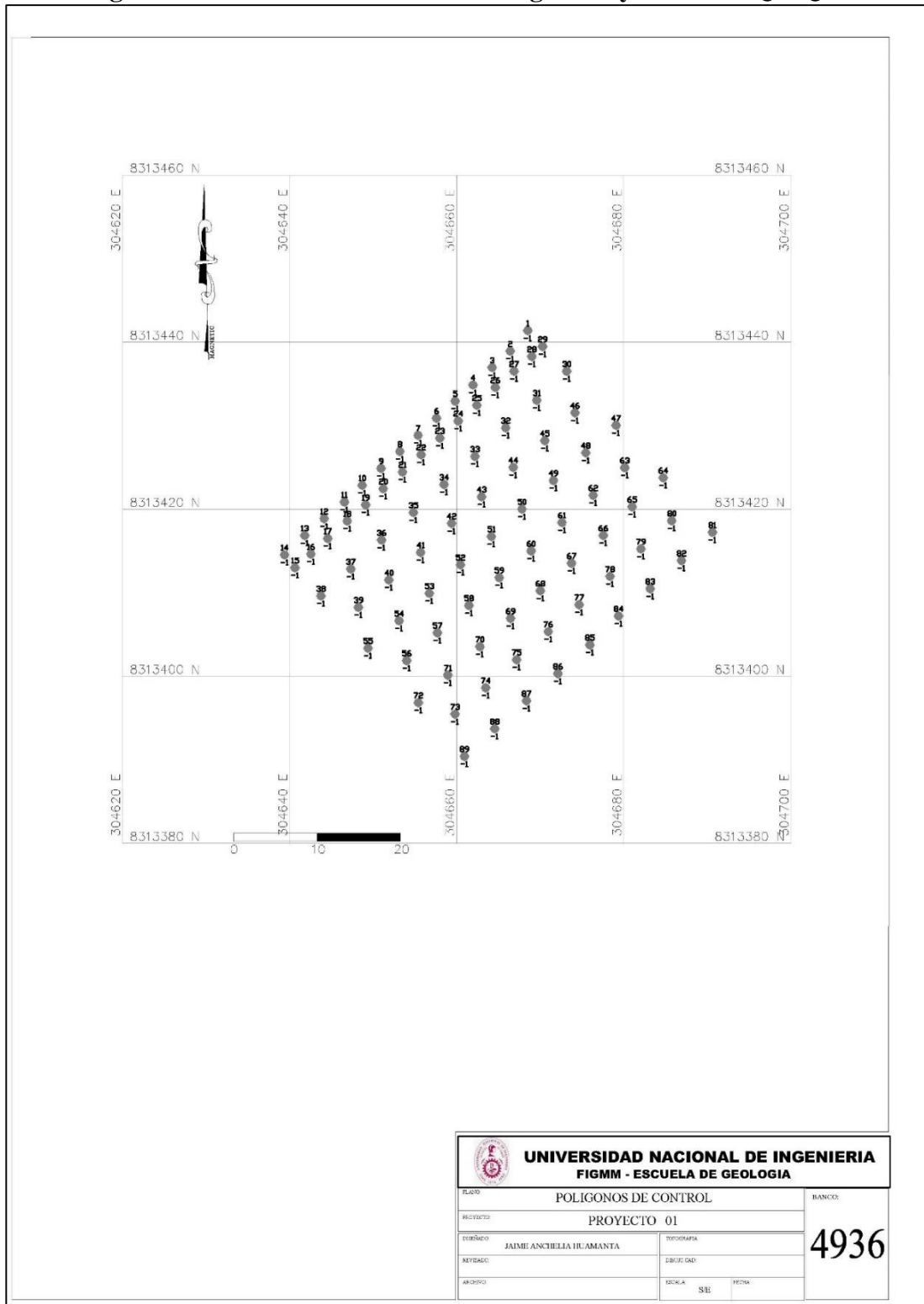
Figura 14. Evaluación de la contaminación – blanco grueso




Fuente: Elaboración propia



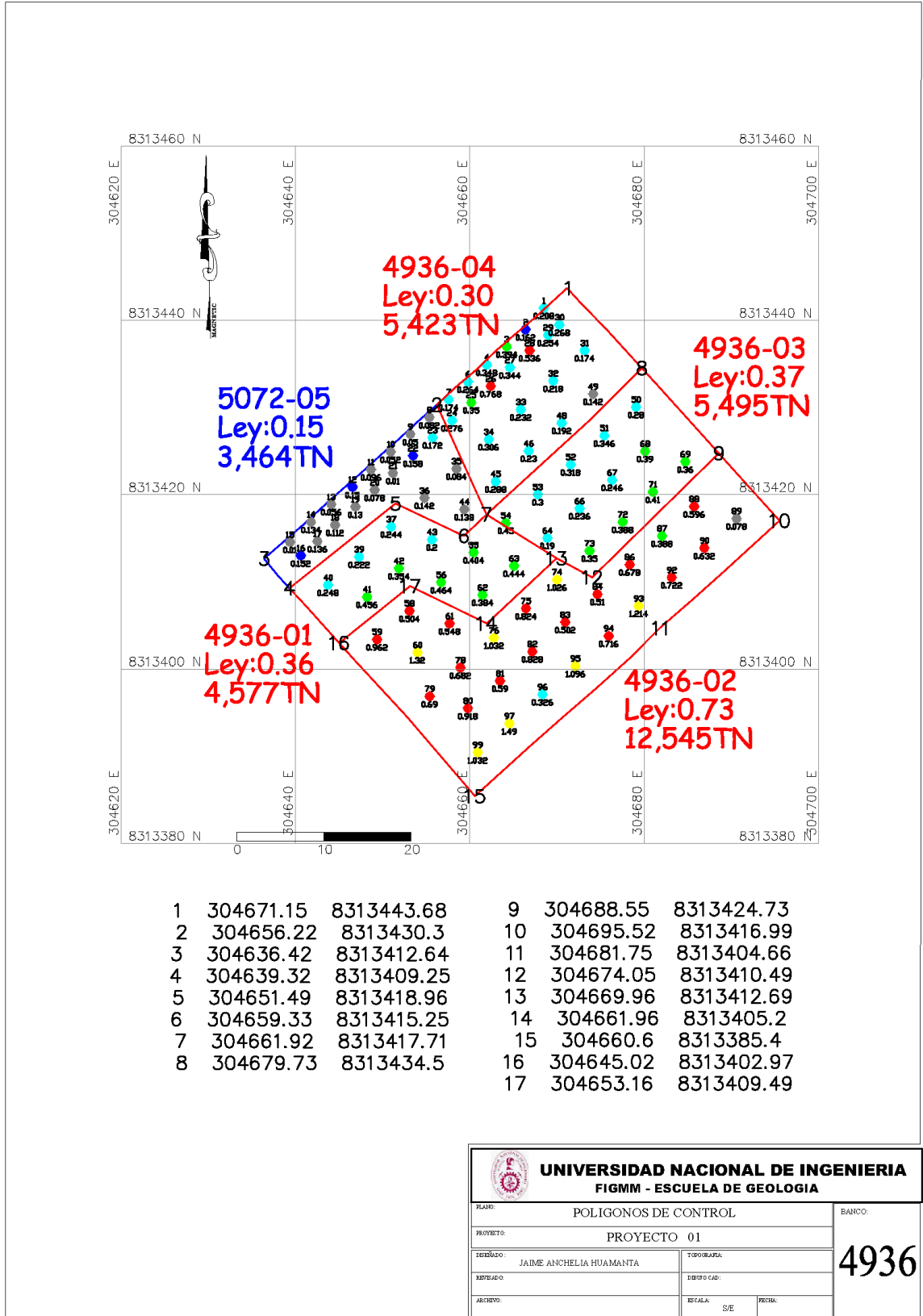
**Figura 15. Distribución de muestras regulares y controles QA/QC**




 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FIGMM - ESCUELA DE GEOLOGIA</b>		<b>4936</b>
TÍTULO: POLIGONOS DE CONTROL		
PROYECTO: PROYECTO 01		
DISEÑADO: JAIME ANCHILLA HUAMANTA	TOPOGRAFIA:	
REVISADO:	DISEÑO DADO:	ESCALA:
APROBADO:	FECHA:	

Fuente: Elaboración propia

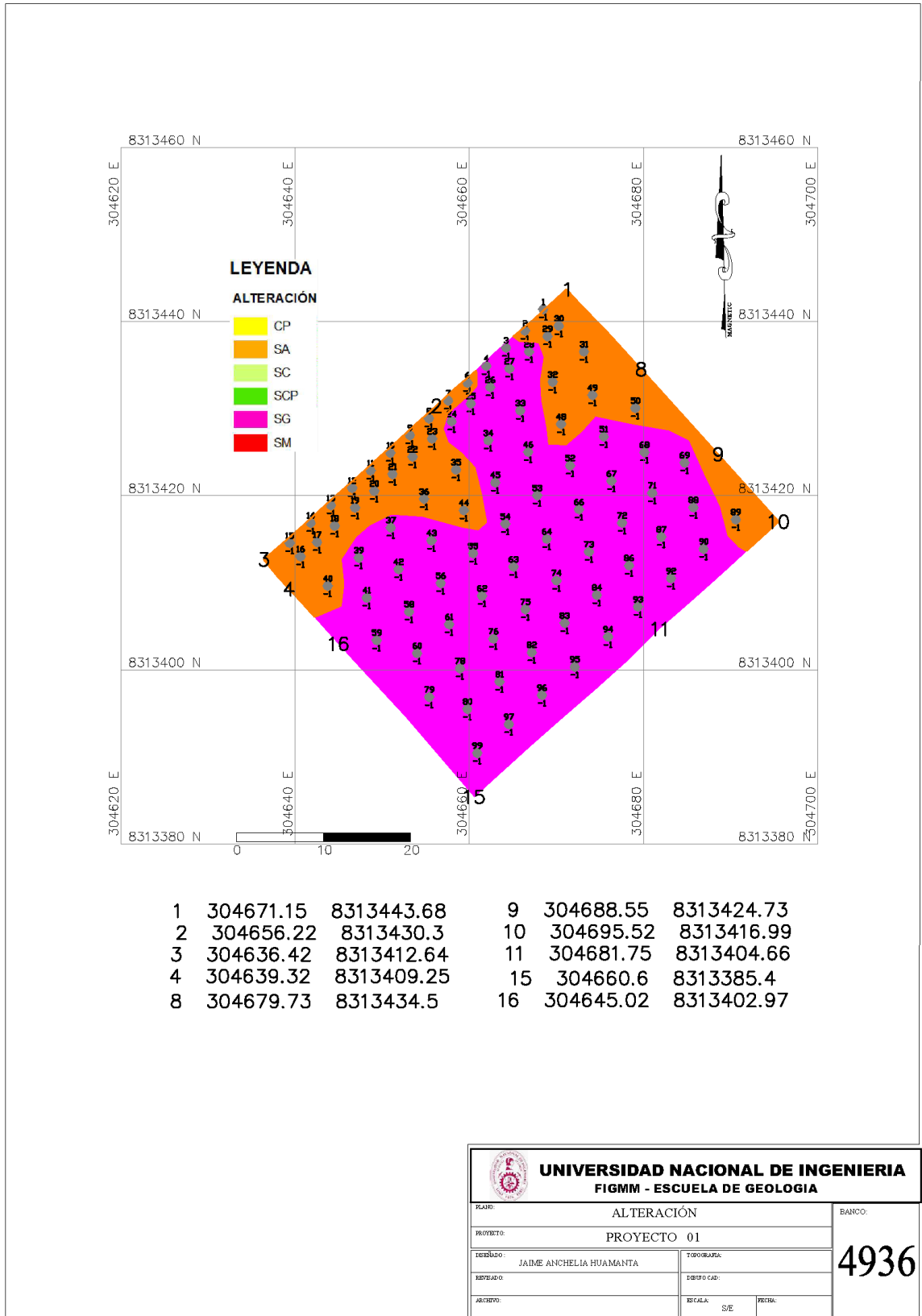
Figura 16. Polígonos de control



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> FIGMM - ESCUELA DE GEOLOGIA		
PLANO:	POLIGONOS DE CONTROL	BANCO:
PROYECTO:	PROYECTO 01	<b>4936</b>
DESEÑADO:	JAIME ANCHELIA HUAMANTA	
REVISADO:		
ARCHIVO:		
	TOPOGRAFIA:	
	DIBUJO CAD:	
	ESCALA:	S/E
	FECHA:	

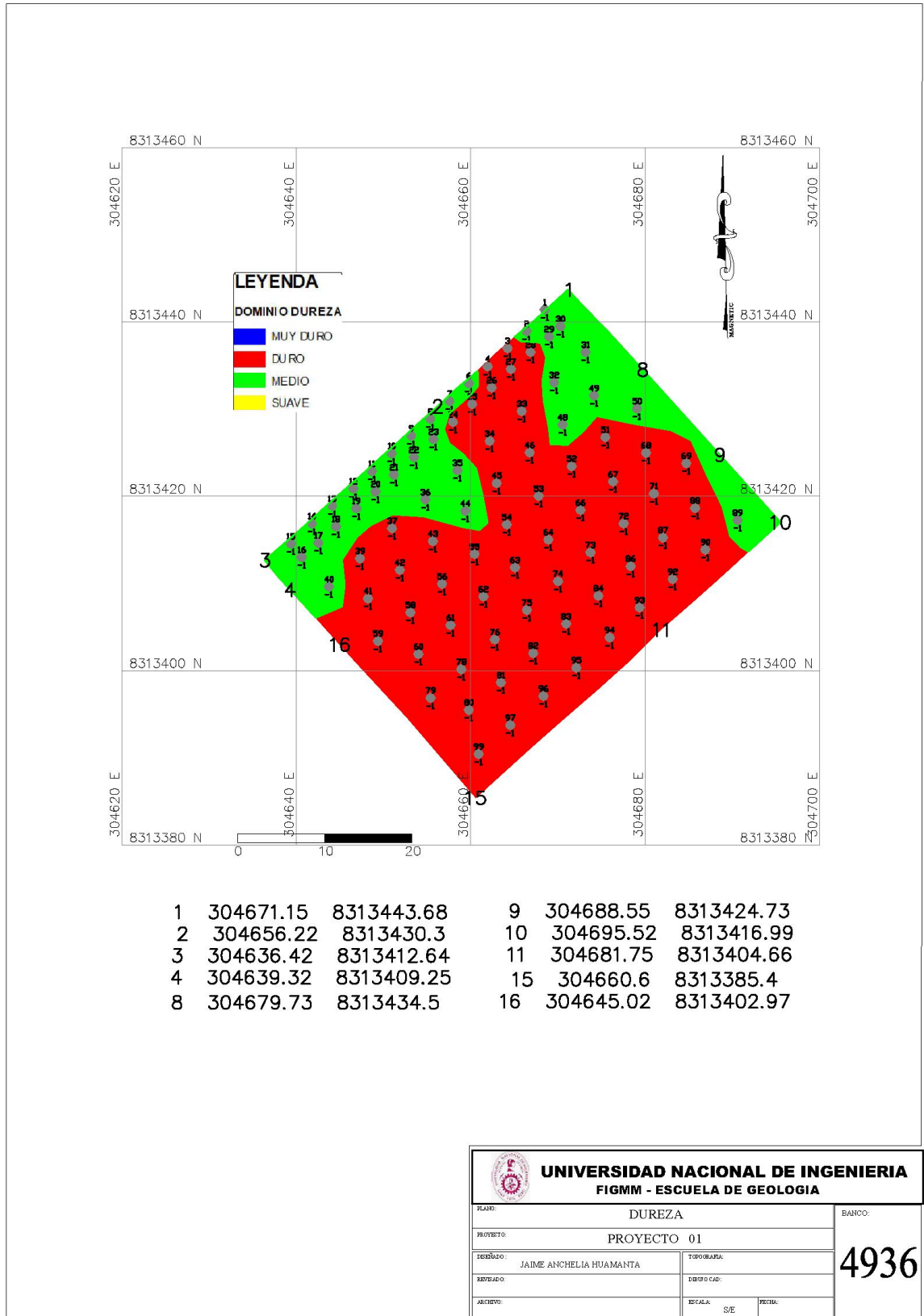
Fuente: Elaboración propia

**Figura 17. Registro de alteración**




Fuente: Elaboración propia

**Figura 18. Registro de dureza**



Fuente: Elaboración propia

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FIGMM - ESCUELA DE GEOLOGIA</b>		
PLANO:	DUREZA	BANCO:
PROYECTO:	PROYECTO 01	4936
DESEÑADO:	JAI ME ANCHELIA HUAMANTA	
REVISADO:		
ARCHIVO:		
ESCALA: SE		FECHA: