

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS CONTABLES Y ADMINISTRATIVAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

BENEFICIOS ECONÓMICOS DEL QA/QC EN EL MUESTREO Y ANÁLISIS PARA LA ESTIMACION DE RECURSOS DEL PROYECTO QUECHER MAIN – CAJAMARCA 2018

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: ADMINISTRACIÓN Y GERENCIA EMPRESARIAL

Presentada por:

Bachiller: FIDEL NAPOLEÓN BRINGAS SALAZAR

Asesor:

Dr. MIGUEL ÁNGEL MACETAS HERNÁNDEZ

Cajamarca, Perú

2022

COPYRIGHT © 2022 by
FIDEL NAPOLEÓN BRINGAS SALAZAR
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS CONTABLES Y ADMINISTRATIVAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

BENEFICIOS ECONÓMICOS DEL QA/QC EN EL MUESTREO Y ANÁLISIS PARA LA ESTIMACION DE RECURSOS DEL PROYECTO QUECHER MAIN – CAJAMARCA 2018

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: ADMINISTRACIÓN Y GERENCIA EMPRESARIAL

Presentada por:

Bachiller: FIDEL NAPOLEÓN BRINGAS SALAZAR

JURADO EVALUADOR

Dr. Miguel Ángel Macetas Hernández
Asesor

Dr. Marco Antonio Pajares Arana
Jurado Evaluador

Dr. Alejandro Vásquez Ruiz
Jurado Evaluador

Dr. Rosel Burga Cabrera
Jurado Evaluador

Cajamarca, Perú

2022



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 000-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERÚ



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

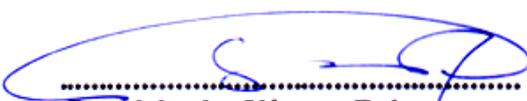
Siendo las 10:00 am horas, del día 17 de noviembre de dos mil veintidos, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. MARCO ANTONIO PAJARES ARANA**, **Dr. ALEJANDRO VASQUEZ RUIZ**, **Dr. ROSEL BURGA CABRERA**, y en calidad de Asesor el **Dr. MIGUEL ANGEL MACETAS HERNANDEZ** Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: **"BENEFICIOS ECONÓMICOS DEL QA/QC EN EL MUESTREO Y ANALISIS PARA LA ESTIMACION DE RECURSOS DEL PROYECTO QUECHER MAIN – CAJAMARCA 2018"**; presentado por el Bachiller en Ingeniería Geológica, **FIDEL NAPOLEÓN BRINGAS SALAZAR**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó Apto..... con la calificación de 17 Diecinueve (Suficiente)..... la mencionada Tesis; en tal virtud, el Bachiller en Ingeniería Geológica, **FIDEL NAPOLEÓN BRINGAS SALAZAR**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Económicas Contables Administrativas, con Mención en **ADMINISTRACIÓN Y GERENCIA EMPRESARIAL**.

Siendo las 11:00 am horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Miguel Ángel Macetas Hernández
Asesor


.....
Dr. Marco Antonio Pajares Arana
Jurado Evaluador


.....
Dr. Alejandro Vásquez Ruiz
Jurado Evaluador


.....
Dr. Rosel Burga Cabrera
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A mis queridos hijos “Daniela Paola Bringas Chávez” y “Joaquín Oswaldo Bringas Chávez”, a mi esposa “Elena Michel Chávez Cuadros” y a mis padres “Oswaldo Eugenio Bringas Pando” (†) y “Lidia Rosa Salazar Salazar”, ya que todos ellos son el motivo de mi inspiración para seguir superándome día a día.

El autor

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Cajamarca, a la Escuela de Postgrado, a todos los docentes ya que en todo momento mostraron su capacidad y dedicación continua, a mi asesor el Dr. Miguel Ángel Macetas por su apoyo en el desarrollo de mi tesis, a mi madre por tenerla como ejemplo de esfuerzo y perseverancia para conseguir lo que uno desea, a mi padre que siempre me ve y protege desde el cielo, a mi esposa y mis hijos por ser uno de los motivos más importantes de mi desarrollo y a mis hermanos por su apoyo emotivo en todo momento.

El autor

“La inteligencia consiste no sólo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica”

Aristóteles

“El conocimiento es poder”

Francis Bacon

“Todo parece imposible hasta que se hace”

Nelson Mandela

ÍNDICE

ÍNDICE.....	vii
INDICE DE TABLAS	xiii
INDICE DE FIGURAS	xv
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	xv
GLOSARIO	xix
RESUMEN	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	xxii
CAPÍTULO I.....	1
PLAN DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 El problema de Investigación.....	1
1.1.1 Planteamiento del Problema	1
1.1.1.1 Contextualización	1
1.1.1.2 Descripción del problema	2
1.1.1.3 Formulación del problema	4
1.1.2 Justificación e importancia de la Investigación	4
1.1.2.1 Justificación Científica.....	4
1.1.2.2 Justificación Técnica-Práctica.....	5
1.1.2.3 Justificación Institucional.....	5
1.1.2.4 Justificación Personal.....	5

1.1.3	Delimitación de la investigación.....	6
1.1.4	Objetivo (s) de la investigación	6
1.1.4.1	Objetivo General.....	6
1.1.4.2	Objetivos Específicos.....	6
CAPÍTULO II		7
MARCO TEÓRICO		7
2.1	Antecedentes de la investigación o marco referencial:	7
2.1.1	Internacional	8
2.1.2	Nacional.....	10
2.1.3	Local.....	11
2.2	Marco Doctrinal - Teorías sobre QA/QC y Evaluación de Recursos Minerales	12
2.3	Marco conceptual.....	15
2.3.1	QA/QC.....	15
2.3.2	Recursos Minerales	16
2.3.3	Beneficio Económico	17
2.3.4	Validación de Datos	19
2.4	Definición de términos básicos	19
2.4.1	Precisión	19
2.4.2	Exactitud.....	20
2.4.3	Contaminación	21
2.4.4	Estándares	21

2.4.5	Duplicados	22
2.4.6	Blancos (Gruesos y Finos).....	22
2.4.7	Inserción de Controles	23
2.4.7.1	Sesgo	26
2.4.7.2	Datos Anómalos (Outliers).....	27
2.4.8	Medidas de Dispersión	28
2.4.8.1	Rango Muestral	28
2.4.8.2	Cuartiles y otros personajes.....	28
2.4.9	Estimación de Recursos y Reservas	30
2.4.10	Ley de Corte (Cut – Off)	31
CAPÍTULO III		32
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS		32
3.1	Hipótesis	32
3.1.1	Hipótesis General	32
3.1.2	Hipótesis Específicas.....	32
3.1.3	Variables / Categoría	33
CAPÍTULO IV		34
MARCO METODOLÓGICO		34
4.1	Ubicación Geográfica:	34
4.2	Diseño de Investigación:.....	34
4.2.1	Diseño de Investigación no Experimental	34

4.3	Método de Investigación:	35
4.3.1	Método Inductivo - Deductivo.....	35
4.4	Tipo de Investigación	36
4.4.1	Transaccional Correlacional Causal.....	36
4.5	Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación:	36
4.6	Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	37
4.7	Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	37
4.8	Matriz de Consistencia Metodológica	38
CAPÍTULO V		39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		39
5.1	Resultados:.....	39
5.1.1	Recopilación de Datos:.....	39
5.2	Análisis, Interpretación y discusión de resultaos:	48
5.2.1	Duplicados de Campo (Field Split):.....	48
5.2.2	Duplicados de Preparación (Prep):.....	50
5.2.3	Duplicados de Pulpa (Pulp):	52
5.2.4	Blanco Grueso (B):.....	53
5.2.5	Blanco de Preparación (P):	54
5.2.6	Estándar de control AUOX_07:	55
5.2.7	Estándar de control AUOX_11:	56

5.3	Evaluación de Costos en perforación, preparación y análisis en muestras regulares, duplicados, blancos y estándares:	57
5.4	Estimación de Recursos:.....	63
5.5	Contrastación de Hipótesis:	67
	CONCLUSIONES.....	68
	RECOMENDACIONES.....	69
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
	ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestras de control mínimo requerido para QAQC.....	25
Tabla 2. Matriz de Operacionalización de Variables.....	33
Tabla 3. Matriz de Consistencia.....	38
Tabla 4. Taladros, metraje y número de muestras durante la campaña de perforación 2017-2018.....	39
Tabla 5. Total análisis por oro (Au), plata (Ag) y cobre (Cu) durante la campaña de perforación 2017 – 2018.....	42
Tabla 6. Muestras duplicadas en campaña de perforación 2017-2018.....	44
Tabla 7. Muestras estándares en campaña de perforación 2017 – 2018.....	45
Tabla 8. Muestras de control en campaña de perforación 2017 – 2018.....	46
Tabla 9. Ratio de inserción de muestras de control.....	48
Tabla 10. Ecuación y tabla de Regresión para las muestras de control duplicados Field Split.....	49
Tabla 11. Ecuación y tabla de Regresión para las muestras de control duplicados de Prep.....	50
Tabla 12. Ecuación y tabla de Regresión para las muestras de control duplicados de Pulp.....	52
Tabla 13. Muestras Estándares en campaña de Perforación 2017 – 2018.....	57
Tabla 14. Costo de Perforación.....	58
Tabla 15. Costo de Muestras Regulares.....	58

Tabla 16. Costo de Muestras Duplicadas.....	59
Tabla 17. Costo de Muestras Estándar.....	60
Tabla 18. Costo de perforación, muestras regulares, duplicadas y estándar	61
Tabla 19. Presupuesto total del programa de perforación y análisis de muestras.....	62
Tabla 20. Presupuesto de análisis.....	62
Tabla 21. Presupuesto de QAQC en base al presupuesto de análisis.....	63
Tabla 22. Área y Volumen por rango de leyes en la campaña de perforación 2017 – 2018...	65
Tabla 23. Área y Volumen por rango de leyes en la campaña de perforación 2017 – 2018...	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de tipo de Sesgo.....	27
Figura 2. Representación gráfica del Rango.....	28
Figura 3. Diagrama de caja, mostrando la distribución de cuartiles.....	29
Figura 4. Gráfico de Secuencia de Recursos y Reservas.....	31
Figura 5. Gráfico de tipos de Cutoff en proyectos avanzados.....	31
Figura No. 6. Ubicación de Proyecto Minero.....	34
Figura No. 7. Taladros perforados en la campaña de perforación 2017-2018.....	40
Figura No. 8. Histograma de profundidad por taladro.....	40
Figura No. 9. Muestras regulares durante campaña de perforación 2017-2018.....	41
Figura No. 10. Histograma de muestras por taladro.	41
Figura No. 11. Taladros mostrando el muestreo regular.....	42
Figura No. 12. Histograma de análisis por taladro.....	43
Figura No. 13. Histograma de muestras Duplicadas.....	44
Figura No. 14. Ubicación de muestras duplicadas en campaña de perforación 2017- 2018.....	44
Figura No. 15. Histograma de muestras Estándares.....	45
Figura No. 16. Ubicación de muestras estándar en campaña de perforación 2017-2018....	46
Figura No. 17. Histograma de Muestras de Control.	47
Figura No. 18. Ubicación de muestras duplicadas y estándar.....	47

Figura No. 19. Gráfico de dispersión de muestras originales vs muestras duplicas Field Split.....	48
Figura No. 20. Evaluación de pares fallidos mediante el método hiperbólico para duplicados de Campo (Field Split).....	49
Figura No. 21. Gráfico de dispersión de muestras originales vs muestras duplicas Prep.....	50
Figura No. 22. Evaluación de pares fallidos mediante el método hiperbólico para duplicados de preparación (Prep).....	51
Figura No. 23. Gráfico de dispersión de muestras originales vs muestras duplicas Pulp.....	52
Figura No. 24. Evaluación de pares fallidos mediante el método hiperbólico para duplicados de pulpa (Pulp).....	53
Figura No. 25. Control estándar B (Blanco Grueso).....	54
Figura No. 26. Gráfico de muestra de control del estándar P (Blanco Preparación).....	55
Figura No. 27. Gráfico de muestra de control del estándar AUOX-07.....	55
Figura No. 28. Gráfico de muestra de control del estándar AUOX-11.....	56
Figura No. 29. Presupuesto total del programa de perforación y análisis de muestras.....	62
Figura No. 30. Presupuesto de muestras de análisis.....	63
Figura No. 31. Solidos de control de mineral mediante el método del Kriging (Vista en planta).....	64
Figura No. 32. Solidos de control de mineral mediante el método del Kriging (Vista de Perfil).	64
Figura No. 33. Curva Tonelaje Ley.....	65

Figura No. 34. Preparación de muestras de sondajes de perforación.....	74
Figura No. 35. Sondaje de Perforación.....	74
Figura No. 36. Perforación, extracción de muestra, sondaje y muestreo.....	75
Figura No. 37. Muestras tipo pulpa de producto de los análisis.....	75
Figura No. 38. Herramienta de Recolección de Muestreo Plantilla.....	76
Figura No. 39. Herramienta de recolección de muestreo con registros.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

- **JORC:** Joint Ore Reserves Committee.
- **NI 43-101:** National Instrument 43-101 (Instrumento Nacional 43-101).
- **QA/QC:** Quality Assurance / Quality Control (Aseguramiento de la Calidad / Control de Calidad).
- **VPN:** Valor Presente Neto.

GLOSARIO

- **Análisis de muestras de core (Rocas):** Método por el cual se determina los componentes químicos de una muestra de roca.
- **Core:** Muestra de roca que se obtiene por producto de la perforación diamantina.
- **Estimación de Recursos:** Código que informa sobre los Recursos y Reservas Minerales de un Yacimiento.
- **JORC:** Código que informa sobre los Recursos y Reservas Minerales de un Yacimiento.
- **Muestreo de core (Rocas):** Método por el cual se extrae la mitad del core para su análisis.
- **NI 43-101N:** Código que informa sobre los Recursos y Reservas Minerales de un Yacimiento.
- **QA/QC:** Método que garantiza la mayor confiabilidad para estimación de Recursos Minerales.
- **Recurso Mineral:** Concentración natural de algún elemento o compuesto en la corteza terrestre.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se basa en aplicar el método del QA/QC (QA: Aseguramiento de Calidad / QC: Control de calidad) en el control de análisis de una campaña de perforación y en los beneficios económicos que nos puede traer el aplicar dicho método. Durante la campaña de perforación del 2017 al 2018 se perforaron 20 taladros, obteniendo de estos 6985.20 mts de core perforados y 3762 muestras. Como muestras de QA/QC se utilizaron 339 muestras de control (196 muestras duplicadas y 143 muestras estándares) que hacen un ratio de inserción del 9.057%. La evaluación de las muestras duplicadas se hizo al 100% (196 muestras), mientras que de las tipo estándar se realizó al 95.80% (136 muestras), ya que de los 7 tipos de estándar 4 de estas son mayores a 10 muestras y estas si son representativas para una evaluación como esta. La evaluación de los duplicados se basa en la comparación de la correlación, mientras que la de los estándares se basa en el ajuste a la segunda desviación estándar. La evaluación total de los duplicados y estándares nos dio un error relativo del 3.02% y un sesgo del 2.13. La evaluación de los duplicados y estándares nos indica en el cálculo de la estimación de recursos una sub estimación o sobre estimación del 3.02%. Este dato es algo que nos asegura en qué porcentaje de error puede variar nuestros resultados ya que es un valor calculado y no asignado.

Palabras clave: QA (Aseguramiento de Calidad), QC (Control de Calidad), perforación, taladro, core, muestra duplicada, muestra estándar, correlación, desviación estándar, estimación de recursos, beneficio económico y error relativo.

ABSTRACT

The present research work is based on applying the method of QA / QC (QA: Quality Assurance / QC: Quality Control) in the control of analysis of a drilling campaign and the economic benefits that can be applied by applying said method. During the drilling campaign from 2017 to 2018, 20 drills were drilled, obtaining from these 6985.20 meters of core drilled and 3762 samples. As QA / QC samples, 339 control samples (196 duplicate samples and 143 standard samples) were used, making an insertion rate of 9.057%. The evaluation of the duplicate samples was made at 100% (196 samples), while the standard type was carried out at 95.80% (136 samples), since of the 7 types of standard 4 of these are greater than 10 samples and these if they are representative for an evaluation like this. The evaluation of the duplicates is based on the comparison of the correlation, while that of the standards is based on the adjustment to the second standard deviation. The total evaluation of the duplicates and standards gave us a relative error of 3.02% and a bias of 2.13. The evaluation of duplicates and standards indicates in the calculation of the estimate of resources a sub estimate or an estimate of 3.02%. This data is something that assures us in what percentage of error our results can vary since it is a calculated value and not assigned.

Keywords: QA (Quality Assurance), QC (Quality Control), drilling, drilling, core, duplicate sample, standard sample, correlation, standard deviation, resource estimation, economic benefit and relative error.

INTRODUCCIÓN

La presente Investigación titulada “Beneficios económicos mediante el proceso de QA/QC en el Muestreo y Análisis para la Estimación de Recursos de un Proyecto Minero – Cajamarca 2018” esta aplicada a evaluar la estimación de Recursos minerales mediante el proceso del QA/QC (Aseguramiento de Calidad y Control de Calidad).

En el capítulo I se describe el planteamiento del problema, la justificación e importancia del problema, delimitación de la investigación y objetivos de la investigación.

En el capítulo II se ha desarrollado todo lo referente al Marco Teórico, como antecedentes de la investigación, definición de términos, teorías de QA/QC (Aseguramiento de la Calidad / Control de Calidad) y Estimación de recursos.

En el capítulo III se ha desarrollado todo lo referente al planteamiento de la hipótesis general, específica y a la matriz de operacionalización de variables.

En el capítulo IV se ha desarrollado todo lo referente al marco metodológico como: ubicación geográfica del proyecto de investigación, diseño de investigación, método de investigación, tipo de investigación, técnicas de recopilación de datos, técnicas de procesamiento de datos y matriz de consistencia Metodológica.

En el capítulo V se ha desarrollado todo lo referente a los resultados y discusión de los resultados.

CAPÍTULO I

PLAN DE INVESTIGACIÓN

1.1 El problema de Investigación

1.1.1 Planteamiento del Problema

1.1.1.1 Contextualización

Tanto el costo como las ganancias de un proyecto minero se basan en la Estimación de sus Recursos, debido a ello la importancia del QA/QC (Aseguramiento de la Calidad / Control de Calidad) en las diferentes etapas de desarrollo de una mina.

El QA/QC (Aseguramiento de la Calidad / Control de Calidad) en la etapa de muestreo y análisis es una herramienta que nos ayuda a determinar los recursos minerales de una manera más óptima respecto a los que no las tienen.

Debido a ello es necesario realizar un análisis de esta etapa para brindar información veraz en la estimación de recursos.

Este problema surge en muchas empresas mineras que no cuentan con esta etapa y en otras que, si la tienen, pero no se han tomado el tiempo de evaluar dicho proceso.

Para hacer una buena estimación de los Recursos minerales se tendrá que aplicar el QA/QC (Aseguramiento de la Calidad / Control de Calidad) en el muestreo y análisis de muestras para obtener los mejores

resultados, los cuales serán aplicados mediante el ingreso de controles, como: duplicados de campo, blancos finos, blancos gruesos y estándares.

Con estos controles y una evaluación estadística, se determinará la confiabilidad de los resultados de las muestras, para ser utilizados en la estimación de Recursos minerales.

1.1.1.2 Descripción del problema

El QA/QC (Aseguramiento de Calidad y Control de calidad) realizado en el muestreo y el análisis de testigos de perforación es una de las etapas más importantes en el desarrollo de un Proyecto Geológico ya que esto sirven para brindar mayor veracidad a la estimación de los recursos minerales.

El proceso del QA/QC es utilizada hoy en día por muchas empresas mineras, pero todavía existen un grupo de empresas mineras que no la utilizan debido a que ven el proceso de QA/QC como un incremento de costos y no como un beneficio en la veracidad de sus resultados, ya que el no hacer esto puede llevar a la subestimación o sobrestimación de recursos.

Estos procesos se utilizan en todas las minas formales para corroborar los recursos que se están estimando. Este proceso nace el año 1997 a partir del gran fraude realizado por la Minera Bre-X Mineral

LTD en el yacimiento de Busang en Indonesia, lugar donde parte de las muestras fueron manipuladas para brindar otro tipo de resultados y poder vender el proyecto a un costo mucho más alto de lo que equivalía en ese momento.

El Perú al ser uno de los países en Sudamérica con mayores riquezas minerales hoy en día gran parte de las mineras utilizan el QA/QC como método de validación de su información para la estimación de sus recursos, pero muchas de las empresas de pequeña minería no aplican dicho método ya que la ven como un costo adicional en su proceso.

En el área de estudio del Proyecto Minero del distrito de Cajamarca se realiza el proceso de QA/QC, ya que es una de las herramientas más importantes para la estimación de recursos minerales.

El QA/QC en un proyecto minero puede ser utilizado desde la exploración hasta la última etapa que es el minado brindando legitimidad a sus resultados.

Hoy en día muchos de las grandes empresas que compran proyectos mineros exigen tener un estudio de QA/QC para verificar la veracidad de sus resultados, ya que el hecho de no tener un estudio de QA/QC conlleva a la desconfianza del comprador.

1.1.1.3 Formulación del problema

1.1.1.3.1 Problema general

¿Cuáles son los beneficios económicos a través del QA/QC en el muestreo y análisis para la Estimación de recursos del proyecto Quecher Main – Cajamarca 2018?

1.1.1.3.2 Problemas específicos

- ¿Porque calcular el modelo de Bloques en el cálculo de Estimación de Recursos Minerales?
- ¿Porque determinar la subestimación o sobrestimación de los Recursos Minerales?

1.1.2 Justificación e importancia de la Investigación

La investigación permitirá brindar información más certera al momento de realizar la estimación de recursos mineros.

1.1.2.1 Justificación Científica

La investigación permitió aplicar el método del QA/QC (Aseguramiento de la Calidad / Control de Calidad) en el muestreo y análisis de muestras para la Estimación de Recursos el cual nos ayudará al finalizar la aplicación una comparación de costos entre los resultados de reservas aplicando el método de QA/QC y sin aplicar el método de QA/QC con el fin de evaluar la sub estimación o sobrestimación de Recursos minerales.

1.1.2.2 Justificación Técnica-Práctica

La investigación permitió realizar una evaluación de los costos de los resultados del proyecto en base a una evaluación estadística de los resultados de las muestras de control y estándares, los cuales nos ayudan a determinar la precisión y exactitud de estos. Los resultados después de la evaluación nos permiten trabajar con datos más cercanos a la realidad los que definen la estimación de Recursos Mineros reales y no los sub estimados o sobrestimados.

1.1.2.3 Justificación Institucional

La investigación permitió al área de Geología y al área de Modelamiento de Recursos Mineros obtener información validada por el método del QA/QC para la estimación de Recursos Mineros.

1.1.2.4 Justificación Personal

La investigación ayudó en la ampliación de mis conocimientos acerca del QA/QC y la Estimación de Recursos Mineros en los distintos tipos de Yacimientos ya que este método puede ser utilizado de manera general en cualquier etapa de desarrollo de un proyecto minero. Así mismo servirá para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias en la Unidad de Postgrado de la Facultad de Ciencias Económicas, Contables y Administrativas de la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.1.3 Delimitación de la investigación

El proyecto minero Quecher Main se encuentra ubicado en la provincia y departamento de Cajamarca a 800 km al norte de la ciudad de Lima y a 45 km al norte de la ciudad de Cajamarca a una altura de 3,500 m.s.n.m a 4,100 m.s.n.m. lugar donde se desarrolló la campaña de perforación y muestreo del periodo 2017-2018.

1.1.4 Objetivo (s) de la investigación

1.1.4.1 Objetivo General

Determinar los Beneficios Económicos del QA/QC en el Muestreo y Análisis para la Estimación de Recursos de un Proyecto Minero – Cajamarca 2018.

1.1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar el modelo de Bloques para el cálculo de Estimación de Recursos Minerales. Determinar el modelo de bloques para el cálculo de estimación de recursos minerales.
- Evaluar la subestimación o sobrestimación de los Recursos Minerales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación o marco referencial:

El método del QA/QC la estimación de Recursos es una herramienta que se utiliza en su totalidad a escala de mediana y gran minería, el método nos permite acercarnos más a la dimensión exacta de los recursos minerales que se están encontrando, es así que empresas de nivel Internacional como Goldfields, Newmont, Barrick, Angloamerican y otras más aplican dicho método para asegurar el tamaño de sus recursos, tenemos Proyectos mineros como “South Deep” (Mina de Oro) en Sudáfrica perteneciente a Goldfields, “Cripple Creek & Victor Mine” (Mina de Oro y plata) en EE.UU perteneciente a Newmont Mining Corporation, “Pueblo Viejo” (Mina de Oro) en República Dominicana perteneciente a Barrick (60%) y Golcorp (40%), “Quellaveco” (Proyecto minero en desarrollo con minerales de Cobre) en Toquepala perteneciente a Angloamerica, Tantahuatay (Mina de Oro) en Cajamarca perteneciente a Buenaventura (50%) y Souther Cooper (50%) y otras más aseguran sus recursos con dicho método, pero lo esencial a esto es que este método sirve para desarrollarla no tan sólo en las etapas de desarrollo o minado de un Proyecto minero, sino que también puede ser usado desde las etapas de exploración.

Por ello hoy en día existen diversas investigaciones sobre este método en la Estimación de recursos Minerales, algunos autores sobre estas investigaciones mencionan lo siguiente respecto a:

2.1.1 Internacional

El QA/QC se ha implementado como estándar en el proceso de validación de análisis para la estimación de recursos minerales, ya que este brinda la confiabilidad de los resultados para procesos posteriores como la explotación.

Meza (2016) afirma que:

La importancia y el rol que cumple el QA/QC en el negocio minero, siendo bien usado pueden constituir una garantía de prevención de pérdidas económica en la cadena del valor del proceso minero. El muestreo incorrecto genera pérdidas ocultas que no aparecen en los cálculos de VAN o en la contabilidad, por lo tanto, la alta dirección no puede tomar conciencia de ellos. (p.25)

Jorquera (2016) afirma que:

Una evaluación financiera basada en suposiciones razonables de los factores modificadores y una evaluación de cualquier otro factor relevante, los cuales son suficientes para que una persona competente pueda determinar si todo o parte del recurso mineral pueda ser clasificado como reserva mineral.

Esta información está basada en estudios detallados y sustentados, en la cual la continuidad geológica, los controles estructurales, el tipo de alteración, la mineralización y la estimación y categorización de recurso han sido validadas en base diferentes criterios, por ejemplo; adecuada

densidad de muestreo, análisis químicos, pruebas metalúrgicas, entre otras. A su vez la calidad de estos datos debe estar respaldada por procedimientos de aseguramiento de calidad y control (QA/QC). (p.54)

Zúñiga (2016) afirma que:

Este Modelo Geo-Minero-Metalúrgico basa su realización, contenido, certidumbre, incertidumbre y errores en los datos y/o muestras recogidos por los profesionales a cargo en su elaboración, es por ello que deben someterse a un proceso de control de calidad o QA/QC al momento de su obtención y análisis, ya que la no representatividad de las muestras implica poca validez del modelo y con ello la destrucción del valor de un activo. (p.44)

Matullic (2015) afirma que:

El control de calidad (QC) es un sistema de actividades técnicas rutinarias para identificar defectos, medir y controlar la calidad de una actividad o producto determinado, encontrando y eliminando fuentes de problemas de calidad por medio de herramientas correctivas y equipos, según los requerimientos del cliente. Por otra parte, el aseguramiento de calidad (QA) es un set de actividades de gestión planificadas y sistemáticas, que permiten asegurar la calidad de los procesos, mediante la prevención de defectos. (p.12)

2.1.2 Nacional

El Perú al ser un país minero con empresas peruanas y transnacionales que explotan metales y no metales, están obligados hoy en día a contar con un estudio de QAQC para poder cotizar sus acciones en la bolsa de lima y otras bolsas extranjeras del mundo, esto con el fin de brindar confiabilidad en sus resultados y ventas.

Guerrero (2015) afirma que:

Durante los últimos años se ha intensificado el nivel de exigencia de la industria, y especialmente de los bancos, las bolsas y los inversionistas, sobre la calidad de la información en que se basan los estimados de recursos y reservas. En consecuencia, ha aumentado la presión sobre las empresas mineras para que mejoren los procedimientos de Aseguramiento y Control de Calidad.

Además, resulta cada vez más evidente que para lograr niveles superiores de eficiencia en las operaciones, reflejadas en reconciliaciones más ajustadas es necesario identificar y eliminar o minimizar los errores inherentes al proceso de obtención de la información primaria. (p.187)

Candía (2015) afirma que:

Los recursos minerales son concentraciones de materiales sólidos (rocas o minerales), líquidos o gaseosos que existen en la corteza terrestre en forma, cantidad y calidad tales que tenga probabilidades racionales de una extracción económica potencialmente factible. La ubicación,

cantidad, ley, características geológicas y continuidad del recurso se estiman o interpretan a partir de información, evidencias y conocimientos geológicos específicos, exploraciones y muestreos, realizados con el apoyo de otras disciplinas auxiliares. (p.35)

Ccama (2017) afirma que:

La calidad de estimación de recursos y reservas depende de factores; Geológicos, Muestreo, Preparación y Análisis, Registro de los Datos, Métodos de Procesamiento de Datos. Casi todas las empresas mineras cuentan con un área de Control y Aseguramiento de calidad, que verifica y ayuda a optimizar la calidad de información, para evitar sobreestimar sus propios recursos. (p.92)

2.1.3 Local

Cajamarca es una de las regiones con mayor potencial minero del Perú. En Cajamarca se encuentra uno de los yacimientos más grandes del mundo como es Yanacocha, este proyecto es operado por la empresa Newmont y así como otros es parte del proceso en el reporte de sus recursos mineros, contar con un estudio de QAQC.

Vélez (2015) afirma que:

El proceso de estimación de reservas y recursos geológicos, requiere un exigente y sistemático Control de Calidad (QA/QC) antes, durante y posterior a los procesos de toma de muestras, los que son auditables en

todas las etapas del proceso de muestreo, orientadas con las normas australianas JORC que valida su contenido metalífero a la Bolsa de Valores. (p.7)

Sánchez y Sánchez (2015) afirman que:

Las empresas dedicadas al rubro de exploraciones mineras, deben de contar con un sistema de control de calidad QA/QC, ya que éste permite cuantificar anomalías o errores teniendo más confiabilidad en los datos emitidos por laboratorio, dicha información es usado para la estimación de recurso minerales, pero esto no es para cuantificar leyes de mineral. En este sentido es importante implementar un sistema de control de calidad ya que con esto damos seguimiento y nos aseguramos que se reciban datos de alta calidad y confiabilidad por parte de los laboratorios. (p. 96)

2.2 Marco Doctrinal - Teorías sobre QA/QC y Evaluación de Recursos Minerales

Hoy en día las grandes empresas a fin de evaluar sus Recursos Minerales y saber que tan certera es la información que están obteniendo aplican métodos de certificación como el código el código Jorc (Australiana) y el código NI 43-101 (Canadiense) que son las más aplicadas, es cierto que existen otros pero son muy poco usados por las características que demandan. Para esta investigación todo se encuentra asociado al código JORC, donde se aplica todo lo relacionado al QA/QC y a la clasificación de los Recursos Minerales que se están evaluando como Beneficio Económico.

De acuerdo a López et al. (2015), “cuando la data y los procesos de la estimación de recursos - Reservas no son llevados en forma ordenada y sistematizada, la información a obtener implica trabajos tediosos que toman demasiado tiempo y pueden provocar errores en la estimación” (p.6).

Wesgart (2013) afirma que:

Asumiendo una distribución Gaussiana o normal, se esperaría que alrededor del 68% de los datos caigan dentro de la media ± 1 SD, 95% dentro de la media ± 2 SD, y el 99,7% dentro de la media ± 3 SD. Por consiguiente, sería muy poco probable (0,3% de probabilidad) observar un valor de control más grande que 3 SD desde la media; esta observación usualmente indicaría que existe un problema con el procedimiento de medida. Es de algún modo poco esperado observar un valor de control más grande que 2 SD desde la media, pero esto ocurrirá el 5% de las veces al analizar un control por corrida analítica, por lo tanto, esta situación puede indicar una falsa alarma en vez de un problema real. Es muy común (32% de probabilidad) ver valores individuales más allá de 1 SD desde la media, por consiguiente, este límite de control no es de valor para juzgar el desempeño del método basado en un único valor de control. (p. 19)

Joint ore reserves committee [JORC], (2012) indicia que:

La materialidad de un Informe público debe contener toda la información relevante que los inversores y sus asesores profesionales requerirían razonablemente, y razonablemente esperan encontrar en el informe, con el propósito de hacer un juicio razonado y equilibrado con respecto a la Exploración de resultados, recursos minerales o reservas de minerales que se

informan. Donde información relevante no se proporciona, se debe proporcionar una explicación para justificar su exclusión. (p.4)

Canchaya (2012) afirma que:

QAQC se entiende como el conjunto de acciones sistemáticas y preventivas para asegurar la calidad y confianza en el muestreo. El control de la calidad o “Quality Control” es el conjunto de actividades o técnicas para monitorear, identificar errores y realizar acciones correctivas durante el muestreo y análisis. (p.2)

Mejía (2009) afirma que:

El modelo de bloques consiste de celdas y sub celdas que rellenan todo el Volumen de interés. Cada celda ocupa un Volumen discreto al que se le puede asignar la información que se considere necesaria para describir e interpretar de manera precisa y exacta al depósito; se puede evaluar todo el modelo de bloques o cualquier sección de éste y reportar el tonelaje y las leyes. (p. 86)

Juran (2007) afirma que:

La calidad como se usa aquí no está limitada sólo a la métrica del desempeño de la calidad. Además de la métrica basada en esta última, las dimensiones de tiempo y de costos de desempeño también son importantes para las características y las deficiencias. (p.15)

2.3 Marco conceptual

2.3.1 QA/QC

Es una herramienta que nos ayuda a medir la precisión y exactitud de un conjunto de muestras a evaluar, esta puede ser aplicada desde el proceso de extracción de la muestra hasta el análisis.

Vélez (2015) afirma que:

en su trabajo de investigación “Innovación al control de procesos de muestreo (QA/QC) que validan la estimación de recursos y reservas para yacimiento Epitermales de Alta Sulfuración en Coimolache – Cajamarca, desde su etapa de prospección a mina de oro” menciona que el QA: Aseguramiento de Calidad es donde se establecen medidas de prevención para minimizar los errores propios del proceso y el QC: Control de calidad, es donde se implementan técnicas de control y se revisa las técnicas usadas en campañas anteriores. (p.8)

En el seminario de Codelco (2015) se mencionó que:

El aseguramiento de calidad (QA) es el procedimiento de buenas prácticas para la toma, registro, mapeo y preparación de muestras, procedimientos de seguridad y otros que aseguren estándares preestablecidos de precisión y exactitud, mientras que el Control de Calidad (QC) es el procedimiento como elección de laboratorio, análisis de duplicados, duplicados de terreno, blancos, estándares, control granulométrico, etc. , que permiten controlar que los estándares en los procedimientos se mantienen en el tiempo. (p.2)

Canchaya (2012) afirma que:

El aseguramiento de la calidad o “Quality Assurance”, cuya abreviatura es “QA”; se entiende como el conjunto de acciones sistemáticas y preventivas para asegurar la calidad y confianza en el muestreo. El control de la calidad o “Quality Control” es el conjunto de actividades o técnicas para monitorear, identificar errores y realizar acciones correctivas durante el muestreo y análisis. (p.2)

2.3.2 Recursos Minerales

Es parte del material en estudio que ha pasado por un proceso de evaluación geológica y validación de datos mediante un proceso de QAQC para la confiabilidad de sus resultados.

Ruiz (2017) afirma que:

Un “Recurso Mineral” es una concentración u ocurrencia de interés económico intrínseco dentro y fuera de la corteza terrestre en forma y cantidad tal como para demostrar que hay perspectiva razonable para una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, contenido metálico, características geológicas y continuidad de un recurso mineral se conocen, estiman o interpretan desde una evidencia y conocimiento geológicos específicos. Los recursos minerales se subdividen, según confianza geológica ascendente, en categorías de inferidos, indicados y medidos. (p.20)

Candía (2015) afirma que:

Los recursos minerales son concentraciones de materiales sólidos (rocas o minerales), líquidos o gaseosos que existen en la corteza terrestre en forma, cantidad y calidad tales que tenga probabilidades racionales de una extracción económica potencialmente factible. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad del recurso se estiman o interpretan a partir de información, evidencias y conocimientos geológicos específicos, exploraciones y muestreos, realizados con el apoyo de otras disciplinas auxiliares. (p.35)

Torres (2015) afirma que:

Se denominan recursos minerales a aquellos volúmenes de mineral con su respectiva ley o contenido metálico que han sido estimados por medio de procesos de muestreo superficial y subterráneo, trincheras, cortes, calicatas o perforaciones que pueden representar geo estadísticamente a un cuerpo mineralizado. (p.43)

2.3.3 Beneficio Económico

El beneficio Económico de un yacimiento minero esta dado en base a los Recursos Minerales que presenta, el precio de los metales y el desarrollo operacional.

Sánchez (2018) afirma que:

El beneficio económico refleja este cambio en la riqueza o el nivel de ganancias en determinados períodos, comparando los mismos y tratando de representar si ha existido algún tipo de creación de valor. Por ello suele realizarse una comparación o resta entre los fondos propios. (p.1)

Vargas (2016) afirma que:

El beneficio económico es igual a los ingresos de la empresa menos todos los costes no financieros. Es decir, para calcular esta medida de beneficios, tomamos los ingresos totales de la empresa y restamos todos los costes excepto los intereses de la deuda y otros costes financieros. Tampoco restamos los impuestos, por eso el beneficio económico también se conoce como “beneficio antes de intereses e impuestos”. Otros términos bastante comunes son “beneficio operativo”, “beneficio de explotación” o “beneficio bruto”. (p.40)

Sabalza (2006) afirma que:

La evaluación económica de proyectos de cooperación tiene por objetivo identificar las ventajas y desventajas asociadas a la inversión en un proyecto antes de la implementación del mismo. La evaluación económica es un método de análisis útil para adoptar decisiones racionales ante diferentes alternativas. (p.5)

2.3.4 Validación de Datos

Según Quiroga (2017), “la validación de datos es el proceso estadístico mediante el cual los datos y micro datos recibidos se revisan, consultan, depuran y si es necesario se corrigen para su transformación en estadísticas” (p.30).

2.4 Definición de términos básicos

2.4.1 Precisión

Es parte del aseguramiento de la calidad (QA), y su objetivo es evitar problemas de representatividad en la toma de muestras. Esto se hace mediante muestras duplicadas o gemelas en los procesos de muestreo desde su origen hasta el análisis en laboratorio.

Simons (2011) afirma que:

La precisión se evalúa comúnmente a través de una serie de mediciones repetidas en el mismo material de muestra, o mediante mediciones sucesivas en diferentes pares de muestras originales duplicadas. Para evaluar la precisión en condiciones de repetitividad, las mediciones originales y repetidas (o duplicadas) deben considerar intervalos de muestreo similares y procedimientos similares de muestreo y preparación de muestras, y deben analizarse en el mismo laboratorio, con las mismas técnicas analíticas, el mismo equipo, los mismos reactivos y el mismo personal. (p.596)

2.4.2 Exactitud

Es parte del control de calidad (QC), y su objetivo es evitar problemas de contaminación en las muestras. Esto se hace mediante la inserción de muestras certificadas en los distintos procesos de preparación de la muestra original.

Simons (2011) afirma que:

La exactitud se refiere al error de medición sistemática, el componente del error de medición que en las mediciones repetidas permanece constante o varía de manera predecible (JCGM, 2008). La exactitud se evalúa comúnmente a través de materiales de referencia estándar (SRM), que generalmente se preparan a partir de materiales naturales o concentrados metalúrgicos o relaves.

Al establecer el grado de estos materiales, nunca se conoce el verdadero valor de la cantidad; sin embargo, bajo condiciones muy controladas, se puede establecer una calificación aceptada o "mejor valor" de un elemento en particular en un SRM con un nivel suficiente de garantía a través de una prueba de operación por turnos, que consiste en múltiples mediciones en una serie de laboratorios acreditados.
(p.597)

2.4.3 Contaminación

Simons (2011), afirma que:

La contaminación consiste en la transferencia involuntaria de material de una muestra o del entorno a otra muestra, y puede tener lugar durante la preparación y / o ensayo de la muestra, o simplemente a través de la manipulación de la muestra. La contaminación se evalúa a través de muestras en blanco, que son muestras estériles en las que se ha confirmado que la presencia de los elementos sometidos a análisis está por debajo del límite de detección correspondiente.

Se identifica un nivel significativo de contaminación cuando la muestra en blanco produce valores que exceden varias veces el límite de detección del elemento analizado. Para ser efectivas, las muestras en blanco siempre deben insertarse después de las muestras mineralizadas. Siempre que sea posible, la matriz de las muestras en blanco debe ser similar a la matriz del material que se analiza habitualmente. (p.598)

2.4.4 Estándares

Rojas (2019) menciona que:

Los estándares son muestras elaboradas bajo condiciones especiales, que deben formar parte de los lotes analizados tanto por el laboratorio primario como por el laboratorio secundario. Los estándares se utilizan para evaluar la exactitud analítica, en conjunto con las muestras de control externo.

Al elegir los estándares se recomienda seleccionar, en lo posible, materiales de composición aproximadamente similar a la de las muestras ordinarias, a los efectos de reducir al mínimo el efecto analítico de la matriz mineral. (p.89)

2.4.5 Duplicados

Rojas (2019) menciona que:

Que estas muestras se adquieren al efectuar un muestreo paralelo sobre el área (cono de perforación), donde previamente se ha colectado una muestra, o al dividir en dos muestras de detritos con un peso parejo por medio de un cuarteo, de esta forma, una de ellas representa la muestra original, y otra la muestra gemela; cabe resaltar que ambas muestras deben ser extraídas bajo condiciones iguales, ser preparadas en el mismo laboratorio y analizadas con un código que pueda diferenciarlas. Este tipo de muestras gemelas, se emplea para determinar la precisión en el muestreo y calcular el de muestreo en campo. (p.88)

2.4.6 Blancos (Gruesos y Finos)

Rojas (2019) menciona que:

Los blancos gruesos son muestras de material estéril, con granulometría gruesa, que deben ser sometidas a todo el proceso de preparación en

conjunto con las demás muestras ordinarias, y que deben ser preparadas a continuación de muestras fuertemente mineralizadas. Los blancos gruesos permiten evaluar si se produce contaminación durante la preparación, mientras que los Blancos finos son muestras de material estéril pulverizado, que deben ser analizadas a continuación de muestras fuertemente mineralizadas, y que se utilizan para determinar si se produce contaminación durante el proceso de análisis. (p.88)

2.4.7 Inserción de Controles

QAQC MYSRL (2015) indica que:

El hacer envíos por lo menos de aproximadamente 50 muestras o 100 metros aproximadamente. En el caso sea menor a 50 muestras insertar 3 del tipo analítico y 1 de preparación o muestreo. En el caso sea mucho mayor a 50 muestras (>70) insertar entre el 7 a 10 % requerido. Con el fin de completar los controles requeridos priorizar el tipo de control, primero de análisis, de preparación y finalmente el de muestreo. (p. 1)

Tabla1.*Muestras de control mínimo requerido para QAQC.*

Tipo de Control	Frecuencia (Por Muestra)	Observación
Muestreo		
Duplicado de Campo	1/50	También llamado Splits, Twins, Field Duplicates, RC Split, 1/2 testigo, segunda muestra de un blast hole (2/100).
Preparación		
Duplicado de Preparación	1/100	Segunda muestra de chancado en el Lab.
Blanco Grueso	1/100	Se usa Caliza con valores trazas para elementos importantes/mena del deposito.
Análisis		
Duplicado de Pulpa	1/100	Segunda muestra del pulverizador en el Lab.
Estándares	1/100	Material certificado de referencia, 1 por cada grupo de ensayo o carta. Usar diferentes estándares/valores
Blanco Fino	1/100	Yanacocha usa Silice con valores trazas para elementos importantes/mena del deposito.

Nota: Muestras de control requerido según número de muestras. Guía de control y aseguramiento de calidad MYSRL.

Como se puede observar la cantidad de controles mínima requerida de acuerdo a los estándares de la empresa representa aproximadamente el 7% (7 muestras de control en 100 muestras).

Con el fin de obtener el mínimo de controles requerido se establece que podemos insertar entre 7-10 % de controles (por cada envío o aprobación de guía, esto tomando en cuenta que la cantidad de muestras variará por cada guía y que el laboratorio no tiene restricción en el batch de ensayo). Aproximadamente se necesita insertar un control cada 14 muestras (28-30 metros).

El procedimiento sugerido para la inserción de controles es hacer envíos por lo menos de aproximadamente 50 muestras o 100 metros aproximadamente.

En el caso sea menor a 50 muestras insertar 3 del tipo analítico y 1 de preparación o muestreo. En el caso sea mucho mayor a 50 muestras (>70) insertar entre el 7 a 10 % requerido. Con el fin de completar los controles requeridos priorizar el tipo de control, primero de análisis, de preparación y finalmente el de muestreo.

Para conocer cuántas muestras de control se deben ingresar se realiza lo siguiente:

- **Deducir la cantidad de muestras a enviar.**

TD: 350m

Muestras: $350/2 = 175$ muestras

- **Deducir controles requeridos para obtener 7-10%.**

Muestras = 175

Controles requeridos = $175 * 0.07 = 12.25 \approx 12$

- **Escogiendo controles.**

Primero escoger las muestras de los controles requeridos en la tabla 1, en este caso en total 7. Para las muestras restantes priorizar el tipo de control, primero de análisis, de preparación y finalmente el de muestreo. 3 de análisis, 1 de preparación y 1 de muestreo, completando así 12 muestras de control.

- **Inserción de muestras de control**

Insertar controles dentro de los intervalos de control de acuerdo al criterio geológico y de ley esperada para blancos y estándares.

Intervalo de control (IC) = muestra (M)/control requerido (C)

$$IC=175/12.25 =14.28 \approx 14$$

Considerar para la inserción de blancos poner uno después de una BXH o alguna muestra donde se espera encontrar leyes altas. Insertar dentro de cada intervalo de control (14 muestras aprox.) 1 muestra de control.

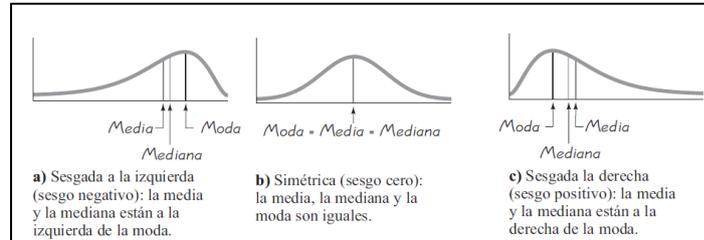
2.4.7.1 Sesgo

Triola (2009) afirma que:

Una distribución de datos está sesgada si no es simétrica y se extiende más hacia un lado que hacia el otro. (Una distribución de datos es simétrica si la mitad izquierda de su histograma es aproximadamente una imagen en espejo. Los datos sesgados a la izquierda (lo que también se conoce como sesgo negativo) poseen una cola izquierda más larga, y la media y la mediana se encuentran a la izquierda de la moda. Los datos sesgados a la derecha (lo que también se denomina sesgo positivo) poseen una

cola derecha más larga, y la media y la mediana se encuentran a la derecha de la moda. (p. 85)

Figura 1
Gráfico de tipo de Sesgo.



Nota: Tomado de Triola, 2015.

2.4.7.2 Datos Anómalos (Outliers)

Alperín (2013) menciona que:

Los datos anómalos, datos atípicos u outliers se pueden producir por un error de medición o de recuento, un error de transcripción al momento de volcar los datos al papel, o bien pueden ser causados por algún suceso sumamente extraño. Un criterio que se utiliza para detectar los datos anómalos de un conjunto determinado de datos tiene en cuenta los cuartiles (Q). (p. 30)

Así se define a los datos anómalos moderados como aquellos que son menores al valor de $Q25\% - 1,5 (Q75\% - Q25\%)$ o mayores que $Q75\% + 1,5 (Q75\% - Q25\%)$. En tanto los anómalos extremos son los menores a $Q25\% - 3 (Q75\% - Q25\%)$ o los mayores a $Q75\% + 3 (Q75\% - Q25\%)$, donde $Q25\%$ es el primer cuartil, $Q75\%$ el tercer cuartil y $(Q75\% - Q25\%)$ el rango inter cuartil.

2.4.8 Medidas de Dispersión

Las medidas de posición dan una idea de dónde se encuentra el centro de la distribución, pero no nos dicen cuán disperso es el conjunto de datos.

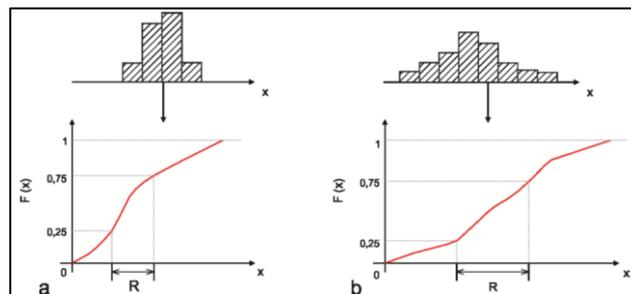
2.4.8.1 Rango Muestral

Alperín (2013) menciona que:

El rango, también llamado amplitud o recorrido, para un conjunto de n observaciones $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo. El rango se aprecia tanto en los histogramas como en los diagramas de frecuencia acumulada. (p.24)

Figura 2

Representación gráfica del Rango. La distribución de la variable de la figura a tiene menor rango que la de la figura b.



Nota: Tomado de Alperín, 2013.

2.4.8.2 Cuartiles y otros personajes

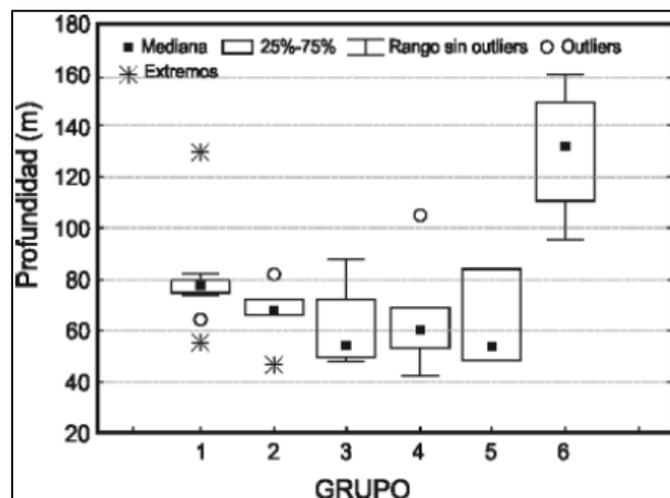
Según Triola (2009), “Así como la mediana divide los datos en dos partes iguales, los tres cuartiles, denotados por Q_1 , Q_2 y Q_3 ,

dividen los valores ordenados en cuatro partes iguales. (Los valores están ordenados cuando están acomodados en orden” (p.112).

- Primer cuartil: Separa el 25% inferior de los valores ordenados del 75% superior. (Para ser más precisos, al menos el 25% de los valores ordenados son menores o iguales que Q1, y al menos el 75% de los valores son mayores o iguales que Q1).
- Segundo cuartil: Igual a la mediana; separa el 50% inferior de los valores ordenados del 50% superior.
- Tercer cuartil: Separa el 75% inferior de los valores ordenados del 25% superior. (Para ser más precisos, al menos el 75% de los valores ordenados son menores o iguales que Q3, y al menos el 25% de los valores son mayores o iguales que Q3).

Figura 3

Diagrama de caja, mostrando la distribución de cuartiles.



Nota: Tomado de Alperín, 2013.

2.4.9 Estimación de Recursos y Reservas

Sánchez (2018) afirma que:

Por estimación de recursos entendemos la determinación de la cantidad de materia prima contenida en un yacimiento o en una de sus partes. La mayoría de los recursos y reservas se calculan en toneladas métricas, solo la de los metales preciosos (oro, plata y platino) se calculan en kilogramos, los diamantes en quilates y las reservas de gas natural, arena, piedras para la construcción, agua subterránea, se estiman en metros cúbicos. Esta cuantificación formal de las materias primas minerales estimada por procedimientos empíricos o teóricos se denomina Inventario Mineral. Este a su vez se expresa en términos de recurso y reservas. (p.10)

$$T = A \times P \times PE$$

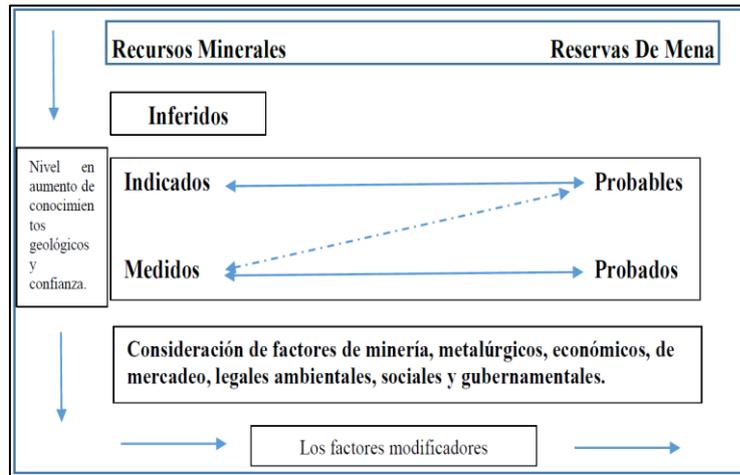
Dónde:

- T: es el tonelaje del sector del depósito bajo evaluación.
- A: el área; visualización 2D del sector del depósito bajo evaluación; normalmente una sección vertical en cuerpos mineralizados irregulares.
- P: la potencia; distancia horizontal aplicada a dicha sección.
- PE: el peso específico de la roca mineralizada.

Los Recursos minerales se clasifican en Inferidos, Indicados y Medidos, los cuales pueden ser clasificados como Reservas Probables y Reservas Probadas.

Figura 4

Gráfico de Secuencia de Recursos y Reservas.



Nota: Tomado de Código de JORC (2013).

2.4.10 Ley de Corte (Cut – Off)

Según Condori (2018), “la ley de corte indica la ley de mineral con la cual los ingresos igualan los costos operativos, es decir, no existe utilidad alguna” (p. 98).

$$\text{Ley de corte} = \text{Cop} / (\text{Precio pagable} * \text{Recup. Metalúrgica})$$

Figura 5

Gráfico de tipos de Cutoff en proyectos avanzados.

Cut-off de Operación	
Costos de operación en mina unidad productiva	Costos de minado
	Costos de planta
	Costo de servicios auxiliares
Cut-off de Comercial	
Costos de operación en mina	Costos de minado
Costos de producción	Gastos de ventas o comercialización
	Gastos Admin. Generales de operación
Cut-off de Rentabilidad del Proyecto	
Costos de operación	Costos de minado, de planta y de servicios auxiliares.
Costos de producción	Gastos de ventas, administración y gastos generales de operación.
Costos de Rentabilidad del proyecto	Deducciones por derecho a trabajador, impuestos.
	Intereses, amortizaciones de préstamos.
	Inversión durante fase de operación.

Nota: Tomado de Condori (2018).

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

- Los Beneficios Económicos determinados por el QA/QC en el Muestreo y Análisis para la Estimación de Recursos de un Proyecto Minero – Cajamarca 2018 son: obtener resultados de análisis de oro con alto grado de confiabilidad para la estimación de recursos minerales.

3.1.2 Hipótesis Específicas

- El modelo de Bloques sirve para el cálculo de Recursos Minerales.
- El modelo de Bloques sirve para el cálculo de Estimación Recursos Minerales.

3.1.3 Variables / Categoría

Tabla 2

Matriz de Operacionalización de Variables

Hipótesis	Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Fuente o Instrumento de recolección de datos
	Beneficios Económicos	Rodríguez (2009) indica que "Beneficio económico: 1) Determinación del beneficio que incluye en el cálculo del costo de oportunidad de los recursos; 2) Beneficios superiores al promedio del mercado" (p.11).	Evaluación Económica de Resultados	*Evaluación de costos del Proyecto Minero.	Base de Datos Geología: Geólogos de Recursos. Planeamiento Mina: Ingenieros de Mina de Largo Plazo.
Los Beneficios Económicos están determinados por el QA/QC en el Muestreo y Análisis para la Estimación de Recursos de un Proyecto Minero – Cajamarca 2018	QA/QC	Vélez (2015) indica que El QA: Aseguramiento de la calidad donde se establecen medidas de prevención para minimizar los errores propios del proceso y el QC: Control de calidad, es donde se implementan técnicas de control y se revisa las técnicas usadas en campañas anteriores. (p.8)	Evaluación del QA/QC	*Evaluación Estadística de controles (Duplicado de Campo y Blanco Grueso). *Evaluación Estadística de Estándares (Blanco Fino y Controles Certificados).	Base de Datos Geología: Registros de muestras y análisis por muestra.
	Estimación de Recursos Minerales	Torres (2015) indica que son aquellos volúmenes de mineral con su respectiva ley o contenido metálico que han sido estimados por medio de procesos de muestreo superficial, subterráneo, trincheras, cortes, calicatas o perforaciones, los cuales pueden representar geo estadísticamente a un cuerpo mineralizado. (p.45)	Evaluación de Estimación de Recursos	*Generación de dominios por Litología y Alteración. *Generación de Polígonos de Recursos Minerales.	Geólogo QAQC y base de datos Geología: Reportes QA/QC y registros de validación de datos.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1 Ubicación Geográfica:

El área de estudio se encuentra ubicada en la provincia y departamento de Cajamarca a 800 km al norte de la ciudad de Lima y a 45 km al norte de la ciudad de Cajamarca a una altura de 3,500 m.s.n.m a 4,100 m.s.n.m.

Figura 6

Ubicación de Proyecto Minero.



Nota: Tomado de www.yanacocha.com

4.2 Diseño de Investigación:

4.2.1 Diseño de Investigación no Experimental

Debido a que no se manipulan las variables, es decir estas se analizan de la manera como ellas se presentan. En este caso las variables independientes

ocurren y no es posible manipularlas, en otras palabras, nosotros actuaremos como observadores en base a la respuesta de los resultados tanto en el muestreo, análisis de muestras y estimación de Recursos Minerales.

Hernández et al. (2014) menciona que:

En su libro “Metodología de la Investigación 5° Edición” indican que la Investigación no Experimental puede definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos. (p. 149)

4.3 Método de Investigación:

4.3.1 Método Inductivo - Deductivo

Es inductivo – Deductivo, ya que vamos de lo particular a lo general como es el caso de la obtención de muestras, análisis de muestras, evaluación de resultado, Estimación de Recursos Minerales y finalmente evaluación la Económica. De manera similar podemos ir de lo general a lo particular para la evaluación de información que se dio de manera particular.

Según Morán y Alvarado (2010), “es un método de inferencia basado en la lógica y relacionado con el estudio de hechos particulares, aunque es deductivo en un sentido e inductivo en un sentido contrario” (p. 28).

4.4 Tipo de Investigación

4.4.1 Transaccional Correlacional Causal

Debido a que se busca la relación entre variables en un momento dado, como es el caso de la comparación de resultados de muestras originales con muestras de control, las cuales nos llevan a considerar o discriminar resultados al momento de la Estimación de Recursos Minerales.

Según Hernández et al. (2014) “estos diseños describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. A veces, únicamente en términos correlacionales, otras en función de la relación causan efecto (causales)” (p. 154).

4.5 Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación:

Para la investigación se cuenta con una población de 3743 muestras de campo extraídas de los testigos de perforación que posteriormente pasan por un proceso de logueo, preparación de la muestra, ingreso de controles y análisis de la muestra.

La unidad de análisis estará dada por las muestras producidas de los testigos de perforación, muestras de control que se ingresan al momento del muestreo, preparación de la muestra, análisis y obtención de resultados de los ensayos.

La Unidad de Observación está en el equipo técnico de muestreos, Equipo de Geólogos de Logueo, Personal de Laboratorio Químico que realiza los análisis, Equipo de Base de Datos y Equipo de Geólogos de Modelamiento.

4.6 Técnicas e instrumentos de recopilación de información

La información se obtenida a partir de las muestras ensayadas según indicaciones del Geólogo, ingreso de muestras de control y validación de información por parte del Geólogo en las distintas etapas del desarrollo de la Investigación.

La recopilación de datos se realiza en un software llamado Visual Loguer 5.02, en este programa se registran los datos de logueo del geólogo, clasificación de muestreo clasificados por el geólogo e ingreso de controles según las zonas a controlar por el geólogo.

4.7 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

- Microsoft Office – Excel.
- Complemento SigmaXL para Excel.
- SPSS para el análisis estadístico de los datos.
- Leapfrog 4.2 para generación de sólidos, y modelo de bloques.

4.8 Matriz de Consistencia Metodológica

Tabla 3

Matriz de Consistencia

Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Fuente o Instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y Muestra
Pregunta General:	Objetivo General:	Hipótesis General:							
			Beneficios Económicos	Rodriguez (2009) indica que "Beneficio económico: 1) Determinación del beneficio que incluye en el cálculo del costo de oportunidad de los recursos; 2) Resultados Beneficios superiores al promedio del mercado" (p.11) .	Evaluación Económica de Resultados	*Evaluación de costos del Proyecto Minero.	Base de Datos Geología: Geólogos de Recursos. Planeamiento Mina: Ingenieros e Mina de Largo Plazo.		
¿Cuales son los Beneficios Económicos a través del QA/QC en el Muestreo y Análisis para la Estimación de Recursos del Proyecto Quecher Main – Cajamarca 2018?	Determinar los Beneficios Económicos del QA/QC en el Muestreo y Análisis para la Estimación de Recursos de un Proyecto Minero – Cajamarca 2018?	Los Beneficios Económicos estan determinados por el QA/QC en el Muestreo y Análisis para la Estimación de Recursos de un Proyecto Minero – Cajamarca 2018	QA/QC	Velez (2015) indica que "El QA: Aseguramiento de la calidad,es donde se establecen medidas de prevención para minimizar los errores propios del proceso y el QC: Control de calidad, es donde se implementan técnicas de control y se revisa las técnicas usadas en campañas anteriores" (p.8).	Evaluación del QA/QC	*Evaluación Estadística de controles (Duplicado de Campo y Blanco Grueso). *Evaluación Estadística de Estándares (Blanco Fino y Controles Certificados).	Base de Datos Geología: Registros de muestras y análisis por muestra.	Inductivo - Deductivo	Población: 3743 Muestra:339
			Estimación de Recursos	Torres (2015) indica que "Son aquellos volúmenes de mineral con su respectiva ley o contenido metálico que han sido estimados por medio de procesos de muestreo superficial, subterráneo, trincheras, cortes, calcatas o perforaciones, los cuales pueden representar geoestadísticamente a un cuerpo mineralizado" (p.45).	Evaluación de Estimación de Recursos	*Generación de dominios por Litología y Alteración. *Generación de Poligonos de Recursos Minerales.	Geólogo QAQC y base de datos Geología: Reportes QA/QC y registros de validación de datos.		
Pregunta Especifica:	Objetivo Especifico:	Hipótesis Especifica:							
¿Porque calcular el modelo de Bloques en el calculo de Estimación de Recursos Minerales?	Determinar el modelo de Bloques para el cálculo de Estimación de Recursos Minerales.	El modelo de Bloques sirve para el cálculo de Estimación Recursos Minerales.	Modelo de Bloques	Emery (2013) Indica que "El kriging de bloques consiste en estimar directamente el valor promedio de la variable sobre un soporte mayor que el soporte de los datos (bloque)" (p. 72).	Generación de modelo de Bloques	*Clasificación de Modelo de Bloques	Geólogo QAQC: validación de datos.	Inductivo - Deductivo	Población: 3743 Muestra: 339
¿Porque determinar la subestimación o sobrestimación de los Recursos Minerales?	Evaluar la subestimación o sobrestimación de los Recursos Minerales.	La subestimación o sobrestimación de los Recursos Minerales permite evaluar el potencial del Yacimiento.	Subestimación y Sobrestimación	Garrido (2016) indica que "La subestimación es la menor cantidad de volumen modelado, respecto al real,y la sobrestimación es la mayor cantidad de volúmen modelado, respecto al real" (p.16).	Generación del Cuerpo Mineral	*Comparación de modelos con y sin QAQC.	Geólogo de Logueo y Técnicos de Muestreo: Ingreso de controles en físico y a la base de datos.	Inductivo - Deductivo	Población: 3743 Muestra:339

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados:

5.1.1 Recopilación de Datos:

Los datos han sido tomados de una campaña de perforación de 20 sondajes, las muestras fueron tomadas cada dos metros o menos, esto según criterio geológico.

Tabla 4

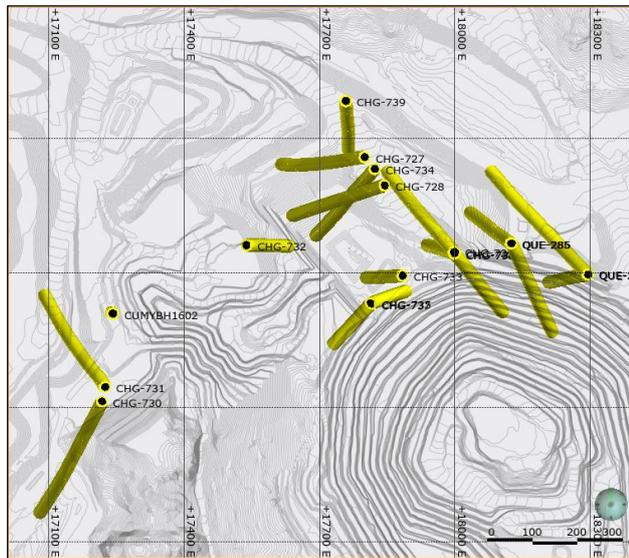
Taladros, metraje y número de muestras durante la campaña de perforación 2017 – 2018.

N°	Hole_Id	Depth (Profundidad)	Muestras
1	CAMYBH1601	50	25
2	CHG-727	441.7	211
3	CHG-728	450	217
4	CHG-729	417.1	208
5	CHG-730	611.7	321
6	CHG-731	510.2	260
7	CHG-732	230	128
8	CHG-733	200	114
9	CHG-734	570	332
10	CHG-735	185	115
11	CHG-736	300	161
12	CHG-737	162.6	91
13	CHG-738	363.7	208
14	CHG-739	490	288
15	CUMYBH1602	105.1	32
16	QCMYBH1603	190	84
17	QUE-284	500	275
18	QUE-285	423.1	247
19	QUE-286	435	236
20	QUE-287	350	190
Total general		6985.2	3743

Nota: Taladros perforados durante la campaña de perforación 2017-2018 del proyecto Quecher Main. Tomado de MYSRL.

Figura 7

Taladros perforados en la campaña de perforación 2017-2018.

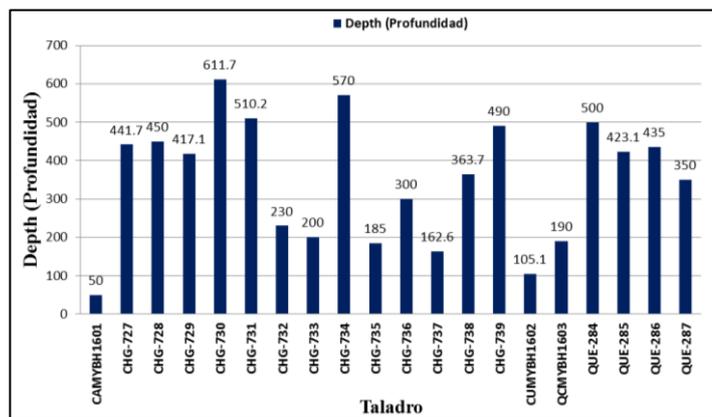


Nota: Tomado de MYSRL.

En la Tabla 4 y Figura 7. Se muestra el número de taladros perforados durante la campaña de perforación 2017-2018 del proyecto Quecher Main.

Figura 8

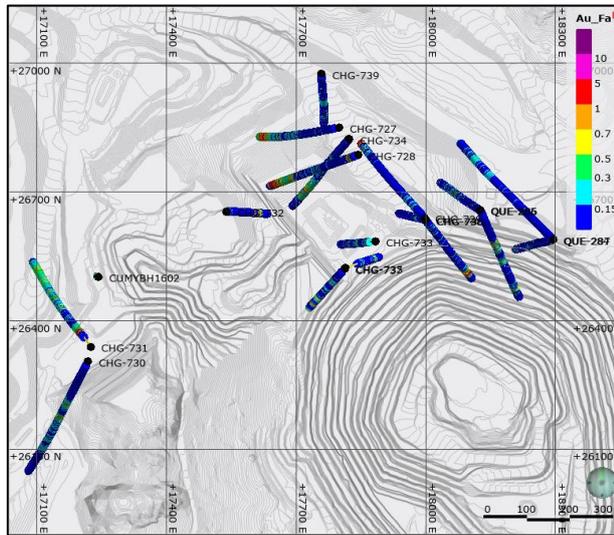
Histograma de profundidad por taladro.



Nota: Tomado de MYSRL.

Figura 9

Muestras regulares durante campaña de perforación 2017-2018.

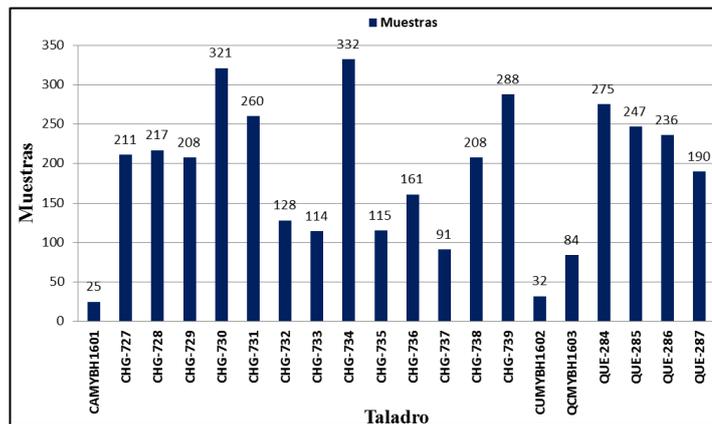


Nota: Tomado de MYSRL.

Se perforó un total de 20 taladros haciendo un total de 6985.20mts y originado un total de 3743 muestras para su análisis, ver Figura 8 y 9.

Figura 10

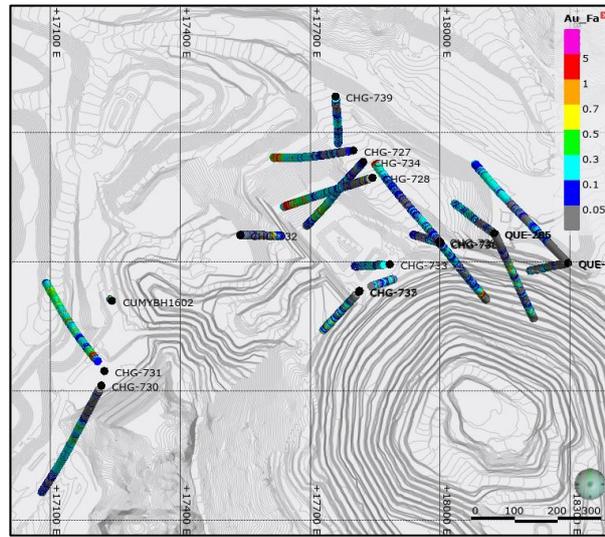
Histograma de muestras por taladro.



Nota: Tomado de MYSRL.

Figura 11

Taladros mostrando el muestreo regular.



Nota: Tomado de MYSRL.

En la Fig 10 y 11. Se muestra el número de muestras generadas por taladro perforado y la ubicación espacial durante la campaña de perforación 2017-2018. El número de muestras lo determina el geólogo según la importancia del taladro que se está describiendo.

Tabla 5

Total, análisis por oro (Au) y cobre (Cu) en la perforación 2017 – 2018.

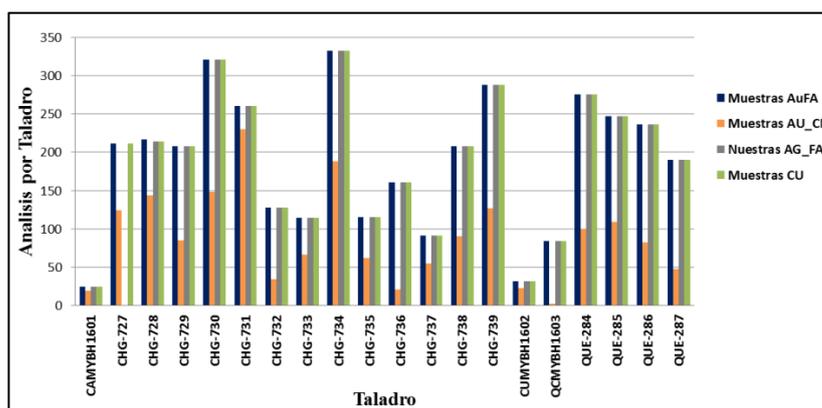
N°	Hole_Id	Depth (Profundidad)	Muestras AuFA	Muestras AU_CN	Muestras AG_FA	Muestras CU
1	CAMYBH1601	50	25	19	25	25
2	CHG-727	441.7	211	124		211
3	CHG-728	450	217	144	214	214
4	CHG-729	417.1	208	85	208	208
5	CHG-730	611.7	321	148	321	321
6	CHG-731	510.2	260	230	260	260
7	CHG-732	230	128	34	128	128
8	CHG-733	200	114	66	114	114
9	CHG-734	570	332	188	332	332
10	CHG-735	185	115	62	115	115
11	CHG-736	300	161	21	161	161
12	CHG-737	162.6	91	55	91	91
13	CHG-738	363.7	208	90	208	208
14	CHG-739	490	288	127	288	288
15	CUMYBH1602	105.1	32	23	32	32
16	QCMYBH1603	190	84	2	84	84
17	QUE-284	500	275	100	275	275
18	QUE-285	423.1	247	109	247	247
19	QUE-286	435	236	82	236	236
20	QUE-287	350	190	48	190	190
Total general	Total general	6985.2	3743	1757	3529	3740

Nota: Análisis realizados por taladro de perforación durante la campaña de perforación 2017-2018 del proyecto Quecher Main. Tomado de MYSRL.

En la Tabla 5. Se muestra el número de análisis realizados por taladro de perforación durante la campaña de perforación 2017-2018 del proyecto Quecher Main. Adicional a ello se muestra una subdivisión de análisis realizados por tipo de elemento y en la columna inferior el total de análisis por taladro (3743 muestras).

Figura 12

Histograma de análisis por taladro.



Nota: Tomado de MYSRL.

La Figura 12 muestra el número de análisis realizados por taladro de perforación durante la campaña de perforación. El taladro CHG-734 es el que muestra mayor cantidad de análisis en base a los otros taladros debido a que es más profundo que los demás.

Una vez determinado el número de muestras por taladro se procede a determinar el número de muestras de control por envío, estas deben de tener una aceptación mínima del 7% de las muestras totales por envío. El encargado de decidir si se pueden incluir más controles es el geólogo y esto dependerá de la importancia del taladro, en este caso el total de muestras de control para el total de los taladros es del 9.057% (339 muestras de 3743 muestras) el cual excede en un 2.057% del valor mínimo. Ver tablas 6, 7, 8 y 9.

Tabla 6

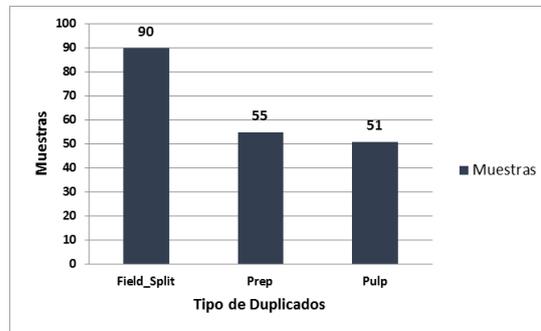
Muestras duplicadas en campaña de perforación 2017 – 2018.

Muestras Duplicadas	Muestras
Field_Split	90
Prep	55
Pulp	51
Total	196

Nota: Número de muestras duplicadas generadas durante la campaña de perforación 2017-2018. Este tipo de muestras nos ayudan a determinar la precisión de la muestra. Fuente: MYSRL.

Figura 13

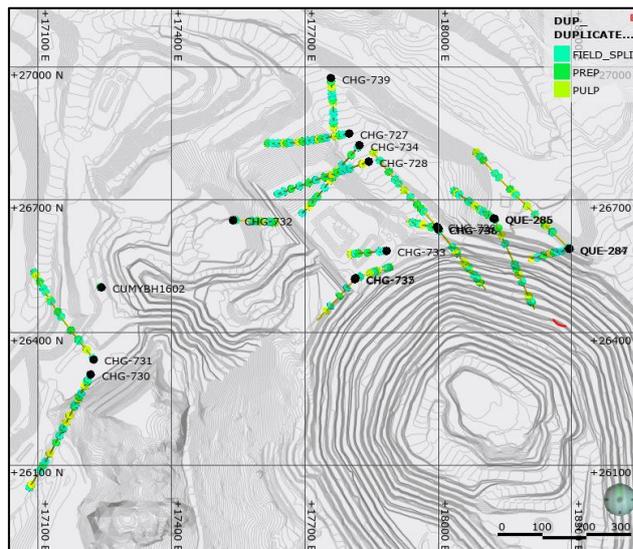
Histograma de muestras Duplicadas.



Nota: Tomado de MYSRL.

Figura 14

Ubicación de muestras duplicadas en campaña de perforación 2017-2018.



Nota: Tomado de MYSRL.

En la Tabla 6. Se muestra el número de muestras duplicadas generadas durante la campaña de perforación 2017-2018. Este tipo de muestras nos ayudan a determinar la precisión de la muestra.

Tabla 7

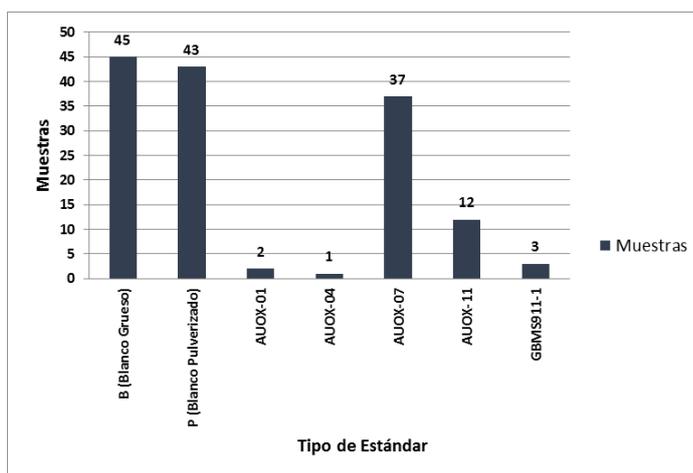
Muestras estándares en campaña de perforación 2017 – 2018.

Muestras Estándares	Muestras
B (Blanco Grueso)	45
P (Blanco Pulverizado)	43
AUOX-01	2
AUOX-04	1
AUOX-07	37
AUOX-11	12
GBMS911-1	3
Total	143

Nota: Muestras estándares generados durante la campaña de perforación 2017-2018. Este tipo de muestras nos ayudan a determinar la exactitud de la muestra. Tomado de MYSRL.

Figura 15

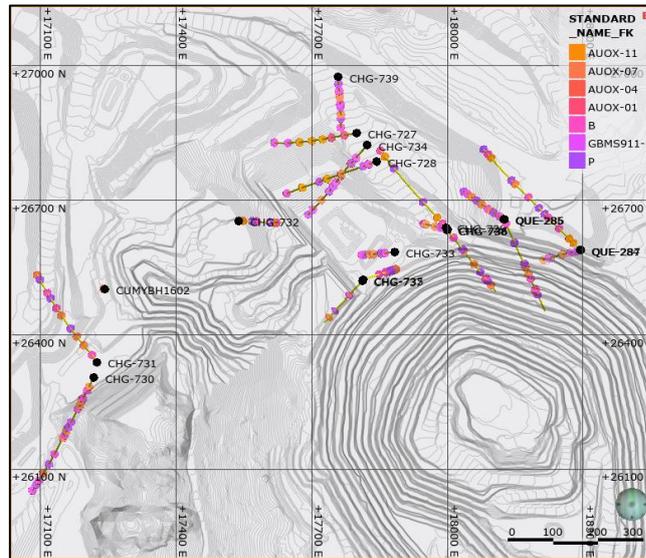
Histograma de muestras Estándares.



Nota: Tomado de MYSRL.

Figura 16

Ubicación de muestras estándar en campaña de perforación 2017-2018.



Nota: Tomado de MYSRL.

En la Tabla 7. Se muestra el número de muestras estándares generados durante la campaña de perforación 2017-2018. Este tipo de muestras nos ayudan a determinar la exactitud de la muestra.

Tabla 8

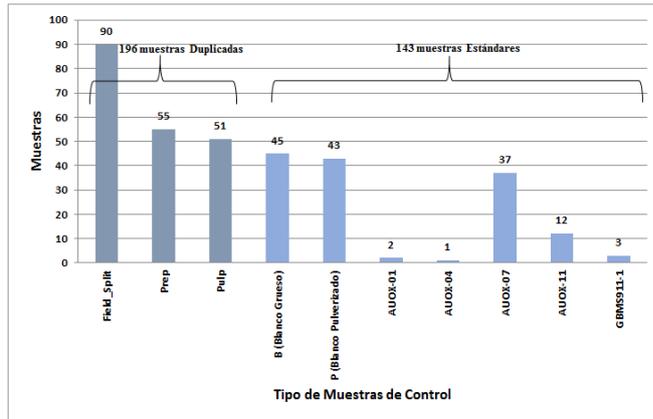
Muestras de control en campaña de perforación 2017 – 2018.

Muestras de Control	Muestras
Field_Split	90
Prep	55
Pulp	51
B (Blanco Grueso)	45
P (Blanco Pulverizado)	43
AUOX-01	2
AUOX-04	1
AUOX-07	37
AUOX-11	12
GBMS911-1	3
Total	339

Nota: Número de muestras de control generados durante la campaña de perforación 2017-2018. Estos servirán para realizar el QA/QC de la campaña de perforación y evaluar el porcentaje de error subestimado o sobrestimado al momento de generar la estimación de recursos. Tomado de MYSRL.

Figura 17

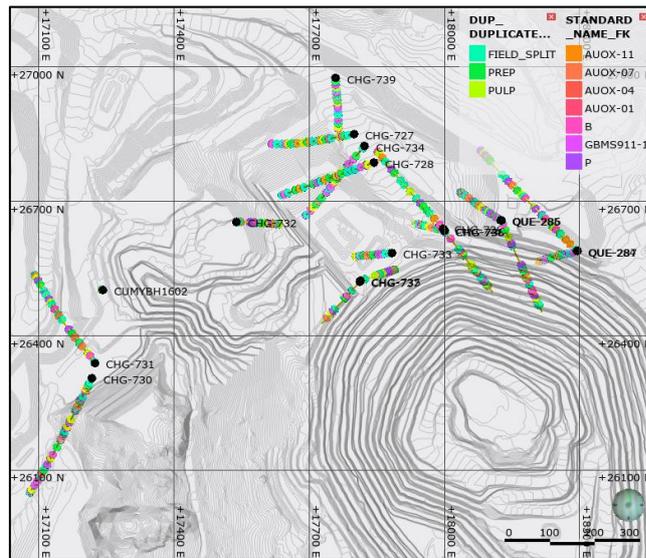
Histograma de Muestras de Control.



Nota: Tomado de MYSRL.

Figura 18

Ubicación de muestras duplicadas y estándar.



Nota: Tomado de MYSRL.

En la Tabla 8. Se muestra un resumen del número de muestras de control generados durante la campaña de perforación 2017-2018. Estos servirán para realizar el QA/QC de la campaña de perforación y evaluar el porcentaje de error subestimado o sobrestimado al momento de generar la estimación de recursos.

Tabla 9

Ratio de inserción de muestras de Control.

Muestras	Muestras
Muestras por Taladro	3743
Muestras de Control	339
Ratio de Inserción	9.057%

Nota: Muestras ingresadas durante la campaña de Perforación, como se observa este es mayor al 7%. Tomado de MYSRL.

La Tabla 9. Muestra el Ratio de Inserción de muestras ingresadas durante la campaña de Perforación, como se observa este es mayor al 7% ya que en algunas zonas se encontraron zonas de interés que necesitan ser controladas de manera más minuciosa.

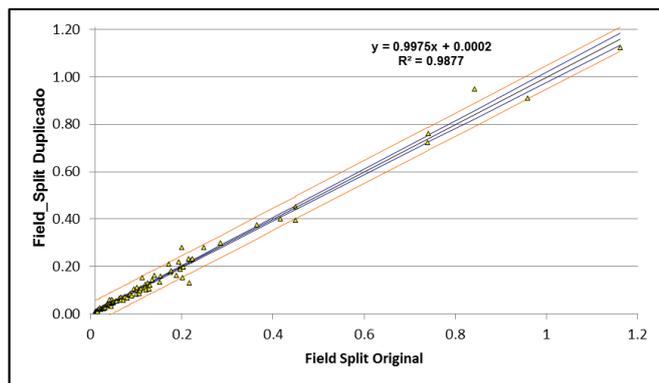
5.2 Análisis, Interpretación y discusión de resultados:

5.2.1 Duplicados de Campo (Field Split):

Los duplicados de campo nos controlan el grado de exactitud durante el muestreo de a medio core de los sondajes.

Figura 19

Gráfico de dispersión de muestras originales vs muestras duplicas Field Split.



Nota: Tomado de MYSRL.

Tabla 10

Ecuación y tabla de Regresión para las muestras de control duplicados Field Split.

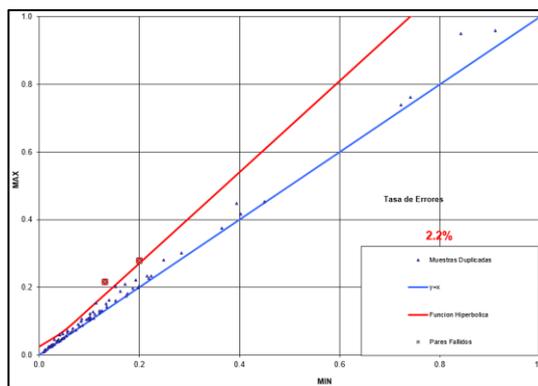
Multiple Regression Model: Field_Split Duplicado = (0.00016) + (0.997479) * Field_Split Original						
Model Summary:						
R-Square	98.77%					
R-Square Adjusted	98.76%					
S (Root Mean Square Error)	0.023058586					
Parameter Estimates:						
Predictor Term	Coefficient	SE Coefficient	T	P	VIF	Tolerance
Constant	0.000160342	0.00302276	0.053	0.9578		
Field_Split Original	0.997479	0.011842477	84.229	0.0000	1	1.00000
Analysis of Variance for Model:						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Model	1	3.772	3.772	7094.5	0.0000	
Error	88	0.046789459	0.000531698			
Lack of Fit	74	0.046016959	0.000621851	11.270	0.0000	
Pure Error	14	0.0007725	5.51786E-05			
Total (Model + Error)	89	3.819	0.042909308			
Durbin-Watson Test for Autocorrelation in Residuals:						
DW Statistic	2.061					
P-Value Positive Autocorrelation	0.6062					
P-Value Negative Autocorrelation	0.3783					

Nota: Grado de correlación de muestras originales y de duplicados de campo. Tomado de MYSRL.

En la Figura No.19 se observa que dentro de los duplicados de campo (Field Split) existe una muy buena correlación entre las muestras originales y duplicadas. El porcentaje de variación que se muestra entre las muestras originales y duplicadas es del 1.23%, el cual se encuentra dentro de lo aceptable.

Figura 20

Evaluación de pares fallidos mediante el método hiperbólico para duplicados de Campo (Field Split).



Nota: Tomado de MYSRL.

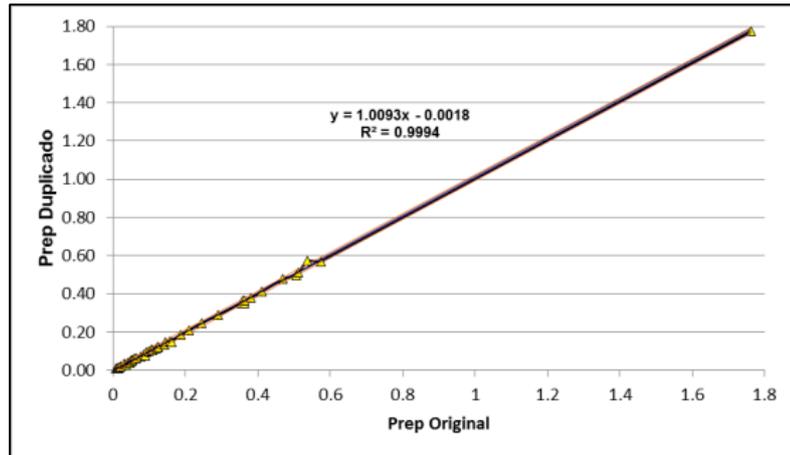
El error relativo para duplicados de campos debe ser menor a 30% y la tasa de error de pares fallidos debe ser menor a 10%. En este caso el error relativo es de

10.39% y la tasa de pares fallidos mediante el método hiperbólico es de 2.2% (Ver Fig 20), por lo que podemos decir que se encuentra de lo aceptable.

5.2.2 Duplicados de Preparación (Prep):

Figura 21

Gráfico de dispersión de muestras originales vs muestras duplicas Prep.



Nota: Tomado de MYSRL.

Tabla 11

Ecuación y tabla de Regresión para las muestras de control duplicados de Prep.

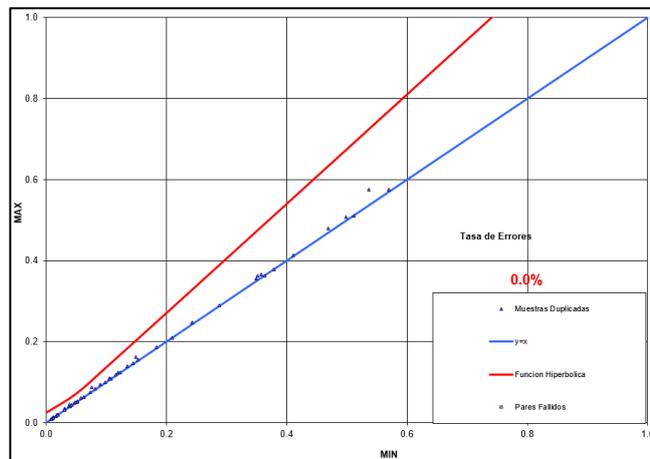
Multiple Regression Model: Prep Duplicado = (-0.00179) + (1.009285) * Prep Original						
Model Summary:						
R-Square	99.94%					
R-Square Adjusted	99.94%					
S (Root Mean Square Error)	0.006720125					
Parameter Estimates:						
Predictor Term	Coefficient	SE Coefficient	T	P	VIF	Tolerance
Constant	-0.001790544	0.001099151	-1.629	0.1092		
Prep Original	1.009284856	0.003398584	296.97	0.0000	1	1
Analysis of Variance for Model:						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Model	1	3.983	3.983	88192	0.0000	
Error	53	0.002393484	4.51601E-05			
Lack of Fit	49	0.002385984	4.86936E-05	25.970	0.0029	
Pure Error	4	7.5E-06	0.000001875			
Total (Model + Error)	54	3.985	0.07379948			
Durbin-Watson Test for Autocorrelation in Residuals:						
DW Statistic	1.725					
P-Value Positive Autocorrelation	0.1552					
P-Value Negative Autocorrelation	0.8507					

Nota: Grado de correlación de muestras originales y de duplicados de preparación. Tomado de MYSRL.

En la Figura No.21 se observa que dentro de los duplicados de preparación (Prep) existe una muy buena correlación entre las muestras originales y duplicadas. El porcentaje de variación que se muestra entre las muestras originales y duplicadas es del 0.06%, el cual se encuentra dentro de lo aceptable.

Figura 22

Evaluación de pares fallidos mediante el método hiperbólico para duplicados de preparación (Prep).



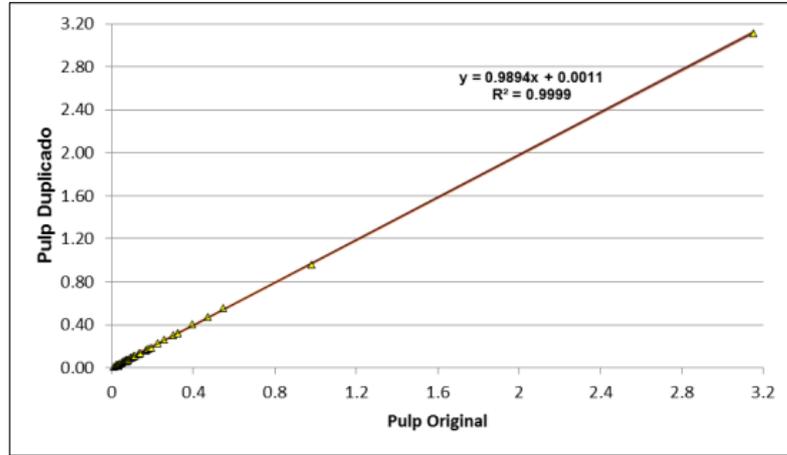
Nota: Tomado de MYSRL.

El error relativo para duplicados de campos debe ser menor a 20% y la tasa de error de pares fallidos debe ser menor a 10%. En este caso el error relativo es de 3.86% y la tasa de pares fallidos mediante el método hiperbólico es de 0% (Ver Fig 22), por lo que podemos decir que se encuentra de lo aceptable.

5.2.3 Duplicados de Pulpa (Pulp):

Figura 23

Gráfico de dispersión de muestras originales vs muestras duplicas Pulp.



Nota: Tomado de MYSRL.

Tabla 12

Ecuación y tabla de Regresión para las muestras de control duplicados de Pulp.

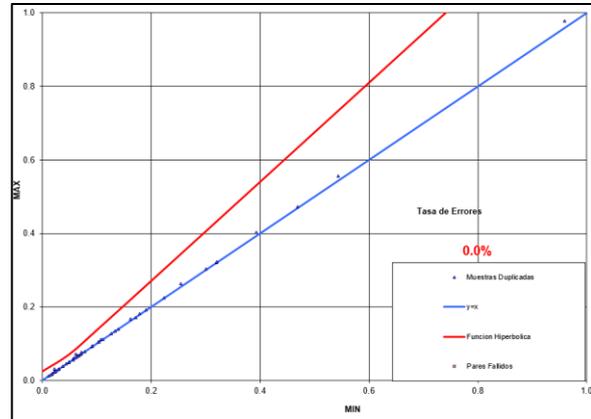
Multiple Regression Model: Pulp Duplicado = (0.00109) + (0.989396) * RES_VALUE_NORM						
Model Summary:						
R-Square	99.99%					
R-Square Adjusted	99.99%					
S (Root Mean Square Error)	0.004937407					
Parameter Estimates:						
Predictor Term	Coefficient	SE Coefficient	T	P	VIF	Tolerance
Constant	0.0010897	0.000753569	1.446	0.1545		
Pulp Original	0.989396	0.001535625	644.30	0.0000	1.00000	1
Analysis of Variance for Model:						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Model	1	10.120	10.120	415116	0.0000	
Error	49	0.001194522	2.4378E-05			
Lack of Fit	44	0.001110022	2.52278E-05	1.493	0.3517	
Pure Error	5	0.0000845	0.0000169			
Total (Model + Error)	50	10.121	0.202418			
Durbin-Watson Test for Autocorrelation in Residuals:						
DW Statistic	2.240					
P-Value Positive Autocorrelation	0.8064					
P-Value Negative Autocorrelation	0.1942					

Nota: Grado de correlación de muestras originales y de duplicados de pulpa. Tomado de MYSRL.

En la Figura No.23 se observa que dentro de los duplicados de pulpa (Pulp) existe una muy buena correlación entre las muestras originales y duplicadas. El porcentaje de variación que se muestra entre las muestras originales y duplicadas es del 0.01%, el cual se encuentra dentro de lo aceptable.

Figura 24

Evaluación de pares fallidos mediante el método hiperbólico para duplicados de pulpa (Pulp).



Nota: Tomado de MYSRL.

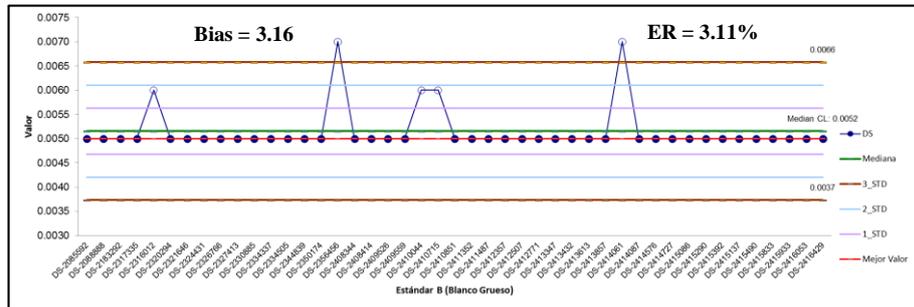
El error relativo para duplicados de campos debe ser menor a 10% y la tasa de error de pares fallidos debe ser menor a 10%. En este caso el error relativo es de 3.23% y la tasa de pares fallidos mediante el método hiperbólico es de 0% (Ver Fig 24), por lo que podemos decir que se encuentra de lo aceptable.

5.2.4 Blanco Grueso (B):

En la Figura No.25 se observa que dentro del estándar de control B (Blanco grueso) existe valores que se encuentran sobre la segunda y tercera desviación estándar, e incluso muestras continuas que se encuentran sobre la primera desviación estándar.

Figura No. 25.

Control estándar B (Blanco Grueso).



Nota: Tomado de MYSRL.

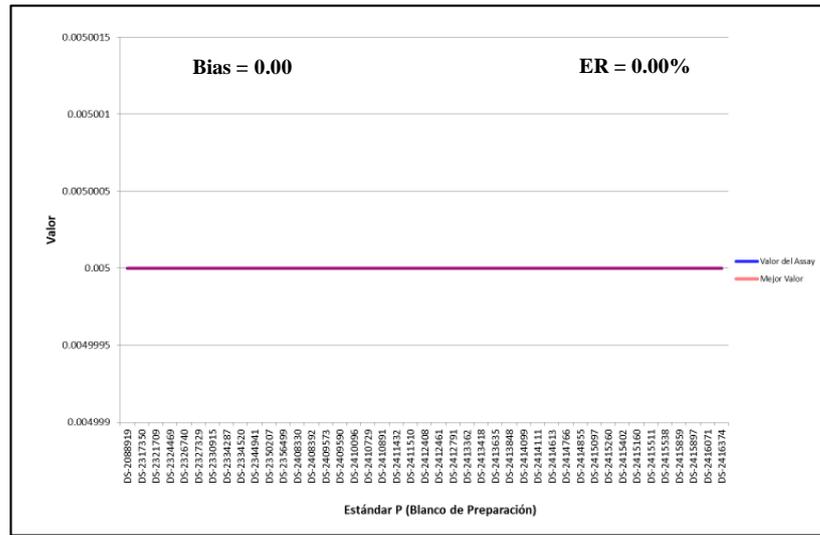
El total de muestras que se encuentran fuera del rango aceptable para el estándar B (Blanco grueso) son 2, las cuales representan un E.R del 3.11% en muestras para este tipo de control y además de acuerdo a los resultados obtenidos se presenta un sesgo del 3.16%, por tal motivo se puede decir que se encuentra dentro de lo aceptable.

5.2.5 Blanco de Preparación (P):

En la Figura No.26 se observa que dentro del estándar del control P, no se presentan errores.

Figura 26

Gráfico de muestra de control del estándar P (Blanco Preparación).



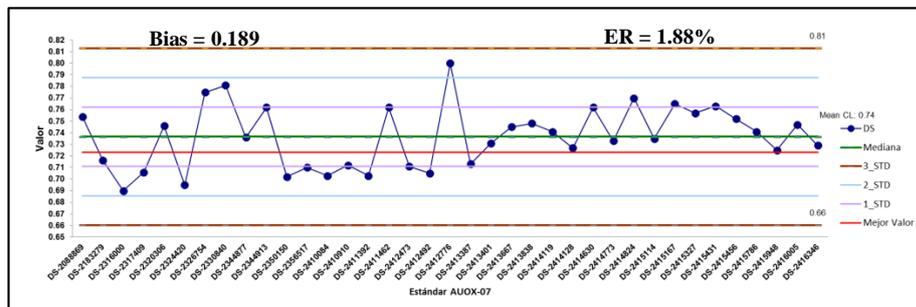
Nota: Tomado de MYSRL.

5.2.6 Estándar de control AUOX_07:

En la Figura No.27 se observa que dentro del estándar de control AUOX-07 existe 1 valor que se encuentran sobre la segunda desviación estándar, e incluso muestras continuas que se encuentran sobre la primera desviación estándar.

Figura 27

Gráfico de muestra de control del estándar AUOX-07.



Nota: Tomado de MYSRL.

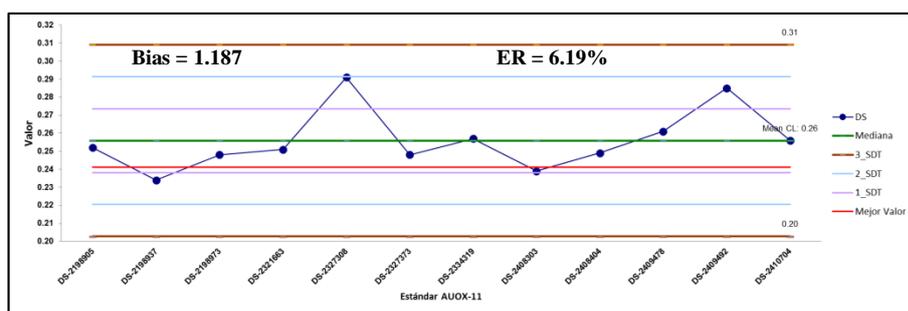
El total de muestras que se encuentran fuera del rango aceptable para el estándar AUOX-07 es de 1, la cual representa un E.R del 2.70% en muestras para este tipo de control y además de acuerdo a los resultados obtenidos se presenta un sesgo del 1.80%, por tal motivo se puede decir que se encuentra dentro de lo aceptable.

5.2.7 Estándar de control AUOX_11:

En la Figura No.28 se observa que dentro del estándar de control AUOX-11 no existen valores que se encuentren sobre la segunda desviación estándar, por tal motivo el error relativo es de 0% en base al número de muestras, pero en base a los resultados obtenidos se presenta un sesgo del 6.19%, por tal motivo se puede decir que se encuentra dentro de lo aceptable.

Figura 28

Gráfico de muestra de control del estándar AUOX-11.



Nota: Tomado de MYSRL.

Tabla 13*Muestras Estándares en campaña de Perforación 2017 - 2018*

Muestras Estándares	Muestras	ER	Sesgo	Error Relativo Promedio	Sesgo Promedio
B (Blanco Grueso)	45	3.11%	3.16		
AUOX-07	37	1.88%	1.19	3.02%	2.13
AUOX-11	12	6.19%	1.19		
Total	94				

Nota: Error relativo promedio del total de muestras de control. Tomado de MYSRL.

En la Tabla No.13 se observa que el error relativo promedio es de 3.02% y la del sesgo es del 2.13, por tal motivo al momento de realizar los cálculos de estimación de recursos se tomará como margen de error el 3.02% ya sea en la subestimación o sobrestimación.

5.3 Evaluación de Costos en perforación, preparación y análisis en muestras regulares, duplicados, blancos y estándares:

El costo por metro perforado en la campaña de perforación fue de \$195.50, el de preparación de la muestra de \$4.50 y el del análisis de \$24.00.

Durante la campaña de perforación, se llegaron a perforar 20 taladros (63985.20mts / \$1,365,955.86), con un total de 3762 muestras regulares (\$107,480.34), 196 muestras duplicadas (\$5,586.00) y 143 muestras estándares (\$865.20), ver tablas 14,15,16,17 y 18.

Tabla 14
Costo de Perforación

Metro de Perforación	\$ 195.50	
Taladro	TD (Profundidad mts)	Costo Perforación
CAMYBH1601	50	\$ 9,777.50
CHG-727	441.7	\$ 86,374.44
CHG-728	450	\$ 87,997.50
CHG-729	417.1	\$ 81,563.91
CHG-730	611.7	\$ 119,617.94
CHG-731	510.2	\$ 99,769.61
CHG-732	230	\$ 44,976.50
CHG-733	200	\$ 39,110.00
CHG-734	570	\$ 111,463.50
CHG-735	185	\$ 36,176.75
CHG-736	300	\$ 58,665.00
CHG-737	162.6	\$ 31,796.43
CHG-738	363.7	\$ 71,121.54
CHG-739	490	\$ 95,819.50
CUMYBH1602	105.1	\$ 20,552.31
QCMYBH1603	190	\$ 37,154.50
QUE-284	500	\$ 97,775.00
QUE-285	423.1	\$ 82,737.21
QUE-286	435	\$ 85,064.25
QUE-287	350	\$ 68,442.50
Total	6985.2	\$ 1,365,955.86

Nota: Costo de perforación, según zona de perforación y profundidad. Tomado de MYSRL.

Tabla 15
Costo de Muestras Regulares

Preparación	\$ 4.50			
Análisis	\$ 24.00			
Taladro	Samples	Costo Preparación	Costo análisis	Total
CAMYBH1601	25	\$ 113.25	\$ 601.00	\$ 714.25
CHG-727	212	\$ 960.36	\$ 5,096.48	\$ 6,056.84
CHG-728	218	\$ 987.54	\$ 5,240.72	\$ 6,228.26
CHG-729	209	\$ 946.77	\$ 5,024.36	\$ 5,971.13
CHG-730	322	\$ 1,458.66	\$ 7,740.88	\$ 9,199.54
CHG-731	266	\$ 1,204.98	\$ 6,394.64	\$ 7,599.62
CHG-732	129	\$ 584.37	\$ 3,101.16	\$ 3,685.53
CHG-733	114	\$ 516.42	\$ 2,740.56	\$ 3,256.98
CHG-734	332	\$ 1,503.96	\$ 7,981.28	\$ 9,485.24
CHG-735	115	\$ 520.95	\$ 2,764.60	\$ 3,285.55
CHG-736	162	\$ 733.86	\$ 3,894.48	\$ 4,628.34
CHG-737	91	\$ 412.23	\$ 2,187.64	\$ 2,599.87
CHG-738	209	\$ 946.77	\$ 5,024.36	\$ 5,971.13
CHG-739	288	\$ 1,304.64	\$ 6,923.52	\$ 8,228.16
CUMYBH1602	33	\$ 149.49	\$ 793.32	\$ 942.81
QCMYBH1603	85	\$ 385.05	\$ 2,043.40	\$ 2,428.45
QUE-284	276	\$ 1,250.28	\$ 6,635.04	\$ 7,885.32
QUE-285	248	\$ 1,123.44	\$ 5,961.92	\$ 7,085.36
QUE-286	236	\$ 1,069.08	\$ 5,673.44	\$ 6,742.52
QUE-287	192	\$ 869.76	\$ 4,615.68	\$ 5,485.44
Total	3762	\$ 17,041.86	\$ 90,438.48	\$ 107,480.34

Nota: Costo de muestras regulares según número de muestras por taladro. Tomado de MYSRL.

Tabla 16*Costo de Muestras Duplicadas*

Preparación		\$ 4.50		Análisis		\$ 24.00	
Taladro	Muestras Duplicadas			Total Muestras	Costo preparación	Costo análisis	Total
	FIELD	SPLIT	PULP				
CHG-727	7	5	4	16	\$ 72.00	\$ 384.00	\$ 456.00
CHG-728	7	4	2	13	\$ 58.50	\$ 312.00	\$ 370.50
CHG-729	5	3	2	10	\$ 45.00	\$ 240.00	\$ 285.00
CHG-730	8	6	6	20	\$ 90.00	\$ 480.00	\$ 570.00
CHG-731	7	4	3	14	\$ 63.00	\$ 336.00	\$ 399.00
CHG-732	3	2	2	7	\$ 31.50	\$ 168.00	\$ 199.50
CHG-733	3	2	2	7	\$ 31.50	\$ 168.00	\$ 199.50
CHG-734	6	5	3	14	\$ 63.00	\$ 336.00	\$ 399.00
CHG-735	3	2	2	7	\$ 31.50	\$ 168.00	\$ 199.50
CHG-736	4	2	2	8	\$ 36.00	\$ 192.00	\$ 228.00
CHG-737	2	1	1	4	\$ 18.00	\$ 96.00	\$ 114.00
CHG-738	5	2	5	12	\$ 54.00	\$ 288.00	\$ 342.00
CHG-739	6	3	3	12	\$ 54.00	\$ 288.00	\$ 342.00
CUMYBH1602	1	1	1	3	\$ 13.50	\$ 72.00	\$ 85.50
QCMYBH1603	1	1	1	3	\$ 13.50	\$ 72.00	\$ 85.50
QUE-284	7	4	4	15	\$ 67.50	\$ 360.00	\$ 427.50
QUE-285	6	3	3	12	\$ 54.00	\$ 288.00	\$ 342.00
QUE-286	5	3	3	11	\$ 49.50	\$ 264.00	\$ 313.50
QUE-287	4	2	2	8	\$ 36.00	\$ 192.00	\$ 228.00
Total	90	55	51	196	\$ 882.00	\$ 4,704.00	\$ 5,586.00

Nota: Costo de muestras duplicadas según número de muestras por taladro. Tomado de MYSRL.

Tabla 17*Costo de Muestras Estándar*

Taladros	Muestras Estándar						Muestras	Costo Total
	AUOX-01	AUOX-04	AUOX-07	AUOX-11	GBMS911-1	B		
B	\$	7.85						
P	\$	6.15						
AUOX-01	\$	4.50						
AUOX-04	\$	4.50						
AUOX-07	\$	4.50						
AUOX-11	\$	4.50						
GBMS911-1	\$	4.50						
CAMYBH1601						1		1 \$ 7.85
CHG-727	2			3	2			7 \$ 31.50
CHG-728			1	2		2	2	7 \$ 41.50
CHG-729				2		2	2	6 \$ 37.00
CHG-730		1	5		1	6	4	17 \$ 103.20
CHG-731			4			3	3	10 \$ 60.00
CHG-732				2		2	2	6 \$ 37.00
CHG-733			2			2	2	6 \$ 37.00
CHG-734			3			3	4	10 \$ 61.65
CHG-735			2			2	2	6 \$ 37.00
CHG-736			2			2	2	6 \$ 37.00
CHG-737			1			1	1	3 \$ 18.50
CHG-738			3			2	3	8 \$ 47.65
CHG-739			3			3	3	9 \$ 55.50
CUMYBH1602			1			1		2 \$ 12.35
QCMYBH1603			1			1	1	3 \$ 18.50
QUE-284			1	3		4	4	12 \$ 74.00
QUE-285			3			3	3	9 \$ 55.50
QUE-286			3			3	3	9 \$ 55.50
QUE-287			2			2	2	6 \$ 37.00
Total	2	1	37	12	3	45	43	143 \$ 865.20

Nota: Costo de muestras estándar según número de muestras por taladro. Tomado de MYSRL.

Tabla 18*Costo de perforación, muestras regulares, duplicadas y estándar*

Taladro	TD (Profundidad mts)	Samples	Costo Perforación	Costo análisis			Total
				Costo Muestra Regular	Costo Duplicados	Costo Estándares	
CAMYBH1601	50	25	\$ 9,777.50	\$ 714.25	\$ -	\$ 7.85	\$ 722.10
CHG-727	441.7	212	\$ 86,374.44	\$ 6,056.84	\$ 456.00	\$ 31.50	\$ 6,544.34
CHG-728	450	218	\$ 87,997.50	\$ 6,228.26	\$ 370.50	\$ 41.50	\$ 6,640.26
CHG-729	417.1	209	\$ 81,563.91	\$ 5,971.13	\$ 285.00	\$ 37.00	\$ 6,293.13
CHG-730	611.7	322	\$ 119,617.94	\$ 9,199.54	\$ 570.00	\$ 103.20	\$ 9,872.74
CHG-731	510.2	266	\$ 99,769.61	\$ 7,599.62	\$ 399.00	\$ 60.00	\$ 8,058.62
CHG-732	230	129	\$ 44,976.50	\$ 3,685.53	\$ 199.50	\$ 37.00	\$ 3,922.03
CHG-733	200	114	\$ 39,110.00	\$ 3,256.98	\$ 199.50	\$ 37.00	\$ 3,493.48
CHG-734	570	332	\$ 111,463.50	\$ 9,485.24	\$ 399.00	\$ 61.65	\$ 9,945.89
CHG-735	185	115	\$ 36,176.75	\$ 3,285.55	\$ 199.50	\$ 37.00	\$ 3,522.05
CHG-736	300	162	\$ 58,665.00	\$ 4,628.34	\$ 228.00	\$ 37.00	\$ 4,893.34
CHG-737	162.6	91	\$ 31,796.43	\$ 2,599.87	\$ 114.00	\$ 18.50	\$ 2,732.37
CHG-738	363.7	209	\$ 71,121.54	\$ 5,971.13	\$ 342.00	\$ 47.65	\$ 6,360.78
CHG-739	490	288	\$ 95,819.50	\$ 8,228.16	\$ 342.00	\$ 55.50	\$ 8,625.66
CUMYBH1602	105.1	33	\$ 20,552.31	\$ 942.81	\$ 85.50	\$ 12.35	\$ 1,040.66
QCMYBH1603	190	85	\$ 37,154.50	\$ 2,428.45	\$ 85.50	\$ 18.50	\$ 2,532.45
QUE-284	500	276	\$ 97,775.00	\$ 7,885.32	\$ 427.50	\$ 74.00	\$ 8,386.82
QUE-285	423.1	248	\$ 82,737.21	\$ 7,085.36	\$ 342.00	\$ 55.50	\$ 7,482.86
QUE-286	435	236	\$ 85,064.25	\$ 6,742.52	\$ 313.50	\$ 55.50	\$ 7,111.52
QUE-287	350	192	\$ 68,442.50	\$ 5,485.44	\$ 228.00	\$ 37.00	\$ 5,750.44
Total	6985.2	3762	\$ 1,365,955.86	\$ 107,480.34	\$ 5,586.00	\$ 865.20	\$ 113,931.54

Nota: Costo de muestras de perforación, regulares, duplicadas y estándar según número de muestras por taladro. Tomado de MYSRL.

El ratio de inserción de muestras de control (Duplicados y estándares) en base a las muestras regulares es del 9.057%. El porcentaje del presupuesto en base al presupuesto total es del 0.44% (6,451.20) y en base al presupuesto del análisis es del 5.66% (6,451.20), ver tablas 19,20 y 21.

Tabla 19

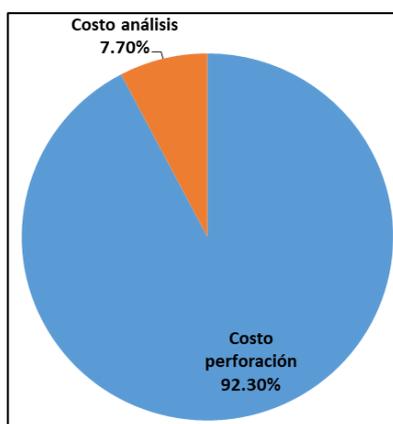
Presupuesto total del programa de perforación y análisis de muestras.

Costo	Presupuesto (\$)	Presupuesto (%)
Costo perforación	\$ 1,365,955.86	92.30%
Costo análisis	\$ 113,931.54	7.70%
Total	\$ 1,479,887.40	100.00%

Nota: Presupuesto del plan de perforación y análisis de muestras. Tomado de MYSRL.

Figura 29

Presupuesto total del programa de Perforación y análisis de muestras.



Nota: Elaboración Propia

Tabla 20

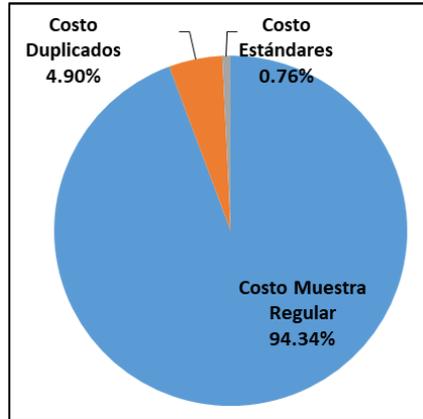
Presupuesto de análisis.

Costo Análisis	Tipo	Presupuesto (\$)	Presupuesto (%)
Costo Muestra Regular	Regular	\$ 107,480.34	94.34%
Costo Duplicados	QAQC	\$ 5,586.00	4.90%
Costo Estándares		\$ 865.20	0.76%
Total		\$ 113,931.54	100.00%

Nota: Presupuesto del análisis de muestras según muestras regulares y de control. Tomado de MYSRL.

Figura No. 30

Presupuesto de muestras de análisis.



Nota: Elaboración Propia

Tabla 21

Presupuesto de QAQC en base al presupuesto de análisis.

Costo QAQC	Presupuesto (\$)	Presupuesto (%)
QAQC	\$ 6,451.20	0.44%

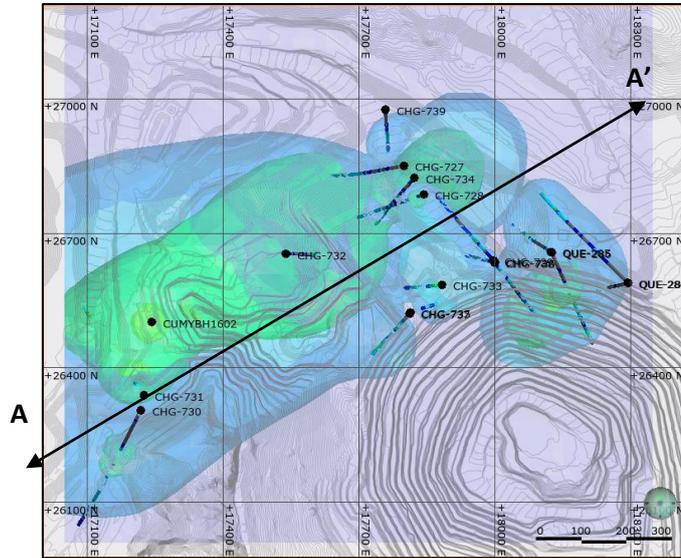
Nota: Porcentaje del costo a utilizar para el QAQC del presupuesto total. Tomado de MYSRL.

5.4 Estimación de Recursos:

Para la estimación de Recursos se generaron sólidos con los taladros perforados durante la campaña de perforación 2017 – 2018. Estos sólidos se generaron a diferentes rangos de ley (0.15-0.30gr/ton Au, 0.30-0.50gr/ton Au, 0.50-0.70gr/ton, Au 0.70-0.1.0gr/ton, Au 1.0-5.0gr/ton Au y 5.0-10.00gr/ton Au) y se realizaron mediante un método geo estadístico llamado interpolación por kriging, los cuales sirvieron para determinar el modelo de bloques y los recursos presentes en el cuerpo mineralizado. El desarrollo de este método se realizó en el software Leapfrog 4.4, ver Figura 26, 27 y 28.

Figura 31

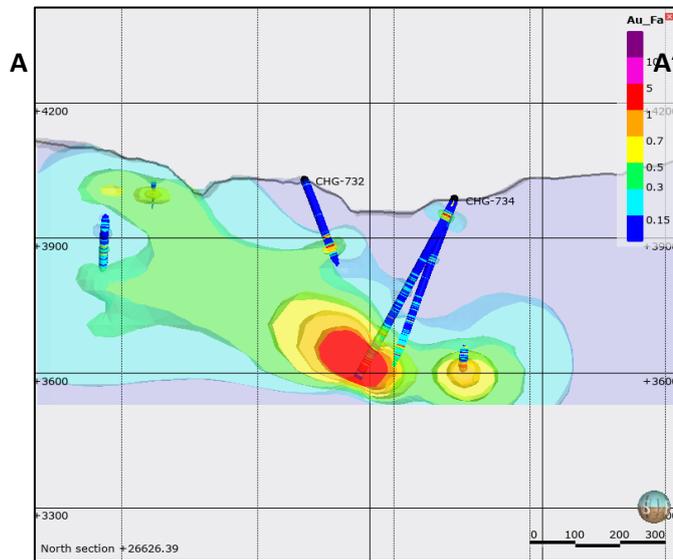
Solidos de control de mineral mediante el método del Kriging (Vista en planta).



Nota: Elaboración Propia

Figura 32

Solidos de control de mineral mediante el método del Kriging (Vista de Perfil).



Nota: Elaboración Propia

En la tabla 22 se observa el Volumen por cada rango de mineral. En base a estos volúmenes se determinó el modelo de bloques por rangos, la curva tonelaje-ley y los recursos obtenidos en cada sólido.

Tabla 22

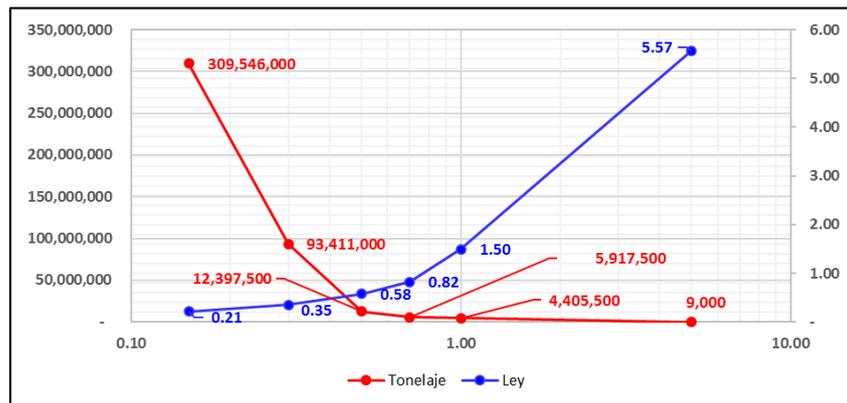
Área y Volumen por rango de leyes en la campaña de perforación 2017 – 2018.

<0.15 gr/ton Au		>0.15 and <0.30 gr/ton Au		>0.30 and <0.50 gr/ton Au	
Vértices:	27,438	Vértices:	15,702	Vértices:	6,805
Triángulos:	54,808	Triángulos:	31,248	Triángulos:	13,474
Volumen:	598,520,000	Volumen:	153,880,000	Volumen:	45,160,000
Área:	7,998,900	Área:	3,893,000	Área:	1,520,600
>0.50 and <0.70 gr/ton Au		>0.70 and <1.00 gr/ton Au		>1.00 and <5.00 gr/ton Au	
Vertices:	3,323	Vertices:	2,042	Vertices:	835
Triángulos:	6,550	Triángulos:	4,012	Triángulos:	1,634
Volumen:	5,957,800	Volumen:	2,814,000	Volumen:	2,082,900
Área:	537,510	Área:	280,860	Área:	96,401
>5.00 and <10.00 gr/ton Au					
Vertices:		Vertices:	61		
Triángulos:		Triángulos:	114		
Volumen:		Volumen:	2,311		
Área:		Área:	1,136		

Nota: Área y Volumen por rango de leyes según cuerpo mineral. Tomado de MYSRL.

Figura 33

Curva Tonelaje Ley



Nota: Elaboración Propia

Los recursos que se muestran en la tabla 23 indican un margen de error del $\pm 3\%$ gracias al QAQC realizado en las primeras instancias del proyecto.

Este QAQC nos da la seguridad de los recursos y reservas que presenta un depósito mineral, ya sea para desarrollarlo o venderlo.

Tabla 23

Área y Volumen por rango de leyes en la campaña de perforación 2017 – 2018.

Rango Leyes AuFA	Cutoff	Min AuFA	Max AuFA	Average AuFA	Toneladas	Onzas	+3.00%	-3.00%
0.15 - 0.30	0.15	0.15	0.30	0.21	309,546,000	2,132,434.51	2,196,407.55	2,068,461.48
0.30 - 0.50	0.30	0.30	0.50	0.35	93,411,000	1,065,278.82	1,097,237.18	1,033,320.46
0.50 - 0.70	0.50	0.50	0.70	0.58	12,397,500	231,733.16	238,685.15	224,781.16
0.70 - 1.00	0.70	0.70	1.00	0.82	5,917,500	156,329.07	161,018.94	151,639.20
1.00 - 5.00	1.00	1.00	4.97	1.50	4,405,500	211,989.06	218,348.73	205,629.38
5.00 - 10.00	5.00	5.35	5.78	5.57	9,000	1,610.94	1,659.27	1,562.62
Grand Total		0.15	5.78	0.28	425,686,500.00	3,799,375.56	3,913,356.83	3,685,394.29

Nota: Onzas por rango de leyes según cuerpo mineral. Tomado de MYSRL.

5.5 Contrastación de Hipótesis:

Según lo abordado en el presente trabajo el QAQC como herramienta de aseguramiento y control de calidad en un proceso de muestreo, análisis y estimación de recursos, nos asegura la confiabilidad sobre la calidad de información que se está presentando a los inversionistas, bancos y bolsas donde se cotizan sus acciones. Por eso es necesario aumentar el nivel de eficiencia en los trabajos de QAQC para minimizar los errores que se presentan durante la preparación y análisis de muestras. En comparación con otros estudios de QAQC como el de Mary Luisa Ccma Huanco en la unidad operativa de Chungar y de Marco Antonio Sandoval en el proyecto Sami, los resultados obtenidos han sido muy similares ya que los resultados del depósito Quecher Main han arrojado valores $<10\%$ en ER, $<5\%$ en pares fallidos (outliers) y $<5\%$ muestras estándares. Esto nos indica que todo el proceso de muestreo y análisis se encuentran dentro de lo aceptable y estos a la vez sirven para un proceso de estimación de recursos.

La evaluación del QAQC arrojó un error relativo de 3.02% y un sesgo del 2.13 . Esto nos indica que del cálculo de la estimación de recursos se tendrá un $\pm 3.02\%$ de las onzas calculadas en el depósito.

CONCLUSIONES

- El proceso de QA/QC arrojó un error relativo de 3.02% y un sesgo del 2.13, esto nos indica que los resultados a evaluar están dentro de lo aceptable para continuar con la estimación de recursos minerales.
- Los recursos minerales tienen un total de 3.79 Moz de Au, calculado con 20 sondajes de perforación diamantina.
- El costo del QAQC en este plan de perforación incrementó en un 0.44% del presupuesto total (perforación + análisis). Esto nos asegura tener información confiable de los resultados y trabajar con una varianza económica de 3.02% durante el proceso de extracción mineral.
- Las muestras duplicadas presentan ER < 30% para duplicados de campo, ER < 20% para duplicados de preparación y < 10% para duplicados de pulpa. Estos resultados muestran una precisión aceptable.
- Las muestras duplicadas en todos sus procesos de precisión presentan tasas de error de pares fallidos <5%, esto nos indica una precisión aceptable.
- Las muestras duplicadas controlan la etapa de preparación, mientras que los estándares controlan la etapa de análisis.

RECOMENDACIONES

- El costo de los controles de QAQC no debe de exceder el 10% del presupuesto del análisis.
- Los estándares deben de ser de empresas reconocidas. Como control interno de estas muestras se debería tomar el 2% de cada tipo de estándar para enviarlas analizar y verificar su veracidad.
- Cada tipo de estándar debe ser mayor a 10 muestras para realizar una evaluación estadística, ya que a menor cantidad no es representativo y tan sólo nos serviría de control local más no de la población.
- Las inserciones de los controles no se deben de colocar aleatoriamente. Estos deben de colocarse en base al control geológico y mineral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Meza, A. (2016). *Evolución e Impacto Económico de Inversión en las Fases Temprana en un Modelo Geominerometalurgico*. Tesis de Magister en Gestión Empresarial. Universidad Técnica Federico Santa María.
- Jorquera, F. (2016). *Valorización de Activos Mineros Metálico de Cobre*. Tesis de Geólogo. Universidad de Chile.
- Zúñiga, P. (2016). *Procesos QA/QC para poblar una base Geominerometalúrgica*. Gerencia de Recursos Mineros. Codelco.
- Matullic, M. (2015). *Beneficios Económicos asociados a la implementación de la metodología QA/QC en perforación de operación los Bronces*. Tesis de Ingeniero Civil de Minas. Universidad de Chile.
- Guerrero, A. (2015). *Aplicación del programa de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) en el muestreo geológico de la mina subterránea Raura S.A.* Tesis de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Piura.
- Candía, J. (2016). *Estimación de Reservas de la veta Vulcano con perforación diamantina, en Castrovirreyna – Huancavelica*. Tesis de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional del Altiplano.
- Ccama, M. (2017). *Aplicación del QA/QC en el proceso Geológico para validar la Estimación de Recursos y Reservas de la unidad operativa Chungar*. Tesis de Ingeniero Geólogo. Universidad San Agustín de Arequipa.

- Vélez, J. (2015). *Innovación al control de procesos de muestreo (QA/QC) validan la estimación de recursos y reservas para yacimiento Epitermales de Alta Sulfuración en Coimolache – Cajamarca, desde su etapa de prospección a mina de oro*. Perumin, 32 Convención Minera.
- Sánchez, E., Sánchez, J. (2015). *Implementación de un sistema de Control de Calidad QA/QC aplicado al análisis de muestras geológicas, para mejorar el nivel de confiabilidad de los resultados de laboratorio, en la empresa Anglo American – Quellaveco - 2015*. Tesis de Ingeniero Industrial. Universidad Privada del Norte.
- López, D., Rodríguez, C. y Valverde, J. (2015). *Procesos de Estimación de Recursos y Reservas de la mina Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C*. Perumin, 32 Convención Minera.
- Wesgart, J. (2013). *Cap. 2 ¿Cuál es la idea detrás del control estadístico de la calidad?* (pp. 15 – 26). Madison, EE.UU. QC Westgard, Inc.
- Código JORC (2012). *Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves*. The JORC Code 2012 Edition.
- Canchaya, S. (2012). *“QA/QC”: ¿Realidad o fantasía?* Compañía de Minas Buenaventura S. A. A.
- Mejía, J. (2009). *Geología y Categorización de recursos geológicos mineros del proyecto Invicta provincia de Huaura – Lima*. Tesis de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Jura, J. (2007). *Análisis y planeación de la calidad método Juran 5° Edición*. McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

- Seminario de Codelco (2016). *Procesos QA/QC para poblar una Base Geominerometalúrgica*. Gerencia Recursos Mineros.
- Ruiz, Y. (2017). *Aplicación de software libre para la Estimación de Recursos y para la evaluación técnica económica de las reservas minerales*. Tesis de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional de Piura.
- Torres, J. (2015). *Metodología para la Estimación de Reservas Minerales en minera Bateas*. Tesis de ingeniero de Minas. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Sánchez, J. (2018). *Beneficio Económico*. <https://economipedia.com/definiciones/beneficio-economico.html>.
- Vargas, J. (2016). *Implantación de un sistema de costos por proceso y su efecto en la Rentabilidad de la empresa Alpaca Color S.A.* Título de contador Público. Universidad Autónoma del Perú.
- Sabalza, M. (2006). *Evaluación Económica*. Desarrollo Económico Local.
- Quiroga, R. (2017). *Concepto de Dato, Estadística, Indicador. Fundamentos de recolección, compilación, validación, estructuración y descripción de series estadísticas y de indicadores*. Curso-Taller para construir y sostener indicadores de Biodiversidad en Chile.
- Simons, A. (2011). *A discussion on current Quality-Control*. Applications and Experiences of Quality Control edit by Ivanov, O.
- Rojas, M. (2019). *Implementación de programa de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) para el muestreo de detritos en depósitos tipo Pórfido de Cobre*. Tesis

de Ingeniero Geólogo - Geotécnico. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna.

QAQC MYSRL (2015). *Guía de Control y Aseguramiento de la Calidad para Ensayos Geoquímicos (2015)*. Manual QAQC (2015).

Alperín, M. (2013). *Introducción al Análisis Estadístico de Datos Geológicos*. Editorial de la Universidad de la Plata.

Sánchez, J. (2018). *Análisis de factores que Influyen en la Estimación de Reservas Probadas y Probables en la unidad operativa Pallancata*. Tesis de Ingeniero de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional del Centro del Perú - Huancayo.

Condori, J. (2018). *Modelo de riesgo para la evaluación Económica Financiera de la explotación de la veta Huáscar Nivel 2220 - 2296 Mina, Yanaquihua – Arequipa*. Tesis de Ingeniero de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.

Hernández, Fernández y Baptista (2014). *Metodología de la Investigación 5° Edición*. McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Morán y Alvarado (2010). *Métodos de Investigación 1° Edición*. D.R. © 2010 por Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Ordinola, M. (2021). *Aprovechamiento y Gestión Sostenible del Ambiente y los Recursos Minerales*. Tesis de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Piura.

ANEXOS

Figura 34

Preparación de Muestras de sondajes de perforación.



Nota: Tomado de Laboratorio Geología Minera Yanacocha.

Figura 35

Sondaje de Perforación



Nota: Tomado de Laboratorio Geología Minera Yanacocha.

Figura 36

Perforación, extracción de muestra, sondaje y muestreo.



Nota: Tomado de Laboratorio Geología Minera Yanacocha.

Figura 37

Muestras tipo pulpa de producto de los análisis.



Nota: Tomado de Laboratorio Geología Minera Yanacocha.

Figura 38

Herramienta de Recolección de Muestreo Plantilla.

VisualLogger 5.02, Newmont Mining Corporation - [GED_Drill_Log_Yanacocha_GEN2 V 1.7.0.vlt [CHG-732]]

Sampling	Assays	Geotech	Lithology	Alteration	Silic	Texture	Alteration	Minerology	Other Minerals	In Zones
Regular	Au (g/t)	Recovery	Descriptive Log	Alt. Dominant	Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Alteration	Minerology
Duplicates	Cu (ppm)	ROD	Physic Sample	Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Alumite	Hematite %	Magnetite %
Standards		Surf RMR	Rock Texture	Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Propylitic	Goethite %	Geothite %
			Rock Type	Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Pyrophyllite	Limonite %	Limonite %
			Lith Interp/Unit Rock	Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Kaolinite	Bornite %	Bornite %
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Smectite	Chlorite	Chlorite
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Hematite %	Hematite %
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Magnetite %	Magnetite %
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Goethite %	Goethite %
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Limonite %	Limonite %
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Bornite %	Bornite %
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Chalcocite %	Chalcocite %
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Covellite %	Covellite %
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Enargite %	Enargite %
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Pyrite %	Pyrite %
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Total Sulfide %	Total Sulfide %
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Gold %	Gold %
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Sulfur	Sulfur
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Jarosite	Jarosite
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Scorodite	Scorodite
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	Min Occurrences	Min Occurrences
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	CUOYS	CUOYS
				Massive	Vuggy	Granular Induration	Silic	Chlorite	FOXS	FOXS

Nota: Tomado de MYSRL.

