

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

Optimización de los parámetros de perforación con el sistema diamantina para el control de la desviación de la trayectoria del taladro, en la unidad operativa Yauricocha, CIA. sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020

Presentado por:

Evert Vargas Quivio

Para optar el Título de Ingeniero de Minas

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PERFORACIÓN CON EL SISTEMA
DIAMANTINA PARA EL CONTROL DE LA DESVIACIÓN DE LA TRAYECTORIA DEL
TALADRO, EN LA UNIDAD OPERATIVA YAURICOCHA, CIA. SIERRA METALS INC,
YAUYOS - LIMA, 2020**

Presentado por **Evert Vargas Quivio**, para optar el Título de:

INGENIERO DE MINAS

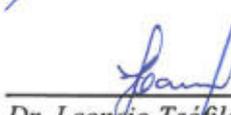
Sustentado y aprobado el 22 de agosto del 2022, ante el jurado evaluador:

Presidente:



Mtro. Crisólogo Conza Ancaypuro

Primer Miembro:



Dr. Leoncio Teófilo Carnero Carnero

Segundo Miembro:



Mtro. Franklyn Aguirre Huillcas

Asesor:



Mtro. Feliciano Escobedo Silva

Agradecimiento

Un agradecimiento muy especial a mis padres y hermanos, por su amor incondicional, a mi alma mater la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, por brindarme enseñanzas y experiencias únicas, que doy por seguro serán de gran ayuda en mi crecimiento profesional. A mi asesor el Ing. Feliciano Escobedo Silva, de quien recibí mucho de sus sabias experiencias y sapiencias, y gracias a su apoyo me fue posible concluir este trabajo de investigación.



Dedicatoria

En primer lugar, a Dios por guiarme y darme fuerzas en momentos difíciles seguidamente a mis padres Pascual y Victoria quienes me acompañaron, motivaron y brindaron su total apoyo para que se cumpla uno de mis mayores objetivos, sin ellos no se hubiera hecho posible, a mis hermanos por ser mi fuente de inspiración, a mi familia que me apoyaron de alguna u otra forma, por último y sin ser menos importante a los docentes y compañeros de mi prestigiosa Escuela y Universidad por su apoyo, comprensión y enseñanza.



“Optimización de los parámetros de perforación con el sistema diamantina para el control de la desviación de la trayectoria del taladro, en la unidad operativa Yauricocha, CIA. Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020”

Línea de Investigación: Geología, geotecnia y medio ambiente

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
RESUMEN... ..	3
ABSTRACT... ..	4
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 Descripción del problema.....	5
1.2 Enunciado del Problema	6
1.2.1 Problema general	6
1.2.2 Problemas específico	6
1.3 Justificación de la investigación	6
CAPÍTULO II	
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	8
2.1 Objetivos de la investigación.....	8
2.1.1 Objetivo general	8
2.1.2 Objetivos específicos	8
2.2 Hipótesis de la investigación	9
2.2.1 Hipótesis general	9
2.2.2 Hipótesis específicas.....	9
2.3 Operacionalización de variables	10
CAPÍTULO III	
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	11
3.1 Antecedentes.....	11
3.1.1 Antecedentes internacionales	11
3.1.2 Antecedentes nacionales.....	15
3.2 Marco teórico.....	17
3.2.1 Ubicación.....	17
3.2.2 Accesibilidad	19
3.2.3 Geología regional	21
3.2.4 Geología local.....	23
3.2.5 Geología estructural.....	28
3.2.6 Mineralización	30



3.2.7	Métodos de minería	31
3.2.8	Perforación sondeo con diamantina Diamond Drill Hole (DDH)	32
3.2.9	Perforación a rotación con recuperación de testigos	33
3.2.10	Perforación con corona diamantina	38
3.2.11	Taladros de exploración y definición	40
3.2.12	Fluidos de Perforación.....	41
3.2.13	Composición de los fluidos de perforación	42
3.2.14	Accesorios de perforación	46
3.2.15	Registro de parámetros de perforación	54
3.2.16	Desviación de un sondeo	58
3.3	Marco conceptual	58

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA.....	63	
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	63
4.2	Diseño de la investigación.....	63
4.3	Descripción ética de la investigación	63
4.4	Población y muestra	63
4.5	Procedimiento.....	64
4.5.1	Evaluación de cámara de perforación diamantina.....	64
4.5.2	Traslado de la maquina diamantina en mina	65
4.5.3	Traslado de materiales de perforación diamantina	66
4.5.4	Instalación de la máquina de perforación diamantina	66
4.5.5	Anclaje.....	67
4.5.6	Cambio de Dirección de un nuevo sondaje	67
4.5.7	Preparación y adición de lodos al sondaje.....	68
4.5.8	Inicio de perforación diamantina.....	68
4.5.9	Perforación diamantina.....	69
4.5.10	Manipulación de tuberías.....	70
4.5.11	Vaciado de muestra	71
4.6	Técnica e instrumentos	71
4.6.1	Técnicas	71
4.6.2	Instrumentos	72
4.7	Análisis estadístico	79



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES	80
5.1 Análisis de resultados	80
5.1.1 La presión de torque en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con sistema diamantina permite la menor desviación de la trayectoria del taladro en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima	80
5.1.2 La presión de avance de perforación de acuerdo a la calidad de roca con sistema diamantina permite la menor desviación de la trayectoria del taladro en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima	82
5.1.3 La velocidad de rotación en perforación de acuerdo a la calidad de roca con sistema diamantina permite la menor desviación de la trayectoria del taladro en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima	85
5.1.4 El peso sobre la corona en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con sistema diamantina permite la menor desviación de la trayectoria del taladro en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima	88
5.1.5 Comparación de los parámetros de perforación con el sistema diamantina en el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro.	91
5.2 Contraste de hipótesis	93
5.3 Discusión	96
CAPÍTULO VI	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
6.1 Conclusiones.....	97
6.2 Recomendaciones	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXOS.....	102



ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 — Operacionalización de variables	10
Tabla 2 — Coordenadas UTM (WGS84) del Proyecto Minero (Yauricocha).....	18
Tabla 3 — Vías de acceso al proyecto minero de Yauricocha	19
Tabla 4 — Diámetro estándar de perforación diamantina.....	39
Tabla 5 — Tuberías de perforación estándar.....	52
Tabla 6 — Datos iniciales para la perforación en el proyecto.....	64
Tabla 7 — Taladro E-HUA-10-19-01 (T01)	75
Tabla 8 — Taladro E-HUA-10-19-02 (T02)	76
Tabla 9 — Taladro E-HUA-10-19-02A (T02A)	77
Tabla 10 — Taladro E-HUA-10-19-03 (T03)	78
Tabla 11 — parámetro de presión de torque óptima para la menor desviación DIP (deg) de la trayectoria de los taladros	80
Tabla 12 — Parámetro de presión de torque óptima para la menor desviación AZIMUT (deg) de la trayectoria de los taladros	81
Tabla 13 — Parámetro de presión de avance óptima para la menor desviación DIP (deg) de la trayectoria de los taladros	82
Tabla 14 — Parámetro de presión de avance óptima para la menor desviación AZIMUT (deg) de la trayectoria de los taladros	84
Tabla 15 — Parámetro de velocidad de rotación óptima para la menor desviación DIP (deg) de la trayectoria de los taladros	85
Tabla 16 — Parámetro de velocidad de rotación óptima para la menor desviación AZIMUT (deg) de la trayectoria de los taladros	87
Tabla 17 — Parámetro de peso sobre la corona óptima para la menor desviación DIP (deg) de la trayectoria de los taladros	88



Tabla 18 — Parámetro de peso sobre la corona óptima para la menor desviación AZIMUT (deg) de la trayectoria de los taladros	89
Tabla 19 — Menor desviación DIP (deg) y la combinación óptima para cada taladro.....	91
Tabla 20 — Menor desviación AZIMUTH (deg) y la combinación óptima para cada taladro	92
Tabla 21 — Matriz de consistencia	1
Tabla 22 — Promedios de la desviación DIP en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-01 para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC)	2
Tabla 23 — Promedios de la desviación AZIMUTH (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-01 para diferentes valores de Presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC).....	5
Tabla 24 — Promedios de la desviación DIP (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-02 (T02) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC).....	8
Tabla 25 — Promedios de la desviación AZIMUTH (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-02 (T02) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC).....	11
Tabla 26 — Promedios de la desviación DIP (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-02A (T02A) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC).....	14
Tabla 27 — Promedios de la desviación AZIMUTH (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-02A (T02A) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC).....	17
Tabla 28 — Promedios de la desviación DIP (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-03 (T03) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC).....	20



Tabla 29 — Promedios de la desviación AZIMUTH (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-03 (T03) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC)	23
Tabla 30 — Medición Reflex Gyro E-HUA-10-19-01 (T01)	26
Tabla 31 — Medición Reflex Gyro E-HUA-10-19-02 (T02)	27
Tabla 32 — Medición Reflex Gyro E-HUA-10-19-02A (T02A).....	28
Tabla 33 — Medición Reflex Gyro E-HUA-10-19-03 (T3)	29



ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 — Plano de ubicación del distrito de Alis	18
Figura 2 — Plano de ubicación de la unidad minera Yauricocha	19
Figura 3 — Accesibilidad hacia la unidad minera Yauricocha.....	20
Figura 4 — Columna Estratigráfico Regional.....	22
Figura 5 — columna estratigráfica local	25
Figura 6 — Geológico regional Yauricocha	26
Figura 7 — Geológico local Yauricocha.....	27
Figura 8 — Falla Yauricocha	29
Figura 9 — Ubicación de la máquina perforadora LM 110-Boart Longyear.....	35
Figura 10 — Tamaño de las cámaras de DDH de la máquina de perforación diamantina LM 110.....	36
Figura 11 — Componentes principales de la maquina LM.....	37
Figura 12 — Maquina Diamantina LM 110 (Boart Longyear).....	37
Figura 13 — Panel de control de la maquina diamantina LM 110 (Boart Longyear).....	38
Figura 14 — Taladros de Exploración y Definición	41
Figura 15 — Tinas para la preparación de fluidos de perforación	46
Figura 16 — Componentes del cabezal de tubo interior	47
Figura 17 — Componentes del sistema Core Barrel System.....	47
Figura 18 — Pescador mecánico (Ezy-Lock Overshot Assembly).....	48
Figura 19 — Pescador Hidráulico (Quick Pump-In Overshot Assembly).....	48
Figura 20 — Coronas de impregnación (a) y coronas de inserción (b)	49
Figura 21 — Colocación correcta del tubo interior dentro del core barrel	49



Figura 22 — Coronas de impregnación. a) nueva. b) desgaste normal con pocos metros de uso (frente plano). c) desgastada en forma normal. d) Desgaste incorrecto, cóncavo hacia la parte interna. e) Desgaste incorrecto, cóncavo hacia la parte externa. f) Corona fundid	50
Figura 23 — Zapatas y escariador	51
Figura 24 — Acumulación barras de perforación	52
Figura 25 — Partes de Loading chamber	53
Figura 26 — Inspección y nivelación de la máquina para el cambio de dirección del siguiente sondaje	54
Figura 27 — Kit de prueba de dureza de Mosh	60
Figura 28 — Identificación del tipo de roca y la dureza de la roca (Kit de prueba de dureza de Mosh).....	60
Figura 29 — Cuaderno de corridas de la maquina LM 110	72
Figura 30 — Pantalla de “Survey Setup” de las mediciones de los taladros	73
Figura 31 — Armado del equipo de medición Reflex Gyro	73
Figura 32 — Instalación del contometro para la medición del sondaje	74
Figura 33 — Proceso de la medición verificando la distancia cada 5 metros en el contometro	74
Figura 34 — Desviación mínima en DIP (deg) con presión de torque	81
Figura 35 — Desviación mínima en AZIMUTH (deg) con presión de torque	82
Figura 36 — Desviación mínima en DIP (deg) con presión de avance	83
Figura 37 — Desviación mínima en AZIMUTH (deg) con presión de avance	85
Figura 38 — Desviación mínima en DIP (deg) en la velocidad de rotación.....	86
Figura 39 — Desviación mínima en AZIMUTH (deg) en la velocidad de rotación.....	88
Figura 40 — Desviación mínima en DIP (deg) con peso sobre la corona	89
Figura 41 — Desviación mínima en AZIMUTH (deg) con peso sobre la corona	90



Figura 42 — Representación gráfica del promedio de la Menor desviación DIP (deg) y la combinación óptima para cada taladro	92
Figura 43 — Representación gráfica del promedio de la Menor desviación AZIMUTH (deg) y la combinación óptima para cada taladro	93
Figura 44 — Desviación DIP (deg) en promedio del taladro E-HUA-1019-01 para diferentes valores de Presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona.....	3
Figura 45 — Desviación AZIMUTH (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-01 para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona	6
Figura 46 — Desviación DIP (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-02 (T02) para diferentes valores de Presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona	9
Figura 47 — Desviación AZIMUTH (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-02-out (T02) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona	12
Figura 48 — Desviación DIP (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-02A (T02A) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona	15
Figura 49 — Desviación AZIMUTH (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-02A (T02A) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona	18
Figura 50 — Desviación DIP (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-03 (T03) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona	21
Figura 51 — Desviación AZIMUTH (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-03 (T03) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona	24
Figura 52 — Calibración del equipo de medición Reflex Gyro.....	31



Figura 53 — Muestra (testigos) obtenidos del sondaje E-HUA-10-19-03	31
Figura 54 — Muestra (testigos) obtenidos del sondaje E-HUA-10-19-02A.....	32
Figura 55 — Prueba de dureza de la roca en el sondaje E-HUA-10-19-02	32
Figura 56 — Determinación de la dureza de acuerdo a las escalas de MOSH empleando lápices rayadoras.....	33
Figura 57 — Desgaste normal de las brocas NQ	33
Figura 58 — Equipo de medición Reflex Gyro.....	34
Figura 59 — Kit de emergencia en las cámaras de perforación.....	34
Figura 60 — Camara de aditivos, tuberías de perforación y accesorios de perforación	35
Figura 61 — Estándar de la cámara de perforación de la maquina LM 110.....	35
Figura 62 — Colocación de pisos antideslizantes en la cámara.....	36
Figura 63 — Capacitación de la tablas geomecanicas de GSI (índice de resistencia geológica)	36
Figura 64 — Capacitación parámetros en la perforación diamantina	37
Figura 65 — Plataformas de perforación con la maquina CS14.....	37



INTRODUCCIÓN

La optimización de los parámetros de perforación con sistema diamantina es de mucha importancia en la ejecución de los sondajes diamantinos (DDH), tiene por finalidad de optimizar el control de la desviación de la trayectoria del taladro lograr establecer el punto de inicio del sondaje y fin de la trayectoria del taladro perforado que no se hayan desviado según lo planificado lo cual este trabajo de investigación pretende responder a la interrogante ¿Cuáles son los Parámetros de perforación con el sistema diamantina que permite el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020? el distrito minero Yauricocha, consta de dos dominios estructurales principales que son la falla Chonta y la falla Yauricocha con importantes depósitos de mineralización de tipo Skarn y rocas sedimentarias pertenecientes a la formación Jumasha, respecto a la estructura o litología, presentan caliza gris oscura moderadamente fracturada de grano fino y fracturas concoidal con óxidos limoníticos relleno de fracturas y venillas de calcita; para ello se plantea los objetivos: De acuerdo a las condiciones del macizo rocoso y según un modelo geológico, determinar la presión de torque con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, determinar la presión de avance de perforación con el sistema diamantina que permita la menor desviación de la trayectoria del taladro, determinar la velocidad de rotación en la perforación con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, determinar el peso sobre la corona en la perforación con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020. Para el efecto se va manipular los parámetros de perforación con el sistema diamantina para obtener el control óptimo de la trayectoria del taladro en la perforación. La población está conformada por todas las perforaciones proyectadas en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima en el periodo 2020, mina central, Nivel 720, Zona II, Cuerpo Huamanripa y la muestra consta de los siguientes proyectos de perforación:

Proy. Tal. HUAM-10-19-01

Proy. Tal. HUAM-10-19-02

Proy. Tal. HUAM-10-19-03



Proy. Tal. HUAM-10-19-04

La recolección de datos se realizó mediante el reporte diario de perforación, reporte de medición Reflex Gyro, cuadernillo de corridas de los operarios en el campo, reporte técnico de los instructores y con ello se realizará los análisis estadísticos correspondientes.

El trabajo de tesis comprende el siguiente esquema:

Capítulo I: Se desarrolla una breve descripción del problema actual en los parámetros de perforación con el sistema diamantina para el control de la desviación de la trayectoria del taladro, justificación de la necesidad a encontrar el porqué del trabajo.

Capítulo II: En este capítulo se define los objetivos, hipótesis y la operacionalización de variables de la investigación.

Capítulo III: En este capítulo se consideran los antecedentes, bases teóricas en la ejecución del proyecto de perforación diamantina en la Mina Central, Nivel 720, Zona II, Cuerpo Haumanripa. Aspectos generales de la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metal Inc. Y el marco conceptual en donde se define las palabras importantes relacionados con la ejecución del proyecto.

Capítulo IV: En este capítulo se define la metodología que se empleó para la ejecución de este trabajo donde se consideró el tipo, nivel, diseño, descripción ética, de la investigación, así como también la población y muestra de la investigación, procedimientos de la perforación diamantina y algunas técnicas e instrumentos que se aplicó en la investigación y el análisis estadístico.

Capítulo V: En este capítulo se describe el análisis de resultados en los parámetros de perforación con el sistema diamantina en el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro y la comparación de los parámetros de perforación con el sistema diamantina en el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro.

Capítulo VI: En este último capítulo se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones de los resultados obtenidos del trabajo y son presentados los anexos.



RESUMEN

Este trabajo de investigación especifica la optimización de los parámetros de perforación con el sistema diamantina para el control de la desviación de la trayectoria del taladro o sondajes diamantinos (DDH), aquí se aborda debido a que se ha observado en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, que existe una desviación de taladros en la perforación en algunos casos superan 1° en un avance de 5 metros de profundidad por lo tanto se formula determinar los Parámetros de perforación con el sistema diamantina (DDH) que permite el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia. Sierra Metals Inc, Yauyos en el periodo 2020, para lo cual se ha considerado una investigación de tipo experimental con enfoque cuantitativo, cuya población es la totalidad de perforaciones planificadas en la mina central, nivel 720, zona II del cuerpo Huamanripa en de la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, las perforaciones diamantinas ejecutadas en estos cuatro sondajes mostraron de manera real que la optimización de estos parámetros de perforación tiene relación directa con el control de la desviación de la trayectoria del taladro (Azimuth y Dip) y se ha llegado a las siguientes conclusiones: Los Parámetros de perforación con el sistema diamantina que permite el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, son condiciones de la roca para la desviación INCLINACIÓN DIP (deg) con la combinación de parámetros 2500 psi de presión de avance, 2500 psi de presión de torque, [200,250) pul/min de velocidad de rotación y 2050 psi de presión sobre la corona y también por la combinación 2500 psi de presión de avance, 2000 psi de presión de torque, [250,300) pul/min de velocidad de rotación y 2200 psi de presión sobre la corona. Por otro lado, se ha encontrado que se logra la menor desviación en AZIMUTH (deg) con la combinación de parámetros 2600 psi de presión de avance, 2600 psi de presión de torque, [200,250) pul/min de velocidad de rotación y 1900 psi de presión sobre la corona.

Palabras clave: Perforación, desviación, parámetros, sistema diamantina (DDH).



ABSTRACT

This research work specifies the optimization of the drilling parameters with the diamond system for the control of the deviation of the trajectory of the drill or diamond drilling (DDH), here it is addressed because it has been observed in the Yauricocha, Cia. Sierra Metals Inc, that there is a deviation of drills in the drilling in some cases exceed 1° in an advance of 5 meters of depth, therefore it is formulated to determine the Drilling Parameters with the diamond system (DDH) that allows the optimal control of the deviation of the trajectory of the drill, in the Yauricocha Operative Unit, Cia. Sierra Metals Inc, Yauyos in the period 2020, for which an experimental type investigation with a quantitative approach has been considered, whose population is the totality of perforations planned in the central mine, level 720, zone II of the Huamanripa body in the Yauricocha Operative Unit, Cia Sierra Metals Inc, diamond drilling The tubs executed in these four drillings showed in a real way that the optimization of these drilling parameters is directly related to the control of the deviation of the drill trajectory (Azimuth and Dip) and the following conclusions have been reached: The Drilling Parameters with the diamond system that allows optimal control of the deviation of the drilling trajectory, in the Yauricocha Operative Unit, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos - Lima, 2020, are rock conditions for the DIP INCLINATION deviation (deg) with the combination of parameters 2500 psi feed pressure, 2500 psi torque pressure, [200,250) in/min rotation speed and 2050 psi pressure on the crown and also by the combination 2500 psi feed pressure, 2000 psi torque pressure, [250,300) in/min of rotation speed and 2200 psi of pressure on the crown. On the other hand, it has been found that the least deviation in AZIMUTH (deg) is achieved with the combination of parameters 2600 psi feed pressure, 2600 psi torque pressure, [200,250) in/min rotational speed and 1900 psi pressure on the crown.

Keywords: *Drilling, deviation, parameters, diamond system (DDH).*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En la unidad operativa Yauricocha, la empresa actualmente viene desarrollando las perforaciones diamantinas (DDH) en el nivel 720, Cuerpo Huamanripa, Zona II de la mina central, estos sondajes de perforación (DDH) tiene la finalidad de encontrar nuevos contenidos minerales y realizar una cubicación de la reserva, ampliar sus límites y por tanto su vida útil como las operaciones unitarias de extracción. La empresa utiliza el servicio de una contratista (Remicsa Drilling S.A.) que son especialistas para las perforaciones diamantinas que alcanzan de 50 a 600 m de longitud con los diferentes diámetros de perforación (HQ, NQ) para taladros de exploración y/o definición.

En los taladros de exploración que se ejecutan en el nivel 720, Cuerpo Huamanripa, Zona II de la mina central se observan los siguientes problemas:

Deficiente control en los Parámetros de perforación con el sistema diamantina según el tipo de roca tales como la presión de torque, presión de avance, velocidad de rotación y el peso sobre la corona ya que éstos factores repercuten sustancialmente en la dirección de la trayectoria del taladro y que un manejo ineficiente conduce a una desviación de la trayectoria del taladro con lo que reduce la efectividad de su uso como medio de exploración en el Cuerpo Huamanripa Mina Central de la unidad minera Yauricocha de la Empresa Minera Corona S.A.

El desconocimiento en la gestión de operaciones sobre la Desviación de Taladros, es decir en el control de los Parámetros de Perforación en sondajes diamantinos (DDH) y esto está relacionado a la mala planificación, generado por el descuido o poca información disponible de los valores óptimos de los parámetros de perforación.

Deficiente seguimiento por parte de los supervisores o jefes del área de perforación, de igual forma la falta de control de las características de macizo rocoso, y principalmente los parámetros de perforación y finalmente ocasiona pérdidas económicas, sobrecostos retrasos e incluso costo ambiental ya que se consume mayor cantidad de energía y fluidos



de perforación y otros insumos. Por lo dicho líneas arriba cabe hacer las siguientes interrogantes que se formula en el siguiente ítem 1.2.

1.2 Enunciado del Problema

1.2.1 Problema general

¿Cuáles son los parámetros de perforación con el sistema diamantina que permite el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020?

1.2.2 Problemas específico

- ¿Cuál es la presión de torque en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020?
- ¿Cuál es la presión de avance en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permita la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020?
- ¿Cuál es la velocidad de rotación en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020?
- ¿Cuál es el peso sobre la corona en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020?

1.3 Justificación de la investigación

En el presente trabajo de investigación sobre los parámetros de perforación en el control de la desviación de la trayectoria de los taladros nos permitirá a minimizar y/o controlar



las desviaciones de los taladros de perforación ya sea de definición o exploración para dar un resultado veraz sobre las muestras del área de estudio y/o interés por lo cual hacer un trabajo de calidad y reducir pérdidas económicas y minimizar la desviación de taladros en la perforación diamantina (DDH) controlando los parámetros de perforación de esta manera este trabajo de investigación pretenderá también a optimizar los costos operacionales de la perforación diamantina mediante la administración y el control en los parámetros de perforación. Desde este punto de vista, este trabajo de investigación podrá servir como un marco referencial para el diseño de otras minas con problemas similares que es indispensablemente para alcanzar logros en el sistema productivo y una información veraz, conseguir un mejoramiento sustancial en las actividades de la perforación diamantina (DDH)

Además, durante los últimos años, se han desarrollado nuevas técnicas o modelos de cálculos en la desviación de taladros en la perforación diamantina. El desarrollo de estos cálculos ha permitido que a través de medición Réflex Gyro en la perforación diamantina se haya convertido en una herramienta de cálculo muy útil y eficiente para ver los resultados de las trayectorias de los taladros.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar los Parámetros de perforación con el sistema diamantina que permite el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020.

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la presión de torque en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020.
- Determinar la presión de avance en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permita la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020.
- Determinar la velocidad de rotación en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020.
- Determinar el peso sobre la corona en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020.



2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

Los parámetros de perforación con el sistema diamantina permitirán el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020.

2.2.2 Hipótesis específicas

- La presión de torque en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020 es superior a 2000 PSI.
- La presión de avance en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es superior a 2500 PSI.
- La velocidad de rotación en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es superior a 150 Pulg/min.
- El peso sobre la corona en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es superior a 2000 PSI.



2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables

Variables	Indicador	Escala	Instrumentos
VI:	Presión de torque	PSI	Reporte de operaciones
VI:Parámetros de perforación con el sistema diamantina	Presión de avance	PSI	Reporte de operaciones
	Velocidad de rotación	RPI	Tacómetro
	Peso sobre la corona	PSI	Reporte de operaciones
VD:	Control de la desviación en la perforación	Desviación en DIP	Reflex Gyro
Desviación de la trayectoria del taladro en perforación diamantina		Desviación en AZIMUTH	Reflex Gyro

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes internacionales

- a. En el trabajo de investigación de tesis doctoral en la universidad de Oviedo (España) presentado por Mayoral (2012), titulada “Optimización técnico-económica de perforación de barrenos en terrenos homogéneos: búsqueda de leyes de desgaste para bocas de perforación”, en la que señala: “Que las investigaciones relacionado con la minería pasa por encontrar una simbiosis perfecta con la actividad económica de la empresa privada que ha de financiarla, dado que el adverso panorama de las administraciones públicas no pueden afrontar su elevado coste. Lo cual, las tendencias actuales en investigación minera deben incluir siempre una duplicidad de enfoque: técnico y económico. Mediante el análisis de presupuestos, se concluye que el coste de la perforación es más costoso dentro de la operación minera. De los diferentes tipos que componen esta tecnología, las brocas de perforación son las que tienen mayor impacto en la reducción de costos y eficiencia operativa. Hay trabajos sobre desgaste de bocas de perforación en la bibliografía, pero están sujetos a la introducción de componentes económicos. Se centran en la caracterización y clasificación de los desgastes, el estudio de sus causas y la influencia puntual de determinados aspectos geotécnicos sobre los diferentes tipos como también se plantea un doble objetivo. Primero, establecer un sistema experimental y deducir unos parámetros que permitan determinar qué diseño de boca de perforación es óptimo, para unas condiciones de terreno determinadas y en segunda parte, se busca determinar el tipo de comportamiento que tienen los niveles de desgaste abrasivo en bocas de perforación. En esta tesis doctoral se ha elaborado un extenso trabajo de campo sobre rendimientos de perforación con diferentes tipos de bocas como también se diseñado un procedimiento de ensayo que permite estudiar el rendimiento operativo de la boca, a lo largo de la vida útil de la misma. El



método se desarrolló durante la ejecución de un túnel. Se realizaron 11313,5 m de perforación bajo condiciones controladas, lo cual permitió contar con una amplia población de datos, obtenidos de una serie de muestras cuya caracterización quedó sujeta a un patrón diseñado "ex profeso" para este trabajo. Con el fin de contrastar este método experimental en una operación minera, se completó el trabajo de campo con una nueva serie de ensayos realizados en una mina de cielo abierto, realizándose 3968 m de perforación controlada. Así se comprobó la validez del proceso de elección de muestras, toma de datos, tratamiento de la información y optimización técnico-económica deducido. Con los datos recogidos a lo largo de la fase experimental, se hizo un análisis gráfico de resultados, el cual permite establecer cuál de los posibles diseños es óptimo de acuerdo a criterios técnicos. La variable económica se introduce mediante la deducción de dos parámetros que serán denominados "producto controlado" y "cociente combinado" que permiten cuantificar numéricamente esta optimización en la elección de la boca. El primero se basa estrictamente en la mejora del rendimiento operativo y reducción de coste. La segunda combina estos factores con la durabilidad. Aplicando estos dos parámetros a la población de muestras, se establece un orden comparativo de eficiencia técnico-económica, ya sea el caso de la perforación subterránea como a cielo abierto. Una vez determinado el diseño óptimo, se realizó un nuevo estudio comparativo sobre muestras de rango de coste similar. Se dedujo un nuevo parámetro de comparación denominado "producto duración-velocidad", que permite una mayor optimización técnica. Debido a la gran influencia del desgaste en el rendimiento de las brocas, el objetivo de esta tesis doctoral es investigar la relación entre la geometría del plano de desgaste botón y los metros de perforación. Se realizó un análisis gráfico sobre la curva de desgaste concluyendo que la velocidad de desgaste de la boca tiene un doble comportamiento. Es casi lineal en un primer intervalo y decrece en un segundo. A medida que el plano de desgaste aumenta, la boca se hace más sensible a cambios de pendiente en la ley que lo rige. Sin la menor duda que todo trabajo investigador es siempre inconcluso, por lo que quedan planteadas nuevas líneas de investigación. Futuros trabajos deberán ir encaminados a la



aplicación del método con nuevas experiencias, liberando alguna de las variables que se establecieron como hipótesis, para estudiar la incidencia de éstas sobre los resultados. Por otra parte, en el apartado de desgaste, se podría realizar una investigación numérica o matemática que permitiera ajustar esta curva por una función determinada, consiguiendo un modelo predictivo. El trabajo que aquí se presenta tiene una misión clara y una aplicación práctica, que el autor ha desarrollado ampliamente para mejorar el rendimiento de perforación en las operaciones mineras de las que fue responsable durante el desarrollo”.

- b. En su trabajo de investigación de maestría de la Pontificia Universidad Católica del Perú presentado por Becerra (2021), titulada “Gestión de la perforación diamantina a través de metodologías ágiles (SCRUM – KANBAN)”, en ella Indica: “Que tiene como objetivo describir como los proyectos de perforación diamantina puedan ser beneficiados del uso de metodologías ágiles como una herramienta más para su gestión. En un momento en que las cosas están evolucionando y cambiando, la forma en que impulsamos y operamos los proyectos de perforación diamantina debe estar dentro de las políticas comerciales de las empresas que realizan esta actividad y los clientes que contratan los servicios. De esta forma, se necesita exigencia e innovación para mejorar los recursos disponibles y alcanzar de forma efectiva los objetivos previstos desde el inicio de la campaña. Entre otras cosas, la perforación diamantina nos permite calcular de manera confiable el valor económico de los recursos minerales, y en esta actividad existen oportunidades de mejora en la planificación y gestión. Algunas compañías utilizan las mejores prácticas para desarrollar sus proyectos de perforación de acuerdo con métodos dentro del marco del Project Management Institute (PMI), sin embargo, a medida que los proyectos de perforación van desarrollando y aumenta su nivel de complejidad e incertidumbre, las empresas van integrando diversas metodologías y software, para mejorar la gestión como: Primavera, Prince; Project; Progia; Six Sigma; etc. La capacidad de reaccionar rápidamente en este entorno complejo en el que cada día surgen nuevas interrupciones que inicialmente no se detectaron. El instituto de gestión de proyectos (PMI), ha incorporado su guía práctica Ágil.



El enfoque ágil, ha revolucionado la manera de trabajar de los equipos, la adaptación de las organizaciones y la gestión de los procesos en los proyectos informáticos. Esto plantea la pregunta: ¿Podemos aplicar las metodologías ágiles a otros proyectos que no sean informáticos? La gestión de la perforación diamantina: ¿Puede adaptarse a este nuevo concepto de gestión? o viéndolo de otra manera ¿qué de malo hay en gestionarlo bajo un enfoque de metodología tradicional?, Intentaremos responder a estas preguntas a través de un análisis cualitativo de los costos fijos y variables que afectan el costo final de los precios de perforación diamantina (\$/m), de un proyecto soportado por la gestión ágil. Al final, adoptar un enfoque que tenga éxito en una industria no conducirá necesariamente al éxito en otra. Pero vale la pena analizarlo porque de él depende la creación de oportunidades que brindan los métodos ágiles para la gestión de proyectos”.

- c. En el trabajo de investigación tesis de grado de la Universidad Andrés Bello (Chile) presentado por Salas (2016), titulada “Análisis y mejora de la calidad en el proceso de perforación en diamantina utilizando la metodología DMAIC”, en ella menciona: Para la etapa de medición se realizó mediante dos análisis, uno de tiempo y otro de producción, se encontraron cuáles son los sub procesos que provocan mayor variabilidad, definiendo que movimiento de herramienta e instalación son aquellos que exceden su tiempo teórico de ejecución más que las otras causas. En la fase de análisis se identificaron las causas raíces que generaban la variabilidad en los sub procesos identificados en la fase anterior. En etapa de proyección se generaron las propuestas de mejoras pertinentes para cada causa raíz identificada en la fase de análisis, con la finalidad de optimizar el proceso de perforación, llegando a la siguiente conclusión: En los diagramas causales de la fase de análisis, se logra evidenciar que las causas raíces de instalación y movimiento de herramienta son: atrapamiento de herramienta, el cambio reiterado de corona, acondicionamiento de pozo y confección de plataforma. Estas causas provocan demasiada variabilidad dentro del proceso, debido a la excesiva frecuencia que presentan en el tiempo en comparación a las otras causas raíces, en especial atrapamiento de herramienta y acondicionamiento de pozo, ya que ambas son provocadas por el mismo motivo, la falta de una rutina de



acondicionamiento diaria. En la fase de implementación, las mejoras planteadas para cada una de las causas raíces presentan una solución que no genera costo y además pueden ser implementadas a corto plazo, cumpliendo con las restricciones propuestas en la fase de definición. La proyección de las mejoras demuestra un incremento teórico de la producción de 7063 a 9814 metros perforados, cumpliendo de la misma forma anterior con la declaración de meta. En el desarrollo estadístico, realizado con un análisis de capacidad, se llegó a determinar una mejoría en la variabilidad, al demostrar un proceso más centrado y a la vez un aumento en el nivel sigma de 1,81 a 2,65 lo que implica que de 382000 turnos fuera de las especificaciones (producción menor a 12,9 metros/turno) disminuyó a 125000 por cada millón de turnos, comprobando las mejoras teóricas planteadas. Finalmente, se puede determinar que la proyección de la metodología DMAIC para el proceso de perforación en diamantina interior mina, es de gran utilidad ya que, a pesar de ser una proyección, entrega indicadores que existe la posibilidad que se produzca un efecto positivo en el caso de realizar la implementación, dejando ver un aumento en la producción, debido a que las mejoras no sólo permiten evitar el tiempo extra generado por las causas raíces, como es el caso de la proyección, si no que puede crear mayores ventajas en terreno, no sólo aplicado a la calidad del producto o servicio al cliente externo, si no también, a la calidad dentro del mismo proceso como cliente interno, más aún si las restricciones cambian. Además, se comprobó que esta puede ser claramente una alternativa para la reducción de tiempos extras aumentando la calidad de servicio del proceso de perforación en diamantina

3.1.2 Antecedentes nacionales

- a. En su trabajo de investigación tesis de grado de la Universidad Privada del Norte (Cajamarca - Perú) presentado por Mantilla (2019), titulada **“Control de la trayectoria de taladros variando tipo de broca y parámetros de perforación con sistema diamantina”**, tiene por finalidad lograr establecer el inicio y fin de la trayectoria del taladro perforado. Partiendo de la premisa real de que todos los taladros se desvían, es muy importante verificar la desviación e inclinación del taladro, esto nos permite saber un punto de origen



(coordenada inicial) hasta llegar al fondo del taladro con un punto final (coordenada final). Los objetivos específicos de la investigación fueron: evaluar la trayectoria del taladro variando el tipo de broca, determinar la influencia de los parámetros de operación en la inclinación (dip) del taladro, determinar la influencia de los parámetros de operación en el azimut del taladro, y evaluar los resultados de la influencia del tipo de broca y los parámetros de perforación en la trayectoria del taladro. Dentro de estos parámetros operacionales está: profundidad del taladro (m), velocidad de rotación (RPM), caudal del fluido (gal/min) y pulldown. La muestra en estudio fueron dos sondajes diamantinos del proyecto minero Yoni, de una campaña de 2000 m de perforación en una Empresa Minera de Cajamarca. Las perforaciones diamantinas realizadas en estos dos sondajes mostraron de manera real que la variación de estos parámetros de perforación tiene relación directa con el control de la trayectoria (inclinación y azimut), evidenciadas en los resultados de las mediciones según el reporte de avance diario de perforación, y los datos estadísticos encontrados en el análisis. Se concluye que al evaluar los resultados de la influencia del tipo de broca y los parámetros de perforación en la trayectoria del taladro, se evidencia que existe una contribución significativa conjunta de las variables independientes sobre la dependiente lo que queda en evidencia con el valor de p-value menor a $\alpha=0.05$.

- b. En el trabajo de investigación de la Universidad Privada del Norte (Trujillo - Perú) presentado por Altamirano y otros, (2021), titulada **“Influencia del tipo de broca y parámetros de perforación en la trayectoria de los taladros en la perforación diamantina de una unidad minera. Revisión sistemática entre 2010-2020”**, en ella menciona: que el presente trabajo es el producto de una revisión sistemática de la influencia del tipo de broca y los parámetros de perforación en la trayectoria de la broca en la perforación diamantina. Teniendo en cuenta que este es un problema común y sabiendo que todos los ejercicios tienen ligeras desviaciones, es importante centrarse en este tema. Este estudio tiene como objetivo analizar y aclarar el estado moderno de esta investigación. Por lo tanto, la búsqueda de información se realizó en bases de datos confiables como: Google Scholar, Microsoft Scholar, EBESCOHOST, Biblioteca Virtual UPN y Scielo. Inicialmente se preseleccionaron 33



artículos, de los cuales 5 no tenían criterios de edad y 1 no tenía criterios asociados a nuestras variables de estudio, por lo que fueron excluidos. Finalmente, para desarrollar este estudio se dispuso de 27 trabajos. La principal conclusión es que los parámetros de perforación y el tipo de broca son muy importantes en el proceso de perforación, si no se conocen bien, los resultados serán muy engañosos, pero si se aplican correctamente, solo hay una pequeña diferencia, esto es normal en las perforaciones.

- c. Según Tenorio (2015), en el trabajo de investigación tesis de grado de la Universidad José Carlos Mariátegui (Moquegua - Perú) titulada **“Tratamiento de Lodos de Perforación Mediante el Sistema de Tubos de Geotextil Tejido (Polipropileno) en el Proyecto de Exploración Minera Hilarión, Distrito de Huallanca, Región Ancash, 2015”**, manifiesta: El objetivo de este estudio es evaluar el tratamiento del lodo de perforación mediante el sistema de tubería geosintética de polipropileno tejido, con el fin de comprender mejor la tecnología utilizada y proponer la mejora del proceso. El lodo generado durante la perforación diamantina requiere un manejo ambientalmente seguro, por lo que conocer su composición (agua, "desechos" sólidos de perforación y bentonita) para una eliminación adecuada es una forma de ayudar. Tratar el lodo generado de inmediato, que consiste en agregar coagulante antes de ser redirigido a los tubos de geotextil, cuya función es atrapar los sólidos, mantenerlos encerrados y drenar el agua a través de sus paredes, capturando los lodos secos y el agua puede ser reutilizada en el proyecto.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Ubicación

La Unidad de Yauricocha está ubicado en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes del Centro del Perú, a 12 km al Oeste de la divisoria Continental y a los 60 km al Sur de la Estación de Pachacayo del FF.CC, en las nacientes de uno de los efluentes del río Cañete, el que desemboca en el Océano Pacífico.



EL área de la Mina está a 4600 m.s.n.m en un valle en "U" de origen glacial. Políticamente pertenecen al distrito de Alis, provincia de Yauyos, departamento de Lima.

Su ubicación geográfica está determinada por las siguientes coordenadas UTM, se muestra en la siguiente tabla 2.

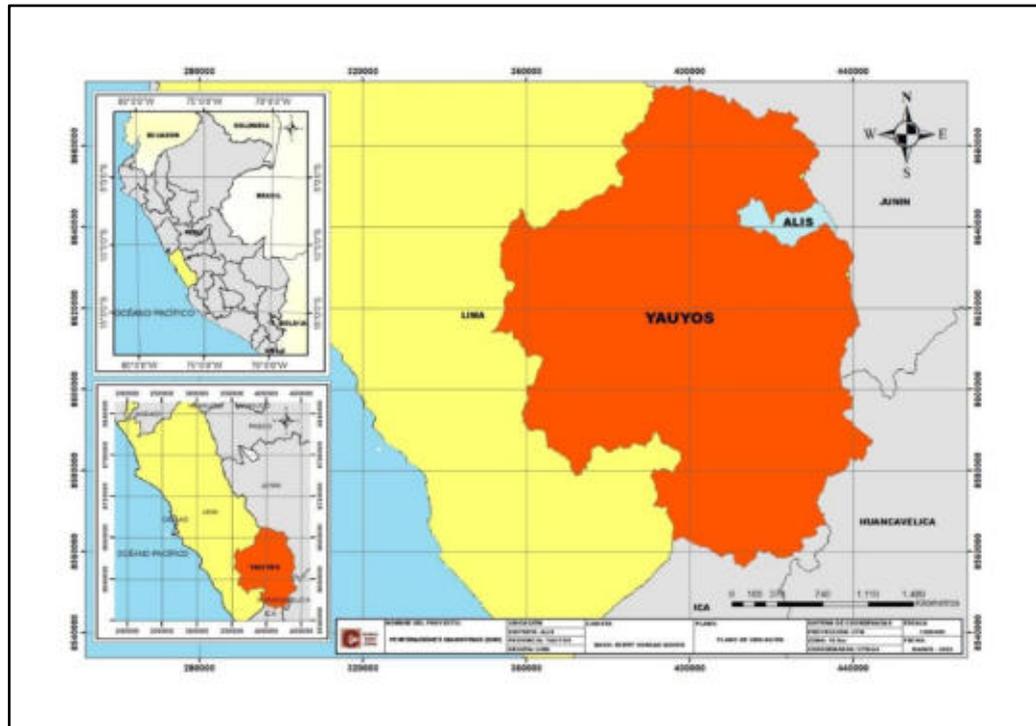


Figura 1 — Plano de ubicación del distrito de Alis

Extraído de Sociedad Minera Corona S.A.

Tabla 2 — Coordenadas UTM (WGS84) del Proyecto Minero (Yauricocha)

Coordenadas UTM (WGS 84)			
Este	422000	Zona	18S
Norte	8639000	Altitud	4600 m.s.n.m
Hoja	25-L Yauyos	Datum	WGS 84

Políticamente pertenecen al distrito de Alis, provincia de Yauyos, departamento de Lima. Para llegar a la unidad minera Yauricocha desde Lima hay que tomar la autopista Panamericana Sur hasta el km 150, donde está la ciudad de San Vicente de Cañete, tomar un desvío a la izquierda hacia Imperial, para luego llegar a Lunahuana y continuar hasta llegar a la unidad minera.



Figura 2 — Plano de ubicación de la unidad minera Yauricocha

Extraído de Sociedad Minera Corona S.A.

3.2.2 Accesibilidad

El medio de transporte es principalmente desarrollado por combis de propiedad de la empresa, con régimen de salida de las 5 p.m. de la ciudad de Huancayo hacia la unidad minera. La representación gráfica de las rutas se muestra en la siguiente figura 3 y las distancias recorridas y tiempos de llegada se muestra en la tabla 3.

Tabla 3 — Vías de acceso al proyecto minero de Yauricocha

Vías de acceso	vía	Tipo de acceso	Distancia (km)	Tiempo de traslado (horas)
Lima-Laoroya-Huancayo-Yauricocha	Terrestre	Asfaltado y afirmado	421	11
Lima-Cañete-Lunahuana-Yauricocha	Terrestre	Asfaltado y afirmado	369	8
Abancay-Cañete-Lunahuana-Yauricocha	Terrestre	Asfaltado y afirmado	1147	21

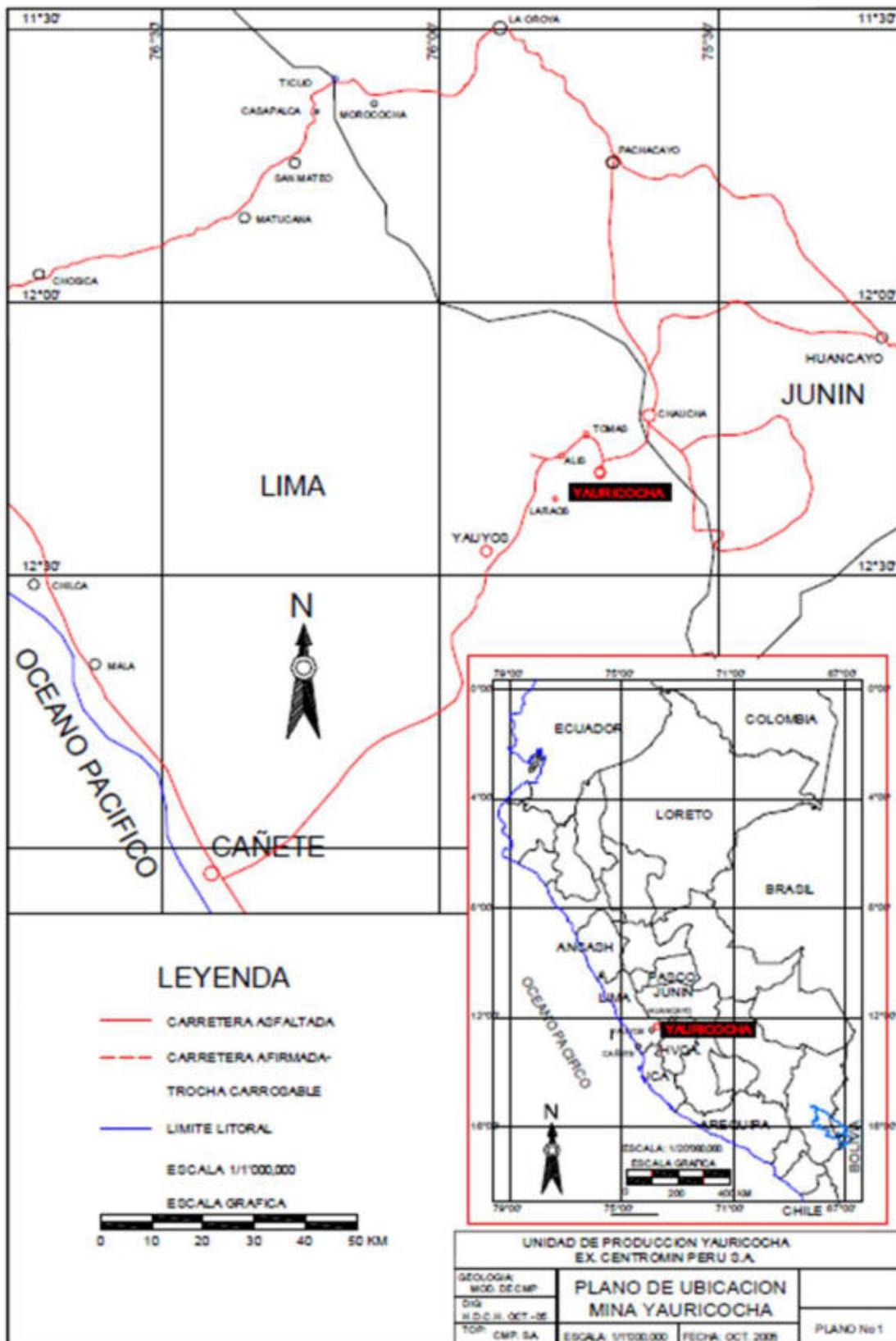


Figura 3 — Accesibilidad hacia la unidad minera Yauricocha

Extraído de Sociedad Minera Corona S.A.



3.2.3 Geología regional

En el presente subcapítulo se describe el contexto de la geología regional, “La mayoría de la estratigrafía, estructura, magmatismo, volcanismo, y mineralización en Perú es espacial y genéticamente relacionada a la evolución tectónica de la Cordillera de los Andes que se encuentra a lo largo de una zona de subducción convergente mayor donde un segmento de la cresta del océano, las placas de Nazca, se coloca debajo de la placa continental predominante de América del Sur. La Cordillera de los Andes posee una base de roca metamórfica de la era proterozoica sobre la cual roca sedimentaria paleozoica herciniana se ha acumulado, lo que, a su vez, ha deformado por plutonismo y volcanismo hacia la era superior paleozoica” SRK Consulting (2022 pág. 57).

“Las rocas más antiguas consideradas dentro del área regional de influencia se le considera a las formaciones Oyón - Chimú del Jurásico Superior - Cretáceo Inferior, sobre las que se exponen las rocas sedimentarias de las formaciones Santa, Carhuaz, Chulec / Pariahuanca y Pariatambo del Cretáceo Inferior, continúan encima las formaciones Jumasha, Celendín del Cretáceo Superior y formación Casapalca del Cretáceo Superior-Terciario Inferior (Paleoceno), entre el Paleoceno y Eoceno se exponen las rocas sedimentarias de la formación Tantará, durante el Cuaternario Pleistoceno se exponen los depósitos glaciales, durante el Mioceno-Plioceno se emplazaron las rocas intrusivas de composición granodiorítica cortando en parte a las rocas más antiguas” (Apaza, 2020).

“También se han formado depósitos importantes de mineralización de tipo skarn y de reemplazamiento en algunas zonas favorables y pequeñas zonas con características de pórfidos. En las zonas de skarn, como el caso de Yauricocha, Antanima, Atacocha que se encuentra emplazada en calizas de la Formación Jumasha” (Pacori, 2020).



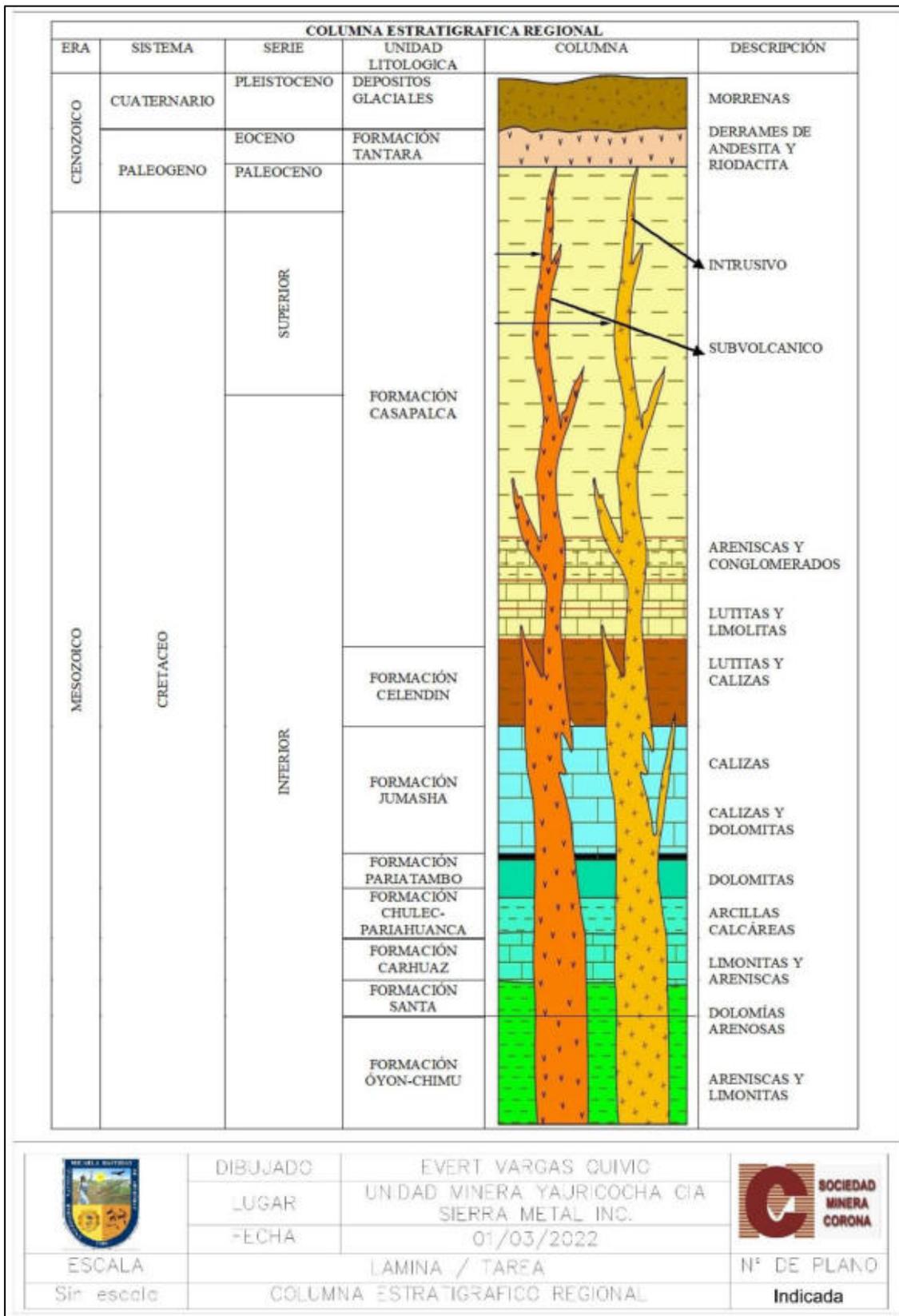


Figura 4 — Columna Estratigráfico Regional

Extraído de Sociedad Minera Corona S.A.



3.2.4 Geología local

“Las rocas más antiguas que se exponen en el área de estudio son las rocas sedimentarias pertenecientes a la formación Jumasha, siendo a la vez las más representativas y con mayor área expuesta, con un espesor promedio de 700 metros, se superpone a ésta en forma concordante la Formación Celendín, constituida por lutitas silicificadas con intercalaciones de caliza recristalizada, con un espesor promedio de 400 metros, continua la sedimentación de la formación Celendín, A finales del Cretáceo y comienzos del Terciario se deposita en forma concordante las Capas Rojas Casapalca o Formación Casapalca, entre el Eoceno y Mioceno se presenta una fase intrusiva de composición granodiorítica, así como se presenta una fase sub-volcánica en el Mioceno muy restringida” (Apaza, 2020).

Para las diferentes formaciones geológicas evidenciados en el área de estudio de define de la siguiente manera según (SRK Consulting, 2022)

- **Formación Goyllarisquizga**

Las rocas más antiguas expuestas en el área son las arenitas Goyllarisquizga del Cretáceo inferior. Esta formación es aproximadamente 300 metros de gruesa y contiene arenitas gruesas grises y blancas, localmente rodeadas con lutitas carbonáceas, así como con pequeños mantos de camas de carbón y arcilla de baja calidad, En las proximidades de Chauca, estas arenitas tienen cerca de su base lutita roja. Las arenitas surgen en las rocas de los anticlinales al suroeste de Yauricocha, conforme las camas se dispersan a lo largo de la elevación Chacras, y aisladamente brotan en la zona de Éxito.

- **Formación Jumasha**

La formación Jumasha del medio Cretáceo consiste en caliza masiva gris, promedia 700 metros de espesor, y concordantemente cubre la Formación Goyllarisquizga. En esta ocurren intercalaciones de lutitas carbonáceas en su base cerca al contacto con las arenitas. Estas capas son sucedidas por lentes discontinuados de caliza gris y marrón, ocasionalmente, con horizontes de lutita y chert de cerca de 6 metros de espesor. También presente se encuentran pseudo breccias de probable origen sedimentario, y apoyo basáltico.



- **Formación Celendín**

La Formación Celendín cubre concordantemente la Formación Jumasha, y contiene lalitas con sílice finamente estratificadas con intercalaciones de caliza recristalizada de la edad Santoniana, así como Chert Frances. El promedio de espesor en el área de Yauricocha es de 400 m.

- **Camas Rojas Casapalca**

La estructura de Camas rojas Casapalca reside concordantemente en la Formación Celendín con un contacto gradual. Se le ha asignado una edad de entre el Cretáceo superior y el terciario inferior, pero en razón a la ausencia de fósiles, su edad no puede ser determinada con precisión. Se compone principalmente de lalitas rojas calcáreas, calizas puras, y calizas rojizas arenosas. Ocasionalmente se han reportado flujos de lava y camas de tifáceos.



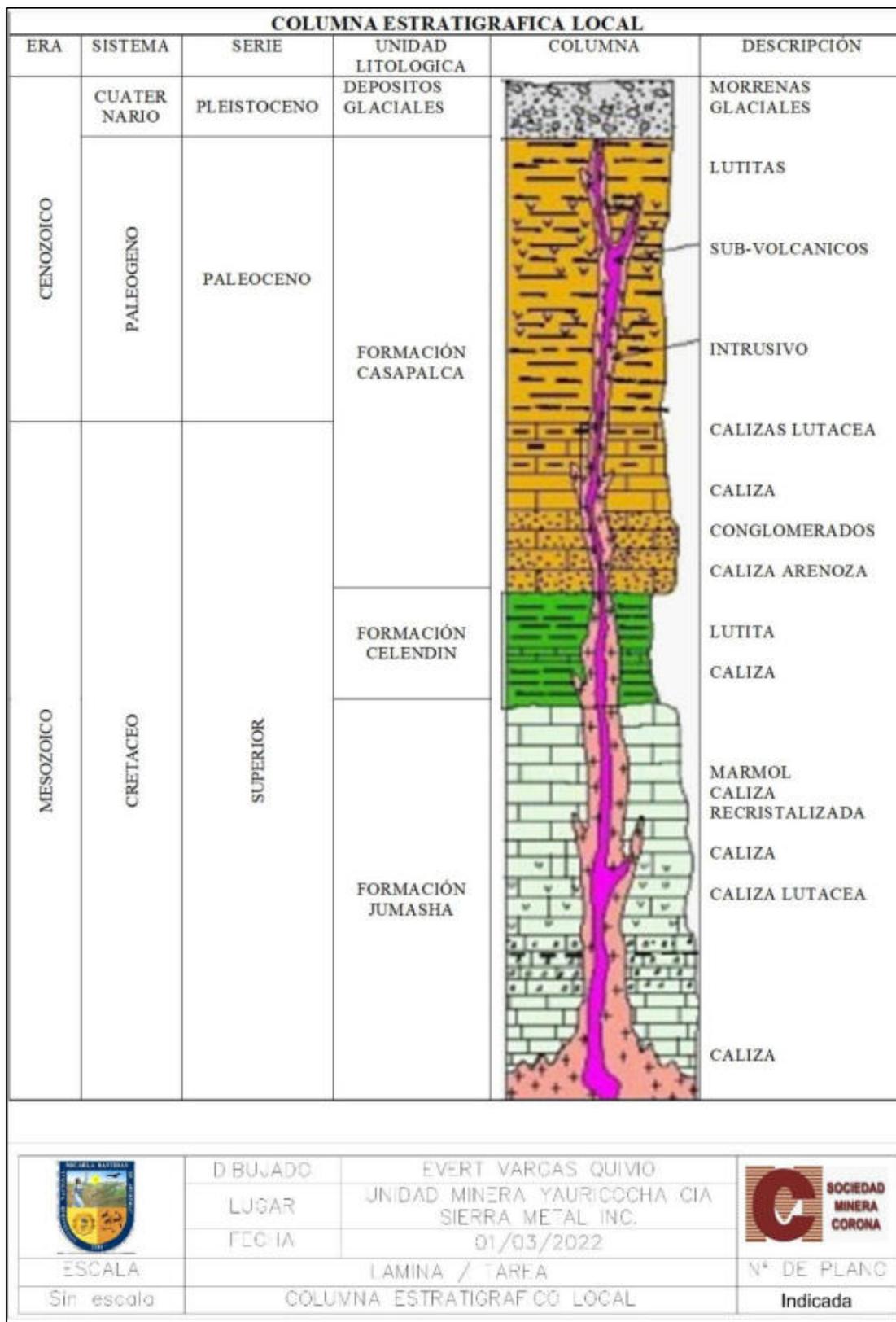


Figura 5 — columna estratigráfica local

Extraído de Sociedad Minera Corona S.A.

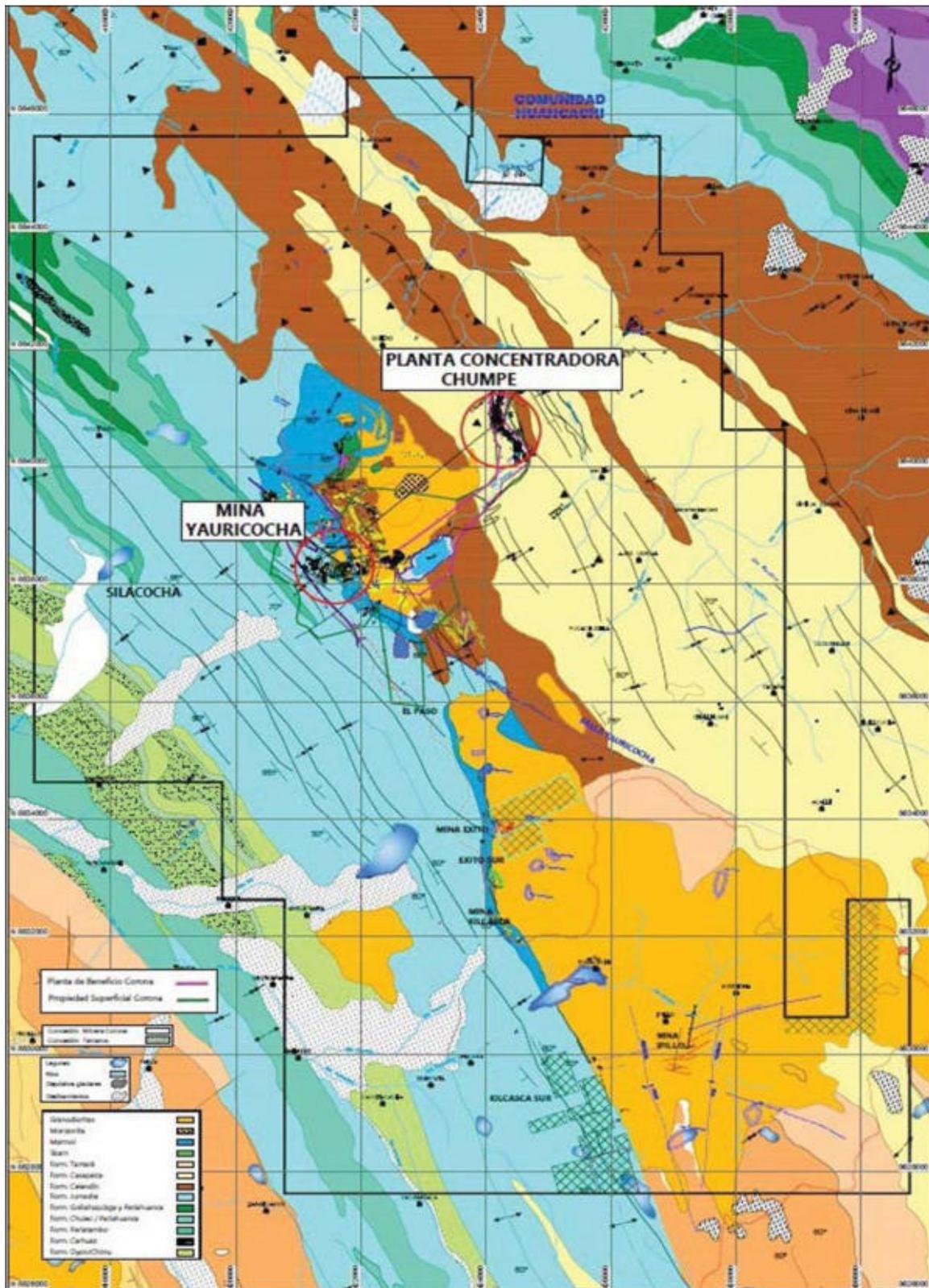


Figura 7 — Geológico local Yauricocha

Extraído de Sociedad Minera Corona S.A.

3.2.5 Geología estructural

El Distrito Minero de Yauricocha, consta de dos dominios estructurales principales, el que se ha generado la falla Chonta y la falla Yauricocha.

La falla Yauricocha es una estructura local, parte del sistema de fallas Chonta, con dirección NO-SE, es la de mayor importancia en este distrito donde se ubica la zona de estudio, esta estructura ejerce un fuerte control en los depósitos de reemplazamiento del sulfuro en las rocas carbonatadas y depósitos del tipo Skarn de Ag, Pb, Zn y Cu.

“Esta falla exhibe una traza tangible de 10 km de largo con dirección NO-SE, una vista en la imagen satelital demuestra que su traza se extiende por más de 16 km y se encuentra cortando rocas sedimentarias de la Formación Jumasha, Formación Celendín, Formación Casapalca y un intrusivo granodiorítico. También coloca, en la misma elevación a las calizas Jumasha como caja piso y las lutitas del Celendín como caja techo, los cuales tienen buzamientos hacia el NO con ángulos que varían entre 75° y 80° , estos buzamientos son convergentes a la inclinación regional del Sistema de fallas Chonta con inclinaciones menores a 80° al Suroeste. Por las evidencias de campo, el buzamiento de la Falla Yauricocha, converge con el buzamiento regional del sistema de la Falla Chonta” (Pacori Condori, 2020).



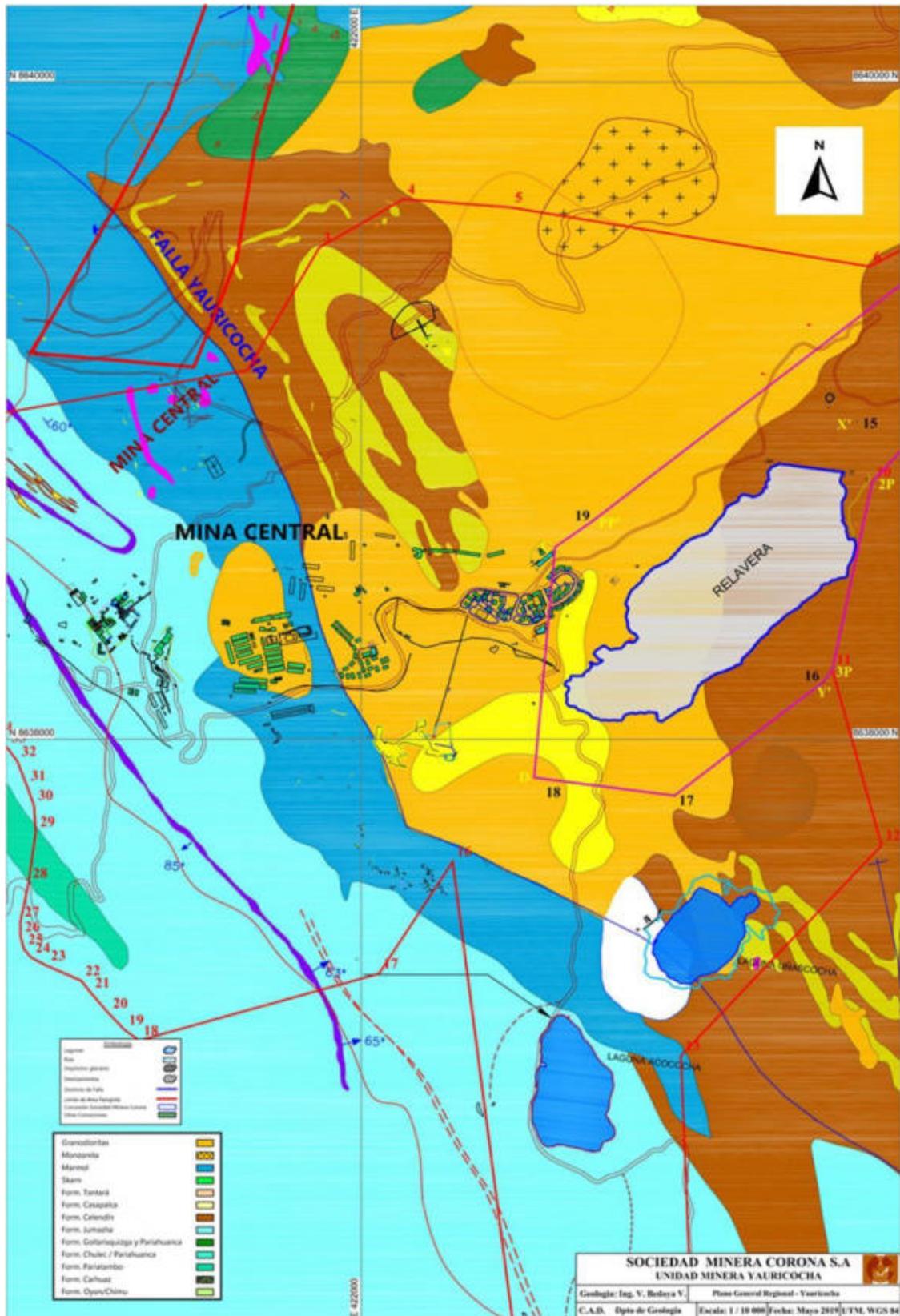


Figura 8 — Falla Yauricocha

Extraído de Sociedad Minera Corona S.A.



3.2.6 Mineralización

La mineralización en el área de Yauricocha es de reemplazamiento metasomático por contacto y relleno de fractura, cuyos cuerpos mineralizados son de forma irregular, las rocas encajonantes de la mineralización de Cu-Pb-Zn-Ag-Au son:

- Las calizas Jumasha del Cretáceo Medio.
- El France Chert del Cretáceo Superior.
- Las rocas intrusivas como granodiorita y cuarzo monzonita.

“Los principales minerales que se presentan en el depósito mineral de Yauricocha en el núcleo y parte central de los cuerpos son de pirita, cuarzo, enargita, chalcopirita, bornita, covelita; y masas sueltas de pirita friable, galena, esfalerita junto con algo de chalcopirita en una ganga de calizas, arcilla y cuarzo en la periferie, de igual modo se halla asociado a los sulfuros el Au nativo” (Apaza , 2020).

De lo cual indica también los principales minerales de mena que son los siguientes

- **Enargita:** Es el principal mineral de cobre, se encuentra en fragmentos irregulares y en masas grandes junto con cuarzo y pirita.
- **Chalcopirita:** Después de la enargita, la chalcopirita es el mineral de cobre más abundante. Se encuentra reemplazando fragmentos de caliza brechada, junto al cuarzo friable y pirita, o relleno de pequeñas cavidades, está asociada a oro nativo y electrum, hay un incremento de este mineral en los niveles bajos.
- **Bornita:** Se encuentra invariablemente asociado con la chalcopirita y en menor grado con la enargita.
- **Covelita e Idaita:** Se ha observado estos dos minerales dentro de la bornita, formando solución sólida o en intercrecimiento laminar pequeño.
- **Tetrahedrita y Tenantita:** Cristales pequeños de estos minerales son abundantes en la periferie de los cuerpos de enargita, como en los cuerpos mineralizados aledaños al stock intrusivo Central y Sur Medio.
- **Galena:** Se encuentra diseminada en pirita y en caliza eskarnizada; siempre está asociada con la chalcopirita y esfalerita.



- **Esfalerita:** Es el mineral más abundante, se encuentra asociada con arcilla, pirita y galena mayormente en la periferie de los cuerpos mineralizados.
- **Geocronita:** Se presenta en los niveles superiores de la mina asociado a la galena, esfalerita, tetrahedrita y cuarzo; rellenando fracturas y clivajes de la esfalerita.

Los principales minerales de ganga son los siguientes:

- **Pirita:** Generalmente de textura friable a porosa y masiva distinguiéndose hasta 5 tipos que representan 5 estados diferentes de formación.
- **Marcasita:** Se han distinguido hasta tres tipos de marcasita y se encuentran asociadas a chalcopirita, galena y esfalerita.
- **Cuarzo:** Es el mineral de mayor abundancia en los cuerpos mineralizados.
- **Especularita y Siderita:** Se encuentra asociado en la caliza y vetas en intrusivo en mina Éxito e Ipillo.
- **Calcita:** Se encuentra en vetillas asociado con cuarzo y esfalerita.
- **Fluorita:** Depositada contemporáneamente con la galena y esfalerita dentro de los cuerpos de plomo - zinc.
- **Baritina:** Se le encuentra en la periferie de los cuerpos de plomo-zinc emplazadas en la zona de menor temperatura.
- **Magnetita:** Se encuentra principalmente en los cuerpos Cuye, Catas y muy escasamente en Antacaca, y en los niveles profundos (Nv. 770 hasta el 1070), reconocido con perforaciones diamantinas, la magnetita se encuentra asociado con pirita y calcopirita.

3.2.7 Métodos de minería

3.2.7.1 Minería

SRK Consulting (2022) afirma que “La mina Yauricocha es una operación productiva con un largo historial de producción. La mayor parte de la minería se ejecuta a través de hundimiento de subnivel mecanizado con una porción relativamente pequeña de la minería utilizando corte y relleno por encima de la cabeza. La mina utiliza métodos de extracción probados y bien establecidos y se prevé que



continúe manteniendo una tasa de producción aproximada de 3800 tpd (1,4 Mt/a) durante el resto de 2020. El material mineralizado de sulfuro polimetálico representa más del 99% del material extraído en Yauricocha. También se puede encontrar material clasificado como óxido de plomo, pero es un componente menor del tonelaje total en las zonas mineralizadas que se están explotando actualmente. A la mina se accede por dos piques, Pozo Central y Pozo Mascota, y los túneles Klepetko y Yauricocha. El material mineralizado y los residuos se transportan a través del túnel Klepetko en el nivel 720 (cota 4165 msnm) que corre de este a noreste desde la mina hacia el molino y concentrador, y el túnel Yauricocha de 4,7 km, inaugurado en 2018, que también accede a la mina en el nivel 720. Se agregó el túnel de Yauricocha para aumentar la capacidad de acarreo y sirve como conducto de ventilación. El pozo Yauricocha, actualmente en construcción, brindará acceso hasta el nivel 1370 y se espera que esté en producción en 2021”.

3.2.8 Perforación sondeo con diamantina Diamond Drill Hole (DDH)

Bustillo et al. (1997 pág. 56), afirma que "el método de perforación con recuperación de testigo continuo está considerado actualmente como el más útil para la obtención de muestras para inspección visual de los macizos rocosos, análisis, interpretación geológica".

“Una vez instalada y nivelada la perforadora, se introduce el barril armado con corona y escariador en el cabezal de rotación (“chuck”) y en la parte superior se enrosca la cabeza de inyección con la manguera que va a la bomba; eventualmente se coloca una barra y luego la cabeza de inyección. Además de las mordazas que posee el “chuck”, dicho conjunto está sostenido por un cable de acero.

Se inicia la rotación y al comienzo del pozo se ejerce una presión hacia abajo o empuje, para lograr el avance. Cuando hay varias barras colocadas esa presión la ejerce el propio peso de las herramientas y debe contraponerse una fuerza de retención (hacia arriba) para que este peso no sea excesivo en el fondo del pozo y dañe la corona. Si se utiliza un tubo interior o sacatestigos de 3 m se perfora esa longitud, que es cuando se llena con el testigo. Se detiene la perforación y se corta el testigo con una pequeña rotación inversa. Hecho esto se saca la cabeza de



inyección y se introduce el “pescador” con el cable (“wire line”). Este “pescador” tiene un cerrojo que cuando contacta con el enganche del cabezal del tubo interior lo atrapa y de esta forma se levanta con el malacate. Dentro del tubo sacatestigos, en su parte inferior, hay un anillo flexible (resorte de bloqueo) que se cierra contra el testigo y no permite que este se deslice cuando se lo está levantando. Cuando el tubo sacatestigos sale a la superficie (por el interior del tren de barras) se desengancha y se lo coloca en un sostén con mediacaña. Inmediatamente se coloca otro sacatestigos que ya está preparado al lado de la máquina (se trabaja siempre con 2 tubos sacatestigos). Si el pozo está lleno de agua (muy normal) se lo deja caer libremente ya que tendrá un descenso lento en la columna de agua; si no, se lo baja con el cable para evitar que este llegue a gran velocidad al fondo del pozo y se destruya; luego se coloca una nueva barra (con el cabezal de agua) enroscándola a la barra superior. Al llegar el nuevo tubo sacatestigos al barril, provoca una serie de sonidos muy característicos a los que el perforista debe estar atento para escucharlos; de esta forma el tubo está dentro del barril y asegurado para que no se levante al avanzar y allí se reinicia la perforación” (Fernández et al. 2015, pág. 13).

3.2.9 Perforación a rotación con recuperación de testigos

3.2.9.1 Equipos existentes

“La máquina perforadora puede ir montada sobre camión o patines. En el primero de los casos debe contar con gatos hidráulicos que lo elevan y sobre los cuales se apoya para trabajar. Para el segundo caso deben construirse bases de anclaje o “muertos” a los cuales se sujetará la máquina para evitar desplazamientos. La perforadora en sí está formada por un motor y una bomba hidráulica conectada a ese motor. Las operaciones actualmente son mayormente de tipo hidráulico. Las partes más importantes son la cabeza de rotación, pistones de empuje, la torre con su sistema de poleas y cables y el cabrestante con el cable de acero (“wire line”) que lleva el “pescador” del tubo sacatestigos. Los fabricantes o empresas de servicios ofrecen diversos tipos de perforadoras; actualmente son todas con sistema “wire line”, que es el que permite extraer el tubo sacatestigo mediante un cable de acero, sin



necesidad de levantar todo el tren de barras (como era el sistema antiguo). Lo más importante es conocer la capacidad de la máquina para alcanzar la profundidad deseada con el diámetro de perforación requerido.

Desde hace algunos años se fabrican máquinas de perforar denominadas multi-propósito (como las UDR: Universal Drilling Riggs). Éstas pueden utilizar martillo o tricono y luego, cambiando el sistema de rotación y mordazas (“chuck”), pasar a diamantina. Se las suele utilizar con ventajas cuando la mineralización está debajo de un gran espesor de roca estéril. Entonces se inicia con martillo de fondo (“pre-collar”) y al llegar al sector mineralizado se reemplaza por diamantina” (Fernández et al., 2015 pág. 10).

“Actualmente existen dos grandes grupos de sondas, según el esquema a constructivo general de las máquinas, construido por la unidad de rotación y el sistema de avance. El primer grupo, es el de las perforadoras que podrían llamarse convencionales con cabeza de rotación de husillo y dos cilindros hidráulicos de empuje situados en un mismo plano. El segundo grupo está formado por las sondas denominadas de unidad de rotación móvil, la cual se desplaza apoyada sobre un bastidor de avance, donde por medio de una cadena accionada por cilindros hidráulicos se consigue el empuje necesario” (López et al., 2000 pág. 153).





Figura 9 — Ubicación de la máquina perforadora LM 110-Boart Longyear

3.2.9.2 Las cámaras de DDH de las MÁQUINA LM 110

El tamaño de la cámara DDH recomendado para el conjunto de taladro de la serie LM varía según la configuración de perforación real que se está utilizando.

Como guía, se han seleccionado el marco de alimentación y el posicionador de la serie 1300 para mostrar el tamaño de cámara máximo requerido.

Mide nominalmente 7,5 m de ancho x 6,7 m de alto x 11 m de largo. Como se muestra en la Figura 10, se muestra dimensiones de una cámara estandarizada.

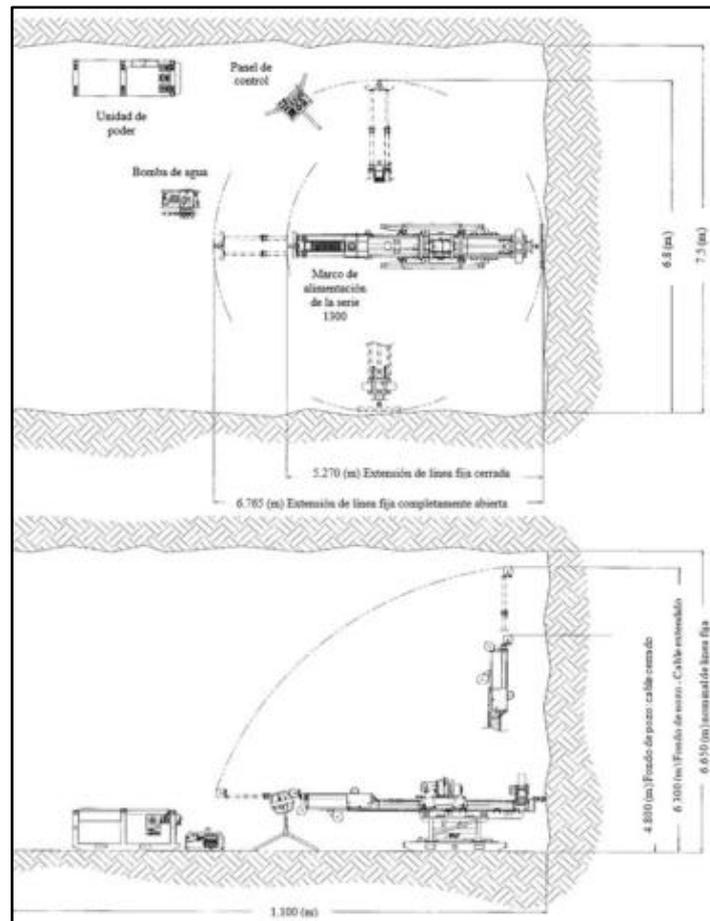


Figura 10 — Tamaño de las cámaras de DDH de la máquina de perforación diamantina LM 110

Extraído de manual de operaciones y servicio de Boart Longyear (2018)

3.2.9.3 Componentes de la plataforma de perforación

Los componentes principales de las máquinas de perforación diamantina LM son las siguientes:

- Rotation Unit
- Chuk
- Power Pack
- Drill Rod
- Feed Frame
- Rod Holder
- Control Panel
- Positioner

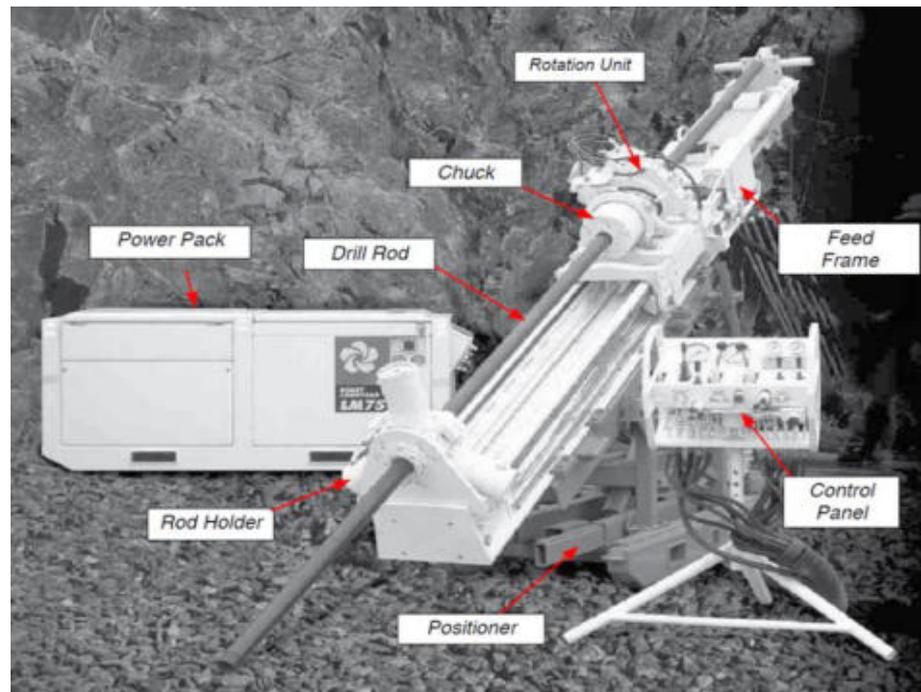


Figura 11 — Componentes principales de la máquina LM

Extraído de manual de operaciones y servicio Boart Longyear (2018)



Figura 12 — Máquina Diamantina LM 110 (Boart Longyear)

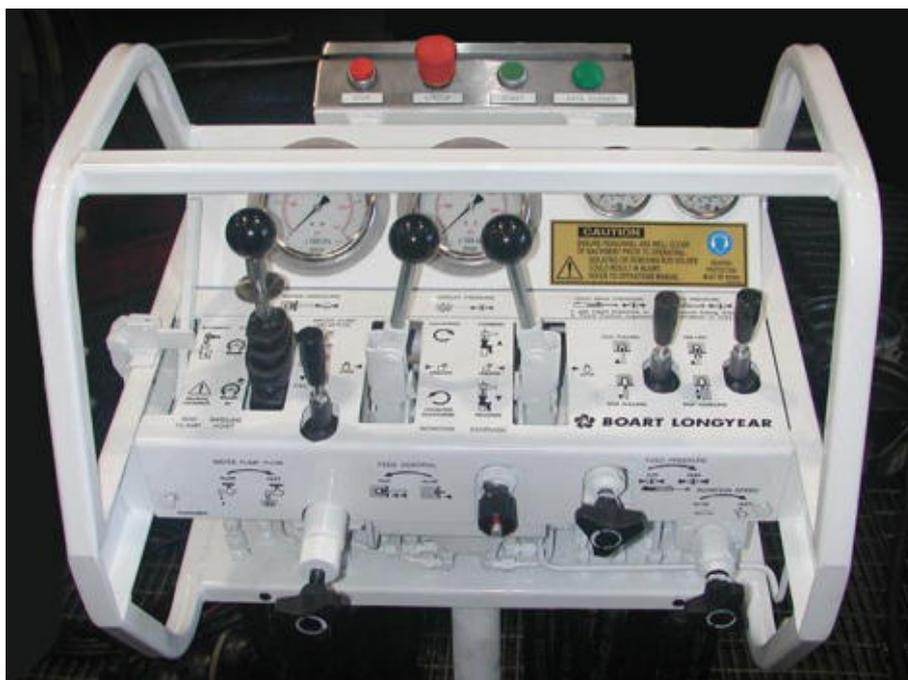


Figura 13 — Panel de control de la máquina diamantina LM 110 (Boart Longyear)

Extraído de manual de operaciones y servicio de Boart Longyear (2018)

3.2.10 Perforación con corona diamantina

“Este es uno de los tipos más comunes de perforación utilizados en la exploración minera, especialmente porque permite la obtención de un trozo de roca cilíndrico (testigo; “core” en inglés) prácticamente intacto, lo cual asegura la representatividad de los resultados de los análisis químicos practicados y a su vez pueden obtenerse datos geotécnicos como RQD permite la medición de estructuras (vetas, fallas, etc) y la selección de muestras para cortes delgados y pulidos. Si bien de los testigos de roca se obtiene gran información geológica, es un sistema de avance lento y de alto costo en comparación con el de circulación reversa. Como su nombre lo indica la herramienta de corte está dada por una corona que puede llevar diamantes naturales o sintéticos, incrustados o impregnados en una matriz de aleación con tungsteno. Esta corona se apoya y presiona sobre el fondo del pozo y por rotación, produce la pulverización de la roca. En su avance queda en su interior el cilindro de roca “intacto” (no siempre). El primer punto a resolver es el diámetro con el que se quiere perforar; los diámetros estándar en minería se muestran en el Cuadro 1. Los más utilizados

actualmente corresponden a la denominación NQ y HQ. El agregado del número 3 a la denominación, indica que lleva un tubo interior (un tercer tubo) por lo que el diámetro del testigo será algo menor que el correspondiente al de doble tubo” (Fernández et al. 2015).

Tabla 4 — Diámetro estándar de perforación diamantina

Denominación	Diámetro del testigo (mm)	Diámetro externo (pozo) (mm)
AQ	27,00	48,00
BQ	36,40	60,00
NQ	47,60	75,70
HQ	63,50	69,00
PQ	84,00	122,60
BQ3	33,50	60,00
NQ3	45,10	75,50
HQ3	61,10	96,00

Extraído de Fernández et al. 2015

"La mayor parte de los yacimientos minerales superficiales están descubiertos y en explotación. En el futuro, las necesidades de recursos deberán satisfacerse mediante la localización de yacimientos subterráneos o profundos, los cuales pueden encontrarse a profundidades alrededor de 10km de la superficie terrestre y en el fondo del mar. Sólo una investigación eficaz llevada a cabo con las técnicas adecuadas permitirá localizar tales yacimientos. La prospección minera, en su forma más simple, exige un estudio ajustado y detallado de las características naturales de la superficie y de sus diferencias. El encontrar afloramientos de minerales encajados en rocas, detectar cantos rodados y gravas en depósitos aluviales o buscar oro en las corrientes de los ríos, son ejemplos de estas formas



de explorar en las que el éxito dependía antiguamente del azar. Sin embargo. Estas técnicas un tanto oculares y, con frecuencia, puramente locales, rara vez permitían descubrir yacimientos profundos totalmente recubiertos. Para localizar éstos es necesario, generalmente, aplicar primero métodos geofísicos y efectuar, después, sondeos de exploración e investigación" Lambert (2000, pág. 2).

3.2.11 Taladros de exploración y definición

El departamento de geología de Minera Corona posee y opera dos perforadoras electrohidráulicas, cuyo alcance varía entre 80 metros y 150 metros con un diámetro de broca de 3.5 cm. La Compañía también utiliza, o a previamente utilizado, los servicios de contratistas perforadores (MDH y REDRILSA) para perforaciones más profundas, alcanzando hasta 900m metros en extensión, los diámetros de las brocas son generalmente HQ y NQ.

En esta investigación se desarrolló en perforaciones subterráneas, los sondeos realizados desde labores subterráneas como pueden ser perforados en, verticales, inclinados y horizontales. Los taladros de exploración son taladros que direccionan para explorar más cuerpos de mineralización y los taladros de definición se define como aquellos taladros ya para definir el cuerpo mineralizado para cubicar, definir las leyes etc. Como también se puede observar las dimensiones de las galerías limitan el tamaño de la maquinaria la máquina que se utilizara es una LM 110 de la empresa Boart Longyear, limitado, por lo tanto, la longitud de avance del sondaje, por lo cual también deben estar adecuado las cámaras de perforación según estándar.



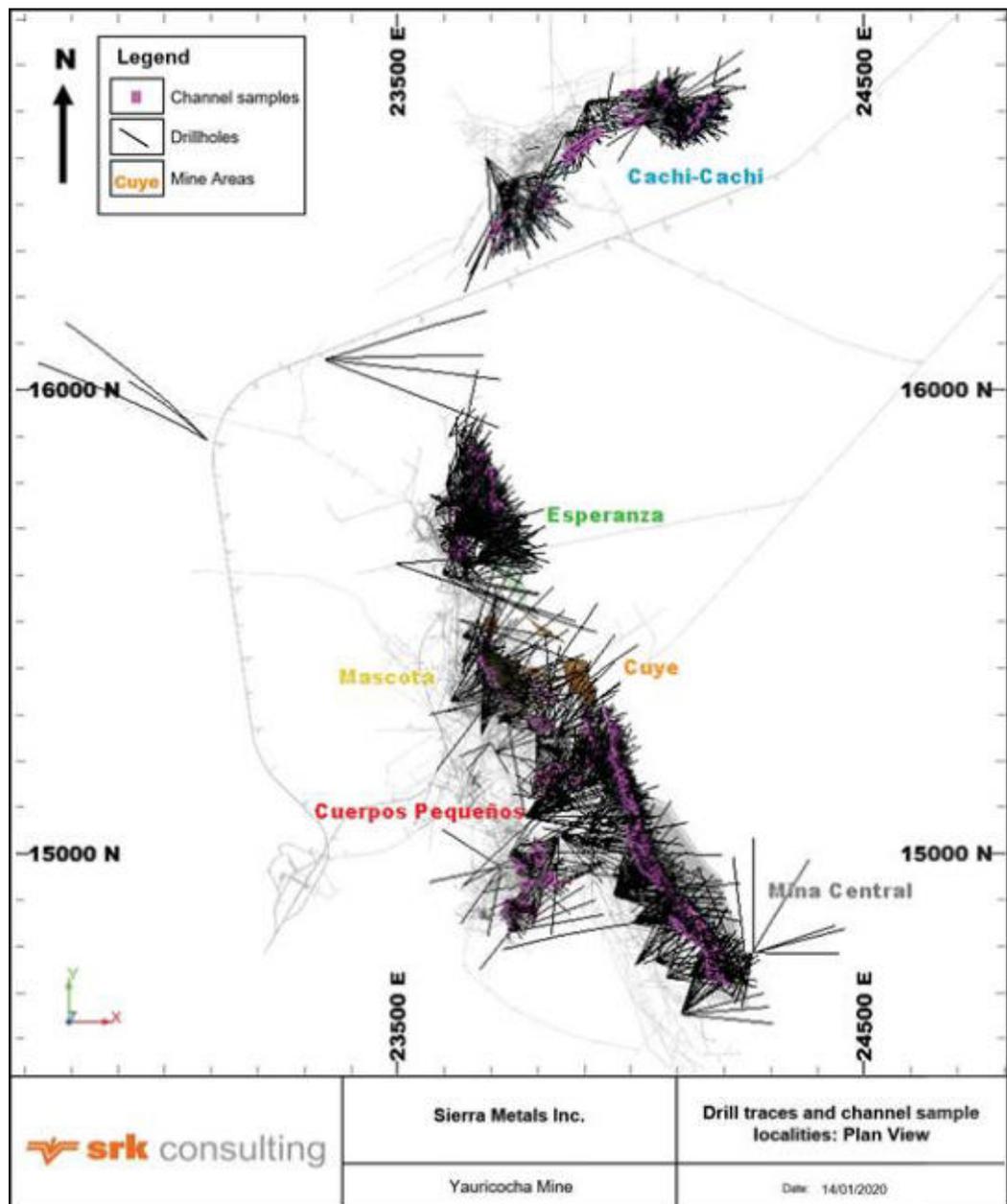


Figura 14 — Taladros de Exploración y Definición

Extraído de (SRK Consulting, 2022)SKR-Reporte Técnico NI 43-101 sobre Recursos y Reservas correspondiente a la Mina Yauricocha, localizada en la provincia de Yauyos, en Perú

3.2.12 Fluidos de Perforación

“El éxito en la perforación de sondeos en la corteza terrestre depende en gran medida del fluido que se hace circular, generalmente, desde el interior del varillaje, pasando por el trepado de perforación y ascendiendo, junto con los

detritos, por el espacio anular entre el varillaje y la formación rocosa o el revestimiento, hasta la superficie” (López et al. 2000, pág. 417).

3.2.12.1 Funciones de los fluidos de perforación

Entre las funciones principales de los fluidos de perforación tenemos:

- Mover los recortes fuera del hoyo
- Controlar las presiones de la formación
- Mantener los recortes en suspensión
- Sellar las formaciones permeables
- Mantener la estabilidad del hoyo
- Minimizar los daños a la formación
- Enfriar, lubricar y proveer flotabilidad a la macha y la sarta de perforación
- Reducir la fricción entre la sarta y la pared de sondeo
- Asegurar una adecuada evaluación de la formación
- Controlar la corrosión
- Prevenir la afluencia de algunos fluidos pétreo, gas cuando se atraviesa formaciones permeables
- Minimizar el impacto en el medio ambiente

3.2.13 Composición de los fluidos de perforación

La descripción y la aplicación de los fluidos de perforación (AMC GEL, EZEE TROL, CR 650, COREWELL, WATER TREATMENT), AMC Drilling Optimizatoín, (2019) describe de la siguiente manera.

3.2.13.1 AMC GEL (Bentonita de alto rendimiento)

Descripción.

AMC GEL es una bentonita sódica modificada grado premium formulada para asegurar un mezclado fácil entregando un lodo con cualidades superiores en agua fresca. AMC GEL otorga viscosidad y



fuerza de gel en fluidos de perforación a base de agua, al igual de contribuir en el control de pérdida de fluidos.

Aplicación.

AMC GEL se recomienda como un viscosificador de alto rendimiento para la preparación de fluidos, para una excelente limpieza del pozo y disminución del filtrado hacia la formación en agua fresca o salobre. Las concentraciones típicas para el AMC GEL van desde los rangos de 14,3 a 100 kg/m^3 (5 a 35 lb/ bbl). Al igual que todas las bentonitas, el rendimiento del AMC GEL disminuye cuando la salinidad del agua aumenta. Si los cloruros exceden los 8000 mg/L el desempeño del AMC GEL se verá significativamente reducido. Para evitar esta situación, pre hidratar con agua fresca antes de añadir al sistema de fluido.

3.2.13.2 EZEE-TROL (Viscosificador altamente dispersable y agente controlador de filtrado)

Descripción.

Según AMC Drilling Optimizatoin, (2019) Indica que “AMC EZEE-TROL es una mezcla de polímeros a base de celulosa y otros polímeros orgánicos de nueva generación altamente dispersables y versátil. Proporciona un fluido altamente viscoso y logra una buena estabilización de los pozos en todo tipo de perforaciones. AMC EZEE-TROL no forma grumos, ya que fue diseñado para dispersarse rápidamente en cualquier tipo de agua con un mínimo equipo de mezclado”.

Aplicación.

AMC EZEE-TROL es un coloide protector, el cual inhibe la hidratación de formaciones sensibles al agua; se puede aplicar en distintos sistemas de perforación y se caracteriza por mejorar la recuperación de muestras en la perforación diamantina. AMC EZEE-TROL puede usarse solo o agregándolo a un lodo con base bentonítica. Es compatible con la mayoría de los polímeros y lubricantes.



3.2.13.3 AMC CR-650 (Polímero para recuperación de muestras o testigos)

Descripción.

AMC CR-650 es un polímero viscosificador de alto peso molecular, granular blanco, el cual ha sido desarrollado principalmente para aumentar la recuperación de muestras o testigos, particularmente en formaciones fracturadas y arenosas. Se puede utilizar para estabilizar arcillas reactivas y esquistos. Provee cierto grado de lubricación al perforar con diamantina en malas condiciones.

Aplicación.

AMC CR-650 recubre la muestra y las paredes del pozo con una película polimérica protectora. Este recubrimiento previene la invasión del agua hacia arcillas, lutitas y esquistos hidrofílicos dispersables. AMC CR-650 es también muy efectivo para la estabilización de formaciones arenosas, friables e incompetentes. AMC CR-650 puede usarse por sí solo para formar un sistema de fluido bajo en sólidos o puede usarse combinado con AMC Gel Xtra / AMC Ezee-Trol para formar un sistema de fluido más completo en sus funciones.

3.2.13.4 AMC COREWELL (Estabilizador de arcillas y esquistos)

Descripción.

“AMC COREWELL es un sofisticado sistema multifuncional de un solo saco creado especialmente para la perforación diamantina y para actividades de perforación de diámetros pequeños. AMC COREWELL proporciona una protección superior del testigo, mejora la estabilización de la pared y controla la pérdida de fluido. AMC COREWELL ayuda a obtener una muestra nativa bien conservada, lo que permite el análisis de datos más fiables que conducen a evaluaciones de recursos más precisos. AMC COREWELL emplea mecanismos físicos que permiten afirmar formaciones no consolidadas y recortes evitando la dispersión”



Aplicación.

AMC COREWELL produce un completo sistema de fluidos de perforación, el cual ha sido diseñado para proteger formaciones expuestas, promover la integridad de la muestra y maximizar la recuperación. AMC COREWELL es un producto dispersable y fácil de usar, que a diferencia de muchos otros sistemas de fluidos no requiere componentes adicionales para mejorar las propiedades. AMC COREWELL forma una estructura de micro-red similar a una red tridimensional, la cual recubre las formaciones expuestas encapsulando eficazmente tanto las superficies de arcillas como de esquistos generando soporte y protección. AMC COREWELL combina las propiedades específicas del fluido para garantizar una recuperación de muestra perfecta.

3.2.13.5 AMC WATER TREATMENT (Producto para tratamiento de agua)

Descripción.

AMC WATER TREATMENT es una mezcla de distintos productos especializados para tratar el agua usada en la preparación de lodos de perforación. Esta mezcla ha sido desarrollada para aumentar el pH al nivel alcalino deseado y al mismo tiempo eliminar eficazmente tanto la dureza como otros cationes que puedan interferir en la preparación del fluido de perforación.

Aplicación.

AMC WATER TREATMENT logra obtener el máximo rendimiento de los aditivos de perforación ya que mantiene el pH al nivel óptimo y logra eliminar contaminaciones generadas por la dureza y otros cationes.

AMC WATER TREATMENT está disponible en bolsitas individuales de 1kg, lo que facilita la aplicación y evita pérdidas de producto por sobredosisificaciones.





Figura 15 — Tinas para la preparación de fluidos de perforación

3.2.14 Accesorios de perforación

El tipo de sistema de perforación a emplear dependerá de la orientación del pozo a perforar y adicionalmente, en menor medida, de la profundidad del mismo. Para perforación horizontal y positiva se emplean pescadores y cabezales hidráulicos, mientras que para perforaciones negativas (a partir de -30° o -45° dependiendo de la línea) se emplearan pescadores y cabezales mecánicos.

3.2.14.1 Cabezales del tubo interior (Head Assembly)

Se trata del componente mecánico más importante del Core Barrel ya que su correcto desempeño es vital para una buena recuperación de muestra y avance en la perforación.

Los cabezales hidráulicos como mecánicos cumplen las siguientes funciones:

- Mediante la punta de lanza permite la recuperación del conjunto de tubo interior al ser atrapado por el pescador.
- Permite el paso de fluido hacia la broca.
- Indicar mediante un pico de presión la existencia de un bloqueo de muestra

- Regular la holgura entre el Core Lifter Case y la broca

CONJUNTO COMPLETO DEL CABEZAL HQU QUICK PUMP-IN LINK LATCH			CONJUNTO COMPLETO DEL CABEZAL HQ LINK LATCH		
ID	CODIG	PARTES DEL CABEZAL HIDRAULICO HQU	ID	CODIG	PARTES DEL CABEZAL MECANICO HQ
1	C.000000	Diagrama	1	C.000000	Diagrama
2	C.000001	Platón	2	C.000001	Platón
3	C.000002	Trinquete	3	C.000002	Trinquete
4	C.000003	Resorte de acero	4	C.000003	Resorte de acero
5	C.000004	Broca	5	C.000004	Broca
6	C.000005	Lock Indicator (L.I.)	6	C.000005	Lock Indicator (L.I.)
7	C.000006	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	7	C.000006	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
8	C.000007	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	8	C.000007	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
9	C.000008	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	9	C.000008	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
10	C.000009	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	10	C.000009	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
11	C.000010	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	11	C.000010	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
12	C.000011	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	12	C.000011	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
13	C.000012	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	13	C.000012	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
14	C.000013	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	14	C.000013	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
15	C.000014	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	15	C.000014	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
16	C.000015	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	16	C.000015	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
17	C.000016	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	17	C.000016	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
18	C.000017	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	18	C.000017	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
19	C.000018	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	19	C.000018	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
20	C.000019	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	20	C.000019	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
21	C.000020	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	21	C.000020	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
22	C.000021	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	22	C.000021	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
23	C.000022	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	23	C.000022	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
24	C.000023	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	24	C.000023	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
25	C.000024	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	25	C.000024	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
26	C.000025	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	26	C.000025	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
27	C.000026	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	27	C.000026	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
28	C.000027	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	28	C.000027	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
29	C.000028	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	29	C.000028	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
30	C.000029	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	30	C.000029	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
31	C.000030	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	31	C.000030	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
32	C.000031	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	32	C.000031	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
33	C.000032	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	33	C.000032	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
34	C.000033	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	34	C.000033	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
35	C.000034	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	35	C.000034	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
36	C.000035	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	36	C.000035	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
37	C.000036	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	37	C.000036	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
38	C.000037	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	38	C.000037	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
39	C.000038	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	39	C.000038	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
40	C.000039	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	40	C.000039	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
41	C.000040	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	41	C.000040	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
42	C.000041	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	42	C.000041	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
43	C.000042	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	43	C.000042	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
44	C.000043	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	44	C.000043	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
45	C.000044	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	45	C.000044	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
46	C.000045	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	46	C.000045	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
47	C.000046	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	47	C.000046	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
48	C.000047	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	48	C.000047	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
49	C.000048	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	49	C.000048	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
50	C.000049	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	50	C.000049	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
51	C.000050	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	51	C.000050	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
52	C.000051	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	52	C.000051	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
53	C.000052	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	53	C.000052	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
54	C.000053	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	54	C.000053	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
55	C.000054	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	55	C.000054	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
56	C.000055	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	56	C.000055	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
57	C.000056	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	57	C.000056	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
58	C.000057	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	58	C.000057	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
59	C.000058	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	59	C.000058	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
60	C.000059	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	60	C.000059	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
61	C.000060	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	61	C.000060	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
62	C.000061	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	62	C.000061	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
63	C.000062	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	63	C.000062	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
64	C.000063	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	64	C.000063	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
65	C.000064	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	65	C.000064	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
66	C.000065	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	66	C.000065	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
67	C.000066	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	67	C.000066	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
68	C.000067	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	68	C.000067	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
69	C.000068	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	69	C.000068	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
70	C.000069	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	70	C.000069	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
71	C.000070	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	71	C.000070	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
72	C.000071	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	72	C.000071	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
73	C.000072	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	73	C.000072	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
74	C.000073	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	74	C.000073	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
75	C.000074	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	75	C.000074	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
76	C.000075	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	76	C.000075	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
77	C.000076	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	77	C.000076	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
78	C.000077	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	78	C.000077	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
79	C.000078	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	79	C.000078	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
80	C.000079	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	80	C.000079	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
81	C.000080	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	81	C.000080	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
82	C.000081	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	82	C.000081	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
83	C.000082	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	83	C.000082	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
84	C.000083	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	84	C.000083	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
85	C.000084	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	85	C.000084	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
86	C.000085	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	86	C.000085	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
87	C.000086	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	87	C.000086	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
88	C.000087	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	88	C.000087	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
89	C.000088	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	89	C.000088	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
90	C.000089	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	90	C.000089	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
91	C.000090	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	91	C.000090	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
92	C.000091	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	92	C.000091	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
93	C.000092	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	93	C.000092	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
94	C.000093	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	94	C.000093	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
95	C.000094	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	95	C.000094	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
96	C.000095	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	96	C.000095	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
97	C.000096	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	97	C.000096	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
98	C.000097	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	98	C.000097	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
99	C.000098	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	99	C.000098	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ
100	C.000099	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ	100	C.000099	Spring Pin 1.1 3.1-3.2 HQ

Figura 16 — Componentes del cabezal de tuvo interior

3.2.14.2 Sistema de extracción de muestras (Core Barrel System)

El core barrel es el conjunto de accesorios empleados para obtener una muestra de roca durante el proceso de perforación diamantina.

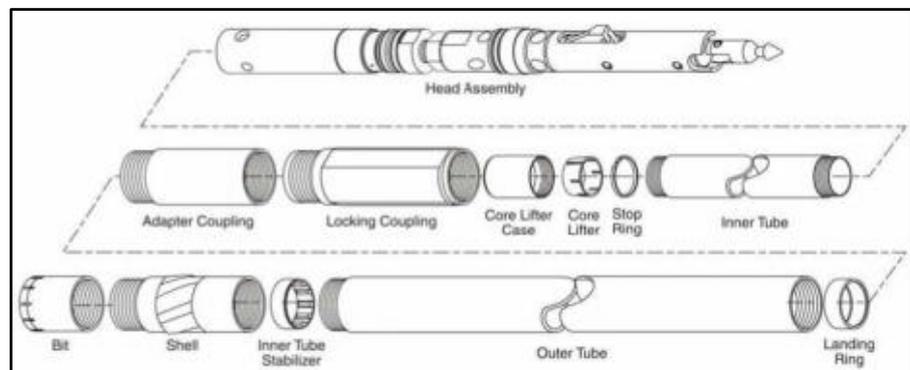


Figura 17 — Componentes del sistema Core Barrel System

Extraído de Boart Longyear (2006), Herramientas para usar en el interior de pozos catálogo global de herramientas de alto rendimiento

3.2.14.3 Pescador (Overshot Assembly)

Este accesorio sirve para sacar el tubo interior del fondo del pozo, una vez que el tubo interior está lleno de muestra, el pescador se desciende



(o bombeado para pozos inclinados) hasta el fondo del pozo por lo cual sus mordazas de acero forjado enganchan la parte superior del conjunto de tubo interior y se recupera la muestra.

De los cuales tenemos pescador mecánico e hidráulico.



Figura 18 — Pescador mecánico (Ezy-Lock Overshot Assembly)

Extraído de Boart Longyear (2013), Herramientas para usar en el interior de pozos catálogo global de herramientas de alto rendimiento

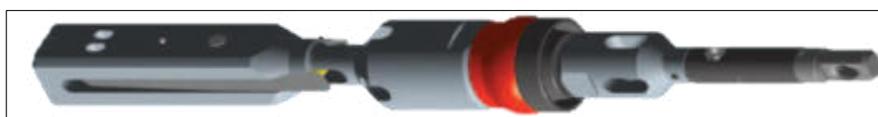


Figura 19 — Pescador Hidráulico (Quick Pump-In Overshot Assembly)

Extraído de Boart Longyear (2013), Herramientas para usar en el interior de pozos catálogo global de herramientas de alto rendimiento

3.2.14.4 Coronas de diamante impregnados

“Existe una amplia gama de coronas, de diversas marcas, adaptables a cada necesidad. Los frentes que desgastan la roca del fondo del pozo pueden ser planos, curvos o escalonados y las salidas de agua también varían. La cantidad de diamantes es muy variable, así como su tamaño.

Se las puede clasificar en dos grandes tipos: de inserción y de impregnación o concreción (Figura 20). En las coronas de inserción los diamantes están insertados en la superficie y en las de impregnación los diamantes (de menor tamaño que en las anteriores) están distribuidos en toda la aleación dura (carburo de tungsteno) que conforma la matriz. Las primeras, por estar los diamantes sólo en la superficie, terminan su vida útil una vez que se desgastan dichos diamantes, y normalmente se utilizan en rocas blandas a semiduras. En las segundas, a medida que se van desgastando los diamantes y la matriz, reaparecen los diamantes que

están en su interior; se las utiliza para perforar rocas blandas hasta muy duras” (Fernández et al. 2015).

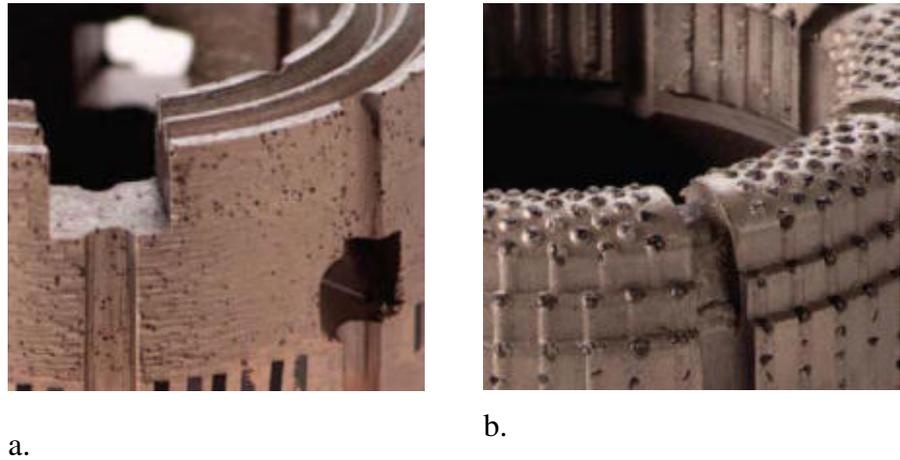


Figura 20 — Coronas de impregnación (a) y coronas de inserción (b)

Extraído de (Fernández et al. 2015)

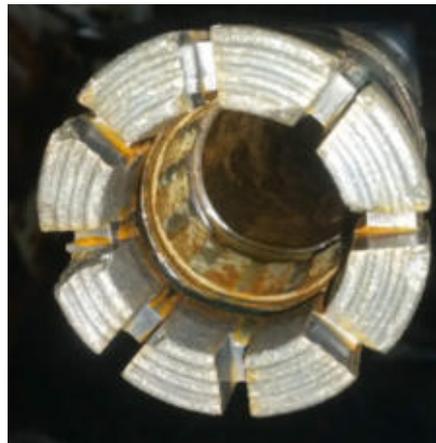


Figura 21 — Colocación correcta del tubo interior dentro del core barrel

Los patrones de desgaste de coronas de impregnación para ello podemos ver diferentes tipos de desgaste de coronas.

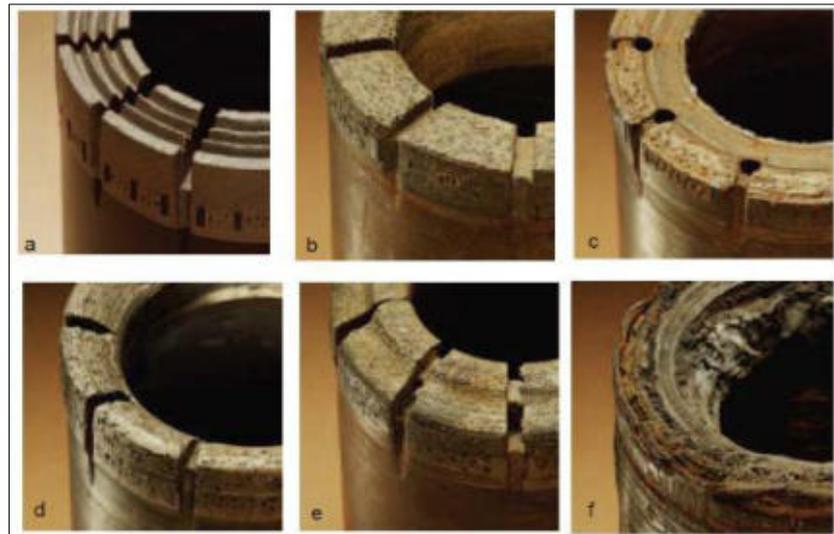


Figura 22 — Coronas de impregnación. a) nueva. b) desgaste normal con pocos metros de uso (frente plano). c) desgastada en forma normal. d) Desgaste incorrecto, cóncavo hacia la parte interna. e) Desgaste incorrecto, cóncavo hacia la parte externa. f) Corona fundid

Extraído de (Fernández et al. 2015)

3.2.14.5 Zapatas

“En caso de necesitar poner tubería (“casing”) para evitar desmoronamientos del pozo o pérdida de la inyección, se utilizan las zapatas (Figura 23). Son herramientas semejantes a las coronas con diamantes impregnados y perfiles rectos. Su diámetro interno es ligeramente mayor al externo de la corona correspondiente, por lo que se puede bajar simultáneamente (la corona en su interior). Se las denomina W o sea para NQ la zapata correspondiente es NW. La tubería de casing también es de mayor diámetro y algo más liviana. Cuando se termina el pozo se retira la zapata y el casing” (Fernández et al. 2015).



Figura 23 — Zapatas y escariador

Extraído de (Fernández et al. 2015)

3.2.14.6 Escariadores

“Por encima de la corona se instala el escariador (Figura 23), que es una herramienta con impregnaciones de diamantes en los laterales y sirve para corregir el diámetro del pozo y permitir el buen desplazamiento de las barras. Se debe utilizar el mismo diámetro que la barra. Si se perfora muy profundo es posible colocar a lo largo del tren de barras varios escariadores” (Fernández et al. 2015).

3.2.14.7 Barras

“Son tubos de aceros especiales con roscas en sus extremos y de diámetro externo inferior al de la corona correspondiente, ya que por ese espacio (entre las paredes del pozo y el exterior de las barras) asciende la inyección que lleva la roca molida desde el fondo del pozo.

En el extremo superior del tren de barras (conjunto de las barras enroscadas) va la cabeza de inyección conectada por medio de una manguera a la bomba. La inyección desciende a presión por el interior de las barras y saldrá por el espacio que queda entre éstas y la pared el pozo. En la parte inferior, las barras van enroscadas al barril sacatestigos” (Fernández et al. 2015).

Tabla 5 — Tuberías de perforación estándar

TUBERÍAS DE PERFORACIÓN EN LÍNEA PQ			
LONG. (m)	DE (mm)	DI (mm)	PESO (kg)
3	114	102	52.2
1.5			26.1
TUBERÍAS DE PERFORACIÓN EN LÍNEA HQ			
LONG. (m)	DE (mm)	DI (mm)	PESO (kg)
3	88.9	77.8	34.5
1.5			17.3
TUBERÍAS DE PERFORACIÓN EN LÍNEA NQ			
LONG. (m)	DE (mm)	DI (mm)	PESO (kg)
3	69.9	60.3	23.4
1.5			11.7
TUBERÍAS DE PERFORACIÓN EN LÍNEA BQ			
LONG. (m)	DE (mm)	DI (mm)	PESO (kg)
3	55.6	46.1	18
1.5			9

Extraído de (Fernández et al. 2015)



Figura 24 — Acumulación barras de perforación

3.2.14.8 Loading Chamber

Este accesorio permite la inyección de fluidos a presión para evitar al conjunto de tubo interior y/o cabezal hasta el final del pozo esta sin importar la inclinación de la perforación lo cual viene configurado para cable wireline de 3/16 o 5 pulgadas.

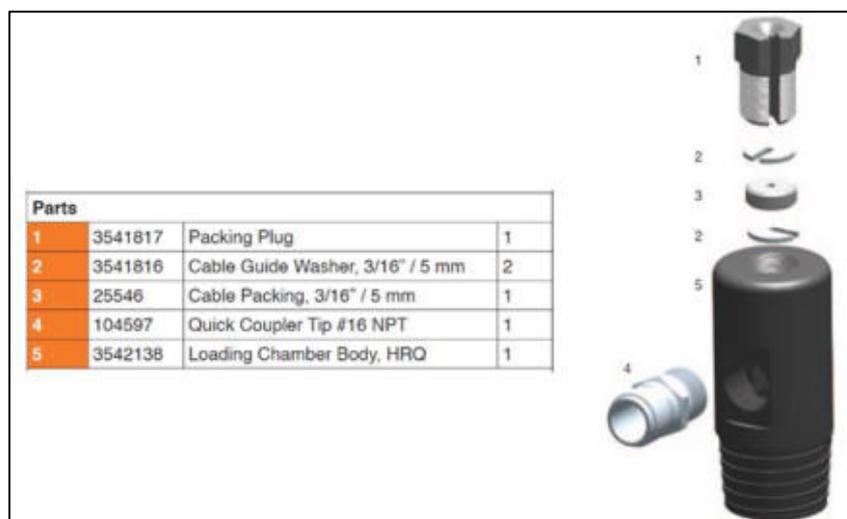


Figura 25 — Partes de Loading chamber

Extraído de Herramientas para usar en el interior de pozos catálogo global de herramientas de alto rendimiento. Extraído de Boart Longyear (2013)

El sistema de inyección en la perforación.

“Es independiente y cuenta con una bomba y una pileta de preparación de la inyección. La bomba debe tener una capacidad para hacer circular la inyección de modo que levante los detritos que, de acuerdo a la velocidad de avance, produce la corona en el fondo del sondeo, sin permitir floculaciones y hundimientos. Estará influenciada por el diámetro y profundidad de la perforación y el espacio anular entre la pared del sondeo y el tren de barras.

La pileta de inyección se dispone al lado de la perforadora. Por razones de costos es preferible usar sólo agua, pero se obtienen mejores rendimientos de la perforación cuando se le adicionan productos especiales como polímeros, lubricantes y, eventualmente, bentonitas activadas. Actualmente todos estos productos cumplen con las normas ambientales.

El consumo de agua es normalmente alto (unos 10000-15000 litros por turno de 12 h) por lo que debe preverse muy bien el sistema de abastecimiento de agua” (Fernández et al. 2015).



3.2.15 Registro de parámetros de perforación

"El control se realiza a través de los instrumentos del tablero de comando de la sonda, verificando que todos ellos estén correctamente conectados, de modo de tomar las lecturas en forma correcta. En síntesis, se deben registrar las lecturas del nanómetro y flujómetro o medidor de caudal. Luego verificar la velocidad de penetración de la corona, la cual debe aproximarse entre las 3 y las 5 pulgadas por minuto. Para obtener un mejor rendimiento de las coronas impregnadas es importante considerar los aspectos que se mencionarán en adelante" manual técnico de perforista de la empresa (Christensen, 2019).

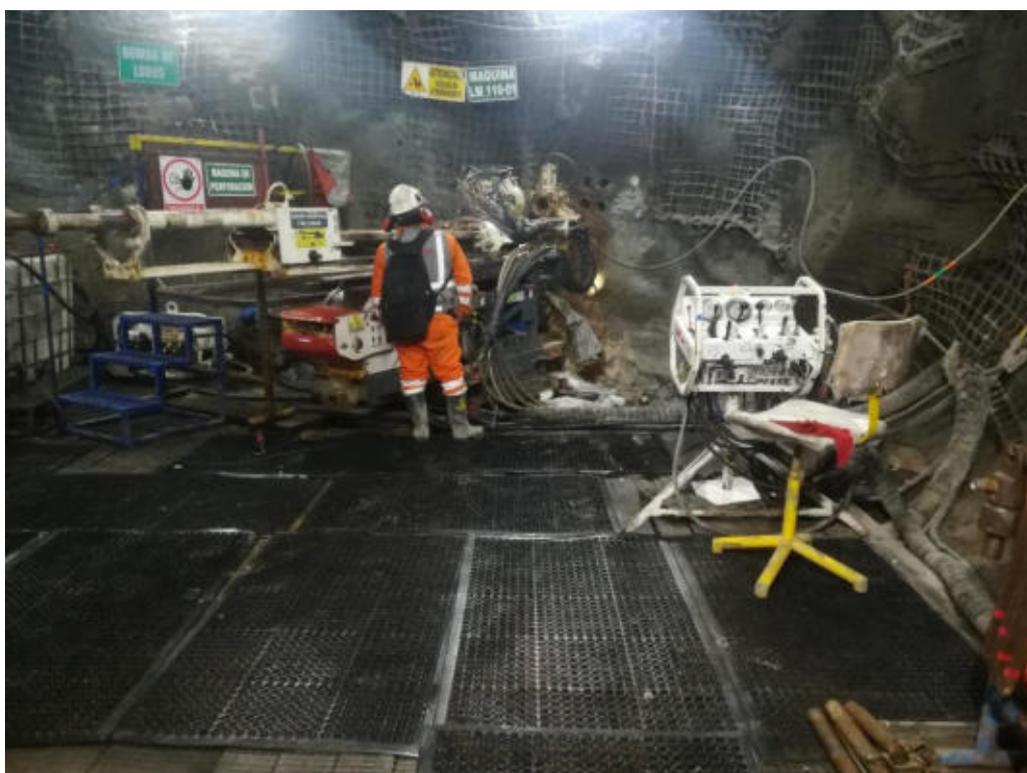


Figura 26 — Inspección y nivelación de la máquina para el cambio de dirección del siguiente sondaje

3.2.15.1 Presión de torque

La presión del torque es la resistencia que se presenta al interior del pozo, las cuales vinculan el corte de la roca, ángulo de perforación, fricción de la sarta de perforación con las paredes del pozo, deflexión del pozo, retorno del fluido de perforación y otros factores. A mayor profundidad, la fricción ira aumentando, por lo cual torque aumentara en forma

proporcional. En terrenos complicados se suelen presentar torque elevado, por el fenómeno de atrapamiento que se puede ir presentado, aquí se debe tener más cuidado con respecto a los valores de torques registrados o sonidos típicos del equipo de perforación. Para así evitar posibles atrapamientos de tubería o la rotura de las mismas.

3.2.15.2 Presión de avance

La presión de avance define el empuje necesario para la perforación, y dependerá en mayor medida, de la profundidad del pozo (peso de tubería), ángulo de perforación y la dureza de la roca. Por lo general es un valor estacionario que se regulan en forma estacionaria. En pozo negativos, la presión de avance deberá ir disminuyendo medida que aumenta la profundidad del pozo, para así compensar el peso aportado por las tuberías. Todo lo contrario, a los pozos positivos, donde la presión de avance deberá ir aumentando para compensar el peso en contra de la columna de perforación.

3.2.15.3 Presión de agua

La presión del fluido de perforación es de vital importancia, para saber lo que puede estar pasando al fondo del taladro. La presión de agua registrada en el manómetro del panel de control, nos indica posibles bloqueos de muestra, desgaste total de la matriz o cualquier fenómeno que impida el paso del fluido de perforación por la línea de perforación. El fluido debe ingresar libremente y salir a la superficie, en pozo con retorno o perderse en grietas en el macizo perforado, en caso no hay retorno. También se puede registrar altos valores de presión, cuando hay alguna fuente de agua presurizada al fondo del taladro. Esto es algo común en sondajes realizados en interior mina, en este caso se necesitará una bomba de lodos de mayor capacidad, para poder bombear el agua al fondo del taladro.

3.2.15.4 Peso sobre la corona

"Este parámetro es importante para mejorar los índices de RPI o RPC de acuerdo a lo indicado anteriormente. Una carga demasiado alta podría



causar un desgaste o incluso crear una falla mecánica. El peso sobre la corona también es importante para mantener el control de las desviaciones del pozo. Para estas situaciones se recomienda perforar con una corona de serie mayor a la que está en operación, cuidando la velocidad de penetración para disminuir los problemas de desviación. Si se requieren cargas muy altas para que corte la broca cambiar a una serie más alta" manual técnico de perforista de la empresa (Christensen, 2019).

Dentro de los parámetros de perforación, el más importante y menos conocido es el peso sobre la corona. Comúnmente lo relacionan con la presión de avance, lo cierto es que los equipos mecánicos e hidráulicos no registran el valor real del peso en la corona, el cual viene registrado en unidades de presión (PSI). El valor real del peso en la corona se establece por los fabricantes de equipo en toneladas (Ton) y/o libras (lb). Este valor se registra como la variación de presión al momento que la columna de perforación hace contacto y empieza a cortar la roca. El peso sobre la corona se relación con la presión de avance fino y su variación durante la perforación. Lo que se debe medir durante la perforación, viene hacer la variación del manómetro de avance fino. En todos los casos, la variación de presión desde el primer contacto hasta el inicio de los primeros centímetros(cm) de corte, no indica el valor real del peso sobre la corona en unidades de presión (PSI).

3.2.15.5 Caudal de fluido

"La velocidad del fluido es otra variable crítica al optimizar la eficiencia de la perforación. El flujo debe enfriar efectivamente la broca (bit) y remover los detritos de la perforación, de la cara de la broca a la superficie del pozo a través del espacio anular en la forma más eficiente posible. El volumen de fluido debe aumentar en la misma medida de que aumenta el rango de penetración. La velocidad del fluido y su capacidad de transporte depende de la viscosidad del mismo" manual técnico de perforista de la empresa (Christensen, 2019).



"Generalmente los detritos deben tener una velocidad ascendente de 4 pulg/seg. (10 cm/ 7 seg). Un volumen de fluido demasiado alto puede causar el levante hidráulico de la sarta de perforación que afecte seriamente la carga real sobre la broca (bit) y en consecuencia el resultado de la perforación. Si el flujo de fluido es demasiado bajo, la broca puede desgastarse en forma prematura debido a la acción abrasiva de los detritos. En formaciones muy duras, de grano fino, la velocidad del fluido puede ser reducida en forma intencional para aumentar la erosión de la matriz y así exponer nuevos diamantes" manual técnico de perforista de la empresa (Christensen, 2019).

El caudal de lodo es una variable que se debe controlar, para evitar desestabilizar el sondaje y tener consumo excesivo de fluido de perforación.

3.2.15.6 Velocidad de rotación

"Para un buen aprovechamiento de las coronas es necesario considerar que las velocidades de penetración están muy ligadas con la velocidad de rotación (RPM). Para un apropiado control, considerar los índices de RPI o RPC, fijando un rango óptimo entre (200 y 250) RPI (80 y 100 RPC)" manual técnico de perforista de la empresa (Christensen, 2019).

En el presente trabajo de investigación las RPM de la maquina LM 110 de Boart Longyear es de 1000 RPM que se midió con tacómetro en los 4 sondajes de perforación.

a) Cálculo del RPI (RPC)

Los valores recomendados para estos indicadores son:

RPI Entre 200 a 250

RPC Entre 80 100

$$RPI = \frac{Vel.rotación (RPM)}{Vel.avance \left(\frac{pulgadas}{minuto}\right)} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$RPC = \frac{Vel.rotación (RPM)}{Vel.avance \left(\frac{centímetros}{minuto}\right)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde

RPI	Revoluciones por minuto
RPC	Revoluciones por centímetro
RPM	Revoluciones por minuto

3.2.16 Desviación de un sondeo

Nueva minería y energía, (2009); en un informe técnico sobre la medición de trayectoria de pozos de sondajes, informan que todos los sondajes se desvían en mayor o menor magnitud. Los motivos de desviaciones pueden ser variados como, por ejemplo:

Demasiado Empuje (push down), genera desviación positiva hacia arriba.

Presencia de estructuras (fracturas, fallas, etc.) que guían la perforación a través de los planos de estas estructuras.

“Un sondeo puede desviarse de la dirección de perforación elegida de una manera extraordinaria, incluso en casos extremos de forma impensada” (López, 2002 pág. 419).

“Las desviaciones son más acusadas en sondeos inclinados, tanto más cuanto mayor sea el ángulo que forman con la vertical” (López, 2002 pág. 420).

3.3 Marco conceptual

- Rocas ígneas o magmáticas.** “Las rocas ígneas son las formadas por solidificación de una masa fundida, denominada magma. Si la roca se ha enfriado en contacto con el aire o el agua de la superficie terrestre, se le clasifica como roca ígnea “extrusiva” o volcánica. Cuando el magma se enfría por debajo de la superficie terrestre se forma una roca ígnea “intrusiva” o plutónica” (López et al. 1994).



“Las rocas ígneas (L. ignis, fuego) están formadas por una masa fundida que en un tiempo estuvo caliente, conocidos como magma o lava, la cual se enfrió y cristalizó para formar una roca compuesta de una trabazón de agregados minerales de silicatos. Las erupciones de lava fundidas que sale de los volcanes y se depositan sobre la superficie de la tierra, o corriente de lava, dan origen a las rocas extrusiva. Pero hay otras clases de rocas ígneas, las masas de rocas ígneas, que se formaron por cristalización lenta del magma a una cierta distancia abajo de la superficie, originando las rocas intrusivas; tales rocas aparecen expuestas hoy solamente porque la erosión ha quitado las rocas que yacían encima de ellas y que una vez las cubrieron durante su formación” (Huang, 1991 pág. 3).

- b. **Rocas metamórficas.** “Las rocas metamórficas son las originadas por importantes transformaciones de los componentes mineralógicos de otras rocas preexistentes, endógenas o exógenas. Estos grandes cambios se producen por la necesidad de estabilizarse sus minerales en unas nuevas condiciones de temperatura, presión y química” (López et al. 1994).

“Las rocas metamórficas (gr. meta + morphe, cambio de forma) abarca aquellos conjuntos minerales que han sufrido ajustes estructurales y mineralógicos a ciertas condiciones físicas o químicas, o combinaciones de ellas, impuestas por la profundidad, la presión, la energía térmica o el calor, y los fluidos químicamente activos, pueden todos haber intervenido en el cambio de una roca originalmente ígnea o sedimentario en rocas metamórficas” (Huang, 1991).

- c. **Rocas sedimentarias.** “Las rocas sedimentarias se forman por la acumulación de restos de detritus de otras rocas preexistentes, por la precipitación química de minerales solubilizados o por la acumulación de restos de animales o vegetales” (López et al. 1994, pág. 18).

“Las rocas sedimentarias (L. sedimentum, asentamiento) se formaron por la acumulación de sedimentos que se consolidaron en rocas duras, firmes, estratificadas. Los sedimentos pueden estar integrados por fragmentos de roca de diferentes tamaños, minerales resistentes, restos de organismos y productos de acción química o de evaporación o mezclas de estos” (Huang, 1991 pág. 3).





Figura 27 — Kit de prueba de dureza de Mosh



Figura 28 — Identificación del tipo de roca y la dureza de la roca (Kit de prueba de dureza de Mosh)

- d. **Dureza.** “La Dureza se define como la resistencia que opone un mineral a ser rayado por otro, por una lima, por una punta de acero” (Cansaya, 2019 pág. 35).
- e. **Litología.** “La litología, o estudio de las piedras, emplean el conocimiento obtenido de las exposiciones en el campo o de las muestras de mano, y su denominación es casi un sinónimo de la petrología” (Huang, 1991 pág. 2).

“Litología, ciencia que estudia el origen, evolución y clasificación de las rocas. Se podría considerar como un sinónimo de petrología” (Ávila, 2006 pág. 349).

- f. **Abrasividad.** “Abrasivo material fragmentario de alta dureza que en movimiento produce desgaste de los materiales de la corteza terrestre por la acción de los agentes de erosión: agua, viento, hielo” (Ávila, 2006 pág. 3).
- g. **Sondeo.** “Es la forma más extendida de investigación del terreno, ya que permite alcanzar grandes profundidades, obtener muestras de ese terreno (testigo) y realizar una serie de ensayos que nos definen las características del macizo rocoso. El objetivo primordial de las perforaciones de investigación es, generalmente, la obtención de testigos del terreno que nos permite conocer este de forma directa y en profundidad” (López, 2002).
- h. **Estratigrafía.** “Es la descripción de todos los cuerpos de roca que conforman la corteza terrestre y su organización en unidades mapeables, distintivas y útiles, con base en sus atributos o propiedades inherentes, para establecer su distribución y relaciones espaciales, y su sucesión temporal, y para interpretar la historia geológica” (Ministerio de Minas y Energía, 2015).
- i. **Reflex Gyro.** Son instrumentos de medición que proporciona datos direccionales (acimut e inclinación) en cualquier intervalo. La precisión del instrumento no se ve afectada por interferencias magnéticas, por lo que puede utilizarse dentro de todo tipo de barras de perforación o en terrenos magnéticos
- j. **Empuje push down (apretar).** Operación mediante la cual se mantiene en contacto la herramienta de corte con la roca durante la perforación.
- k. **Broca.** “Aparato o herramienta para el corte de suelos y rocas utilizado en perforaciones o sondeos del subsuelo, que se ensambla en la parte final de la sarta de perforación” (Ministerio de Minas y Energía, 2015).
- l. **Rotación.** Movimiento que hace girar la herramienta de corte para que ataque radialmente la roca.
- m. **Sistema de lodos.** Métodos que prepara, almacena, bombea, inyecta y circula permanentemente por dentro de la sarta un lodo de perforación cumple varios



objetivos: lubrica y mantiene fría la broca, sostiene las paredes del pozo y saca a la superficie el material rocoso que se va perforando.

- n. **Winche.** Del inglés Winch, palabra de uso común en los trabajos de campo para referirse al cabrestante. Torno generalmente accionado por un motor y destinado a levantar y desplazar grandes pesos. Se usa con cables y pueden ser eléctricos, neumáticos, hidráulicos o mecánicos.
- o. **Prospección.** Exploración del subsuelo basada en el examen de los caracteres del terreno y encaminada a descubrir yacimientos minerales, petrolíferos, aguas subterráneas u otros. Exploración de posibilidades futuras basada en indicios presentes.
- p. **Azimut.** Ángulo que con el meridiano forma el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del globo terráqueo. Lo más usual es medir el azimut desde el Norte (sea verdadero, magnético o arbitrario), pero a veces se usa el Sur como referencia, varían desde 0° hasta 360° y no se requiere indicar el cuadrante que ocupa la línea observada.



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

Este trabajo de investigación reúne las condiciones de una investigación de enfoque cuantitativo con intervención puesto que se pretende la manipulación deliberada de los parámetros de perforación con el sistema diamantina para el control de la trayectoria del taladro en perforación diamantina. El nivel de investigación a la que se ajusta este trabajo es correlacional - Aplicativo con enfoque cuantitativo. El método que usaremos es la observación directa.

Enfoque cuantitativo “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” Hernández et al. (2014).

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se considera experimental ya que cuenta con más de dos variables y a su vez se medirá el efecto que tendrá en otras variables de interés.

4.3 Descripción ética de la investigación

El autor de este trabajo de investigación es respetuoso de las normas que rigen las buenas prácticas en la investigación, además la formación profesional que ostenta es concordante con las actitudes y aptitudes que se requiere para el ejercicio de dicha profesión por lo tanto además del respeto de las normas de buenas prácticas de la investigación se tiene una formación integra desde el seno familiar.

4.4 Población y muestra

La población está formada por la totalidad de perforaciones planificadas durante el periodo de perforación de sondeo con sistema diamantina de la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020.

La Muestra consta de 4 perforaciones con diamantina ubicadas en:

Mina : Central



Nv : 720

Zona : II

Cuerpo : Huamanripa

De los siguientes proyectos de sondajes estos son los puntos de perforación

- Proy. Tal. HUAM-10-19-01 (T01)
- Proy. Tal. HUAM-10-19-02 (T02)
- Proy. Tal. HUAM-10-19-02A (T02A)
- Proy. Tal. HUAM-10-19-03 (T03)

4.5 Procedimiento

Para el presente proyecto se obtuvo los siguientes datos para la exploración en la Mina Central nivel 720 Zona II del cuerpo Huamanripa.

Tabla 6 — Datos iniciales para la perforación en el proyecto

Proyecto	Profundidad perforada (m)	Angulo de perforación (deg)	Constante (m)	Profundidad realizada la medición (m)	Borca (escala de Mosh)	
					HQ	NQ
E_HUA_10_19_01 (T01)	400	5	1.4	375	09-Nov	9
E_HUA_10_19_02 (T02)	213.2	5	1.4	200	09-Nov	9
E_HUA_10_19_02A (T02A)	400	5	1.3	385	04-Jun	4K
E_HUA_10_19_03 (T03)	450	2	1.1	385	04-Jun	7H
LITOLOGIA	Caliza gris oscura moderadamente fracturada de grano fino y fractura concoidal con óxidos limonítico relleno de fracturas y venillas de calcita.					

En la tabla (6) podemos observar los datos iniciales de cada punto de sondaje que se realizara en el presente proyecto como son el nombre del sondaje, profundidad perforada, ángulo de perforación, constante, profundidad realizada la medición y los accesorios para perforación.

Para el proceso de la perforación diamantina se tiene que evaluar los siguientes procedimientos.

4.5.1 Evaluación de cámara de perforación diamantina

- Se verifica las vías de acceso hacia la cámara diamantina.



- Para ingresar a la cámara diamantina se verifica los hastiales y la corona de la cámara diamantina. Si el caso fuera se realizará el desate de rocas.
- Se verifica el tipo de sostenimiento a emplear en las cámaras de acuerdo a la recomendación del área de Geomecánica.
- Se verifica las instalaciones de servicios (agua, aire, energía eléctrica y alcayatas para dichos servicios).
- Se verifica las dimensiones de la cámara, poza de sedimentación y cuneta de acuerdo al estándar.
- Se coordina con el geólogo a cargo de las perforaciones para el marcado de los puntos perforación a ejecutarse para ubicar el equipo de perforación.
- Se formaliza un reporte de la inspección la evaluación de la cámara diamantina dando el visto bueno.

4.5.2 Traslado de la maquina diamantina en mina

- Bloquear el área de trabajo con vara luminosa encendida con su respectivo cono y/o cintas de seguridad para cargar y descargar el equipo diamantino.
- Se coordina con el operador de scooptram o telehandler, para el acercamiento hacia la máquina diamantina a levantar, esta tarea solo lo realiza el supervisor o perforista.
- Una vez que la máquina diamantina o sus componentes está cargada en el scooptram o telehandler, se procede a asegurar con cable metálico de ¼ pulgada de diámetro previa inspección del cable que se encuentre en buenas condiciones, para luego el operador pueda levantar la carga e iniciar el traslado.
- Se cuenta con un personal de vigía que va por delante del equipo el cual llevara una vara luminosa encendida durante todo el recorrido en tramos cortos y de tránsito restringido y de operaciones mina.
- No es necesario con un personal de vigía si el traslado será en diferentes niveles de interior mina y se coordinará con el operador del equipo para indicarle el lugar de descarga.
- En el descargado de la máquina diamantina o sus componentes debe ser indicado por la supervisión o perforista.



- Se coordina con el operador para retirar los seguros, luego se bajará la máquina diamantina sobre durmientes.

4.5.3 Traslado de materiales de perforación diamantina

- Se coordina con el operador del camión utilitario para estacionarse a una distancia mínima de 10 m. donde están los materiales de perforación a cargar.
- Se procede a cargar los materiales de perforación diamantina en forma ordenada y segura en la tolva del camión utilitario con dos trabajadores como mínimo.
- Una vez cargado los materiales al camión utilitario se procederá verificar que el operador del camión utilitario asegure la carga.
- Se traslada los materiales hacia lugar indicado por la supervisión a cargo. Ya en lugar establecido se descarga los materiales de forma ordenada y se delimita con cinta o sogas de bloqueo.

4.5.4 Instalación de la máquina de perforación diamantina

- Se coordina con el área de mantenimiento eléctrico para la instalación del tablero eléctrico de energía de 440 v. para la máquina y de 220 v. para las pantallas de iluminación con puesta a tierra.
- Se realiza el montaje de la máquina del skit con el bastidor.
- Se ubica la unidad de poder en un lugar permanente de la cámara diamantina para que sea energizada.
- Se instala las mangueras hidráulicas
- Se coloca la máquina diamantina sobre cuarterones de madera.
- Se ubica la máquina hacia el rumbo establecido según proyecto.
- Se instala el andamio y se colocará la plataforma metálica en una altura adecuada de acuerdo a los ángulos de perforación.
- Se posiciona para perforar el anclaje de acuerdo al rumbo marcado.
- Se usa un inclinómetro para definir el ángulo de inclinación a perforar.
- Se inicia con el entablado de la cámara y el colocado de malla antideslizante, luego el colocado del andamio según el grado de inclinación del sondaje.



- Se define los lugares para donde estarán ubicados los materiales de perforación dentro de la cámara diamantina con su respectiva señalización.
- Se coloca el panel informativo y el área de salvataje.
- Se realiza las codificaciones de las tuberías de servicios y cables eléctricos según reglamento Anexo 17 del DS 024-2016EM.

4.5.5 Anclaje

- Se perfora un taladro de 1.5 m o 3 m según la estabilidad del terreno y luego se coloca el perno de anclaje, de ser inestable se cementará el perno de anclaje.
- Se asegura el perno de anclaje, se colocará el bastidor de la máquina al perno de anclaje y se ajustará con la corana de la llave mixta 1 ½ hasta dejar la maquina estacionada para el inicio de la perforación. De ser cementado se esperará el fraguado.
- Al inicio la perforación, se verifica si hay alguna anomalía que pueda presentar la máquina, con la finalidad de poder identificar los riesgos que puedan presentarse antes de dar por iniciada la perforación.

4.5.6 Cambio de Dirección de un nuevo sondaje

- El área de Geología determina el nuevo proyecto (azimut, inclinación y metraje), del nuevo sondaje en la misma cámara.
- Antes de cambiar la máquina al nuevo punto se sella el taladro culminado con cemento, si hay presencia de agua se coordinara con el área de Geología para el sellado.
- Para el cambio de punto se desinstala el perno de anclaje y se procede a desajustar los pernos del bastidor y de soporte para su deslizamiento del mismo.
- Se retira el andamio y entablado cercano a la máquina para facilitar su deslizamiento de la máquina hacia el nuevo punto.
- Para posicionar bien la máquina se debe contar con el apoyo de un taco de madera ejercido la fuerza del pistón de levante hacia el bastidor, lo cual es dirigido por uno de los ayudantes a una distancia de 3 mts. mínimo en



coordinación con el perforista hacia el lugar de posicionamiento de la máquina.

4.5.7 Preparación y adición de lodos al sondaje

- Se abastece de agua a los cubiles hasta sus $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad.
- Se verifica el PH del agua, cuando se inicie en una cámara diamantina nueva.
- Se abastece el agua continuamente en un cubil.
- Se verifica el protector del mixer y sus conectores.
- El preparado de la bentonita es en un cubil de mil litros.
- La mezcla de aditivos y polímeros será en otro cubil con un tiempo de mezclado entre 10 a 15 minutos con la ayuda de un mixe hidráulico.
- El perforista durante la perforación evalúa la cantidad de aditivo que se agrega a la mezcla del fluido de perforación.
- El ayudante agrega la bentonita preparada en un cubil hacia el otro cubil con el uso de un balde de 05 galones y utiliza una escalinata para el llenado del balde, para obtener la mezcla final.
- Se bombea al taladro la mezcla de fluido de perforación constantemente con la ayuda de la bomba de adición.
- En caso de derrames de lodo de perforación en al área de trabajo se lava de inmediato con agua a presión, para evitar caídas de personas.

4.5.8 Inicio de perforación diamantina

- Se coloca el barel con todos sus componentes (Shell, broca, etc.).
- Se arma el tubo interior con el cabezal.
- Se engrasa los componentes de la máquina: bomba conexión, cabezal, fitting de la unidad de rotación y otros accesorios de la máquina.
- Antes de encender la maquina el perforista realiza una inspección general, revisando los niveles de aceite de unidad de poder y bomba de lodos, para prevenir fugas en el sistema hidráulico.
- Se coloca el barel en la máquina diamantina manualmente entre dos personas, pasando por la unidad de rotación y rod hooler luego se introduce el tubo interior y se coloca la bomba conexión juntamente con la manguera de



alimentación del fluido de perforación, esto en caso de que los accesorios (barel y tubo interior) sean de 5 pies.

- Si los accesorios (barel y tubo interior) son de 10 pies se arma completo (barel con el tubo interior dentro) y luego se levanta hacia la máquina y se hace pasar por la unidad de rotación y rod hooler para luego colocar la bomba conexión y manguera de alimentación del fluido.
- Se prende el equipo diamantino y verifica su correcto funcionamiento.
- Se verifica el colocado de las guardas de seguridad.
- Se tiene que mantener alejados aproximadamente 2 m. de la máquina los ayudantes para inicio de la perforación, habiendo bloqueado la plataforma con la puerta de bloqueo.
- El perforista en su panel de mando acciona la bomba de lodos y a la vez manipulara los mandos de perforación (rotación y avance), dando inicio a la perforación diamantina.

4.5.9 Perforación diamantina

- Se engrasa los componentes de la máquina: bomba conexión, cabezal, fitting de la unidad de rotación y otros accesorios de la máquina.
- Se verifica que los mandos del panel de control estén en posición de neutro.
- Una vez armado el tubo interior con el cabezal, los ayudantes proceden a colocar el tubo interior en la columna de perforación y se aumentara el kely
- El perforista antes de accionar la maquina verifica que los ayudantes estén alejados de la máquina, para continuar con la perforación habiendo bloqueado la plataforma con la puerta de bloqueo.
- Al llenarse el tubo interior el perforista detiene la rotación y el avance para avisar que los ayudantes procedan a desembonar la bomba conexión y colocar el pescador para recuperar el tubo interior con muestra.
- Si el sobrante de Kelly es más de 1.0 m. se sacará el Kelly
- Se controla los parámetros de perforación como el torque, presión de avance, caudal de fluido, RPI, peso sobre la corona.



4.5.10 Manipulación de tuberías

- Los ayudantes introducen en la columna de perforación el tubo interior con el cabezal (1.5 m o 3 m), dependiendo del ángulo y la altura de cámara.
- Luego los ayudantes colocan el Kely, embonan manualmente a la columna de perforación luego se alejarán de la máquina, el perforista sube la unidad de rotación y activa el chuck para terminar de embonar la tubería, se inicia con la inyección del fluido al sondaje para luego continuar con la perforación, habiendo bloqueado la plataforma con la puerta de bloqueo.
- En caso de no tener nivel de agua, el kit de retención del fluido se coloca en el cabezal del tubo interior y se baja con pescador y liberador en taladros negativos.
- Para taladros positivos, horizontales e inclinados de $< -1^\circ$ hasta $< -30^\circ$ se envía el tubo interior bombeando con agua.
- Cuando el tubo interior esté lleno o se haya bloqueado, se retira la bomba conexión y si la sobrante es más de 1.00 m. se retirará el kely con ayuda de la máquina.
- Una vez desembronado el kely se procede a retirarlo de la siguiente manera: uno de los ayudantes cogerá el kely de la parte inferior retirándolo hasta el andamio mientras que el otra ayudante sujeta de la parte superior para proceder a bajarlo totalmente en el andamio.
- Se procede a introducir el pescador (Hidráulico para taladros positivos y desde 0° hasta -30° . Y mecánico desde -30° hasta -90°). En caso de ser hidráulico se coloca Loading Chamber de acuerdo a la línea a perforar para luego bombear agua hasta que el pescador llega al tubo interior para extraerlo.
- El perforista pone en funcionamiento del winche wire line, luego empieza a enrollar el cable wire line hasta quede visible el tubo interior.
- Uno de los ayudantes coge el tubo interior y el otro ayudante quita el pescador y luego ambos jalan el tubo interior hasta sacarlo de la columna de perforación y colocarlo en el andamio.
- Luego el tubo interior es trasladada por los dos ayudantes hacia el caballete de desembronado del cabezal del tubo interior.



4.5.11 Vaciado de muestra

- Uno de los ayudantes desmonta el cabezal del tubo interior en un caballete con llaves media luna según el diámetro de tubería.
- Una vez desconectado el cabezal del tubo interior se coloca una zapata en el extremo donde fue desconectado el cabezal para evitar daños a los hilos al momento de vaciar el core (muestra).
- Una vez colocado la zapata, el tubo interior será llevado a la canaleta de recepción de testigos evitando la caída de muestras al entablado.
- Uno de los ayudantes levanta el tubo interior de la parte superior y el otro ayudante golpea el tubo con el martillo de goma para que la muestra se deslice del tubo interior hacia la canaleta, de no salir la muestra del tubo interior se usara el botador.
- Se verifica hacia donde se está levantando el tubo interior, ante posible golpe de un cable eléctrico o daño a un fluorescente.
- Una vez extraído la muestra se lava con agua limpia, en el caso de arcillas, arenas y roca muy fracturado no se lavan para evitar perdida del core (muestra).
- Luego de la limpieza del core (muestra), uno de los ayudantes traslada la muestra de la canaleta hacia las cajas con el uso de guantes adecuados, según línea perforado, manteniendo la secuencia litológica, y estos serán separadas con tacos de plástico donde se escribirán en ambas caras lo siguiente:
- Luego se realiza la medición réflex con el equipo réflex giro al sondaje para ver la desviación del taladro.

4.6 Técnica e instrumentos

4.6.1 Técnicas

Dado que este trabajo de investigación es de tipo experimental la recolección de datos se realizó mediante la observación técnica de instrumentos de medición de geoposicionamiento global que serán registrados de manera digital y los pormenores serán registradas manualmente por técnicos con conocimientos pertinentes en el manejo de los equipos que serán usados para esta investigación.



ITEM	TIPO DE TRABAJO	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR	FECHA	OBSERVACIONES
05	1.9.70	1.50	1.50	1.50		
06	20.7.70	0.00	1.50	1.50		
07	23.7.70	1.50	1.50	1.50		
08	30.7.70	1.50	1.50	1.50		
09	31.7.70	1.50	1.50	1.50		
10	31.7.70	1.50	1.50	1.50		
11	31.7.70	1.50	1.50	1.50		
12	31.7.70	1.50	1.50	1.50		
13	41.7.70	1.50	1.50	1.50		
14	44.7.70	0.50	1.50	0.75		

OBSERVACIONES / OCCURRENCIAS / RECOMENDACIONES
 Verificar el nivel de trabajo y el costo de mano de obra.
 Codo
 Gento → 5.60
 CC. 650 → 7.10 ud.
 F20 → 1.00 ud.
 P12 → 1.00 ud.

Figura 29 — Cuaderno de corridas de la maquina LM 110

4.6.2 Instrumentos

La recolección de datos es mediante medición diaria del rendimiento de mano de obra mediante ficha técnica, información de expediente técnico y comparación de rendimientos por cada partida utilizando para ello la tabla siguiente:

Antes de realizar las mediciones de los sondajes en el área de trabajo se debe tener en cuenta las siguientes.

- Situar en lugar seguro y estable el Reflex Gyro, para evitar los golpes tanto por caída de este como de objetos sobre el equipo.
- Verificar la profundidad del sondaje y/o definir el intervalo de medición o sea materializar la distancia de avance entre estaciones. (se puede realizar marca en la torre)
- Utilizar algún elemento distintivo para marcar el cable como pintura en aerosol, grasa u/o algún otro elemento que no se desprenda del cable.
- Solicitar datos del sondaje: Nombre, Norte, Este, Cota y Azimut.
- Definir profundidad de Inicio de Medición (PM).



Figura 30 — Pantalla de “Survey Setup” de las mediciones de los taladros



Figura 31 — Armado del equipo de medición Reflex Gyro



Figura 32 — Instalación del contómetro para la medición del sondaje



Figura 33 — Proceso de la medición verificando la distancia cada 5 metros en el contómetro

Tabla 7 — Taladro E-HUA-10-19-01 (T01)

Estación	Velocidad de rotación	Presión de torque	Presión de avance	Peso sobre la corona	Estación	Velocidad de rotación	Presión de torque	Presión de avance	Peso sobre la corona
m	pulg/min	PSI	PSI	PSI	m	pulg/min	PSI	PSI	PSI
0	128.14	2600	2500	2100	190	148.17	2500	2500	2400
5	196.33	2600	2500	2350	195	229.42	2500	2500	2200
10	203.51	2600	2500	2350	200	217.13	2500	2500	2200
15	158.75	2600	2500	2400	205	211.17	2500	2500	2200
20	143.67	2500	2500	2100	210	289.83	2500	2500	2400
25	151.69	2600	2500	2100	215	231.32	2500	2500	2400
30	163.69	2500	2500	2100	220	145.89	2500	2500	2400
35	166.50	2500	2500	2350	225	161.31	2500	2500	2400
40	161.93	2500	2500	2300	230	152.70	2500	2500	2400
45	179.13	2500	2500	2350	235	175.82	2500	2500	2400
50	100.54	2500	2500	2450	240	172.32	2500	2500	2400
55	254.58	2500	2500	2450	245	203.31	2500	2500	2200
60	162.28	2500	2500	2450	250	264.60	2500	2500	2100
65	169.33	2500	2500	2100	255	237.07	2500	2500	2200
70	161.77	2500	2500	2400	260	169.10	2500	2500	2000
75	133.35	2500	2500	2450	265	218.16	2500	2500	2100
80	132.64	2500	2500	2400	270	192.50	2500	2500	2100
85	146.05	2500	2500	2100	275	230.02	2500	2500	2100
90	154.42	2500	2500	2100	280	198.12	2500	2500	2000
95	137.85	2500	2500	2100	285	213.12	2500	2500	2000
100	167.68	2700	2500	2350	290	218.16	2500	2500	2100
105	168.85	2700	2500	2300	295	192.55	2500	2500	2000
110	136.58	2600	2500	2350	300	229.42	2500	2500	2100
115	172.36	2600	2500	2450	305	229.99	2500	2500	2100
120	187.87	2600	2500	2450	310	172.69	2600	2500	2100
125	199.57	2600	2500	2450	315	194.37	2500	2500	2400
130	203.81	2600	2500	2200	320	237.07	2500	2500	1900
135	209.39	2600	2500	2200	325	168.60	2500	2500	1900
140	203.09	2600	2500	2300	330	184.16	2500	2500	2100
145	161.49	2600	2500	2100	335	192.17	2500	2500	2100
150	184.45	2600	2500	1900	340	210.98	2500	2500	2100
155	179.34	2600	2500	2200	345	218.80	2500	2500	2350
160	184.36	2500	2500	2200	350	155.72	2500	2500	2200
165	182.56	2600	2500	2100	355	164.52	2500	2500	2000
170	155.78	2600	2500	2200	360	156.40	2500	2500	2000
175	153.91	2500	2500	2200	365	197.31	2500	2500	2400
180	154.23	2500	2500	2200	370	162.11	2500	2500	2000
185	131.70	2500	2500	2200	375	164.46	2500	2500	2000



Tabla 8 — Taladro E-HUA-10-19-02 (T02)

Estación	Velocidad de rotación	presión de torque	Presión de avance	Peso sobre la corona
m	pulg/min	PSI	PSI	PSI
0	254.00	2500	2500	2200
5	217.71	2500	2500	2200
10	217.71	2500	2500	2200
15	193.20	2500	2500	2050
20	190.50	2600	2500	2200
25	203.20	2600	2500	2000
30	190.50	2600	2500	2000
35	212.30	2600	2500	2000
40	195.39	2600	2500	2000
45	217.71	2500	2500	2000
50	186.27	2500	2500	2200
55	203.20	2500	2500	2200
60	158.75	2500	2500	2200
65	203.20	2500	2500	2100
70	169.33	2700	2500	2200
75	190.50	2500	2500	2200
80	217.71	2500	2500	2050
85	138.55	2800	2500	2200
90	158.75	2500	2500	2200
95	152.40	2700	2500	2200
100	169.33	2600	2500	2100
105	127.00	2600	2500	2100
110	169.33	2600	2500	2100
115	158.75	2600	2500	2100
120	141.11	2600	2500	2100
125	169.33	2600	2500	2100
130	169.33	2600	2500	2100
135	174.63	2500	2500	2100
140	169.33	2700	2500	2200
145	158.75	2700	2500	2200
150	242.46	2700	2500	2000
155	112.89	2700	2500	2200
160	95.25	2700	2500	2100
165	169.33	2700	2500	2100
170	229.42	2700	2500	2100
175	228.60	2700	2500	2200
180	213.36	2700	2500	2200
185	213.36	2700	2500	2000
190	190.50	2500	2500	2000
195	245.81	2700	2500	2000
200	237.61	2600	2500	2000

Tabla 9 — Taladro E-HUA-10-19-02A (T02A)

Estación	Velocidad de rotación	Presión de torque	Presión de avance	Peso sobre la corona	Estación	Velocidad de rotación	Presión de torque	Presión de avance	Peso sobre la corona
m	pulg/min	PSI	PSI	PSI	m	pulg/min	PSI	PSI	PSI
0	254.00	2500	2500	2100	195	158.75	1800	2500	2200
5	169.33	1300	2500	2200	200	219.36	2600	2500	2050
10	169.33	2500	2500	2200	205	237.07	2600	2500	2200
15	158.75	2500	2600	2200	210	237.07	2600	2500	2200
20	127.00	2700	2500	2200	215	245.53	2000	2500	2200
25	152.40	2500	2500	2000	220	236.48	2000	2500	2200
30	206.38	1800	2500	1900	225	243.84	2000	2500	1900
35	127.00	1800	2500	2200	230	254.00	2000	2500	2200
40	169.33	1800	2500	2200	235	181.43	2600	2500	2400
45	192.30	2500	2500	2200	240	190.50	2600	2500	2200
50	190.50	2800	2500	2200	245	84.67	2600	2700	2050
55	181.43	1800	2500	1800	250	127.00	2600	2500	2200
60	238.13	2800	2600	2000	255	175.85	2600	2500	2200
65	181.43	2500	2600	2200	260	149.41	2600	2500	2200
70	190.50	2500	2500	2200	265	84.67	2600	2500	2200
75	195.39	2500	2600	2200	270	158.75	2500	2500	2050
80	203.20	2500	2600	2200	275	206.38	2600	2500	2200
85	181.43	2500	2600	2200	280	158.75	2800	2500	2200
90	290.29	2000	2600	2000	285	142.88	2600	2500	2050
95	169.33	2000	2600	2200	290	158.75	2600	2500	2200
100	174.63	2000	2600	2200	295	174.63	2600	2500	2200
105	174.63	2000	2600	1900	300	174.63	2600	2500	2000
110	169.33	2500	2600	2200	305	181.43	2600	2500	2200
115	158.75	2700	2600	1900	310	190.50	2600	2500	2100
120	174.63	2700	2500	2200	315	423.33	2600	2500	1900
125	220.13	2700	2500	2200	320	254.00	2500	2500	2100
130	220.13	2500	2500	2200	325	230.91	2600	2500	2100
135	158.75	2500	2500	2200	330	254.00	2600	2500	2100
140	169.33	2500	2500	2200	335	169.33	2600	2500	2000
145	181.43	2500	2500	2100	340	211.67	1800	2500	1900
150	175.17	2500	2500	2200	345	225.78	2700	2500	2100
155	169.33	2300	2500	2100	350	229.42	2200	2500	2100
160	201.08	2500	2500	2200	355	237.07	2700	2500	2100
165	181.43	2500	2500	2200	360	254.00	2700	2500	2200
170	160.87	2500	2500	2200	365	254.00	2600	2500	2400
175	160.87	2500	2500	2200	370	240.63	2600	2500	2200
180	141.11	2500	2500	2200	375	211.67	2600	2500	2300
185	217.71	2500	2500	2050	380	224.69	2600	2500	2300
190	190.50	2600	2500	2200	385	217.71	2600	2500	2300



Tabla 10 — Taladro E-HUA-10-19-03 (T03)

Estación	Velocidad de rotación	Presión de torque	Presión de avance	Peso sobre la corona	Estación	Velocidad de rotación	Presión de torque	Presión de avance	Peso sobre la corona
m	pulg/min	PSI	PSI	PSI	m	pulg/min	PSI	PSI	PSI
0	158.75	2600	2500	2100	195	226.79	2700	2500	2000
5	362.86	2600	2500	2250	200	212.82	2700	2500	2100
10	189.23	2600	2500	2100	205	243.84	2800	2500	2150
15	235.86	2700	2500	2200	210	237.61	2500	2500	2100
20	190.50	2800	2500	2200	215	229.42	2500	2500	2100
25	217.71	2500	2500	2100	220	237.07	2600	2500	2200
30	238.13	2500	2500	2100	225	222.25	2500	2500	2000
35	235.86	2600	2500	2250	230	148.90	2700	2500	2000
40	203.20	2700	2500	2250	235	220.13	2600	2500	2000
45	273.54	2500	2500	2200	240	228.60	2600	2500	2000
50	190.50	2500	2500	2250	245	228.60	2600	2500	2000
55	235.86	2500	2500	2200	250	228.60	2600	2500	2000
60	228.60	2500	2600	2200	255	228.60	2800	2500	2100
65	197.56	2600	2600	2200	260	203.20	2800	2500	2000
70	254.00	2500	2600	2200	265	228.60	2800	2500	2000
75	211.67	2500	2600	2200	270	234.46	2600	2500	2000
80	217.71	2500	2600	2200	275	285.75	2600	2500	1900
85	222.25	2600	2600	2200	280	234.46	2600	2500	2000
90	229.81	2500	2600	2000	285	169.33	2600	2500	1800
95	217.71	2500	2600	2200	290	203.20	2700	2500	2000
100	237.61	2600	2600	2200	295	190.50	2700	2500	2000
105	211.67	2600	2600	2200	300	219.36	2600	2500	2300
110	245.24	2600	2600	2100	305	220.13	2500	2600	2200
115	195.39	2600	2600	2200	310	260.20	2800	2600	2200
120	224.69	2600	2600	2200	315	285.75	2600	2600	2200
125	250.03	2500	2600	2200	320	169.33	2600	2600	2500
130	230.91	2500	2600	2050	325	169.33	2700	2600	2200
135	230.91	2700	2600	2200	330	230.91	2600	2600	2200
140	235.86	2500	2600	2200	335	241.30	2600	2600	2300
145	232.83	2500	2600	2200	340	237.61	2600	2600	2200
150	230.91	2500	2600	1900	345	240.20	2600	2600	2100
155	220.13	2600	2500	1900	350	211.67	2500	2600	2100
160	181.43	2500	2500	1900	355	232.83	2800	2600	2200
165	222.25	2500	2500	1900	360	199.57	2600	2600	2100
170	190.23	2700	2500	1900	365	174.63	2600	2600	1900
175	215.03	2500	2500	1900	370	232.83	2600	2600	1900
180	211.67	2500	2500	2100	375	221.23	2600	2600	2100
185	220.13	2500	2500	2100	380	230.91	2700	2600	2100
190	211.67	2700	2500	2100	385	304.8	2600	2600	2000

La tabla (7, 8, 9 y 10) y del Anexo K muestra la ficha de recolección de datos en la que se muestra los parámetros de perforación y los ángulos de los 0 m y que se midieron cada 5 m tanto la inclinación Azimuth como Dip y su coordenada geoespacial respectivamente.



El procesamiento de los datos se realizó haciendo uso del software LibreOffice en su versión 6.4 para el ordenamiento de los datos luego con ese insumo se realizó el análisis de datos con el software R y su Ide Rstudio, en dos partes:

Primero. Se realizó un análisis descriptivo mediante la estadística descriptiva la cual permitio determinar la media, desviación estándar y sus respectivas representaciones gráficas para su mejor comprensión.

Segundo: Se realizó una parte inferencial para la que se desarrolló mediante el uso del estadístico ANOVA, según corresponda con 95% de confiabilidad.

4.7 Análisis estadístico

Los estadísticos que usamos en este trabajo de investigación son: La Media, La varianza, es decir las medidas de tendencia central, para luego realizar la inferencia con t de student o F de Fisher, el análisis estadístico se realizó de las siguientes bases de datos tablas (7, 8, 9 y 10) y de las tablas del Anexo K.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 La presión de torque en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con sistema diamantina permite la menor desviación de la trayectoria del taladro en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima

5.1.1.1 Presión de torque óptima para la menor desviación DIP (deg)

Tabla 11 — parámetro de presión de torque óptima para la menor desviación DIP (deg) de la trayectoria de los taladros

Taladro	Tipo de roca	Presión de torque PT (psi)	Desviación DIP (deg)
E-HUA-10-19-01	Caliza gris oscura moderadamente fracturada de grano fino y fractura concoidal con óxidos limonítico relleno de fracturas y venillas de calcita con una dureza de acuerdo a la escala de Mohs 3.5 - 4.	2500	0.003
E-HUA-10-19-02		2500	0.002
E-HUA-10-19-02A		2000	0.002
E-HUA-10-19-03		2600	0.003

En la tabla (11) muestra la presión torque en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina permite la menor desviación en DIP (deg) de la trayectoria de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020. Tal como se muestra en la figura (34).

El análisis de resultado este parámetro de perforación, presión de torque en la perforación con el sistema diamantino en el control óptimo de la desviación de la trayectoria DIP (deg) en un intervalo de 5 m de profundidad de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03. Se muestran en los anexos (C, E, G y I).



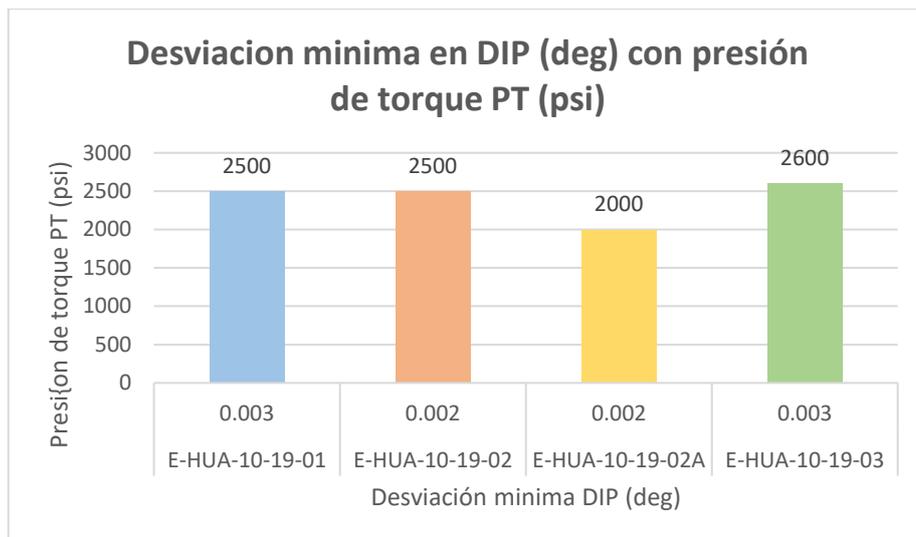


Figura 34 — Desviación mínima en DIP (deg) con presión de torque

5.1.1.2 Presión de torque óptima para la menor desviación AZIMUTH (deg)

Tabla 12 — Parámetro de presión de torque óptima para la menor desviación AZIMUT (deg) de la trayectoria de los taladros

Taladro	Tipo de roca	Presión de torque PT (psi)	Desviación AZIMUTH (deg)
E-HUA-10-19-01	Caliza gris oscura moderadamente fracturada de grano fino y fractura concoidal con óxidos limonítico relleno de fracturas y venillas de calcita con una dureza de acuerdo a la escala de Mohs 3.5 - 4.	2600	0.012
E-HUA-10-19-02		2700	0.007
E-HUA-10-19-02A		2700	0.004
E-HUA-10-19-03		2600	0.002

En la tabla (12) muestra la presión torque en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina permite la menor desviación en AZIMUTH (deg) de la trayectoria de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020. Tal como se muestra en la figura (35).

El análisis de resultado este parámetro de perforación, presión de torque con el sistema diamantino en el control óptimo de la desviación de la trayectoria AZIMUT (deg) en un intervalo de 5 m de profundidad de los



taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03. Se muestran en los anexos (D, F, H y J).

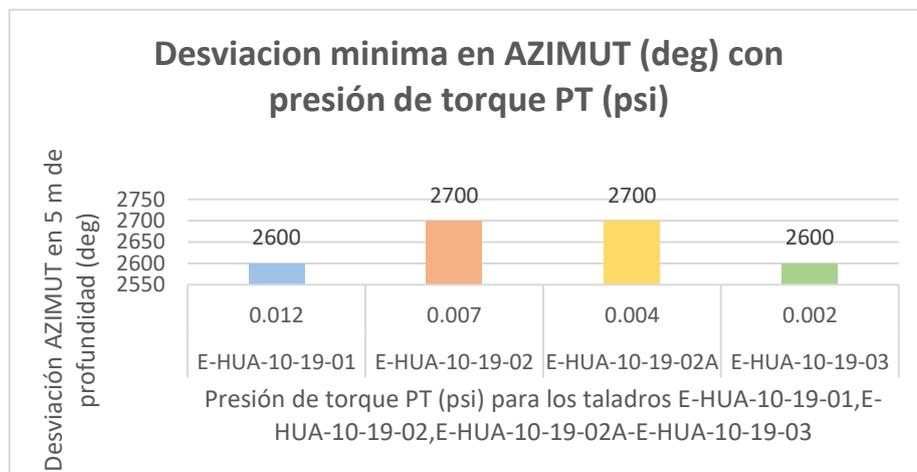


Figura 35 — Desviación mínima en AZIMUTH (deg) con presión de torque

5.1.2 La presión de avance de perforación de acuerdo a la calidad de roca con sistema diamantina permite la menor desviación de la trayectoria del taladro en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima

5.1.2.1 Presión de avance óptima para la menor desviación DIP (deg)

Tabla 13 — Parámetro de presión de avance óptima para la menor desviación DIP (deg) de la trayectoria de los taladros

Taladro	Tipo de roca	Presión de avance PA (psi)	Desviación DIP (deg)
E-HUA-10-19-01	Caliza gris oscura moderadamente fracturada de grano fino y fractura concooidal con óxidos limonítico relleno de fracturas y venillas de calcita con una dureza de acuerdo a la escala de Mohs 3.5 - 4.	2500	0.003
E-HUA-10-19-02		2500	0.002
E-HUA-10-19-02A		2500	0.002
E-HUA-10-19-03		2500	0.003

En la tabla (13) muestra la presión avance en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina permite la menor desviación en DIP (deg) de la trayectoria de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03, en la



Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020. Tal como se muestra en la figura (36).

El análisis de resultado este parámetro de perforación, presión de avance con el sistema diamantino en el control óptimo de la desviación de la trayectoria DIP (deg) en un intervalo de 5 m de profundidad de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03. Se muestran en los anexos (C, E, G y I).

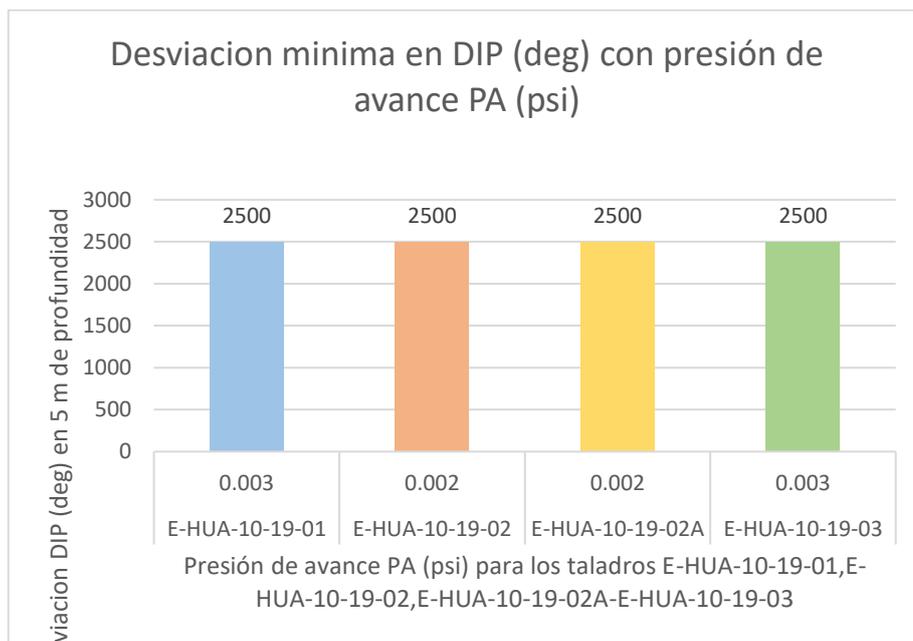


Figura 36 — Desviación mínima en DIP (deg) con presión de avance

5.1.2.2 Presión de avance óptima para la menor desviación AZIMUTH (deg)

Tabla 14 — Parámetro de presión de avance óptima para la menor desviación AZIMUTH (deg) de la trayectoria de los taladros

Taladro	Tipo de roca	Presión de avance PA (psi)	Desviación AZIMUTH (deg)
E-HUA-10-19-01	Caliza gris oscura moderadamente fracturada de grano fino y fractura concoidal con óxidos limonítico relleno de fracturas y venillas de calcita con una dureza de acuerdo a la escala de Mohs 3.5 - 4.	2500	0.012
E-HUA-10-19-02		2500	0.007
E-HUA-10-19-02A		2500	0.004
E-HUA-10-19-03		2600	0.002

En la tabla (14) muestra la presión avance en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina permite la menor desviación en AZIMUTH (deg) de la trayectoria de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020. Tal como se muestra en la figura (37).

El análisis de resultado este parámetro de perforación, presión de avance con el sistema diamantino en el control óptimo de la desviación de la trayectoria AZIMUTH (deg) en un intervalo de 5 m de profundidad de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03. Se muestran en los anexos (D, F, H y J).

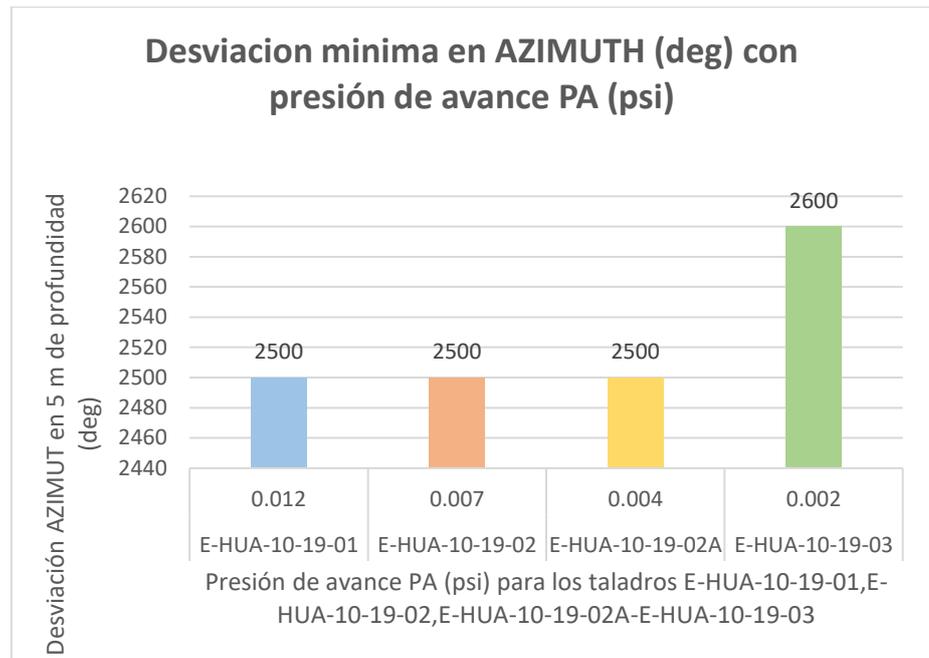


Figura 37 — Desviación mínima en AZIMUTH (deg) con presión de avance

5.1.3 La velocidad de rotación en perforación de acuerdo a la calidad de roca con sistema diamantina permite la menor desviación de la trayectoria del taladro en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima

5.1.3.1 Velocidad de rotación óptima para la menor desviación DIP (deg)

Tabla 15 — Parámetro de velocidad de rotación óptima para la menor desviación DIP (deg) de la trayectoria de los taladros

Taladro	Tipo de roca	Velocidad de rotación VR (pulg/min)	Desviación DIP (deg)
E-HUA-10-19-01	Caliza gris oscura moderadamente fracturada de grano fino y fractura concoidal con óxidos limonítico relleno de fracturas y venillas de calcita con una dureza de acuerdo a la escala de Mohs 3.5 - 4.	[150,200)	0.003
E-HUA-10-19-02		[200,250)	0.002
E-HUA-10-19-02A		[250,300)	0.002
E-HUA-10-19-03		[250,300)	0.003

En la tabla (15) muestra la velocidad de rotación en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina permite la menor



desviación en DIP (deg) de la trayectoria de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020. Tal como se muestra en la figura (38).

El análisis de resultado este parámetro de perforación, velocidad de rotación con el sistema diamantino en el control óptimo de la desviación de la trayectoria DIP (deg) en un intervalo de 5 m de profundidad de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03. Se muestran en los anexos (C, E, G y I).

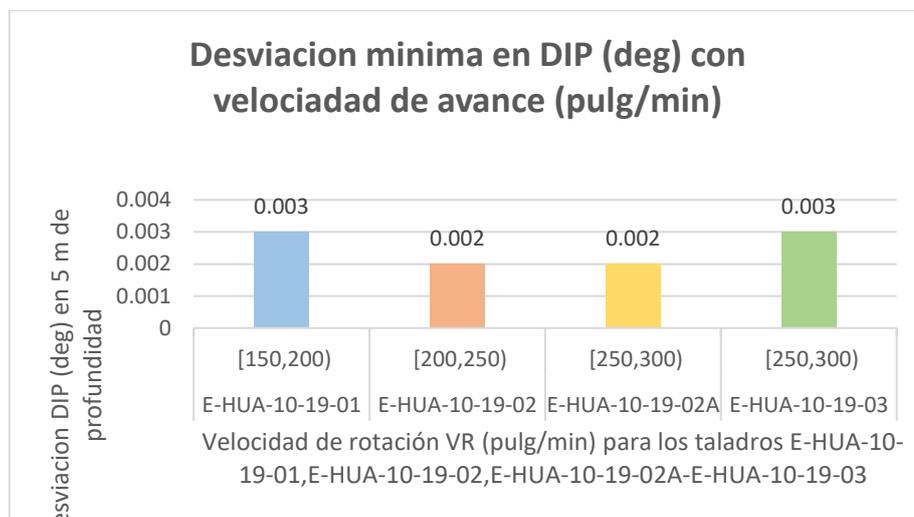


Figura 38 — Desviación mínima en DIP (deg) en la velocidad de rotación

5.1.3.2 Velocidad de rotación óptima para la menor desviación AZIMUTH (deg)

Tabla 16 — Parámetro de velocidad de rotación óptima para la menor desviación AZIMUTH (deg) de la trayectoria de los taladros

Taladro	Tipo de roca	Velocidad de rotación VR (pulg/min)	Desviación AZIMUTH (deg)
E-HUA-10-19-01	Caliza gris oscura moderadamente fracturada de grano fino y fractura concoidal con óxidos limonítico relleno fracturas y venillas de calcita con una dureza de acuerdo a la escala de Mohs 3.5 - 4.	[150,200)	0.012
E-HUA-10-19-02		[200,250)	0.007
E-HUA-10-19-02A		[250,300)	0.004
E-HUA-10-19-03		[200,250)	0.002

En la tabla (16) muestra la velocidad de rotación en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina permite la menor desviación en AZIMUTH (deg) de la trayectoria de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020. Tal como se muestra en la figura (39).

El análisis de resultado este parámetro de perforación, velocidad de rotación con el sistema diamantino en el control óptimo de la desviación de la trayectoria AZIMUTH (deg) en un intervalo de 5 m de profundidad de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03. Se muestran en los anexos (D, F, H y J).



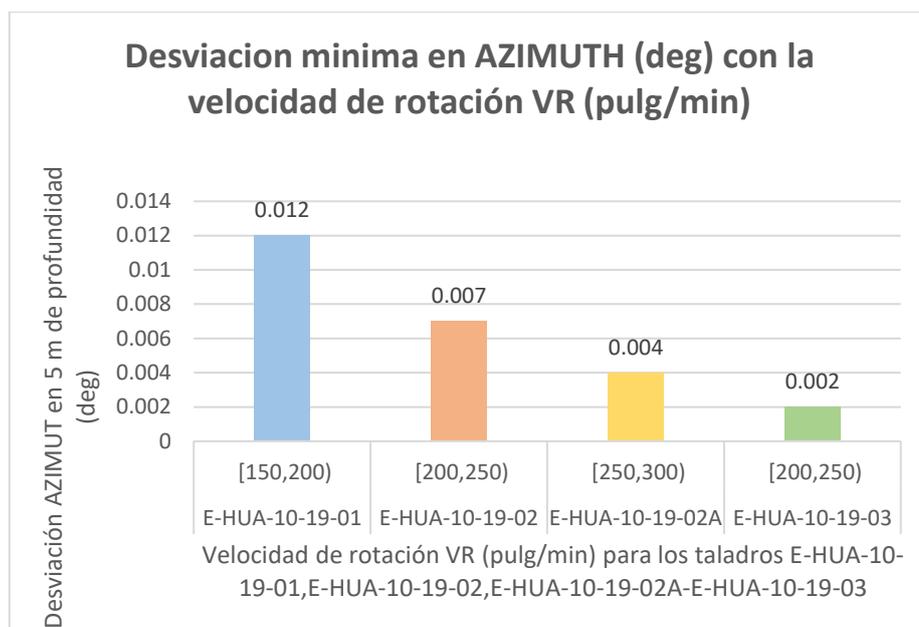


Figura 39 — Desviación mínima en AZIMUTH (deg) en la velocidad de rotación

5.1.4 El peso sobre la corona en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con sistema diamantina permite la menor desviación de la trayectoria del taladro en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima

5.1.4.1 Peso sobre la corona óptima para la menor desviación DIP (deg)

Tabla 17 — Parámetro de peso sobre la corona óptima para la menor desviación DIP (deg) de la trayectoria de los taladros

Taladro	Tipo de roca	Peso sobre la corona PSC (psi)	Desviación DIP (deg)
E-HUA-10-19-01	Caliza gris oscura moderadamente fracturada de grano fino y fractura concoidal con óxidos limonítico relleno de fracturas y venillas de calcita con una dureza de acuerdo a la escala de Mohs 3.5 - 4.	2450	0.003
E-HUA-10-19-02		2050	0.002
E-HUA-10-19-02A		2200	0.002
E-HUA-10-19-03		1900	0.003

En la tabla (17) muestra el peso sobre la corona en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina permite la menor desviación en DIP (deg) de la trayectoria de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03, en la



Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020. Tal como se muestra en la figura (40).

El análisis de resultado este parámetro de perforación, peso sobre la corona con el sistema diamantino en el control óptimo de la desviación de la trayectoria DIP (deg) en un intervalo de 5 m de profundidad de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03. Se muestran en los anexos (C, E, G y I).

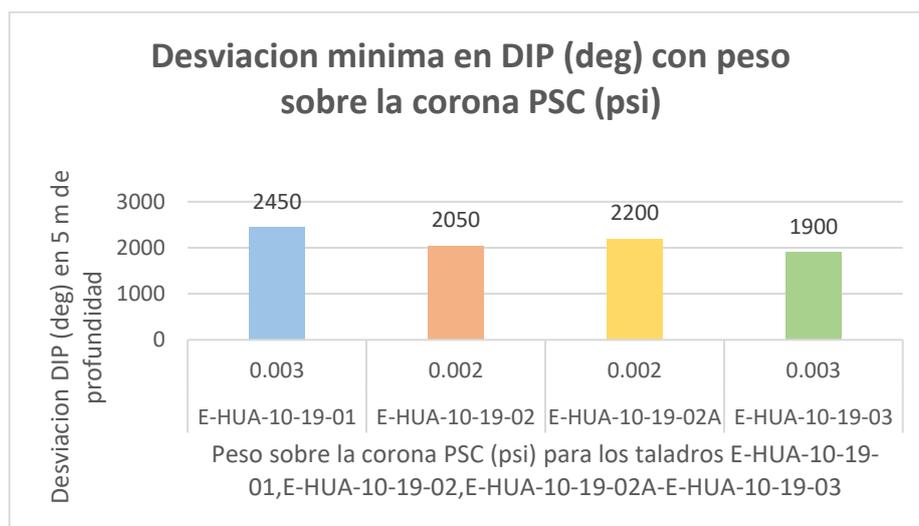


Figura 40 — Desviación mínima en DIP (deg) con peso sobre la corona

5.1.4.2 Peso sobre la corona óptima para la menor desviación AZIMUTH (deg)

Tabla 18 — Parámetro de peso sobre la corona óptima para la menor desviación AZIMUTH (deg) de la trayectoria de los taladros

Taladro	Tipo de roca	Peso sobre la corona PSC (psi)	Desviación AZIMUTH (deg)
E-HUA-10-19-01	Caliza gris oscura moderadamente fracturada de grano fino y fractura concoidal con óxidos limonítico relleno de fracturas y venillas de calcita con una dureza de acuerdo a la escala de Mohs 3.5 - 4.	1900	0.012
E-HUA-10-19-02		2100	0.007
E-HUA-10-19-02A		2200	0.004
E-HUA-10-19-03		1900	0.002



En la tabla (18) muestra el peso sobre la corona en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina permite la menor desviación en AZIMUTH (deg) de la trayectoria de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020. Tal como se muestra en la figura (41).

El análisis de resultado este parámetro de perforación, peso sobre la corona con el sistema diamantino en el control óptimo de la desviación de la trayectoria AZIMUTH (deg) en un intervalo de 5 m de profundidad de los taladros E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A, E-HUA-10-19-03. Se muestran en los anexos (D, F, H y J).

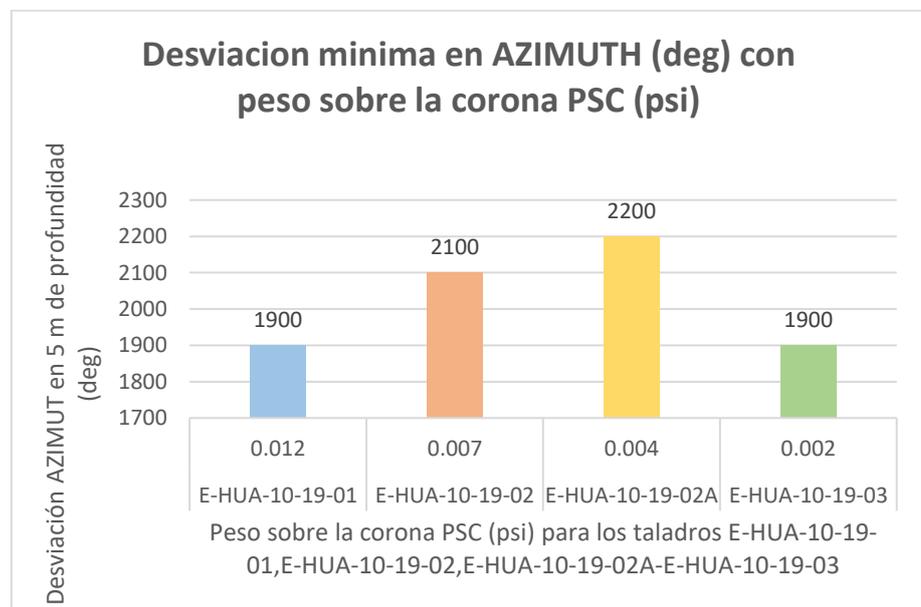


Figura 41 — Desviación mínima en AZIMUTH (deg) con peso sobre la corona



5.1.5 Comparación de los parámetros de perforación con el sistema diamantina en el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro.

5.1.5.1 Desviación DIP (deg)

Tabla 19 — Menor desviación DIP (deg) y la combinación óptima para cada taladro

Taladro	PA (psi)	PT (psi)	VR (pulg/min)	PSC (psi)	Desviación DIP (deg)
T01:	2500	2500	[150,200)	2450	0.003
T02:	2500	2500	[200,250)	2050	0.002
T02A:	2500	2000	[250,300)	2200	0.002
T03:	2500	2600	[250,300)	1900	0.003

La tabla (19) muestra el resumen de la menor desviación DIP (deg) y la combinación óptima para alcanzar dicha desviación para cada taladro, en ella se observa que los cuatro taladros han tenido menor desviación al considerar 2500 psi de presión de avance (PA), luego los taladros T02 y T02A han conseguido menor desviación de 0.002° con una presión de torque de 2500 psi y 2000 psi respectivamente, con una velocidad de rotación de [200,250) pul/min y [250,300) pul/min respectivamente y un peso de corona de 2050 psi y 2200 psi respectivamente, la misma información se aprecia gráficamente en la figura (42).

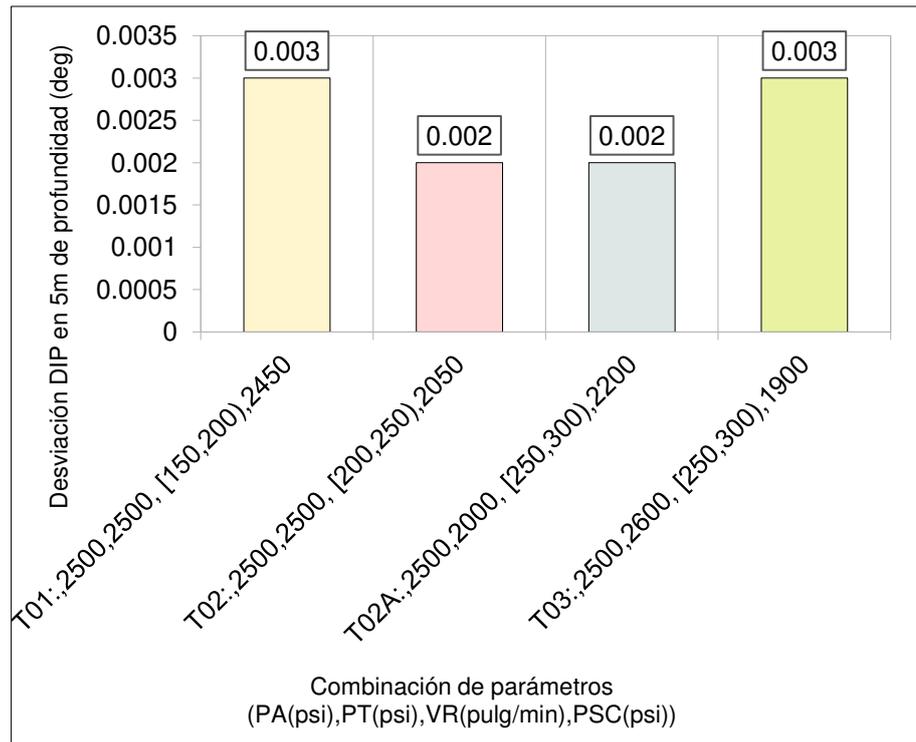


Figura 42 — Representación gráfica del promedio de la Menor desviación DIP (deg) y la combinación óptima para cada taladro

5.1.5.2 Desviación AZIMUTH (deg)

Tabla 20 — Menor desviación AZIMUTH (deg) y la combinación óptima para cada taladro

Taladro	PA (psi)	PT (psi)	VR (pulg/min)	PSC (psi)	Desviación AZIMUTH (deg)
T01:	2500	2600	[150,200)	1900	0.012
T02:	2500	2700	[200,250)	2100	0.007
T02A:	2500	2700	[250,300)	2200	0.004
T03:	2600	2600	[200,250)	1900	0.002

La tabla (20) muestra el resumen de la menor desviación AZIMUTH (deg) y la combinación óptima para alcanzar dicha desviación para cada taladro, en ella se observa que los taladros T01, T02 y T02A han tenido menor desviación al considerar 2500 psi de presión de avance (PA)

mientras que el taladro T03 ha conseguido la menor desviación al considerar 2600 psi de presión de avance y ésta es menor a los demás, cuya combinación es: presión de torque de 2600 psi, con una velocidad de rotación de [200,250) pulgadas/min y un peso de corona de 1900 psi, la misma información se aprecia gráficamente en la figura (43).

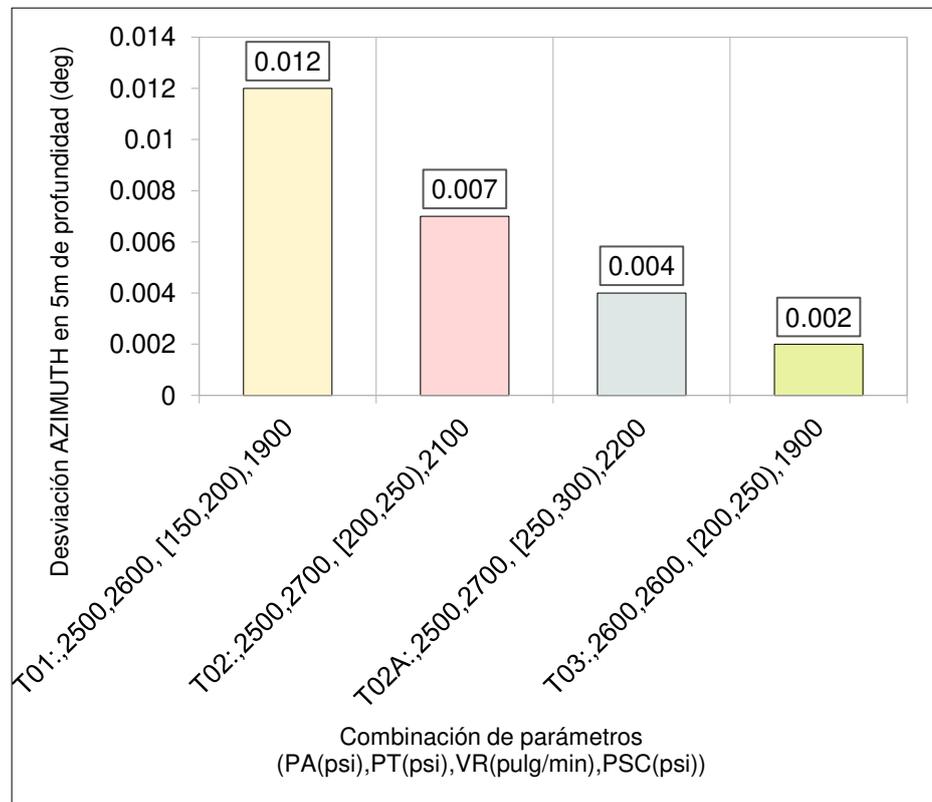


Figura 43 — Representación gráfica del promedio de la Menor desviación AZIMUTH (deg) y la combinación óptima para cada taladro

5.2 Contraste de hipótesis

- Ho: La presión de torque con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020 es mayor o igual a 2000 PSI.
- Ha: La presión de torque con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020 es menor a 2000 PSI.

Promedio muestral	:	2650
Desviación estándar	:	57.735
Promedio poblacional	:	2000
Grado de libertad	:	273
Nivel de confianza	:	95%
Valor de significancia	:	5%

Resultado

El punto de corte es 1,645. Cualquier puntaje z inferior a 1,645 será aceptado. Dado que 0,19 es menor que 1,645, aceptamos la hipótesis nula es decir La presión de torque con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020 es superior a 2000 PSI.

- Ho: La presión de avance de perforación con el sistema diamantina que permita la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es mayor o igual a 2500 PSI.
- Ha: La presión de avance de perforación con el sistema diamantina que permita la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es inferior a 2500 PSI.

Promedio muestral	:	2525
Desviación estándar	:	50
Promedio poblacional	:	2500
Grado de libertad	:	273
Nivel de confianza	:	95%
Valor de significancia	:	5%

Resultado

El punto de corte es 1,645. Se aceptará cualquier puntuación z mayor que 1,645. Dado que 8,26 es mayor que 1,645, aceptamos la hipótesis nula es decir La presión de avance de perforación con el sistema diamantina que permita la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es superior a 2500 PSI.

- Ho: La velocidad de rotación en la perforación con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es mayor o igual a 150 Pulg/min.



- Ha: La velocidad de rotación en la perforación con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es menor a 150 Pulg/min.

Promedio muestral	:	198.18
Desviación estándar	:	41.57
Promedio poblacional	:	150
Grado de libertad	:	273
Nivel de confianza	:	95%
Valor de significancia	:	5%

Resultados

El punto de corte es 1,645. Se aceptará cualquier puntuación z mayor que 1,645. Dado que 78,03 es mayor que 1,645, aceptamos la hipótesis nula es decir La velocidad de rotación en la perforación con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es superior a 150 pul/min.

- Ho: Determinar el peso sobre la corona en la perforación con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es mayor o igual a 2000 PSI.
- Ha: Determinar el peso sobre la corona en la perforación con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es menor a 2000 PSI.

Promedio muestral	:	2025
Desviación estándar	:	150
Promedio poblacional	:	2000
Grado de libertad	:	273
Nivel de confianza	:	95%
Valor de significancia	:	5%

Resultados

El punto de corte es 1,645. Se aceptará cualquier puntuación z mayor que 1,645. Dado que 2,75 es mayor que 1,645, aceptamos la hipótesis nula es decir el peso sobre la corona en la perforación con el sistema diamantina que permite la menor desviación



de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020 es mayor a 2000 psi.

5.3 Discusión

Salas (2016) realiza un análisis y mejora de la calidad en el proceso de perforación en diamantina utilizando la metodología DMAIC en la que logra evidenciar que las causas raíz de instalación y movimiento de herramienta son: atrapamiento de herramienta, el cambio reiterado de corona, acondicionamiento de pozo y confección de plataforma. Estas causas provocan demasiada variabilidad dentro del proceso, debido a la excesiva frecuencia que presentan en el tiempo en comparación a las otras causas raíces, en especial atrapamiento de herramienta y acondicionamiento de pozo, ya que ambas son provocadas por el mismo motivo, la falta de una rutina de acondicionamiento diaria, sin embargo en este trabajo de investigación se ha tratado la mejora desde otro punto de vista y se ha encontrado que se logra la menor desviación DIP (deg) con la combinación de parámetros 2500 psi de presión de avance, 2500 psi de presión de torque, [200,250) pulgadas/min de velocidad de rotación y 2050 psi de presión sobre la corona y también por la combinación 2500 psi de presión de avance, 2000 psi de presión de torque, [250,300) pulgadas/min de velocidad de rotación y 2200 psi de presión sobre la corona. Por otro lado, se ha encontrado que se logra la menor desviación AZIMUTH (deg) con la combinación de parámetros 2600 psi de presión de avance, 2600 psi de presión de torque, [200,250) pulgadas/min de velocidad de rotación y 1900 psi de presión sobre la corona.

También Mantilla, (2019) plantea evaluar la trayectoria del taladro variando el tipo de broca, determinar la influencia de los parámetros de operación en la inclinación (dip) del taladro, determinar la influencia de los parámetros de operación en el azimut del taladro mostrando que la variación de estos parámetros de perforación tiene relación directa con el control de la trayectoria (inclinación y azimut) lo que coincide con el resultado obtenido en este trabajo ya que la variación en los parámetros de perforación permite la reducir la desviación tanto del DIP y el AZIMUTH.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La presión de torque con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020 es de 2500 y 2000 psi en la desviación del DIP y 2600 psi para la desviación AZIMUTH.

La presión de avance de perforación con el sistema diamantina que permita la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020 para la desviación DIP es de 2500 psi y para la desviación AZIMUTH es de 2600 psi.

La velocidad de rotación en la perforación con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020 para la desviación DIP es de [200,250) y [250,300) pulgadas/min mientras que para la desviación AZIMUTH es de [200,250) pul/min.

El peso sobre la corona en la perforación con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020 es para la desviación DIP 2050 y 2200 psi mientras que para la desviación AZIMUTH es de 1900 psi.

Los Parámetros de perforación con el sistema diamantina que permite el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, son para la desviación DIP (deg) con la combinación de parámetros 2500 psi de presión de avance, 2500 psi de presión de torque, [200,250) pulgadas/min de velocidad de rotación y 2050 psi de presión sobre la corona y también por la combinación 2500 psi de presión de avance, 2000 psi de presión de torque, [250,300) pulgadas/min de velocidad de rotación y 2200 psi de presión sobre la corona. Por otro lado, se ha encontrado que se logra la menor desviación AZIMUTH (deg) con la



combinación de parámetros 2600 psi de presión de avance, 2600 psi de presión de torque, [200,250) pulgadas/min de velocidad de rotación y 1900 psi de presión sobre la corona.

6.2 Recomendaciones

Los resultados encontrados en este trabajo de investigación nos permiten recomendar la combinación de parámetros de perforación para disminuir la desviación DIP (deg) 2500 psi de presión de avance, 2500 psi de presión de torque, [200,250) pul/min de velocidad de rotación y 2050 psi de presión sobre la corona y también se puede usar la combinación 2500 psi de presión de avance, 2000 psi de presión de torque, [250,300) pulgadas/min de velocidad de rotación y 2200 psi de presión sobre la corona.

Recomendamos también la combinación de parámetros para conseguir menor desviación AZIMUTH (deg) son: 2600 psi de presión de avance, 2600 psi de presión de torque, [200,250) pulgadas/min de velocidad de rotación y 1900 psi de presión sobre la corona.

La dificultad más importante que se ha tenido en esta investigación es la falta de datos ya que se ha recogido solo datos existentes en la base de datos de la minera lo que no ha permitido la manipulación más eficiente de la variable de entrada por lo tanto se recomienda realizar un trabajo de investigación similar con total manipulación de la variable de entrada.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altamirano Guzman, Erick Johan y Martínez Leca, Hugo. 2021. Influencia del tipo de broca y parámetros de perforación en la trayectoria de los taladros en la perforación diamantina de una unidad minera. Revisión sistemática entre 2010-2020. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú : 2021.

AMC Drilling Optimizatoin. 2019. Amc gel bentonita de alto rendimiento. https://amcmud.com/wp-content/uploads/sites/2/2019/04/AMC-GEL_ES.pdf. [En línea] Abril de 2019.

Apaza Perez, Jorge Luis. 2020. Control de calidad (qa/qc) de los cuerpos catas, contacto sur medio y mascota-unidad minera yauricocha. Arequipa : s.n., 2020.

Ávila Burga, Jorge. 2006. Diccionario Geologico. Lima : Arthaltuna grouting, 2006.

Becerra Chamorro, Jimmy Abel. 2021. Gestión de la perforación diamantina a través de metodologías ágiles (SCRUM – KANBAN). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú : 2021.

Boart Longyear. 2013. Herramientas para usar en el interior de pozos catálogo global de herramientas de alto rendimiento. 2013. https://app.boartlongyear.com/brochures/InHoleTools_Spanish_June_2013_662.pdf.

—. **2006.** Manual de Operaciones y servicio (versión PDF). Manual de Operaciones y servicio (versiónPDF).

<file:///d:/perforacion%20diamantina/catlg%20boart%20maquinas/m%c3%81quinas/lm75/lm75sposm.pdf>.

Bustillo Revuelta, Manuel y López Jimeno, Carlos. 1997. Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras. Madrid : Entorno grafico, S.L., 1997. Vol. 705. 8492170824.

Cansaya Quispe, Benjamin Giancarlo. 2019. Selección y empleo de coronas impregnadas en la perforación diamantina. Arequipa : s.n., 2019.



Christensen, Diamantina Mining. 2019. Manual técnico del perforista. <https://www.diamantinachristensen.com/wp-content/uploads/2019/08/DCT-Manual-Perforista-2019.pdf>. [En línea] Agosto de 2019.

Fernández, Raúl, De Barrio, Raúl y Tessone, Mario. 2015. Apuntes didácticos de geología de minas. http://blogs.unlp.edu.ar/geominas/files/2016/04/Perforaciones_mineria.pdf. [En línea] Abril de 2015.

Gyro, Reflex. <http://www.interempresas.net/Equipos-Construccion/FeriaVirtual/Producto-Sistema-de-medicion-para-pozos-Reflex-Gyro-170434.html>.
<http://www.interempresas.net/Equipos-Construccion/FeriaVirtual/Producto-Sistema-de-medicion-para-pozos-Reflex-Gyro-170434.html>. [En línea]

Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María Del Pilar. 2014. Metodología de la investigación. sexta edición. Mexico : mcgraw-hill / interamericana editores, S.A. de C.V., 2014. 978-1-4562-2396-0.

Huang, Water T. 1991. Petrología. Mexico : Limusa, S.A., 1991. 9681839358.

Lambert B, Angel. 2000. <https://dl-manual.com/doc/manual-perforacion-ddh-7vmgejr3w1vn>.
<https://dl-manual.com/doc/manual-perforacion-ddh-7vmgejr3w1vn>. [En línea] Noviembre de 2000.

López Jimeno, Carlos, y otros. 2000. Manual de sondeos. [ed.] Carlos López Jimeno. Madrid : s.n., 2000. 8493129208.

López Marinas, Juan Manuel. 2002. Geología aplicada a la ingeniería civil. 2. Madrid : Dossat 2000, 2002. 8495312964.

López, Carlos, López, Emilio y García, Pilar. 1994. Manual de Perforación y Voladura de Rocas. España : I. Izquierdo. S.A., 1994. 8478401644.

Mantilla Tafur, Victor Hugo. 2019. Control de la trayectoria de taladros variando tipo de broca y parámetros de perforación con sistema diamantina. Peru : s.n., 2019.

Mayoral Fernández, Rubén. 2012. Optimización técnico-económica de perforación de barrenos en terrenos homogéneos: búsqueda de leyes de desgaste para bocas de perforación. Universidad de Oviedo, España : 2012.

Ministerio de Minas y Energia. 2015. Glosario técnico minero. Colombia : s.n., 2015.



Nueva Minería y Energía. 2009. Medición de Trayectoria de Pozos de Sondaje. http://www.nuevamineria.com/numero10/informe_tec_001.php. [En línea] 11 de Marzo de 2009. http://www.nuevamineria.com/numero10/informe_tec_001.php.

Pacori Condori, Alejandro. 2020. Controles geológicos que intervienen en la mineralización DE Zn, Pb, Ag y Cu del Cuerpo Esperanza Mina Yauricocha, Alis – Lima. Puno : s.n., 2020.

Salas Vasquez, Alonso. 2016. Análisis y mejora de la calidad en el proceso de perforación en diamantina utilizando la metodología DMAIC. Universidad Andre Bello, Santiago de Chile : 2016.

SRK Consulting. 2022. Evaluación Económica Preliminar, Mina Yauricocha, Provincia de Yauyos, Peru. https://www.smv.gob.pe/ConsultasP8/temp/TechRep_March2022_1_T.pdf. 25 de Febrero de 2022. https://www.smv.gob.pe/ConsultasP8/temp/TechRep_March2022_1_T.pdf. CAPR001101.

Tenorio Munaylla, Fabiana Lucero. 2015. Tratamiento de Lodos de Perforación Mediante el Sistema de Tubos de Geotextil Tejido (Polipropileno) en el Proyecto de Exploración Minera Hilarión, Distrito de Huallanca, Región Ancash, 2015. Universidad José Carlos Mariategui. Moquegua : s.n., 2015.



ANEXOS



Anexo A
(Matriz de consistencia)



Tabla 21 — Matriz de consistencia

“Optimización de los parámetros de perforación con el sistema diamantina para el control de la desviación de la trayectoria del taladro, en la unidad operativa Yauricocha, CIA. Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020”						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
General	General	General	Dependiente	Dimensión		
¿Cuáles son los Parámetros de perforación con el sistema diamantina que permite el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020?	Determinar los Parámetros de perforación con el sistema diamantina que permite el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020.	Los Parámetros de perforación con el sistema diamantina que permite el control óptimo de la desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020.	Desviación de la trayectoria del taladro en perforación diamantina	Presión de torque	PSI	Reporte de operaciones
				Presión de avance	PSI	Reporte de operaciones
				Velocidad de rotación	RPM	Tacómetro
				Peso sobre la corona	PSI	Reporte de operaciones
Específicos	Específicos	Específicos	Independiente	Dimensiones		
¿Cuál es la presión de torque en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020?	Determinar la presión de torque en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020.	La presión de torque en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020 es superior a 2000 PSI.	Parámetros de perforación con el sistema diamantina	Control de la desviación en la perforación	Desviación en DIP	Reflex Gyro
¿Cuál es la presión de avance en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permita la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020?	Determinar la presión de avance en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permita la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020.	La presión de avance en la perforación de acuerdo a la calidad de roca el sistema diamantina que permita la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es superior a 2500 PSI.				
¿Cuál es la velocidad de rotación en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020?	Determinar la velocidad de rotación en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020.	La velocidad de rotación en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es superior a 150 pulg/min.			Desviación en AZIMUTH	Reflex Gyro
¿Cuál es el peso sobre la corona en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020?	Determinar el peso sobre la corona en la perforación según el tipo de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020.	El peso sobre la corona en la perforación de acuerdo a la calidad de roca con el sistema diamantina que permite la menor desviación de la trayectoria del taladro, en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima, 2020, es superior a 2000 PSI.				

Anexo B

(Planos de sondaje E-HUA-10-19-01, E-HUA-10-19-02, E-HUA-10-19-02A. E-HUA-10-19-03)



Anexo C

(Parámetros de perforación con el sistema diamantina en el control óptimo de la desviación
DIP (deg) de la trayectoria del taladro (E-HUA-10-19-01))



Tabla 22 — Promedios de la desviación DIP en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-01 para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC)

PA (psi)	PT (psi)	VR (pulgadas/min)	Peso sobre la corona (psi)													
			1800	1900	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	
2500	2500	[100,150)					0.066		0.138				0.009	0.099		
		[150,200)		0.070	0.078		0.084		0.064		0.087	0.005	0.068	0.003		
		[200,250)		0.077	0.086		0.061		0.044			0.076	0.054			
		[250,300)					0.109						0.030	0.040		
	2600	[100,150)										0.108				
		[150,200)		0.118			0.040		0.058			0.136	0.150	0.052		
		[200,250)							0.031		0.053	0.052				
	2700	[150,200)									0.052	0.176				
	Mínimo				0.070	0.078		0.040		0.031		0.052	0.005	0.009	0.003	
	Máximo				0.118	0.086		0.109		0.138		0.087	0.176	0.150	0.099	

La tabla (22) muestra los promedios de la desviación DIP cada 5 m de la trayectoria en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-01 para diferentes valores de los parámetros de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona en la perforación con el sistema diamantina en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima del año 2020, en ella se muestra que la mínima desviación DIP (T01) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.003° alcanzado por la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2500 psi de Presión de Torque, [150,200) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2450 psi de Peso Sobre la Corona, seguido por una desviación DIP (T01) de 0.005° cuya combinación de parámetros de perforación son 2500 psi de Presión de Avance, 2500 psi de Presión de Torque, [150,200) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2350 psi de Peso Sobre la Corona. Por otro lado, la máxima desviación DIP (T01) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.176° generado por la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2700 psi de Presión de Torque, [150,200) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2350 psi de Peso Sobre la Corona.



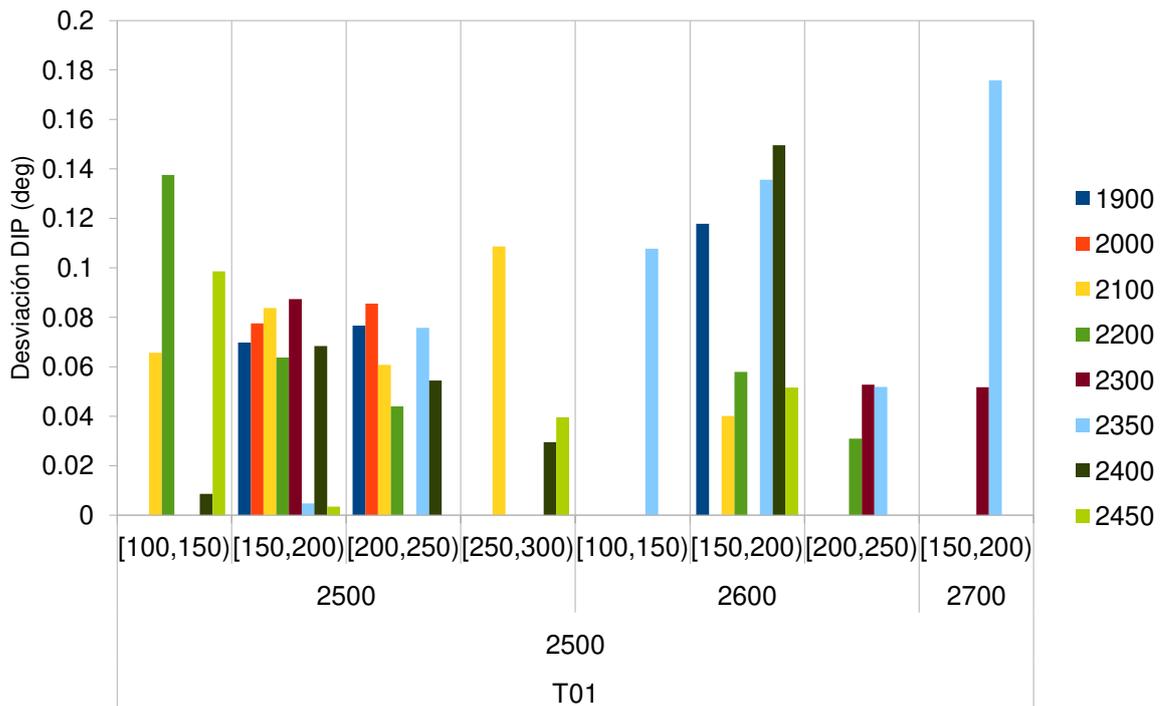


Figura 44 — Desviación DIP (deg) en promedio del taladro E-HUA-1019-01 para diferentes valores de Presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona

La figura (44) muestra gráficamente los promedios de la Desviación DIP (deg) del taladro E-HUA-10-19-01 para diferentes valores de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona, en la que se puede observar que las combinaciones de parámetros de perforación son: 2500 psi de Presión de Avance, 2500 psi de Presión de Torque, [150,200) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2450 psi de Peso Sobre la Corona permite la menor desviación DIP.

Anexo D

(Parámetros de perforación con el sistema diamantina en el control óptimo de la desviación
AZIMUT (deg) de la trayectoria del taladro (E-HUA-10-19-01))



Tabla 23 — Promedios de la desviación AZIMUTH (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-01 para diferentes valores de Presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC)

PA (psi)	PT (psi)	VR (pulgadas/min)	Peso sobre la corona (psi)												
			1800	1900	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500
2500	2500	[100,150)					0.221		0.151				0.171	0.363	
		[150,200)		0.093	0.059		0.149		0.089		0.277	0.302	0.084	0.076	
		[200,250)		0.130	0.053		0.094		0.056			0.022	0.179		
		[250,300)					0.085						0.146	0.286	
	2600	[100,150)											0.160		
		[150,200)		0.012			0.134		0.115			0.150	0.101	0.166	
		[200,250)							0.193		0.183	0.018			
	2700	[150,200)									0.086	0.131			
	Mínimo			0.012	0.053		0.085		0.056		0.086	0.018	0.084	0.076	
	Máximo			0.13	0.059		0.221		0.193		0.277	0.302	0.179	0.363	

La tabla (23) muestra los promedios de la Desviación AZIMUTH (deg) cada 5 m de la trayectoria en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-01 para diferentes valores de los parámetros de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona en la perforación con el sistema diamantina en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima del año 2020, en ella se muestra que la mínima desviación AZIMUTH (T01) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.012° alcanzado por la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2600 psi de Presión de Torque, [150,200) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 1900 psi de Peso Sobre la Corona, seguido por una desviación AZIMUTH (T01) de 0.018° cuya combinación de parámetros de perforación son 2500 psi de Presión de Avance, 2600 psi de Presión de Torque, [200,250) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2350 psi de Peso Sobre la Corona. Por otro lado, la máxima desviación AZIMUTH (T01) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.363° generado por la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2500 psi de Presión de Torque, [100,150) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2450 psi de Peso Sobre la Corona.



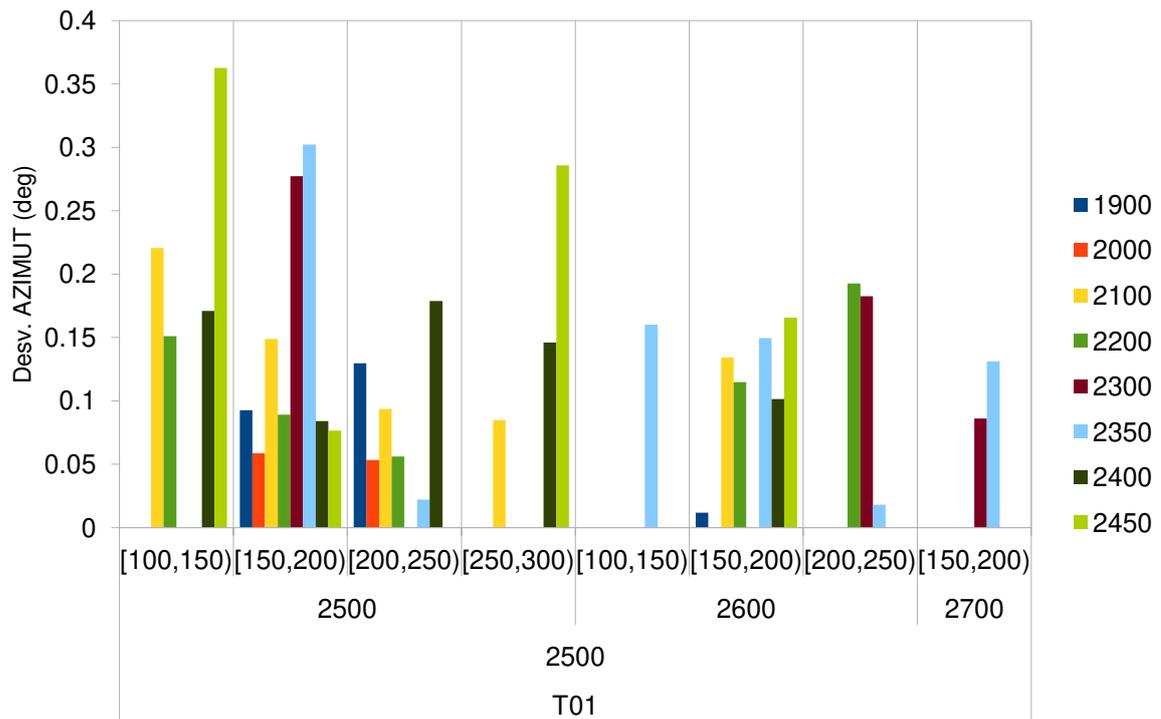


Figura 45 — Desviación AZIMUTH (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-01 para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona

La figura (45) muestra gráficamente los promedios de la Desviación AZIMUTH (deg) del taladro E-HUA-10-19-01 para diferentes valores de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona, en la que se puede observar que la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2600 psi de Presión de Torque, [150,200) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 1900 psi de Peso Sobre la Corona permite la menor desviación AZIMUTH.

Anexo E

(Parámetros de perforación con el sistema diamantina en el control óptimo de la desviación
DIP (deg) de la trayectoria del taladro (E-HUA-10-19-02))



Tabla 24 — Promedios de la desviación DIP (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-02 (T02) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC)

PA (psi)	PT (psi)	VR (pulgadas/min)	Peso sobre la corona (psi)												
			1800	1900	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500
2500	2500	[150,200)			0.055	0.035	0.112		0.050						
		[200,250)			0.130	0.002	0.044		0.087						
		[250,300)													
	2600	[100,150)					0.069								
		[150,200)			0.030		0.079		0.083						
		[200,250)			0.067										
	2700	[100,150)					0.163		0.071						
		[150,200)					0.228		0.036						
		[200,250)			0.065		0.089		0.074						
	2800	[100,150)							0.081						
	Mínimo					0.03	0.002	0.044		0.036					
	Máximo					0.13	0.035	0.228		0.087					

La tabla (24) muestra los promedios de Promedios de la Desviación DIP (deg) cada 5 m de la trayectoria en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-02 (T02) para diferentes valores de los parámetros de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona en la perforación con el sistema diamantina en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima del año 2020, en ella se muestra que la mínima desviación DIP (T02) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.002° alcanzado por la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2500 psi de Presión de Torque, [200,250) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2050 psi de Peso Sobre la Corona, seguido por una desviación DIP (T02) de 0.030° cuya combinación de parámetros de perforación son 2500 psi de Presión de Avance, 2600 psi de Presión de Torque, [150,200) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2000 psi de Peso Sobre la Corona. Por otro lado, la máxima desviación DIP (T02) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.228° generado por la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2700 psi de Presión de Torque, [150,200) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2100 psi de Peso Sobre la Corona.



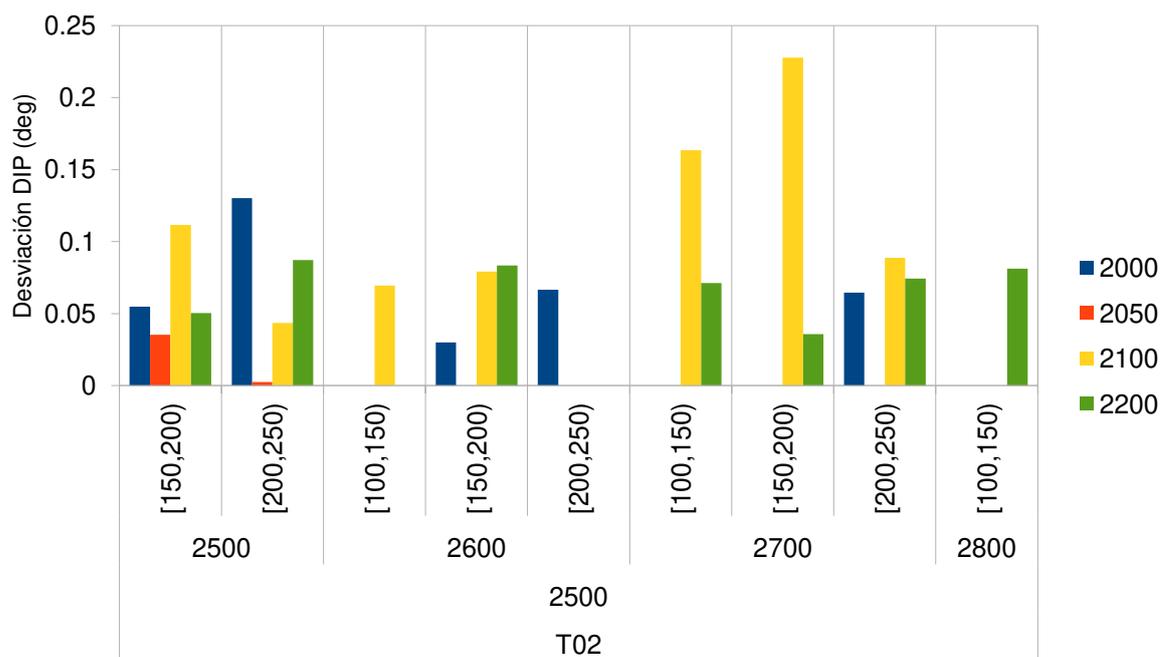


Figura 46 — Desviación DIP (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-02 (T02) para diferentes valores de Presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona

La figura (46) muestra gráficamente los promedios de la Desviación DIP (deg) del taladro E-HUA-10-19-02 (T02) para diferentes valores de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona, en la que se puede observar que la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2500 psi de Presión de Torque, [200,250) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2050 psi de Peso Sobre la Corona permite la menor desviación DIP.

Anexo F

(Parámetros de perforación con el sistema diamantina en el control óptimo de la desviación
AZIMUT (deg) de la trayectoria del taladro (E-HUA-10-19-02))



Tabla 25 — Promedios de la desviación AZIMUTH (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-02 (T02) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC)

PA (psi)	PT (psi)	VR (pulgadas/min)	Peso sobre la corona (psi)												
			1800	1900	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500
2500	2500	[150,200)			0.199	0.161	0.503		0.468						
		[200,250)			0.164	0.608	0.333		0.269						
		[250,300)													
	2600	[100,150)					0.304								
		[150,200)			0.223		0.443		0.160						
		[200,250)			0.258										
	2700	[100,150)					0.165		0.057						
		[150,200)					0.086		0.314						
		[200,250)			0.141		0.007		0.150						
	2800	[100,150)							0.583						
	Mínimo					0.141	0.161	0.007		0.057					
	Máximo					0.258	0.608	0.503		0.583					

La tabla (25) muestra los promedios de la Desviación AZIMUTH (deg) cada 5 m de la trayectoria en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-02 (T02) para diferentes valores de los parámetros de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona en la perforación con el sistema diamantina en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima del año 2020, en ella se muestra que la mínima desviación AZIMUTH (T02) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.007° alcanzado por la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2700 psi de Presión de Torque, [200,250) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2100 psi de Peso Sobre la Corona, seguido por una desviación AZIMUTH (T02) de 0.057° cuya combinación de parámetros de perforación son 2500 psi de Presión de Avance, 2700 psi de Presión de Torque, [100,150) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2200 psi de Peso Sobre la Corona. Por otro lado, la máxima desviación AZIMUTH (T02) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.608° generado por la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2500 psi de Presión de Torque, [200,250) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2050 psi de Peso Sobre la Corona.



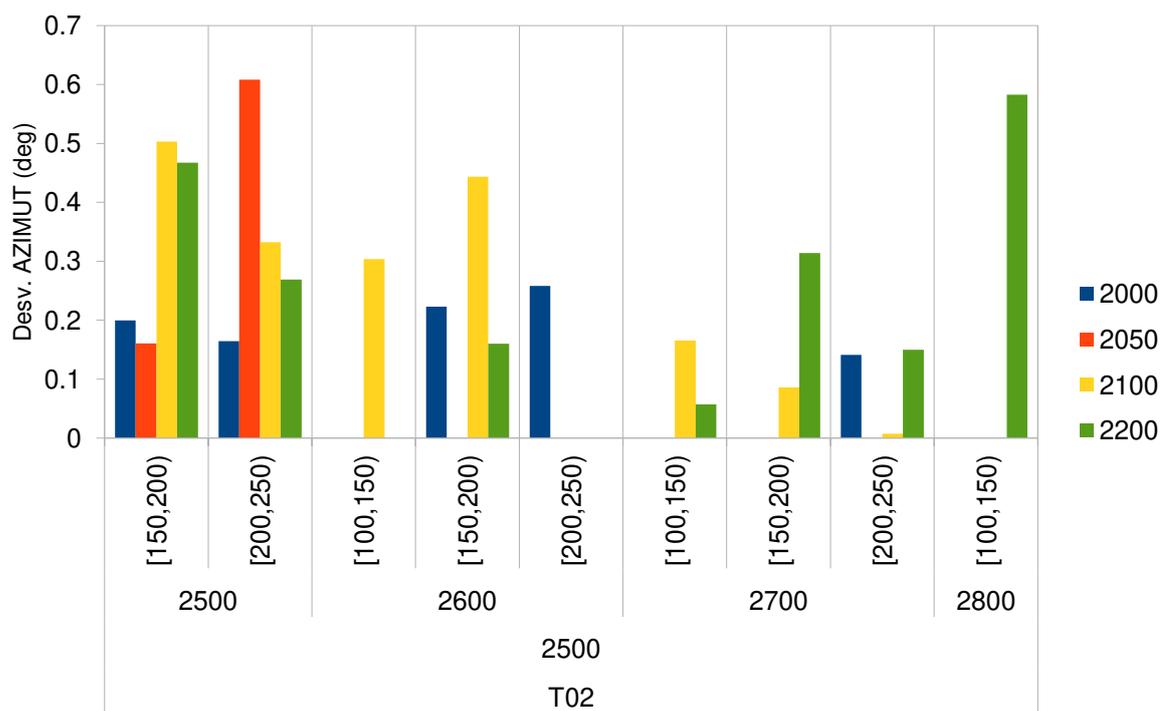


Figura 47 — Desviación AZIMUTH (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-02-out (T02) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona

La figura (47) muestra gráficamente los promedios de la Desviación AZIMUTH (deg) del taladro E-HUA-10-19-02 (T02) para diferentes valores de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona, en la que se puede observar que la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2700 psi de Presión de Torque, [200,250) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2100 psi de Peso Sobre la Corona permite la menor desviación AZIMUTH.



Anexo G

(Parámetros de perforación con el sistema diamantina en el control óptimo de la desviación
DIP (deg) de la trayectoria del taladro (E-HUA-10-19-02A))



Tabla 26 — Promedios de la desviación DIP (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-02A (T02A) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC)

PA (psi)	PT (psi)	VR (pulgadas/min)	Peso sobre la corona (psi)													
			1800	1900	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	
2500	1300	[150,200)								0.215						
	1800	[100,150)								0.018						
		[150,200)	0.097							0.077						
	2000	[200,250)		0.138						0.085						
		[250,300)								0.002						
	2200	[200,250)						0.148								
	2300	[150,200)						0.162								
	2500	[100,150)								0.082						
		[150,200)			0.113	0.126	0.103			0.104						
		[200,250)				0.006				0.118						
		[250,300)						0.049								
	2600	[100,150)				0.129				0.079						
		[150,200)			0.041		0.08			0.093				0.161		
		[200,250)				0.123	0.091			0.07		0.111				
		[250,300)					0.119							0.103		
		[300,350)		0.086												
	2700	[100,150)								0.124						
		[150,200)								0.085						
		[200,250)						0.138		0.066						
		[250,300)								0.04						
2800	[150,200)							0.103								
2600	2000	[150,200)		0.28					0.249							
	2500	[250,300)			0.203											
		[150,200)								0.115						
	[200,250)								0.069							
2700	[150,200)		0.071													
2800	[200,250)			0.084												
2700	2600	[100,150)				0.083										
Mínimo			0.097	0.071	0.041	0.006	0.049		0.002		0.111		0.103			
Máximo			0.097	0.28	0.203	0.129	0.162		0.249		0.111		0.161			

La tabla (26) muestra los promedios de la Desviación DIP (deg) cada 5 m de la trayectoria en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-02A (T02A) para diferentes valores de los parámetros de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona en la perforación con el sistema diamantina en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima del año 2020, en ella se muestra que la mínima desviación DIP (T02A) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.002° alcanzado por la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2000 psi de Presión de Torque, [250,300) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2200 psi de Peso Sobre la Corona, seguido por una desviación DIP (T02A) de 0.006° cuya combinación de parámetros



de perforación son 2500 psi de Presión de Avance, 2500 psi de Presión de Torque, [200,250) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2050 psi de Peso Sobre la Corona. Por otro lado, la máxima desviación DIP (T02A) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.28° generado por la combinación de parámetros de perforación de 2600 psi de Presión de Avance, 2000 psi de Presión de Torque, [150,200) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 1900 psi de Peso Sobre la Corona.

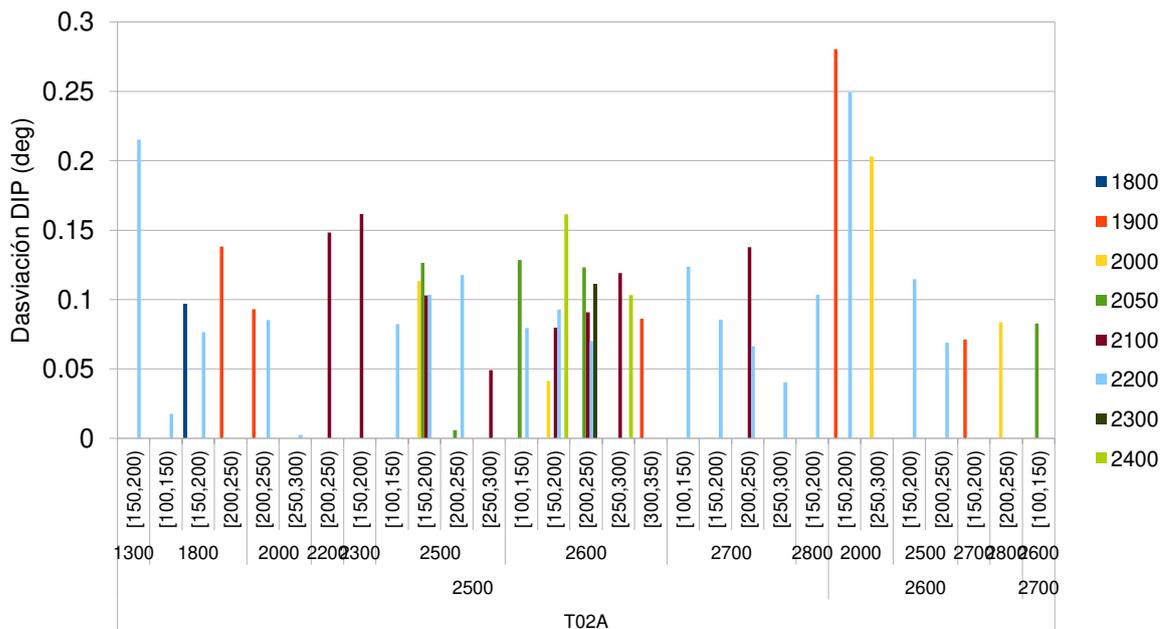


Figura 48 — Desviación DIP (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-02A (T02A) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona

La figura (48) muestra gráficamente los promedios de la Desviación DIP (deg) del taladro E_HUA_10_19_02A (T02A) para diferentes valores de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona, en la que se puede observar que la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2000 psi de Presión de Torque, [250,300) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2200 psi de Peso Sobre la Corona permite la menor desviación DIP.

Anexo H

(Parámetros de perforación con el sistema diamantina en el control óptimo de la desviación
AZIMUT (deg) de la trayectoria del taladro (E-HUA-10-19-02A))



Tabla 27 — Promedios de la desviación AZIMUTH (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-02A (T02A) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC)

PA (psi)	PT (psi)	VR (pulgadas/min)	Peso sobre la corona (psi)													
			1800	1900	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	
2500	1300	[150,200)								0.106						
	1800	[100,150)								0.265						
		[150,200)	0.019							0.113						
	2000	[200,250)		0.106												
		[250,300)		0.052						0.063						
	2200	[200,250)						0.175								
	2300	[150,200)						0.185								
	2500	[100,150)								0.020						
		[150,200)			0.007	0.086	0.321			0.150						
		[200,250)				0.072				0.168						
		[250,300)					0.123									
	2600	[100,150)				0.060				0.055						
		[150,200)			0.062		0.226			0.100			0.050			
		[200,250)				0.068	0.112			0.048		0.095				
		[250,300)					0.179						0.139			
	2700	[300,350)		0.066												
		[100,150)								0.101						
		[150,200)								0.358						
		[200,250)					0.048			0.207						
	2800	[250,300)								0.004						
[150,200)									0.086							
2600	2000	[150,200)		0.265						0.383						
		[250,300)			0.207											
	2500	[150,200)								0.170						
		[200,250)								0.193						
2700	[150,200)		0.172													
2800	[200,250)			0.087												
2700	2600	[100,150)				0.084										
Mínimo			0.019	0.052	0.007	0.060	0.048		0.004		0.095		0.050			
Máximo			0.019	0.265	0.207	0.086	0.321		0.383		0.095		0.139			

La tabla (27) muestra los promedios de la Desviación AZIMUTH (deg) cada 5 m de la trayectoria en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-02A (T02A) para diferentes valores de los parámetros de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona en la perforación con el sistema diamantina en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima del año 2020, en ella se muestra que la mínima desviación AZIMUTH (T02A) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.004° alcanzado por la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2700 psi de Presión de Torque, [250,300) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2200 psi de Peso Sobre la Corona, seguido por una desviación AZIMUTH (T02A) de 0.007° cuya



combinación de parámetros de perforación son 2500 psi de Presión de Avance, 2500 psi de Presión de Torque, [150,200) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2000 psi de Peso Sobre la Corona. Por otro lado, la máxima desviación AZIMUTH (T02A) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.383° generado por la combinación de parámetros de perforación de 2600 psi de Presión de Avance, 2000 psi de Presión de Torque, [150,200) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2200 psi de Peso Sobre la Corona.

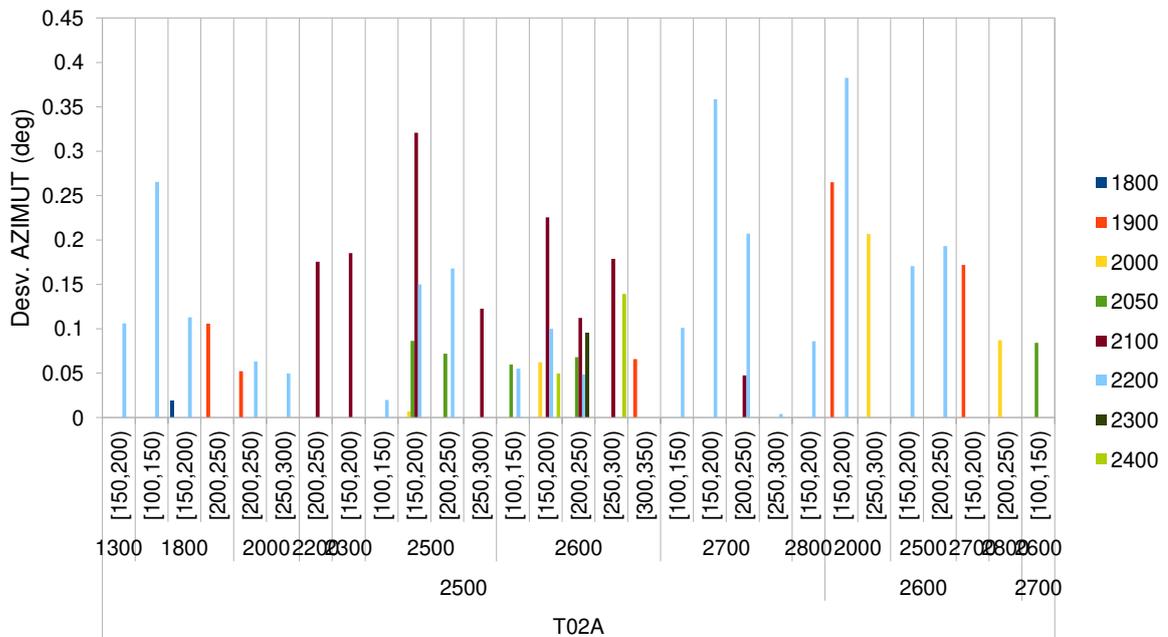


Figura 49 — Desviación AZIMUTH (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-02A (T02A) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona

La figura (49) muestra gráficamente los promedios de la Desviación AZIMUTH (deg) del taladro E-HUA-10-19-02A (T02A) para diferentes valores de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona, en la que se puede observar que la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2700 psi de Presión de Torque, [250,300) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2200 psi de Peso Sobre la Corona permite la menor desviación AZIMUTH.

Anexo I

(Parámetros de perforación con el sistema diamantina en el control óptimo de la desviación
DIP (deg) de la trayectoria del taladro (E-HUA-10-19-03))



Tabla 28 — Promedios de la desviación DIP (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-03 (T03) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC)

PA (psi)	PT (psi)	VR (pulgadas/min)	Peso sobre la corona (psi)												
			1800	1900	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500
2500	2500	[150,200]		0.042							0.044				
		[200,250]		0.067	0.148		0.128		0.077						
		[250,300]							0.060						
	2600	[150,200]	0.021				0.169								
		[200,250]		0.180	0.086				0.014	0.143	0.031				
		[250,300]		0.003											
		[300,350]								0.118					
	2700	[100,150]			0.025										
		[150,200]		0.062	0.102										
		[200,250]			0.120		0.180		0.049	0.129					
	2800	[150,200]								0.055					
		[200,250]			0.035		0.133	0.051							
2600	2500	[200,250]		0.066	0.119	0.028	0.057		0.055						
		[250,300]							0.052						
	2600	[150,200]		0.029			0.126		0.127						0.067
		[200,250]		0.042			0.017		0.063		0.046				
		[250,300]							0.065						
		[300,350]			0.042										
	2700	[150,200]								0.015					
		[200,250]						0.004		0.070					
	2800	[200,250]								0.014					
		[250,300]								0.006					
	Mínimo			0.021	0.003	0.025	0.028	0.004	0.051	0.006	0.044	0.031			0.067
	Máximo			0.021	0.18	0.148	0.028	0.18	0.051	0.127	0.143	0.046			0.067

La tabla (28) muestra los promedios de la Desviación DIP (deg) cada 5 m de la trayectoria en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-03 (T03) para diferentes valores de los parámetros de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona en la perforación con el sistema diamantina en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima del año 2020, en ella se muestra que la mínima desviación DIP (T03) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.003° alcanzado por la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2600 psi de Presión de Torque, [250,300) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 1900 psi de Peso Sobre la Corona, seguido por una desviación DIP (T03) de 0.004° cuya combinación de parámetros de perforación son 2600 psi de Presión de Avance, 2700 psi de Presión de Torque, [200,250) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2100 psi de Peso Sobre la Corona. Por otro lado, la

máxima desviación DIP (T03) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.176° generado por la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2700 psi de Presión de Torque, [200,250) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2100 psi de Peso Sobre la Corona.

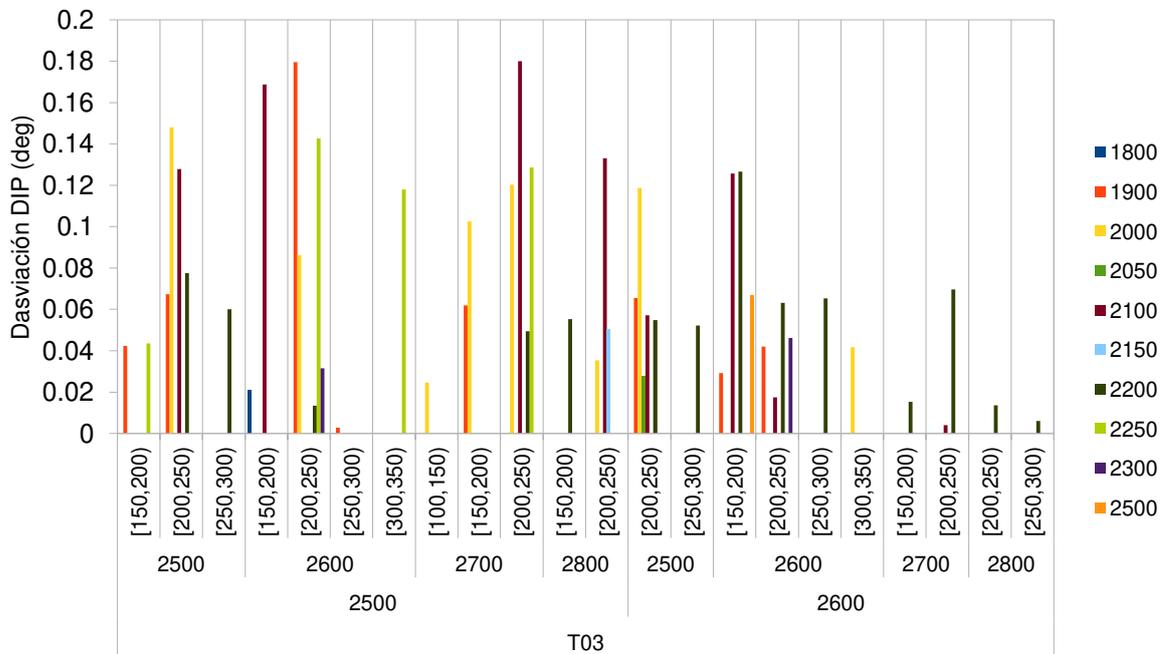


Figura 50 — Desviación DIP (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-03 (T03) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona

La figura (50) muestra gráficamente los promedios de la Desviación DIP (deg) del taladro E-HUA-10-19-03 (T03) para diferentes valores de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona, en la que se puede observar que la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2600 psi de Presión de Torque, [250,300) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 1900 psi de Peso Sobre la Corona permite la menor desviación DIP.



Anexo J

(Parámetros de perforación con el sistema diamantina en el control óptimo de la desviación
AZIMUT (deg) de la trayectoria del taladro (E-HUA-10-19-03))



Tabla 29 — Promedios de la desviación AZIMUTH (deg) en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-03 (T03) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona (PSC)

PA (psi)	PT (psi)	VR (pulgadas/min)	Peso sobre la corona (psi)												
			1800	1900	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500
2500	2500	[150,200)		0.104							0.191				
		[200,250)		0.171	0.114		0.159		0.244						
		[250,300)							0.099						
	2600	[150,200)	0.034				0.079								
		[200,250)		0.1	0.086				0.196	0.101	0.157				
		[250,300)		0.046											
		[300,350)								0.189					
	2700	[100,150)			0.076										
		[150,200)		0.229	0.094										
		[200,250)			0.095		0.251		0.181	0.175					
	2800	[150,200)							0.105						
		[200,250)			0.045		0.041	0.071							
2600	2500	[200,250)		0.011	0.208	0.009	0.037		0.107						
		[250,300)						0.083							
	2600	[150,200)		0.04			0.031		0.062					0.004	
		[200,250)		0.002			0.033		0.071		0.009				
		[250,300)							0.049						
		[300,350)			0.016										
	2700	[150,200)							0.117						
		[200,250)					0.051		0.16						
	2800	[200,250)							0.023						
		[250,300)							0.005						
Mínimo			0.034	0.002	0.016	0.009	0.031	0.071	0.005	0.101	0.009			0.004	
Máximo			0.034	0.229	0.208	0.009	0.251	0.071	0.244	0.191	0.157			0.004	

La tabla (29) muestra los promedios de la Desviación AZIMUTH (deg) cada 5 m de la trayectoria en grados (deg) del taladro E-HUA-10-19-03 (T03) para diferentes valores de los parámetros de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona en la perforación con el sistema diamantina en la Unidad Operativa Yauricocha, Cia Sierra Metals Inc, Yauyos – Lima del año 2020, en ella se muestra que la mínima desviación AZIMUTH (T03) en un intervalo de 5 metros de profundidad es de 0.002° alcanzado por la combinación de parámetros de perforación de 2600 psi de Presión de Avance, 2600 psi de Presión de Torque, [200,250) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 1900 psi de Peso Sobre la Corona, seguido por una desviación AZIMUTH (T03) de 0.004° cuya combinación de parámetros de perforación son 2600 psi de Presión de Avance, 2600 psi de Presión de Torque, [150,200) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2500 psi de Peso Sobre la Corona. Por otro lado, la máxima desviación AZIMUTH (T03) en un intervalo de 5 metros

de profundidad es de 0.251° generado por la combinación de parámetros de perforación de 2500 psi de Presión de Avance, 2700 psi de Presión de Torque, [200,250) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 2100 psi de Peso Sobre la Corona.

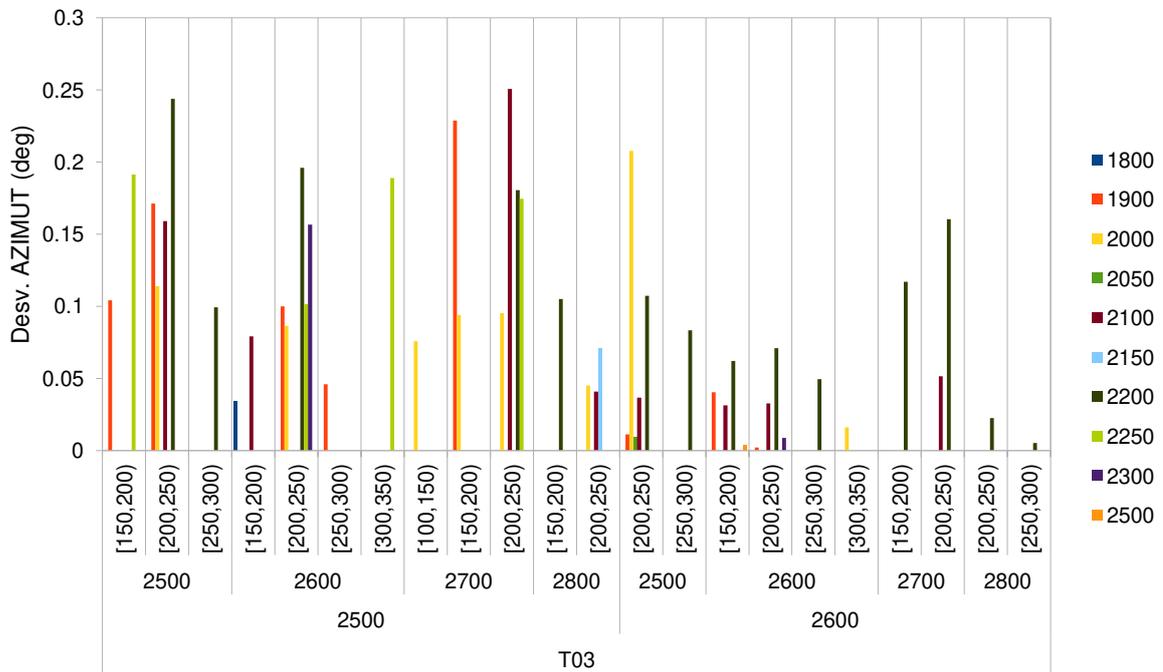


Figura 51 — Desviación AZIMUTH (deg) en promedio del taladro E-HUA-10-19-03 (T03) para diferentes valores de presión de avance (PA), presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y peso sobre la corona

La figura (51) muestra gráficamente los promedios de la Desviación AZIMUTH (deg) del taladro E-HUA-10-19-03 (T03) para diferentes valores de Presión de avance (PA), Presión de torque (PT), velocidad de rotación (VR) y Peso sobre la corona, en la que se puede observar que la combinación de parámetros de perforación de 2600 psi de Presión de Avance, 2600 psi de Presión de Torque, [200,250) pulgadas/min de Velocidad de rotación y 1900 psi de Peso Sobre la Corona permite la menor desviación AZIMUT.



Anexo K

(Resultados de la medición Reflex Gyro)



Tabla 30 — Medición Reflex Gyro E-HUA-10-19-01 (T01)

FECHA	05/08/2020				
REALIZADO POR	EVERT VARGAS QUIVIO				
CUERPO	HUAMARRIPA				
NIVEL	720				
DEVIACION	INCLINACIÓN	-4.54053			
	AZIMUT	-9.0344			
E_HUA_10_19_01					
Station	Dip	Azimuth	Easting	Northing	Elevation
m	deg	deg	m	m	m
0	5.06345	300.5069	23091.79	15891.529	4185.289
5	4.92777	300.35731	23087.49523	15894.05196	4185.7244
10	4.87596	300.33916	23083.19616	15896.56899	4186.15164
15	4.72634	300.23776	23078.89382	15899.08191	4186.57013
20	4.71811	300.16968	23074.58728	15901.58875	4186.98176
25	4.6829	299.97153	23070.27479	15904.08566	4187.3915
30	4.64921	299.87029	23065.95558	15906.57141	4187.79824
35	4.65552	299.55347	23061.62725	15909.04144	4188.20379
40	4.56815	299.27611	23057.28592	15911.48913	4188.60581
45	4.56497	298.98852	23052.9323	15913.91554	4189.0039
50	4.47588	298.62193	23048.56463	1.59E+04	4189.39797
55	4.43622	298.33605	23044.18295	15918.69418	4189.78644
60	4.43963	298.25963	23039.79368	15921.05735	4190.17334
65	4.28782	297.92318	23035.39549	15923.40492	4190.55378
70	4.28599	297.67103	23030.98484	15925.7301	4.19E+03
75	4.17776	297.31241	23026.56155	15928.03191	4191.2965
80	4.17593	297.074	23022.12602	15930.3108	4191.66068
85	4.05572	296.7039	23017.67811	15932.56627	4192.01954
90	3.91278	296.58129	23013.2198	15934.80297	4192.36695
95	3.84425	296.35762	23008.75419	15937.02647	4192.70516
100	3.66845	296.22632	23004.28108	15939.23644	4193.03273
105	3.61672	296.14025	22999.80321	15941.4382	4193.35039
110	3.50895	295.98003	22995.32023	15943.63052	4193.66111
115	3.42559	295.78133	22990.82994	15945.80902	4193.9635
120	3.37373	295.58241	22986.3318	15947.97207	4194.26
125	3.35408	295.48298	22981.82788	15950.12349	4194.55339
130	3.29912	295.18795	22977.31641	15952.25947	4194.84353
135	3.30617	295.09777	22972.79767	15954.38033	4195.13158
140	3.25339	294.91518	22968.27379	15956.49047	4195.41764
145	3.28683	294.7917	22963.74425	15958.58854	4195.70285
150	3.16902	294.77991	22959.21205	15960.68135	4195.98439
155	3.11097	294.64414	22954.67677	15962.7685	4196.25827
160	3.14844	294.59568	22950.13809	15964.84837	4196.53125
165	3.08251	294.52056	22945.59711	15966.92338	4196.803
170	3.02463	294.42649	22941.05281	15968.9918	4197.06934
175	2.97222	294.25978	22936.50358	15971.04998	4197.33089
180	2.88599	294.25639	22931.95102	15973.10154	4197.58639
185	2.74846	294.10539	22927.39525	15975.14715	4197.83214
190	2.74648	293.93003	22922.8334	15977.17991	4198.07181
195	2.69977	293.82105	22918.26643	15979.20138	4198.30936
200	2.6083	293.80073	22913.69692	15981.21781	4198.54088
205	2.60066	293.75667	22909.1261	15983.23175	4198.76809
210	2.5711	293.61059	22904.55188	15985.23814	4198.99367
215	2.51669	293.43185	22899.97184	15987.23161	4199.2156
220	2.49467	293.33237	22895.38683	15989.21402	4199.43419
225	2.40921	293.27043	22890.79885	15991.19005	4199.64809
230	2.36903	293.16348	22886.20775	15993.15941	4199.85652
235	2.22442	293.14135	22881.61414	15995.12372	4200.0569
240	2.26789	293.13886	22877.01994	15997.08711	4200.25286
245	2.24971	293.05367	22872.42428	15999.04698	4200.44993
250	2.14102	293.13846	22867.82841	16001.0069	4200.64146
255	2.0851	293.1607	22863.23413	16002.97123	4200.82582
260	1.90709	293.16351	22858.63994	16004.93671	4200.99998
265	1.90268	293.16471	22854.04557	16006.90245	4201.16618
270	1.83442	293.07614	22849.44961	16008.86473	4201.32921
275	1.76376	293.04968	22844.8515	16010.82247	4201.48619
280	1.73363	293.07328	22840.25322	16012.78016	4201.63876
285	1.64803	293.12658	22835.65611	16014.74098	4201.7863
290	1.5859	292.92017	22831.05622	16016.69573	4201.92738
295	1.54046	292.9	22826.45235	16018.64144	4202.06378
300	1.46284	292.73559	22821.84522	16020.57978	4202.19481
305	1.39843	292.77612	22817.23585	16022.51321	4202.31964
310	1.37244	292.63559	22812.62471	16024.44264	4202.44053
315	1.30801	292.67927	22808.01185	16026.36822	4202.55748
320	1.2313	292.54952	22803.39741	16028.29038	4202.66827
325	1.1615	292.45677	22798.77913	16030.20363	4202.77267
330	1.06796	292.3164	22794.15683	16032.10754	4202.86994
335	1.05545	292.21234	22789.5304	16034.00162	4202.96259
340	0.97001	292.08876	22784.90014	16035.88653	4203.05096
345	0.89424	292.06655	22780.26738	16037.7656	4203.1323
350	0.81541	291.92864	22775.6319	16039.63823	4203.20689
355	0.84947	291.83038	22770.99254	16041.50131	4203.27954
360	0.71674	291.72841	22766.34988	16043.35631	4203.34787
365	0.6177	291.62986	22761.70386	16045.20322	4203.4061
370	0.50902	291.46921	22757.05358	16047.03966	4203.45526
375	0.52292	291.4725	22752.40075	16048.86973	4203.50028



Tabla 31 — Medición Reflex Gyro E-HUA-10-19-02 (T02)

FECHA	13/08/2020				
REALIZADO POR	EVERT VARGAS QUIVIO				
CUERPO	HUAMARRIPA				
NIVEL	20/12/1901				
DEVIACION	INCLINACIÓN	-1.43286			
	AZIMUT	-11.72931			
E-HUA-10-19-02			Este	Norte	Elevación
Estación	Dip	Azmut	m	m	m
m	deg	deg			
0	4.51131	313.7406	23091.635	15891.319	4185.236
5	4.73838	313.50809	23088.0274	15894.7574	4185.63916
10	4.76014	313.26818	23084.40629	15898.18029	4186.05313
15	4.72483	313.10764	23080.77321	15901.59054	4186.46652
20	4.80826	312.9474	23077.13072	15904.99049	4186.882
25	4.72122	312.55623	23073.47191	15908.37287	4187.29733
30	4.75512	312.27845	23069.79327	15911.73397	4187.71034
35	4.78652	311.96652	23066.09756	15915.07594	4188.12619
40	4.76062	311.79881	23062.38791	15918.40239	4188.54228
45	4.63042	311.63441	23058.66821	15921.71846	4188.95159
50	4.64581	311.35357	23054.93535	1.59E+04	4189.3559
55	4.63351	311.0182	23051.1848	15928.30204	4189.76034
60	4.64769	310.61169	23047.41309	15931.55941	4190.16487
65	4.69119	310.27906	23043.6206	15934.79225	4190.57191
70	4.665	309.894	23039.80799	15938.00124	4.19E+03
75	4.55101	309.20174	23035.96501	15941.17454	4191.38139
80	4.55339	308.59363	23032.08596	15944.30428	4191.77823
85	4.6346	308.01076	23028.17482	15947.39336	4192.17871
90	4.57691	307.52008	23024.23497	15950.44561	4192.5802
95	4.47455	307.26856	23020.27499	15953.47262	4192.97474
100	4.45117	307.06814	23016.30275	15956.48426	4193.3638
105	4.51355	306.88637	23012.3206	15959.48255	4193.75456
110	4.47517	306.48734	23008.32337	15962.46056	4194.14637
115	4.31591	305.88756	23004.29981	15965.40401	4194.52958
120	4.39246	305.46218	23000.24985	15968.31151	4194.90919
125	4.29564	304.89848	22996.17489	15971.18398	4195.28792
130	4.21809	304.44451	22992.07411	15974.02047	4195.65906
135	4.10645	303.94166	22987.94929	15976.82297	4196.02197
140	4.11423	303.80953	22983.80872	15979.60276	4196.38036
145	4.10774	303.32175	22979.65319	15982.3601	4196.7388
150	4.01472	303.16914	22975.48204	15985.09435	4197.09292
155	3.94347	303.11218	22971.30548	15987.82124	4197.43988
160	3.78007	302.94688	22967.12305	15990.5404	4197.77663
165	3.55232	302.86106	22962.93373	15993.25101	4198.09635
170	3.46372	302.8536	22958.74148	15995.95867	4198.40229
175	3.34489	302.70727	22954.54514	15998.66099	4198.69919
180	3.31522	302.55339	22950.34142	1.60E+04	4198.98963
185	3.29039	302.41285	22946.13068	16004.03332	4199.2777
190	3.23564	302.21341	22941.91184	16006.70171	4199.5623
195	3.1598	302.08276	22937.68505	16009.35812	4199.8412
200	3.07845	302.01129	22933.45326	16012.00726	4.20E+03



Tabla 32 — Medición Reflex Gyro E-HUA-10-19-02A (T02A)

FECHA	30/08/2020				
REALIZADO POR	EVERT VARGAS QUIVIO				
CUERPO	HUAMANRRIPA				
NIVEL	720				
DEVIACIÓN	INCLINACIÓN	-7.28676			
	AZIMUT	-9.32697			
E-HUA-10-19-02A					
Estación	Dip	Azmut	Este	Norte	Elevación
m	deg	deg	m	m	m
0	4.14591	315.2131	23091.824	15891.564	4185.138
5	4.3612	315.10705	23088.30807	15895.09963	4185.50885
10	4.23019	315.05673	23084.78751	15898.63027	4185.88337
15	4.12559	315.045	23081.26451	15902.15953	4186.24764
20	4.00181	314.94388	23077.73752	15905.68583	4186.60197
25	3.88852	314.95064	23074.20712	15909.20974	4186.94597
30	3.81995	314.86659	23070.67396	15912.73165	4187.28207
35	3.80222	314.60133	23067.12991	15916.24294	4187.6144
40	3.77679	314.49465	23063.57438	15919.7428	4187.94486
45	3.69604	314.36786	23060.01152	15923.23563	4188.27069
50	3.58741	314.28042	23056.44175	1.59E+04	4188.58828
55	3.49059	314.26169	23052.86835	15930.20577	4188.89692
60	3.40689	314.17485	23049.2914	15933.68442	4189.19769
65	3.28487	313.95489	23045.70476	15937.15785	4189.48951
70	3.25128	313.75418	23042.10512	15940.61637	4.19E+03
75	3.19703	313.72027	23038.49825	15944.06765	4190.05576
80	3.12811	313.52704	23034.88433	15947.51199	4190.33161
85	2.99316	313.35933	23031.25922	15950.94526	4190.59857
90	2.79013	313.15247	23027.62236	15954.36718	4190.85081
95	2.50651	312.76966	23023.96719	15957.77104	4191.08184
100	2.29146	312.38705	23020.28867	15961.15105	4191.29113
105	2.01124	312.12193	23016.59045	15964.5108	4191.47883
110	1.8534	311.70328	23012.87176	15967.84887	4191.64742
115	1.78215	311.5315	23009.13566	15971.16797	4191.80603
120	1.69668	311.173	23005.38408	15974.46987	4191.9578
125	1.63025	310.96603	23001.61611	15977.75336	4192.10294
130	1.52199	310.71325	22997.83483	15981.02184	4192.24046
135	1.45758	310.52669	22994.04089	15984.27593	4192.37046
140	1.31172	310.17824	22990.23163	15987.51242	4192.49128
145	1.20876	309.85765	22986.40335	15990.72677	4192.60125
150	1.22286	309.70407	22982.56173	15993.92531	4192.70734
155	1.06124	309.51877	22978.71056	15997.11257	4192.807
160	0.93411	309.43554	22974.85176	16000.29093	4192.89406
165	0.8172	309.37566	22970.98885	16003.46459	4192.97047
170	0.60872	309.21449	22967.11968	16006.63092	4193.03268
175	0.47202	309.15367	22963.24425	16009.78985	4193.07984
180	0.38968	309.17342	22959.36763	16012.94744	4193.11744
185	0.39568	309.10148	22955.48955	16016.10328	4193.15171
190	0.23616	309.02889	22951.60747	16019.25425	4193.17927
195	0.10857	308.90978	22947.72007	16022.39876	4193.19432
200	-0.01467	308.84177	22943.82753	16025.53692	4193.19841
205	-0.05521	308.86485	22939.93376	16028.67357	4193.19536
210	-0.19418	308.82108	22936.03943	16031.8095	4193.18448
215	-0.30671	308.81415	22932.14374	16034.94368	4193.16263
220	-0.3646	308.69417	22928.24461	16038.07353	4193.13334
225	-0.45766	308.6421	22924.34083	16041.19749	4193.09746
230	-0.4601	308.59246	22920.43429	16044.31797	4193.05741
235	-0.62141	308.64219	22916.52781	16047.43841	4193.01022
240	-0.60422	308.60973	22912.62184	16050.5594	4192.95675
245	-0.68702	308.52554	22908.71273	16053.67639	4192.90041
250	-0.75569	308.44675	22904.79924	16056.78777	4192.83746
255	-0.8085	308.33899	22900.88076	16059.89273	4192.76921
260	-0.73896	308.32647	22896.959	16062.99358	4192.70169
265	-0.83922	308.25261	22893.03493	16066.09147	4192.63283
270	-0.96571	308.16614	22889.10664	16069.18377	4192.55408
275	-0.97007	308.17404	22885.1763	16072.27332	4192.46962
280	-1.0682	308.0895	22881.24396	16075.36019	4192.38069
285	-1.19682	308.02997	22877.30789	16078.442	4192.28186
290	-1.36715	307.84295	22873.36541	16081.51516	4192.17
295	-1.41213	307.80138	22869.41699	16084.58033	4192.04874
300	-1.36387	307.8085	22865.46763	16087.6443	4191.92763
305	-1.47629	307.65117	22861.51433	16090.70306	4191.80372
310	-1.55603	307.42563	22857.55099	16093.74845	4191.67142
315	-1.64221	307.35978	22853.58008	16096.78364	4191.53189
320	-1.69136	307.23706	22849.60431	16099.81219	4191.38646
325	-1.78211	307.12497	22845.62249	16102.83248	4191.23492
330	-1.90124	306.94624	22841.63325	16105.84248	4191.07423
335	-1.93543	306.82929	22837.63643	16108.84204	4190.90686
340	-2.14305	306.70213	22833.63352	16111.83287	4190.72894
345	-2.29526	306.65781	22829.6266	16114.81735	4190.53533
350	-2.44365	306.48245	22825.6144	16117.79383	4190.32861
355	-2.56698	306.43167	22821.59673	16120.76209	4190.11005
360	-2.60735	306.42787	22817.57791	16123.72825	4189.88435
365	-2.71058	306.28874	22813.55562	1.61E+04	4189.6524
370	-2.80672	306.16975	22809.527	16129.64089	4189.41176
375	-2.95683	305.97814	22805.49082	16132.58131	4189.16038
380	-3.03515	305.91013	22801.44841	16135.51227	4188.89905
385	-3.14085	305.88613	22797.40399	16138.43975	4.19E+03



Tabla 33 — Medición Reflex Gyro E-HUA-10-19-03 (T3)

FECHA	19/09/2020				
REALIZADO POR	EVERT VARGAS QUIVIO				
CUERPO	HUAMANRRIPA				
NIVEL	720				
DEVIACIÓN	INCLINACIÓN	-4.28683			
	AZIMUT	-5.28027			
E-HUA-10-19-03					
Estación	Dip	Azimut	Este	Norte	Elección
m	deg	deg	m	m	m
0	2.30342	280.7533	23091.301	15889.579	4185.056
5	2.42131	280.56429	23086.39145	15890.50301	4185.2621
10	2.25262	280.48503	23081.47966	15891.41555	4185.46598
15	2.20325	280.30451	23076.56544	15892.31701	4185.66035
20	2.14789	280.19949	23071.64881	15893.20626	4185.85016
25	2.05522	279.90918	23066.72892	15894.07858	4186.03352
30	1.93907	279.84105	23061.80599	15894.93556	4186.20777
35	1.79642	279.73965	23056.88143	15895.78533	4186.37073
40	1.66784	279.56514	23051.95447	15896.6233	4186.52186
45	1.60784	279.46587	23047.02528	15897.44953	4186.66477
50	1.56431	279.27448	23042.09388	1.59E+04	4186.80317
55	1.48686	279.03068	23037.1593	15899.05832	4186.93628
60	1.42444	278.8605	23032.22171	15899.83555	4187.0633
65	1.20822	278.76452	23027.28204	15900.60136	4187.17816
70	1.15313	278.65977	23022.34078	15901.35855	4.19E+03
75	1.1478	278.62207	23017.39853	15902.1096	4187.38158
80	1.04159	278.40296	23012.45452	15902.84959	4187.4771
85	0.95296	278.22783	23007.50784	15903.5726	4187.56412
90	0.83416	278.02012	23002.55862	15904.27909	4187.6421
95	0.79733	277.94324	22997.60756	15904.9733	4187.71328
100	0.79798	277.89656	22992.65573	15905.66217	4187.78289
105	0.68074	277.78524	22987.70289	15906.34423	4187.84741
110	0.70929	277.74455	22982.74911	15907.01972	4187.90806
115	0.67237	277.71642	22977.79491	15907.69224	4187.96834
120	0.56288	277.68037	22972.84026	15908.36199	4188.02224
125	0.51366	277.61856	22967.88497	15909.02753	4188.06921
130	0.48601	277.60952	22962.92925	15909.69	4188.11283
135	0.41642	277.44911	22957.97251	15910.34514	4188.15221
140	0.35311	277.44065	22953.01478	15910.99299	4188.18578
145	0.2598	277.22983	22948.05577	15911.63135	4188.21253
150	0.32531	277.21863	22943.09553	15912.26011	4188.23806
155	0.14569	277.11876	22938.13466	15912.88406	4188.25861
160	0.18799	277.01454	22933.17266	15913.49918	4188.27317
165	0.11057	276.90057	22928.2095	15914.10485	4188.2862
170	0.17253	276.67191	22923.24455	15914.69567	4188.29855
175	0.11525	276.44355	22918.27728	15915.26669	4188.3111
180	-0.12257	276.1475	22913.30744	15915.81497	4188.31078
185	-0.25713	276.01106	22908.33559	15916.34449	4188.29422
190	-0.03028	275.87973	22903.3625	15916.86239	4188.28168
195	-0.2518	275.76448	22898.38831	15917.36959	4188.26937
200	-0.3851	275.39466	22893.41209	15917.85572	4188.24158
205	-0.43561	275.46516	22888.43465	15918.32885	4188.20577
210	-0.52803	275.5087	22883.45774	15918.80693	4188.16372
215	-0.6217	275.38868	22878.48058	15919.28167	4188.11356
220	-0.63521	275.19262	22873.50219	15919.74269	4188.05871
225	-0.78329	275.07877	22868.52264	15920.19023	4187.99682
230	-0.80786	275.00298	22863.54246	15920.62951	4187.9274
235	-0.9065	275.08849	22858.5624	15921.06922	4187.8526
240	-0.95966	274.92152	22853.58212	15921.50538	4187.77117
245	-1.03831	274.98432	22848.60155	15921.937	4187.684
250	-1.04981	275.04517	22843.62152	15922.37398	4187.59289
255	-1.18289	275.08594	22838.64199	15922.81538	4187.49548
260	-1.19807	275.15073	22833.66301	15923.26135	4187.3916
265	-1.25361	275.17593	22828.68443	15923.71122	4187.28463
270	-1.32868	275.25075	22823.70638	15924.16543	4187.17197
275	-1.33144	275.20484	22818.72852	15924.62088	4187.05591
280	-1.53218	275.13753	22813.75043	15925.0714	4186.93097
285	-1.51111	275.17177	22808.77241	15925.52046	4186.7982
290	-1.49198	275.24709	22803.79477	15925.97429	4186.66718
295	-1.59444	275.34109	22798.81791	15926.43546	4186.53253
300	-1.6259	275.18442	22793.84095	15926.8939	4186.39203
305	-1.60971	275.2119	22788.8635	15927.34672	4186.25087
310	-1.60365	275.20675	22783.88611	15927.80051	4186.11068
315	-1.66893	275.25617	22778.90897	15928.25622	4185.96791
320	-1.73553	275.26029	22773.93221	15928.71424	4185.81938
325	-1.72025	275.37738	22768.956	15929.17752	4185.66862
330	-1.77808	275.43341	22763.98055	15929.64831	4185.516
335	-1.73194	275.42465	22759.00532	15930.12115	4185.36287
340	-1.73706	275.42453	22754.02999	15930.59362	4185.21153
345	-1.74462	275.42454	22749.05468	15931.06607	4185.05963
350	-1.80179	275.46119	22744.07961	15931.54011	4184.90492
355	-1.81538	275.48377	22739.10488	15932.01671	4184.74711
360	-1.9411	275.45249	22734.13031	15932.49291	4184.58324
365	-1.91188	275.49285	22729.15591	15932.9695	4184.41515
370	-1.95389	275.49493	22724.18171	15933.44793	4184.24651
375	-1.93766	275.4377	22719.20732	15933.92395	4184.07674
380	-1.94165	275.48916	22714.23288	15934.39973	4183.9075
385	-1.98341	275.47303	22709.25867	15934.87704	4183.73627



Anexo L
(Fotografías)





Figura 52 — Calibración del equipo de medición Reflex Gyro



Figura 53 — Muestra (testigos) obtenidos del sondaje E-HUA-10-19-03



Figura 54 — Muestra (testigos) obtenidos del sondaje E-HUA-10-19-02^a



Figura 55 — Prueba de dureza de la roca en el sondaje E-HUA-10-19-02



Figura 56 — Determinación de la dureza de acuerdo a las escalas de MOSH empleando lápices rayadoras



Figura 57 — Desgaste normal de las brocas NQ



Figura 58 — Equipo de medición Reflex Gyro



Figura 59 — Kit de emergencia en las cámaras de perforación



Figura 60 — Cámara de aditivos, tuberías de perforación y accesorios de perforación



Figura 61 — Estándar de la cámara de perforación de la maquina LM 110



Figura 62 — Colocación de pisos antideslizantes en la cámara



Figura 63 — Capacitación de las tablas geomecánicas de GSI (índice de resistencia geológica)



Figura 64 — Capacitación parámetros en la perforación diamantina



Figura 65 — Plataformas de perforación con la maquina CS14