

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS
ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE
LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y
NAMORA - CAJAMARCA**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autor:

Bach. Silva Sánchez Brayean Paul

Asesor:

M. Cs. Ing. Arapa Vilca Victor Ausberto

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador** : BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ
DNI : 48075377
Escuela Profesional : INGENIERÍA GEOLÓGICA
- Asesor** : M. Cs. Ing. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA
Facultad : INGENIERÍA
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA – CAJAMARCA
- Fecha de evaluación:** 19/11/2024
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 5%
- Código Documento:** oid:3117:407145940
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 19/11/2024

	 <p>Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 19/11/2024 23:19:52-0500</p>
<p>FIRMA DEL ASESOR M. Cs. Ing. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA DNI: 29552145</p>	<p>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por la vida, y las fuerzas para poder culminar con este trabajo de investigación.

A mi abuela y padres, quienes me educaron y me dan su soporte diario para continuar.

A mi Universidad Nacional de Cajamarca por haberme brindado el conocimiento geológico.

A mi asesor de tesis M.Cs. Ing. Victor Ausberto Arapa Vilca por el soporte brindado para la culminación del presente trabajo.

A Seequent, por haberme brindado tan gentilmente la licencia académica del software Leapfrog Geo, y poder realizar la presente investigación

Brayean Paul Silva Sánchez

DEDICATORIA

A Dios, a mi abuela Eugenia Díaz, a mi madre, a mi padre, y a mi familia quienes me dan su cariño, soporte diario y me motivan para seguir en esta carrera de la vida.

Brayean Paul Silva Sánchez

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xxvi
LISTA DE ABREVIATURAS	xxvii
RESUMEN	xxviii
ABSTRACT	xxix

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1.	ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.1.1.	Internacionales	3
2.1.2.	Nacionales	3
2.1.3.	Locales	4
2.2.	BASES TEÓRICAS	6
2.2.1.	Cartografiado Geológico.....	6
2.2.2.	Modelamiento Geológico	7
2.2.3.	Código JORC.....	9
2.2.4.	Reserva Mineral	9
2.2.5.	Recurso Mineral	10
2.2.6.	Estimación de Reservas	12
2.2.7.	Calcinación de Materiales	13
2.2.8.	Método Químico: Gravimetría	13
2.2.9.	Densidad de rocas por método de parafina	13
2.2.10.	Clasificación de Areniscas	14
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	15

**CAPÍTULO III.
MATERIALES Y MÉTODOS**

	Pág.
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
3.1.1. Ubicación Política.....	18
3.1.2. Ubicación Geográfica.....	18
3.2. ACCESIBILIDAD.....	20
3.3. CLIMA Y VEGETACIÓN.....	21
3.3.1. Clima.....	21
3.3.2. Vegetación.....	22
3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
3.4.1. Tipo de Investigación.....	22
3.4.2. Nivel de Investigación.....	22
3.4.3. Diseño de Investigación.....	23
3.4.4. Método de Investigación.....	23
3.4.5. Población de Estudio.....	23
3.4.6. Muestra.....	23
3.4.7. Unidad de Análisis.....	23
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	23
3.5.1. Técnica.....	23
3.5.2. Instrumentos y Equipos de Recolección de Datos.....	24
3.6. GEOLOGÍA REGIONAL.....	25
3.6.1. Grupo Goyllarisquizga.....	25
3.6.2. Depósitos Cuaternarios.....	26
3.7. GEOLOGÍA LOCAL.....	27
3.8. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	28
3.8.1. Falla Cajamarca.....	28
3.8.2. Falla Sulluscocha.....	28
3.9. DIVISIÓN DEL CERRO CARGA EN ZONAS DE CARTOGRAFIADO... 28	28

**CAPÍTULO IV.
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

4.1. CARTOGRAFIADO GEOLÓGICO Y TOMA DE MUESTRAS.....	30
4.1.1. Hoja de Cartografiado 1 (Sector NW).....	30

	Pág.
4.1.2. Hoja de Cartografiado 2 (Sector NE)	41
4.1.3. Hoja de Cartografiado 3 (Sector SE).....	54
4.1.4. Hoja de Cartografiado 4 (Sector SW)	73
4.2. DIGITALIZACIÓN DE HOJAS DE CARTOGRAFIADO	91
4.3. MODELAMIENTO GEOLÓGICO.....	93
4.3.1. Triangulación de topografía.....	93
4.3.2. Pasos para la generación de Modelo Estructural 3D	96
4.3.3. Modelo Estructural 3D	106
4.3.4. Pasos par a la generación de Modelo Litológico 3D.....	109
4.3.5. Resultado del Modelo Geológico 3D por litologías.....	128
4.3.6. Resultado del Modelo Geológico 3D por Formaciones Geológicas.....	131
4.4. ESTIMACIÓN DE RESERVAS.....	134
4.4.1. Muestras de Densidad.....	134
4.4.2. Muestras de Composición Química	139
4.4.3. Categorización de Reservas en el Cerro Carga	144
4.4.4. Generación de Sólidos para los Recursos Indicados y Recursos Inferidos..	146
4.4.5. Generación de Modelo de Bloques y Cálculo de Tonelajes para los Recursos Indicados y Recursos Inferidos.....	147
4.5. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	157
4.5.1. General	157
4.5.2. Específica.....	157

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	159
5.2. RECOMENDACIONES.....	160
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161
 ANEXOS	164
ÁLBUM DE FOTOS.....	165

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.	Clasificación de Pettijohn de las Areniscas a partir de % de Q, F y FR.....15
Tabla 2.	Coordenadas UTM zona17 s, WGS-84, carta 14G (cuadrángulo de San Marcos)..... 18
Tabla 3.	Accesibilidad a la zona de estudio. 21
Tabla 4.	Muestras de Areniscas Arcillosas de la Formación Farrat colectadas para pruebas de densidad y composición química en Estación 27 mostrando coordenadas en WGS-84 y minerales identificados a la lupa. 65
Tabla 5.	Muestras de Limolitas de la Formación Farrat colectadas para pruebas de densidad y composición química en Estación 29 mostrando coordenadas en WGS-84 y minerales identificados a la lupa. 68
Tabla 6.	Muestras de Limolitas de la Formación Farrat colectadas para pruebas de densidad y composición química en Estación 31 mostrando coordenadas en WGS-84 y minerales identificados a la lupa. 71
Tabla 7.	Muestras de Limolitas de la Formación Farrat colectadas para pruebas de densidad y composición química en Estación 33 mostrando coordenadas en WGS-84 y minerales identificados a la lupa. 75
Tabla 8.	Muestras de Limolitas de la Formación Farrat colectadas para pruebas de densidad en Estación 38 mostrando coordenadas en WGS-84 y minerales identificados a la lupa. 83
Tabla 9.	Resultados de densidad por el método de parafina de las muestras colectadas en el Cerro Carga, debido a estándares de laboratorio se asignó nuevos códigos internos a las muestras enviadas. 134
Tabla 10.	Resultados de densidad máximo, mínimo y promedio por el método de parafina de las muestras colectadas en el Cerro Carga..... 135
Tabla 11.	Resultados de composición química de las muestras de arenisca colectadas en el Cerro Carga..... 139
Tabla 12.	Resultados de composición química, mostrando cuarzo, arcillas y % de óxidos de hierro de las muestras de limolitas colectadas en el Cerro Carga. 140
Tabla 13.	Resultados de composición química de 1 arenisca arcillosa colectada en el Cerro Carga..... 140

Tabla 14.	Tabla resumen categorización de Recursos y Reservas en el Cerro Carga	145
Tabla 15.	Resumen de la estimación de Reservas de las areniscas, limolitas y areniscas arcillosas de la Formación Farrat en el Cerro Carga.	156
Tabla 16.	Promedio de la composición principal de minerales de las areniscas, limolitas y areniscas arcillosas de la Formación Farrat en el Cerro Carga.	156

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cartografiado Geológico.....	6
Figura 2. Modelamiento Geológico usando Software Leapfrog Geo	7
Figura 3. A la izquierda modelamiento geológico explícito mostrando mayor continuidad del cuerpo geológico y a la derecha modelamiento geológico implícito en software especializado mostrando menor continuidad del cuerpo geológico.	8
Figura 4. Relación general entre resultados de exploración, recursos y reservas minerales	9
Figura 5. Estimación de Recursos usando Software Leapfrog GEO	12
Figura 6. Clasificación de Pettijohn de las Areniscas	14
Figura 7. Ubicación del área de estudio	19
Figura 8. Accesibilidad al Cerro Carga desde la ciudad de Cajamarca.	20
Figura 9. Variación del clima en el cerro Carga tomando como referencias el clima de Namora y Cajamarca.	21
Figura 10. Geología Local.....	27
Figura 11. División de la zona del Cerro Carga en 4 Hojas de Cartografiado tamaño A4, a escala 1:5000.....	29
Figura 12. Estaciones de cartografiado y toma de muestras en sector NW del Cerro Carga.	31
Figura 13. Cartografiado en Hoja Canson A4 transparente a escala 1:5000, mostrando estaciones de Hoja de Cartografiado 1, usando imagen satelital como mapa base.....	40
Figura 14. Estaciones de cartografiado y de toma de muestras en sector NE del Cerro Carga.	41
Figura 15. Cartografiado realizado en Hoja Canson A4 transparente a escala 1:5000, donde se aprecian todas las estaciones mencionadas en la Hoja de Cartografiado 2, se puede apreciar que se usó imagen satelital como mapa base.	53
Figura 16. Estaciones de cartografiado y toma de muestras en sector SE del Cerro Carga.	54
Figura 17. Cartografiado realizado en Hoja Canson A4 transparente a escala	

	1:5000, donde se aprecian todas las estaciones mencionadas en la Hoja de Cartografiado 3, se puede apreciar que se usó imagen satelital como mapa base.	72
Figura 18.	Estaciones de cartografiado y toma de muestras en sector SW del Cerro Carga.	73
Figura 19.	Cartografiado realizado en Hoja Canson A4 transparente a escala 1:5000, donde se aprecian todas las estaciones mencionadas en la Hoja de Cartografiado 4, se puede apreciar que se usó imagen satelital como mapa base.	90
Figura 20.	En la imagen se observa todas las Hojas de Cartografiado del Cerro Carga que se ingresaron al software ArcGis para digitalización	91
Figura 21.	En la imagen se observa el resultado de la digitalización de litología y estructuras en todas las Hojas de Cartografiado del Cerro Carga en ArcGis.	92
Figura 22.	En la figura se observa interfaz del Software Leapfrog Geo 2023.2.3, mostrando curvas de Nivel cada 5 m, límites superiores, inferiores y límites circundantes del Cerro Carga para realización del modelo geológico.	94
Figura 23.	En las figuras se observa interfaz del Software Leapfrog Geo 2023.2.3, mostrando los límites superiores, inferiores, límites circundantes y topografía triangula 3D con la imagen satelital superpuesta del Cerro Carga para realización del modelo geológico.	95
Figura 24.	En la figura 3D se observa interfaz del Software Leapfrog Geo 2023.2.3 mostrando los límites circundantes del Cerro Carga, litología cartografiada además de lineamientos cargados como discos estructurales (fallas en color azul, inclinación de estratificación en color rojo y fracturamiento en color negro) para realización del modelo estructural 3D.	96
Figura 25.	(A), (B) y (C) muestran modelamiento 3D de Falla Cajamarca con software Leapfrog Geo 2023.2.3 al Sur del Cerro Carga usando discos estructurales y criterios para interpolación a partir de datos de cartografiado colectados en estaciones 26, 27, 34 y 43, en (B) y (C) se	

	observa mayor detalle del extremo SW y SE respectivamente del modelamiento geológico de la falla Cajamarca en el Cerro Carga.	98
Figura 26.	Resultado del modelamiento 3D de Falla Cajamarca con software Leapfrog Geo 2023.2.3 usando discos estructurales y criterios para interpolación a partir de datos de cartografiado colectados en estaciones 26, 27, 34 y 43.	99
Figura 27.	Vista en Planta de la Falla Sulluscocha al Oeste del Cerro Carga generada en Leapfrog Geo 2023.2.3., obsérvese interpretación al SW en proyección fuera del área de estudio de como esta falla sinistral Sulluscocha desplaza a la Falla Cajamarca.	100
Figura 28.	Vista en 3D del Modelamiento de la Fall Sulluscocha con software Leapfrog Geo 2023.2.3, obsérvese interpretación al SW en proyección fuera del área de estudio de como esta falla sinistral Sulluscocha desplaza a la Falla Cajamarca.	101
Figura 29.	Modelo generalizado de estructuras en flor positiva en ambientes compresionales. Fuente: (Geologiaestructural, 2020).....	101
Figura 30.	Vista en planta del modelamiento 3D de Fallas Inversa EW Limolitas, Falla Normal EW Limolitas y Falla Inversa EW Limolitas 2 con software Leapfrog Geo 2023.2.3 usando discos estructurales y criterios para interpolación a partir de datos de cartografiado, observándose estructura en flor positiva generada por Falla Cajamarca.	102
Figura 31.	En (A) se observa vista 3D del modelamiento estructural de Fallas Inversa EW Limolitas, Falla Normal EW Limolitas y Falla InversaEW Limolitas 2 con software Leapfrog Geo 2023.2.3 usando discos estructurales y criterios para interpolación, formado modelo de flor positiva por Falla Cajamarca (B).	103
Figura 32.	Modelamiento 3D de Falla NE con software Leapfrog Geo 2023.2.3 usando discos estructurales y criterios para interpolación a partir de datos de cartografiado.	104
Figura 33.	Modelamiento 3D de Falla Santa e Inferida con software Leapfrog Geo 2023.2.3 usando discos estructurales y criterios de interpolación a partir de cartografiado.	105

Figura 34.	Vista en Planta del Modelo Estructural 3D del Cerro Carga generado en Leapfrog Geo 2023.2.3, siguiendo orden de fallamiento.	107
Figura 35.	En (A) se observa vista 3D del Modelo Estructural del Cerro Carga generado en Leapfrog Geo 2023.2.3, siguiendo secuencia de modelamiento (B) y criterio de interpolación a partir de cartografiado geológico de campo.....	108
Figura 36.	Vista en planta de sólidos 3D de Areniscas grises (color marrón) y Limolitas (color cian) de la Formación Santa generados en Leapfrog Geo 2023.2.3.	110
Figura 37.	Vista 3D de sólidos de areniscas grises (color marrón) y limolitas (color cian) de la Formación Santa al SE del Cerro Carga generados en Leapfrog Geo 2023.2.3.....	111
Figura 38.	Vista en Planta de Sólidos 3D de la Formación Carhuaz (verde claro) generados en Leapfrog Geo 2023.2.3.....	113
Figura 39.	Vista 3D de sólidos de la Formación Carhuaz (verde claro) generados en Leapfrog Geo 2023.2.3.....	114
Figura 40.	Modelo de estructuras sedimentarias en entornos de playa y dunas. Adaptado de Kindler, et. al, 2011.....	115
Figura 41.	Vista en Planta de Sólidos 3D en color amarillo de los 4 cuerpos de Limolitas de la Formación Farrat identificados y generados en Leapfrog Geo 2023.2.3 con soporte de las estaciones de cartografiado, se aprecia además unión de los cuerpos Limolitas 2 y Limolitas 3 siguiendo Azimut N° 110 y proyección e interpolación logrando encontrar la continuidad en la estación 27 al SE del Cerro Carga, además se observa zonas interesantes 1 y 2 para continuar trabajos de exploración y dar continuidad a las limolitas.....	117
Figura 42.	Vista en 3D de sólidos en color amarillo de los 4 cuerpos de Limolitas de la Formación Farrat identificados y generados en Leapfrog Geo 2023.2.3 con soporte de las estaciones de cartografiado, se aprecia, además unión del cuerpo Limolitas 2 y Limolitas 3 siguiendo Azimut N° 110 y proyección e interpolación logrando encontrar la continuidad en la estación 27 al SE del Cerro Carga, además se observa zonas	

	interesantes 1 y 2 para continuar trabajos de exploración y dar continuidad a las limolitas.....	118
Figura 43.	Vista enPlanta de Sólidos 3D de las areniscas arcillosas de la Formación Farrat modelados en Leapfrog Geo 2023.2.3 al extremo SE del Cerro Carga	119
Figura 44.	Figura con 75% de transparencia de la topografía para visualización 3D del sólido en color verde de las areniscas arcillosas de la Formación Farrat identificado y modelado en Leapfrog Geo 2023.2.3 al extremo SE del Cerro Carga en zonas de contacto entre areniscas y limolitas de la Formación Farrat.	120
Figura 45.	Vista en Planta de Sólido 3D en color naranja de las areniscas de la Formación Farrat modelado en Leapfrog Geo 2023.2.3.	122
Figura 46.	Vista 3D de sólido en color naranja de las areniscas de la Formación Farrat modelado en Leapfrog Geo 2023.2.3.	123
Figura 47.	Vista en 3D en color gris oscuro de los sólidos de los depósitos cuaternarios modelados en Leapfrog Geo 2023.2.3.....	124
Figura 48.	Vista en planta de estratificación por litología del Cerro Carga modelada a partir de cartografiado geológico de orientación de estratos y ploteados como discos estructurales en Leapfrog Geo 2023.2.3, se aprecia que todas las capas buzcan hacia la laguna Sulluscocha.	126
Figura 49.	Vista 3D de estratificación por litología del Cerro Carga a partir de cartografiado de orientación de estratos y ploteados como discos estructurales en Leapfrog Geo 2023.2.3, se aprecia claramente que todas las capas buzcan hacia la laguna Sulluscocha, mostrando flanco derecho de la continuidad del anticlinal de los Baños del Inca.....	127
Figura 50.	Resultado final del modelamiento geológico 3D de las litologías y estructuras presentes en el Cerro Carga usando Leapfrog Geo 2023.2.3.....	128
Figura 51.	Sección esquemática NW-SE de la distribución litológica del Cerro Carga elaborada con Leapfrog Geo 2023.2.3.....	129
Figura 52.	Vista en 3D del resultado final del modelamiento geológico de las litologías y estructuras del Cerro Carga usando Leapfrog Geo 2023.2.3.	130
Figura 53.	Resultado final del modelamiento geológico 3D de las Formaciones	

	Geológicas y Estructuras del Cerro Carga con Leapfrog Geo 2023.2.3.	131
Figura 54.	Sección esquemática NW-SE de las Formaciones Geológicas del Cerro Carga elaborada con Leapfrog Geo 2022.2.3.	132
Figura 55.	Vista en 3D del resultado final del modelamiento geológico de las Formaciones Geológicas y Estructuras del Cerro Carga usando Leapfrog Geo 2023.2.3.....	133
Figura 56.	Distribución espacial de densidad reportada por el laboratorio INGEOCYS PERÚ E.I.R.L., nótese la sectorización de valores más altos de densidad en las areniscas de la Formación Farrat, seguido por valores intermedios en las areniscas arcillosas y los valores más bajos en las limolitas de la Formación Farrat	136
Figura 57.	Validación de densidad usando desviación estándar a muestras de areniscas colectadas en el Cerro Carga.	137
Figura 58.	Validación de densidad usando desviación estándar a muestras de limolitas colectadas en el Cerro Carga.	137
Figura 59.	Variaciones de densidad y aplicación de desviación estándar a muestras de areniscas arcillosas colectadas en el Cerro Carga	138
Figura 60.	Clasificación de las areniscas de la Formación Farrat del Cerro Carga usando el diagrama de Pettijohn 1975.....	139
Figura 61.	Distribución espacial del % de cuarzo de las muestras de areniscas, limolitas y arenisca arcillosa reportadas por el laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L.	141
Figura 62.	Distribución espacial del % de illita de las muestras de limolitas y arenisca arcillosa reportadas por el laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L, donde en el cuerpo Limolitas 1 se observa menor % de Illita y en los cuerpos Limolitas 2 y Limolitas 3 se observa mayor % de Illita.....	142
Figura 63.	Distribución espacial del % de caolín de las muestras de limolitas y arenisca arcillosa reportadas por el laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L, donde en el cuerpo Limolitas 1 se observa mayor % de caolín y en los cuerpos Limolitas 2 y 3 se observa menor % de Illita.	143
Figura 64.	Vista N-S de los sólidos cortados en Leapfrog Geo 2023.2.3 del Cerro	

	Carga mostrando los sólidos de las Reservas Probables: Recursos Indicados del Nivel 3155 al 2870 y los sólidos de los Recursos Inferidos del Nivel 2870 al 2770.....	146
Figura 65.	Vista N-S del Modelo de Bloques en 3D generado en Leapfrog Geo 2023.2.3 del Cerro Carga mostrando las Reservas Probables: Recursos Indicados del Nivel 3155 al 2870 y los Recursos Inferidos del Nivel 2870 al 2770.....	147
Figura 66.	Vista en 3D del Modelo de bloques de dimensiones 10x10x10 m. generado con Leapfrog Geo 2023.2.3, mostrando las litologías aflorantes en el Cerro Carga.....	148
Figura 67.	Vista en 3D de los Recursos Indicados y tonelaje de los bloques de las Areniscas de la F. Farrat en el Cerro Carga generados con Leapfrog	149
Figura 68.	Vista de las limolitas minadas artesanalmente de Formación Farrat en el Cerro Carga.	150
Figura 69.	Vista en 3D de los Recursos Indicados y tonelaje de los bloques de las Limolitas de la Formación Farrat en el Cerro Carga, generados con software Leapfrog Geo 2023.2.3.....	151
Figura 70.	Vista en 3D de los Recursos Indicados y tonelaje de los bloques de las Areniscas Arcillosas de la Formación Farrat en el Cerro Carga, generados con software Leapfrog Geo 2023.2.3.....	152
Figura 71.	Vista en 3D de los Recursos Inferidos y tonelaje de los bloques de las Areniscas de la F. Farrat en el Cerro Carga generados con Leapfrog Geo 2023.2.3.	153
Figura 72.	Vista en 3D de los Recursos Inferidos y tonelaje de los bloques de las Limolitas de la F. Farrat en las proyecciones por debajo del Cerro Carga en los niveles 2870 al 2770 generados con Leapfrog Geo 2023.2.3.....	154
Figura 73.	Vista en 3D de los Recursos Inferidos y tonelaje de los bloques de las Areniscas Arcillosas de la F. Farrat en las proyecciones por debajo del Cerro Carga en los niveles 2870 al 2770 generados con Leapfrog Geo 2023.2.3.....	155

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

		Pág.
Foto 1.	Fotografías con vistas EW y NS en el cerro Carga, donde se puede apreciar la vegetación dominada por Eucaliptos.....	22
Foto 2.	Tesista realizando Cartografiado Geológico en el cerro Carga.	30
Foto 3.	Vista WE en afloramiento de la Estación 1, observándose areniscas de la Formación Farrat con Az 80°, Dip -70° y familia de diaclasas con Az 340°, Dip -75°.....	32
Foto 4.	Muestra de arenisca DA-01 para pruebas de densidad, presencia de granos de cuarzo y pátinas de óxidos de hierro.....	32
Foto 5.	Vista NS en afloramiento de la Estación 2, observándose grandes bloques insitu y rodados de arenisca de la Formación Farrat.	33
Foto 6.	Vista NW-SE en otro afloramiento de la Estación 3, observándose presencia de arenisca de la Formación Farrat con Az 45°, Dip -55° y familia de diaclasas con Az 345°, Dip -50°.	33
Foto 7.	Muestra de arenisca DA-02 para pruebas de densidad, presencia de granos de cuarzo y pátinas de óxidos de hierro.....	34
Foto 8.	Vista NE-SW en afloramiento de la Estación 4, arenisca de la Formación Farrat con fracturamiento Az 130°, Dip -65°.	34
Foto 9.	Muestra de arenisca cuarzosa DA-03 para pruebas de densidad, se observan pátinas de óxidos de hierro.	35
Foto 10.	Vista NW-SE de pequeños afloramientos de la Estación 5, arenisca de la Formación Farrat insitu.	35
Foto 11.	Muestra de arenisca cuarzosa de color blanca, codificada como DA-04 para pruebas de densidad, con pátinas de óxidos de hierro.....	36
Foto 12.	Vista NW-SE, afloramientos de arenisca en la Estación 6, estratificación Az 75°, Dip -60° y fracturamiento Az 320°, Dip -60°, en la parte trasera se aprecia el Cerro el Castillo.	36
Foto 13.	Muestra de arenisca CA-01 para pruebas de composición química, obsérvese la presencia de óxidos de hierro, cuarzo blanco y líticos esporádicos.	37
Foto 14.	Muestra de arenisca DA-05 para pruebas de densidad, se evidenció cuarzo lechoso de color blanquecino.	37

Foto 15.	(A) Fotografía superior vista SW-NE del extremo NW del cerro Carga, donde se aprecia cárcavas en las areniscas y limolitas de la Formación Carhuaz, (B) corresponde al mismo sector visto desde enfrente con vista NE-SW y en (C) se aprecia mejor cárcava en areniscas y limolitas de la Formación Carhuaz.....	38
Foto 16.	Fotografías con vista E-W, arriba afloramientos de arenisca con Az 70° y Dip -45° y diaclasas con Az 160° y Dip -75°, la fotografía inferior corresponde al mismo sector observando al tesista realizando el cartografiado geológico.....	39
Foto 17.	Muestra de arenisca DA-06 para pruebas de densidad, como minerales principales se observó cuarzo blanquecino y pátinas de óxidos de hierro.	39
Foto 18.	(A) Fotografía superior con vista E-W donde se observa intercalaciones de afloramientos de “a”: Areniscas y “b”: Limolitas con Az 85° y Dip -40°, (B) corresponde al mismo sector con vista SE-NW.	42
Foto 19.	Muestra de arenisca DA-07 para pruebas de densidad, se identificó presencia de cuarzo blanquecino y aumento en el porcentaje de óxidos de hierro.....	43
Foto 20.	Fotografía con vista E-W donde se aprecia afloramientos de arenisca con Az 110° y Dip -50° pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), además se observa 2 familias de fracturamiento: Az 340° con Dip -70° y Az 40° con Dip -55°.....	43
Foto 21.	Muestra de arenisca DA-08 para pruebas de densidad, observándose dominio de cuarzo.	44
Foto 22.	En (A) se observa afloramientos de arenisca con Az 105° y Dip -35°, (B) corresponde a 30 m al SW con vista W-E donde se observa continuidad en dirección de los estratos de arenisca con Az 100° y Dip -30°.....	44
Foto 23.	Muestra de arenisca DA-09 para pruebas de densidad por método de parafina, se observa dominio de sílice y algunas laminaciones de óxidos de hierro.....	45

Foto 24.	Vista SE-NW, pequeños crestones de arenisca en la Estación 12, en la parte trasera se aprecia la parte alta del sector NE el Cerro el Carga.	45
Foto 25.	Vista N-S, pequeños afloramientos de arenisca con Az 115° y Dip -40°, fracturamiento Az 5° y Dip -75°	46
Foto 26.	Muestra de arenisca DA-10 para pruebas de densidad por método de parafina, obsérvese dominio en contenido de cuarzo color blanco y menor cantidad de pátinas de óxidos de hierro.	46
Foto 27.	Vista S-N de afloramientos de arenisca con Az 115° y Dip -45° pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f)	47
Foto 28.	Muestra de arenisca DA-11 para pruebas de densidad por método de parafina, a la lupa se observó dominio de cuarzo por lo que correspondería a una Cuarzoarenita usando el diagrama de Pettijohn, 1975.....	47
Foto 29.	Vista S-N de afloramientos de arenisca con Az 110° y Dip -45° pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), en la parte trasera NW se aprecia la Estación de Cartografiado N° 10.	48
Foto 30.	Muestra de arenisca DA-12 para pruebas de densidad por método de parafina.....	48
Foto 31	Afloramiento de arenisca con vista NW-SE pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), presencia de diaclasas con Az 350° y Dip -45°	49
Foto 32	Muestra de arenisca DA-13 para pruebas de densidad por método de parafina, obsérvese incremento en el % de óxidos de hierro.	49
Foto 33.	(A) y (B) muestran afloramientos con vista NE-SW de arenisca de la Formación Farrat, además de, presencia de diaclasas con Az 350° y Dip -60°	50
Foto 34.	Muestra de arenisca DA-14 para pruebas de densidad por método de parafina.....	50
Foto 35.	En (A), (B), (C) y (D) se puede observar afloramientos de arenisca de la estación N° 18 con Az 120°, Dip -45° así mismo, presencia de falla con Az 30°, Dip -50° y fracturamiento paralelo con Az 40° y Dip -50°, (D) con vista NE-SW muestra una mejor vista de la estratificación.....	51

Foto 36.	Muestra de arenisca CA-02 colectada para determinar su composición química, notándose dominio de cuarzo blanquecino.	52
Foto 37.	Muestra DA-15 para pruebas de densidad por método de parafina.	52
Foto 38.	Fotografías de la Estación 19 con vista SW-NE, (A) muestra talud de arenisca con Az 125°, Dip -50°, en (B) y (C) se aprecia al tesista realizando medición de Azimut.....	55
Foto 39.	Muestra DA-16 para pruebas de densidad, a la lupa se observó dominio de granos de cuarzo.....	56
Foto 40.	En (A) con vista N-S se aprecia grandes bloques de arenisca algunos insitu y otros rodados, en la parte posterior se observa el cerro los Sapitos y vía nacional pavimentada hacia Namora, en (B) con vista SE-NW se puede observar de igual forma bloques de arenisca algunos rodados y otros insitu con Az 110°, Dip -55°.	56
Foto 41.	Muestra de arenisca DA-17 para pruebas de densidad por método de parafina, observándose dominio de cuarzo con pátinas de óxidos de hierro (limonitas).....	57
Foto 42.	Fotografía con vista N-S apreciándose grandes bloques de arenisca algunos rodados y otros insitu con fracturamiento Az 355°, Dip -65°.	57
Foto 43.	Muestra de arenisca DA-18 para pruebas de densidad por método de parafina.	58
Foto 44.	Fotografía con vista S-N apreciándose grandes bloques de arenisca algunos rodados y otros insitu.....	58
Foto 45.	Muestra de arenisca DA-19 para pruebas de densidad por método de parafina, obsérvese dominio de cuarzo blanquecino.....	59
Foto 46.	Fotografía con vista S-N apreciándose afloramientos de arenisca con Az 110°, Dip -65°, buzando hacia la laguna Sulluscocha.....	59
Foto 47.	Muestra de arenisca CA-03 colectada para pruebas de composición química.	60
Foto 48.	Fotografía con vista S-N apreciándose afloramientos de arenisca con Az 110°, Dip -65°, buzando hacia la laguna Sulluscocha.....	60
Foto 49.	Muestra de arenisca N° 20 para pruebas de densidad por método de parafina.....	61

- Foto 50. En (A) se observa depósitos cuaternarios inconsolidados compuestos por niveles de arenas finas y niveles de conglomerados con matriz arenácea y fragmentos de areniscas, en (B) y (C) se precia mayores detalles de estos conglomerados y niveles arenáceos, además en (B) se aprecia la parte alta del Cerro Carga..... 61
- Foto 51. En (A) se observa contacto entre la Formación Santa con la Formación Farrat debido a presencia de Falla Inversa Cajamarca con Az 85°, Dip -80°, en el plano de falla de color azul se indica U: Up bloque que subió y D: Down bloque que bajó. En (B), (D) y (E) se puede apreciar areniscas grises, limolitas y limolitas bituminosas pertenecientes a la F. Santa, en (C) se observa areniscas blanquecinas pertenecientes a la F. Farrat..... 62
- Foto 52. (A) y (C) muestran los contactos entre la Formación Farrat (Ki-f) compuesta por areniscas blanquecinas y la Formación Santa (Ki-sa) compuesta por limolitas, areniscas grises y limolitas bituminosas debido a Falla Inversa Cajamarca con Az 100° y Dip -75°, como indicador tectónico se tiene brecha tectónica en las areniscas, (B), (C) y (D) muestran limolitas de la formación Santa con Az 270° y Dip -25°, en (D) se aprecia cambio del buzamiento y dirección de los estratos de Az 270° y Dip -25° en las limolitas a Az 100° y Dip -75° en las areniscas grises y limolitas bituminosas debido a Falla Inversa con Az 130° y buzamiento -75°, finalmente en (E) se observa mayor detalle de las areniscas grises de la Formación Santa (Ki-sa)..... 63
- Foto 53. Afloramientos de la Estación 27 en corte de carretera, donde en (A) y (B), se observa intercalaciones de “a”: areniscas, “b”: areniscas arcillosas y “c”: limolitas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), además de presencia de Falla Inversa con componente dextral con Az 100°, Dip -80°, en (C) se puede apreciar al tesista indicando el plano de falla e identificando movimiento a partir de escalones de falla que indican sentido de movimiento como una Falla Inversa. 64
- Foto 54. Muestras de areniscas arcillosas, donde (A), (B) y (C) corresponden a DAA-01, DAA-02 y DAA-03 para ensayo de densidad y (D)

	corresponde a CAA-01 para ensayo de composición química.....	65
Foto 55.	Fotografía SW-NE donde se observa areniscas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) con dirección Az 105°, Dip -65° buzando hacia la laguna Sulluscocha, en la parte trasera izquierda se observa el Cerro el Castillo	66
Foto 56	Muestra DA-21 para pruebas de densidad por método de parafina.....	66
Foto 57.	En (A) se observa en el Cerro Carga estratificación y falla contacto paralela entre areniscas y limolitas con Az 110° y Dip -70° pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), en (B), (C) y (D) se puede apreciar mayor detalle del contacto entre las areniscas y limolitas de la Formación Farrat (Ki-f).....	67
Foto 58.	Muestras de limolitas, (A), (B), (C) y (D) corresponden a DL-01 (Densidad Limolita 1),DL-02 (Densidad Limolita 2), DL-03 (Densidad Limolita 3) y DL-04 (Densidad Limolita 4) para ensayos de densidad.....	68
Foto 59.	Muestra de limolitas CL-01 de la Formación Farrat para pruebas de composición química.....	69
Foto 60.	En (A) se observa afloramientos de arenisca de la Formación Farrat (Ki-f), con dirección Az 110°, Dip -75° buzando hacia la laguna Sulluscocha con fracturamiento Az 330° y Dip -60° y en (B) se tiene una mejor vista de la estratificación en la parte alta del Cerro Carga.....	69
Foto 61.	En (A) y (B) se observa trinchera artesanal de explotación de limolitas de hasta 20 m de ancho y 10 m de alto aprox., además fallas identificadas en los contactos entre areniscas y limolitas con Az 90°/ Dip -75° y Az N 95°/ Dip -70°, en (C) se puede apreciar plano de falla e interpretación del movimiento como Falla Normal debido a escalones tectónicos que indican la cinemática de la estructura.	70
Foto 62.	Muestras de limolitas, donde (A), (B) y (C) corresponden a DL-05 (Densidad Limolita 5), DL-06 (Densidad Limolita 6) y DL-07 (Densidad Limolita 7) para ensayos de densidad.....	71
Foto 63.	Muestras de limolitas, donde (A) corresponden a CL-01 (Composición química Limolita 1) y (B) a CL-02 (Composición química Limolita 2) para pruebas de composición química.	71

Foto 64.	En (A) se muestra Falla Inversa con Az 90°/ Dip -80° en el contacto entre areniscas y limolitas	74
Foto 65.	(A) y (B) muestran en el piso arenisca de la Formación Farrat (Ki-f) en parte baja del Cerro Carga	74
Foto 66.	En (A), (B) y (C) se observa en el piso presencia de limolitas de la Formación Farrat (Ki-f) con Az 90°/ Dip -85° en parte baja del Cerro Carga	75
Foto 67.	Muestras de limolitas, donde (A) y (B) corresponden a DL-08 (Densidad Limolita 8) y DL-09 (Densidad Limolita 9) para pruebas de densidad y (C) corresponde a CL-04 (Composición química Limolita 4) para ensayos de composición química	76
Foto 68.	En (A) y (B) se observa Falla Inversa Cajamarca con Az 100°/ Dip -80° inferida en eje de quebrada que separa al Cerro Carga (Formación Farrat (Ki-f)) del Cerro el Castillo (Formación Carhuaz (Ki-ca)), en (C) se puede observar muestra de arenisca cuarzosa blanquecina del Cerro Carga con algunas pátinas de Ox de Fe pertenecientes a la Formación Farrat y en (D) muestra de areniscas de grano fino de color rojiza del Cerro el Castillo perteneciente a la Formación Carhuaz	77
Foto 69.	En (A), se observa limolitas con potencia de hasta 11 m encajonadas a ambos lados con areniscas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) y presencia de Falla contacto con Az 85° / Dip -75°, en (B) se observa afloramiento de limolitas donde se colectó la muestra de densidad DL-10 y en (C) se observa muestra de limolitas DL-10 colectada para ensayos de densidad, a la lupa con dominio de caolín y presencia de óxidos de hierro (limonitas), con coordenadas Norte: 9204584.45, Este: 789541.12 y Elevación: 2967.16.....	78
Foto 70.	En (A) y (B) se observa limolitas extraídas de manera artesanal con potencia de hasta 15 m encajonadas a ambos lados con areniscas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) y presencia de Falla Normal con Az 90°/ Dip -75° evidenciando el movimiento por escalones tectónicos	79

Foto 71.	En (A) se observa presencia de falla Inversa con Az 85 / Dip -80° en el contacto de areniscas y limolitas, en (B) se aprecia escalones tectónicos y al testista realizando medición de estructura.....	80
Foto 72.	En (A) se observa muestra CL-05 para composición química y en (B) muestra DL-11 para densidad.	80
Foto 73.	En (A) se observa emplazamiento de limolitas de manera encajonada entre estratos de arenisca, en (B) se aprecia Falla Normal con Az 90°/ Dip -75° en el contacto entre areniscas y limolitas.	81
Foto 74.	Muestra de limolitas DL-12 para pruebas de densidad, con dominio de Caolín a la lupa.	81
Foto 75.	En (A), se observa emplazamiento de limolitas de manera encajonada entre de arenisca, los cuales fueron minados de manera artesanal sin embargo se observa continuidad de estas limolitas en el piso, además fallas identificadas en los contactos entre areniscas y limolitas con Az 90°/ Dip -75°, en (B) y (C) se puede apreciar plano de falla, y en (B) se interpretó del movimiento como Falla Inversa debido a escalones tectónicos que indican la cinemática de la estructura.	82
Foto 76.	En (A), (B) y (C) se observa muestras de limolitas DL-13, DL-14 y DL-15 para pruebas de densidad.	83
Foto 77.	En (A), se observa afloramientos de areniscas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) con dirección Az 85°, Dip -65° buzando hacia la laguna Sulluscocha. En (B) se aprecia una vista panorámica de la distribución geológica de las areniscas de la Estación 39 visto desde un extremo SW del Cerro Carga, además de las limolitas y fallas identificadas en estaciones de cartografiado anteriores.	84
Foto 78.	Muestra de arenisca DA-22 para pruebas de densidad por método de parafina.	84
Foto 79.	En la fotografía NE-SW superior, se observa afloramientos de areniscas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), en la parte trasera derecha se observa el Cerro el Castillo.	85
Foto 80.	Muestra de arenisca DA-23 para pruebas de densidad por método de parafina.	85

Foto 81.	En la fotografía NW-SE superior, se observa afloramientos de areniscas y pátinas de limonita pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), en la parte trasera derecha se observa el Cerro el Castillo.....	86
Foto 82.	Muestra de arenisca DA-24 para pruebas de densidad por método de parafina.	86
Foto 83.	En (A) se observa afloramientos de areniscas y pátinas de limonita pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), (B) muestra mayor detalle del afloramiento de areniscas.	87
Foto 84.	En (A) se observa muestra de arenisca blanquecina CA-04 con pátinas de limonitas para pruebas de composición química y en (B) muestra de arenisca blanquecina DA-25 para pruebas de densidad.	87
Foto 85.	En (A) se puede apreciar depósitos inconsolidados de arenas de grano fino con coloraciones rojizas en contacto con arenisca de la Formación Farrat, (B) muestra mayor detalle de las arenas inconsolidadas.	88
Foto 86.	En (A), (B), (C) y (D) se puede apreciar depósitos inconsolidados de arenas de grano fino con coloraciones rojizas, además en (A) plano de falla sinistral Sulluscocha con dirección N 340° y buzamiento -80° en el eje de quebrada, en (C) se aprecia al testista realizando medición de Azimut en plano de falla, en (D) se observa escalones de falla y recristalizaciones que sirvieron para identificar movimiento de la falla como falla sinistral.....	89
Foto 87.	Vista WE en afloramiento de la Estación 3, observándose areniscas de la Formación Farrat con fracturamiento con Az 330°, Dip -40°. Con las siguientes coordenadas: Norte: 9205007.40, Este: 789717.61, Elevación: 3106.76.....	165
Foto 88.	Vista NW-SE en afloramiento de la Estación 4, areniscas de la Formación Farrat insitu en piso y bloques rodados. Con las siguientes coordenadas: Norte: 9205294.37, Este: 789907.75, Elevación: 3120.63.	165
Foto 89.	En (A) y (B) se muestran vistas NW-SE en afloramientos de arenisca en corte de carretera en Estación 9, con Az 80°, Dip -40°. Con las coordenadas: Norte: 9205351.49, Este: 790160.90, Elevación: 3108.21.	166
Foto 90.	(A), (B) y (C) muestran intercalación de afloramiento de “a”: areniscas	

- y “b”: pequeño estrato de limolitas de 8.5 cm de potencia en Estación 9, con Az 80° y Dip -30° pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f). Con las coordenadas: Norte: 9205354.93, Este: 790084.31, Elevación: 3109.41..... 166
- Foto 91. Afloramientos de Estación 26 con coordenadas: Norte: 9204321.45, Este: 791032.93, Elevación: 2948.83. En (A) se observa con intercalaciones de areniscas gris y limolitas pertenecientes a la Formación Santa en contacto con areniscas de la Formación Farrat (Ki-f), debido a presencia de Falla Inversa Cajamarca con Az 85°, Dip -80°, en el plano de falla de color azul se indica U: Up bloque de la Formación Santa subió y D: Down bloque de la Formación Farrat que bajó hasta estar al mismo nivel, en (B), (C) y (D) se aprecia con letra “a” a las areniscas grises y limolitas, con letra “b” a las limolitas con sus potencias respectivas, en (C) y (D) mayor detalle de medición de potencia realizada por tesista y asistente. 167
- Foto 92. Afloramientos de la Estación 27 con coordenadas Norte: 9204380.88, Este: 790927.54, Elevación: 2986.07. (A) muestra areniscas cuarzosas blancas, areniscas arcillosas y limolitas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), se observa estratificación con Az 110°, Dip -75° en las areniscas cuarzosas blancas de la parte superior del Cerro Carga y Az 280° con Dip -75° en las areniscas, areniscas arcillosas y limolitas de la parte inferior además de brecha de falla, el cambio de dirección de buzamiento se interpreta debido a fallamiento que flexiona ligeramentelos estratos. En (B) se observa mayor detalle de las limolitas en la parte trasera de infraestructura perteneciente al colegio de abogados de Cajamarca. 168
- Foto 93. Vista SW-NE en corte de carretera de Estación 27 con coordenadas Norte: 9204364.70, Este: 790966.52, Elevación: 2974.04, se observa taludes con intercalaciones de “a”: areniscas y “b”: limolitas de 6 m. pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) con dirección Az 105°, Dip -70°, las areniscas presentan textura brechada. 169
- Foto 94. En (A) y (B) se aprecia depósitos cuaternarios inconsolidados

- compuestos por niveles de arenas finas y conglomerados con matriz arenácea y fragmentos de areniscas con las siguientes coordenadas: Norte: 9204271.75, Este: 790899.57, Elevación: 2968.74. 169
- Foto 95. Tesista realizando medición de potencia en Estación 29 de afloramiento de limolitas, de acuerdo a las características mineralógicas de dureza, color, raya y textura a la lupa, se identificaron caolín, illita y montmorillonita, con las siguientes coordenadas: Norte: 9204446.87, Este: 790577.69, Elevación: 3017.52..... 170
- Foto 96. En la Estación 31 se identificó instalaciones de cantera artesanal para extracción de Caolín, así mismo se puede apreciar contacto entre arenisca y limolitas con Az 105° y Dip -80°. Coordenadas: Norte: 9204525.02, Este: 790035.45, Elevación: 3006.99..... 170
- Foto 97. En (A) se observa contacto con Az 100° y Dip -80° entre areniscas y limolitas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), en (B) se puede apreciar al tesista realizando identificación de arcillas en las limolitas soportado de las propiedades mineralógicas de dureza, color, raya y textura identificando caolín y montmorillonita (colores blanquecinos) con menores contenidos de illita (colores grisáceos) y óxidos de hierro (hematita) como pátinas. Coordenadas: Norte: 9204513.59, Este: 790090.96, Elevación: 3006.81 171
- Foto 98. En (A) y (B) se observa afloramientos de limolitas de la Estación 33, pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) con Az 90°/ Dip -85° en parte baja del Cerro Carga. Coordenadas: Norte: 9204532.19, Este: 789676.73, Elevación: 2972.17 172
- Foto 99. Fotografía con vista SW-NE en las faldas SW del Cerro Carga donde se observa afloramientos de arenisca de la Formación Farrat (Ki-f) con fracturamiento Az 330°/ Dip -50°. Coordenadas: Norte: 9204613.49, Este: 789308.65, Elevación: 2948.95..... 172
- Foto 100. En la fotografía se observa afloramientos de areniscas y limolitas de la Formación Farrat con presencia de Falla contacto con Az 85°/ Dip -75°, en la parte posterior derecha se observa el Cerro El Castillo.

	Coordenadas: Norte: 9204576.31, Este: 789538.37, Elevación: 2966.71.....	173
Foto 101.	En (A) se observa Falla con Az 90°/ Dip -75° en el contacto entre areniscas y limolitas, minadas artesanalmente y observándose continuidad en el piso, en (B) se identificó caolín y montmorillonita (colores blanquecinos), illita (colores grisáceos) y pátinas con Ox de Fe (colores amarillentos y rojizos). coordenadas: Norte: 9204590.83, Este: 789916.74, Elevación: 3008.72.....	173
Foto 102.	En (A) y (B) se observa Falla Inversa Cajamarca con Az 100°/ Dip -80° inferida en eje de quebrada que separa al Cerro Carga (Formación Farrat (Ki-f)) del Cerro el Castillo (Formación Carhuaz (Ki-ca)). Coordenadas: Norte: 9204773.31, Este: 788834.97, Elevación: 2873.85.....	174

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.	Fórmula para el cálculo de densidad usando método de parafina.	14
-------------	---------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS

GPS	: Sistema de Posicionamiento Global.
WGS-84	: Sistema Geodésico Mundial 1984.
UTM	: Universal Transversal Mercator.
DEM	: Modelo Digital de Elevación.
Tn	: Toneladas métricas.
3D	: Tres dimensiones.
Az	: Azimut/dirección.
Dip	: Inclinación.
m	: Metros.
m³	: Metros cúbicos.
gr	: Gramos.
cm³	: Centímetros cúbicos.
%	: Por ciento.
ρ	: Densidad (g/cm ³)
km	: Kilómetros
msnm	: Metros sobre el nivel de mar.
NE	: Noreste.
NW	: Noroeste.
SE	: Sureste.
SW	: Suroeste.
N	: Norte.
S	: Sur.
W	: Oeste.

RESUMEN

En el Cerro Carga, en los distritos de Llacanora y Namora, afloran areniscas y rocas arcillosas estratificadas principalmente como limolitas de la Formación Farrat, donde se realizaron trabajos de modelamiento geológico 3D y estimación de reservas, que permitieron conocer la distribución espacial 3D y tonelajes, que servirán a las empresas locales para tener un mejor planeamiento de minado. Primero se buscó información bibliográfica, luego se realizó el cartografiado geológico a escala 1: 5,000, dividiendo la zona en 4 partes con 43 estaciones, colectando 43 densidades (25 areniscas, 15 limolitas, 3 areniscas arcillosas) y 10 muestras de composición química (4 areniscas, 5 limolitas, 1 arenisca arcillosa). Luego se realizó el modelamiento geológico 3D usando Leapfrog Geo, interpretando que las areniscas y limolitas de la Formación Farrat sedimentaron en un ambiente litoral-deltaico, en una estructura flor positiva generada por la falla inversa regional Cajamarca, en contacto con las Formaciones Santa y Carhuaz, encontrándonos a 6 km al Este de la continuación del flanco derecho del anticlinal de los Baños del Inca. Las areniscas fueron cuarzoarenitas con 93.06% de cuarzo, reportando el modelo de bloques 886,660,860 Tn de reservas probables (recursos indicados) y 422,459,520 Tn de recursos inferidos, las limolitas caoliníticas con 33.56 % de caolines, con 16,441,040 Tn de reservas probables (recursos indicados) y 18,380,740 Tn de recursos inferidos, además de areniscas arcillosas con 985,530 Tn de reservas probables (recursos indicados) y 192,660 Tn de recursos inferidos. Como aporte, se identificó 2 zonas para continuar explorando e incrementar las reservas de limolitas.

Palabras Claves: Estimación de Reservas, reservas probables, recursos indicados, recursos inferidos, modelamiento geológico 3D, modelo de bloques 3D, areniscas, limolitas.

ABSTRACT

At Cerro Carga, in the districts of Llacanora and Namora, sandstones and clayey rocks outcrop mainly stratified as siltstones of the Farrat Formation, where 3D geological modeling and reserve estimation work were carried out, which allowed to know the 3D spatial distribution and tonnages, which will serve local companies to have a better mining planning. First, bibliographic information was sought, then geological mapping was carried out at a scale of 1: 5,000, dividing the area into 4 parts with 43 stations, collecting 43 densities (25 sandstones, 15 siltstones, 3 clayey sandstones) and 10 samples of chemical composition (4 sandstones, 5 siltstones, 1 clayey sandstone). Then, 3D geological modeling was carried out using Leapfrog Geo, interpreting that the sandstones and siltstones of the Farrat Formation sedimented in a littoral-deltaic environment, in a positive flower structure generated by the Cajamarca regional reverse fault, in contact with the Santa and Carhuaz Formations, located 6 km east of the continuation of the right flank of the Baños del Inca anticline. The sandstones were quartz sandstones with 93.06% quartz, with the block model reporting 886,660,860 tons of probable reserves (indicated resources) and 422,459,520 tons of inferred resources, the kaolinitic siltstones with 33.56% kaolins, with 16,441,040 tons of probable reserves (indicated resources) and 18,380,740 tons of inferred resources, in addition to argillaceous sandstones with 985,530 tons of probable reserves (indicated resources) and 192,660 tons of inferred resources. As a contribution, 2 areas were identified to continue exploring and increase the siltstone reserves.

Keywords: Reserve estimation, probable reserves, indicated resources, inferred resources, 3D geological modeling, 3D block model, sandstones, siltstones.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

En el Cerro Carga ubicado al norte y frente a la laguna Sulluscocha, en los límites Este y Oeste de los distritos de Llacanora y Namora, afloran areniscas y rocas arcillosas estratificadas y consolidadas principalmente como limolitas y también como arcillitas y lutitas pertenecientes a la Formación Farrat, que fueron explotadas en canteras de manera artesanal por empresas locales, sin embargo, no existen trabajos de modelamiento geológico ni estimación de reservas.

En función a lo mencionado, se ha considerado la siguiente formulación del problema: ¿Cuál es el modelamiento geológico y estimación de reservas de las areniscas y arcillas de la Formación Farrat usando software Leapfrog Geo en el cerro Carga - distritos de Llacanora y Namora - Cajamarca?

Teniendo como hipótesis general: El modelamiento geológico usando software Leapfrog Geo, permite la estimación de reservas de las areniscas y arcillas de la Formación Farrat, que servirá a las empresas locales para tener un mejor planeamiento y explotación de sus canteras en el cerro Carga - distritos de Llacanora y Namora - Cajamarca, teniendo además como hipótesis específica: La interpretación geológica a partir del cartografiado geológico y posterior modelamiento geológico usando software Leapfrog Geo, uso de densidad calculada y composición química para las areniscas y arcillas nos indica que existe mayor tonelaje de areniscas y que las arcillas en el cerro Carga son producto de la meteorización de éstas a lo largo del Cretácico Inferior al Paleógeno, Neógeno y Cuaternario.

Esta investigación se justifica porque permitirá proporcionar aportes al entregar una interpretación, mejor entendimiento de la distribución espacial 3D y estimación de reservas de las areniscas y arcillas de la Formación Farrat del Cerro Carga, que servirá a las empresas locales para tener un mejor planeamiento y explotación de sus canteras, la investigación pretende también servir como guía para futuros trabajos con objetivos similares.

Teniendo así, como objetivo general: Determinar el modelamiento geológico y estimación de reservas de las areniscas y arcillas de la Formación Farrat usando software Leapfrog Geo en el cerro Carga - distritos de Llacanora y Namora - Cajamarca, con los siguientes objetivos específicos: Cartografiar la distribución geológica de las areniscas y arcillas, determinar la composición y tipo de areniscas y arcillas a partir de ensayos de composición química, calcular los valores de densidad de las areniscas y arcillas a partir del ensayo de parafina.

La presente tesis está compuesta por cinco capítulos: el primer Capítulo I que lleva por título: Introducción, se da una explicación de la conformación de la Tesis. Dentro del Capítulo II, denominado Marco Teórico, están los antecedentes de la investigación tanto internacionales, nacionales y locales; así mismo las bases teóricas que van a servir de apoyo para la presente investigación. El capítulo III, denominado Materiales y Métodos, encontramos la ubicación geográfica y política, la accesibilidad, el clima y vegetación seguido de la Metodología de la Investigación donde tenemos el tipo, nivel diseño y método de investigación, la población, muestra y unidad de análisis, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y la metodología del análisis e interpretación de datos. En el capítulo IV, denominado Análisis y Discusión de Resultados, se analizará los resultados obtenidos en la investigación, contrastando la veracidad de la hipótesis planteada, para así llegar a las conclusiones correspondientes. El capítulo V, se presentan las Conclusiones y Recomendaciones obtenidas tras haber realizado la investigación, donde las conclusiones están de acuerdo con los objetivos planteados y las recomendaciones son sugerencias por parte del tesista.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacionales

Méndez (2023), en su tesis de grado titulada: Aportes al cálculo de recursos utilizando modelamiento geológico digital en la Cantera Agregados El Vínculo, Soacha Cundinamarca, en Santander - Colombia, realizó un modelo geológico digital en Andino 3D y Leapfrog Geo calculando 5,410,688 m³ como agregados totales, indicando que la metodología propuesta es funcional para la elaboración de cálculos de recursos en depósitos estratificados de materiales de construcción.

Naranjo (2017), Modelamiento geológico y estimación de recursos, Yacimiento la Niña, Tongoy, cementos Melón SA, realizada en Santiago de Chile, generó un modelo geológico 3D con software Vulcan 10, determinando la distribución espacial para luego calcular como recursos totales 28,940,000 Tn de Carbonato de Calcio (CaCO₃), siendo el software Vulcan 10 clave para el modelamiento y estimación.

Herrera (2016), en su proyecto de tesis: Diseño del sistema de explotación de materiales de construcción existentes en la Cantera “Mina 2”, ubicada en la parroquia Cangahua, Cantón Cayambe, provincia de Pichincha, en Quito-Ecuador, calculó el volumen de la cantera MINA 2 con 178 874 m³, volumen calculado mediante el análisis minero-geométrico y ratificado con los softwares Mineros Vulcan y RecMin, determinando que la aplicación de softwares es funcional en el cálculo de volúmenes y tonelajes.

2.1.2. Nacionales

Acuña y Díaz (2020), en su tesis de grado: Estimación de Reserva de Arcilla Tipo Caolinita Para La Vida Útil de la Concesión Minera Fernández, Tres Tomas – Ferreñafe, en Chiclayo realizaron un reconocimiento geológico de campo inicial ayudando a reconocer la

estratigrafía existente en la zona la cual se encontró arcilla roja y caolín, para luego realizar la estimación de reservas con la ayuda del software RecMin, la aplicación del software ayudó a calcular como reservas probables 159,067.00 m³ de arcilla roja y caolín, y como reservas probadas 399,514.4 m³ de arcilla roja y caolín.

2.1.3. Locales

Ayay (2024), en su tesis de grado: Evaluación económica para la explotación de manganeso en la concesión San Jorge de Chuchun, Namora-Cajamarca, en este trabajo, Ayay calculó las reservas de manganeso a través de perfiles modelados con el software Leapfrog Geo, calculando como reservas prospectivas un total de 24,478 Tn.

Calua (2024), Evaluación de reservas de las calizas del cretácico superior para la obtención de Óxido de Calcio (CaO) pampa de la Culebra - La Encañada, calculó las reservas de caliza en tres (3) canteras situadas en la Formación Cajamarca de la zona Pampa de la Culebra, a través del método de perfiles, indicando la cantera N°1. con 8.01 millones de Tn, la Cantera N°2. con 6.88 millones de Tn, y la Cantera N°3. con 11.44 millones de Tn, además con el análisis químico se identificó un alto contenido de Carbonato de Calcio (CaCO₃), con un promedio de 94.79%.

Sánchez (2023), en su tesis de grado: Comportamiento Geomecánico de la roca con la arcilla del derecho minero Horjes, distrito de Namora (Sulluscocha) – Cajamarca, identificó en el Cerro Carga la presencia de arcillas (principalmente caolinita) que se encuentran en la Formación Farrat, alineadas a los estratos de areniscas (con dirección E-W).

Carrión (2022), en su tesis para adquirir el grado de Ingeniero Geólogo de la UNC: Caracterización Estratigráfica de Secuencias de la Formación Santa en los Distritos de Llacanora y Namora, identificó a la Formación Santa en los sectores de Llacanora y Namora con cuatro secuencias litoestratigráficas: Areniscas grisáceas intercaladas con limolitas, areniscas intercaladas con Nódulos de arcillitas, areniscas grisáceas intercaladas con limolitas y Areniscas intercaladas con limolitas calcáreas.

Vargas (2018), en su tesis: Estudio de Influencia Microtectónica de la Falla Cajamarca en la zona Noroeste del distrito de Llacanora. Cajamarca – Perú, concluyó que la Formación Carhuaz se encuentra al mismo nivel que la Formación Farrat, debido a influencia de la falla

Cajamarca, siendo ésta una estructura regional de tipo inversa dextral que se extiende en dirección NW-SE identificada cerca de la localidad de Llacanora y Los Baños del Inca.

Maza (2017), en su informe de tesis: Estimación de reservas minerales de oro y plata en la veta Karina - Los Pircos, Santa Cruz – Cajamarca, revisó información existente en antiguos informes, planos geológicos y muestreo de los diferentes canales y trincheras subterráneas, para indicar que la Veta Karina cuenta con una reserva total de 2720 TN de Au y Ag, y ésta Veta incrementará un año más la vida útil del Proyecto Los Pircos.

Serrano (2017), en su tesis: Estudio Estratigráfico Secuencial de la Formación Farrat en Shaullo y Puyllucana, identificó 4 secuencias sedimentarias en la Formación Farrat con presencia de areniscas de grano fino, areniscas arcillosas y limolitas en la SECUENCIA II.

Bazán y Caja (2016), Análisis de Litofacies Silícico-Clásticas de la Formación Farrat en el Distrito de Llacanora – Cajamarca, concluyeron que: La Formación Farrat se depositó en un ambiente litoral – deltaico con 3 asociaciones de litofacies: Litofacies de llanura deltaica inferior a nivel de foreshore (169 m. de areniscas de grano de fino a medio), litofacies de frente deltaico dentro del shoreface (219 m. de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, intercaladas con limolitas y ocasionalmente lutitas abigarradas) y litofacies de llanura deltaica superior a nivel del backshore (constituida por 147 m. de micro conglomerados, grauwackas, areniscas de grano grueso, medio a fino, y niveles de limolitas).

Salazar y Álvarez (2016), Evaluación económica para explotación de arcillas tipo caolinita en la concesión minera Rumicucho, centro poblado Huayrapongo, distrito de Llacanora, provincia y departamento de Cajamarca, 2016. Usando el método de triangulación e inversa a la distancia, calculó las reservas siendo 194,970.98 Tn de arcillas.

Vergara (2015), Estimación de reservas probables de yacimientos no metálicos en arcillas del distrito de Llacanora Cajamarca, identificó que las arcillas se originaron por meteorización, específicamente hidrólisis y lixiviación debido a que las condiciones climáticas (precipitación y temperatura) y el tipo de roca madre (Lutitas, limolitas y calizas arenosas), calculando con ayuda del software Autocad Civil 3D 2016 los volúmenes, con ensayos de XRD la composición mineralógica y con pruebas de diferencias volumétricas la densidad, para finalmente indicar 401,327.554 Tn de reservas probables totales.

Bazán y Cerdán (2012), en su informe: Caracterización Morfoestructural del Anticlinal “Baños Del Inca” – Cajamarca, indican que: La zona del Anticlinal de Los Baños del Inca se ubica a 10 Km de la ciudad de Cajamarca, entre los distritos de: Llacanora y Baños del Inca, identificando un ambiente compresional de formación y que la deformación frágil posterior está representada principalmente por las Fallas Cajamarca, Llacanora y Sulluscocha.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Cartografiado Geológico

También conocido como mapeo geológico, es un proceso a través del cual, el geólogo usando la observación directa en campo realiza la toma de datos de las características geológicas de las rocas (litología, alteración, mineralización, etc.), estructuras (fallas, diaclasas, foliaciones, etc.), orientación de estas (rumbos, buzamientos, etc.) y dibuja todo esto sobre un mapa base topográfico o satelital para así lograr entender el comportamiento geológico de la zona de estudio (Ayala, 2023).

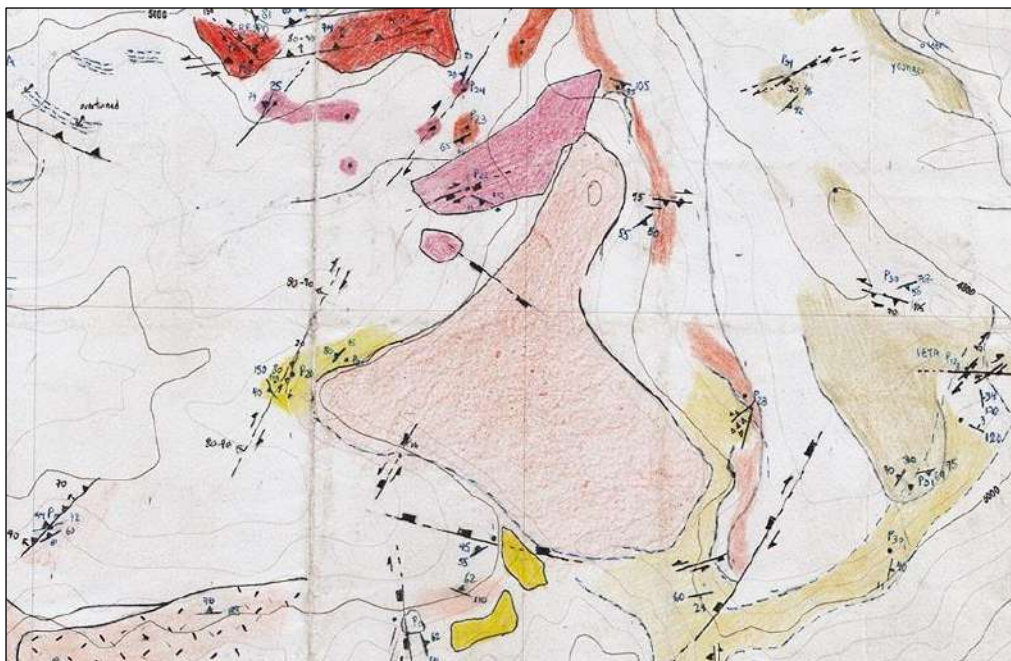


Figura 1. Cartografiado Geológico

Fuente: Ayala, (2023)

2.2.1.1. Cartografiado Geológico de Afloramientos por Polígonos

El cartografiado de afloramientos es la base de gran parte de la cartografía geológica detallada a escalas de 1:5000, 1:10.000 y más grandes. Es el estilo más común en la exploración minera. En este método, el geólogo debe examinar la extensión de los afloramientos, que se indica en el mapa de campo dibujando polígonos con el lápiz de color apropiado para cada tipo de roca o Formación. Los contactos litológicos en los afloramientos se marcarán con trazos llenos mientras que los contactos inferidos en las zonas cubiertas se marcarán con trazos discontinuos. Se pueden usar marcadores de distintos colores para marcar las trazas de las distintas litologías (Echeveste, 2013).

2.2.2. Modelamiento Geológico

Un modelo geológico es una representación conceptual 3D de la realidad incierta de una o más unidades geológicas, se compone de modelos de litología, alteración, mineralogía, estructuras, entre otros fenómenos geológicos presentes en el macizo rocoso, para lograr una interpretación del depósito en tres dimensiones. Se establece como una etapa temprana e indispensable en la estimación de recursos minerales considerada el umbral entre la geología y la ingeniería. Estos modelos pueden ser separados en modelos explícitos e implícitos (Hernández, 2022).

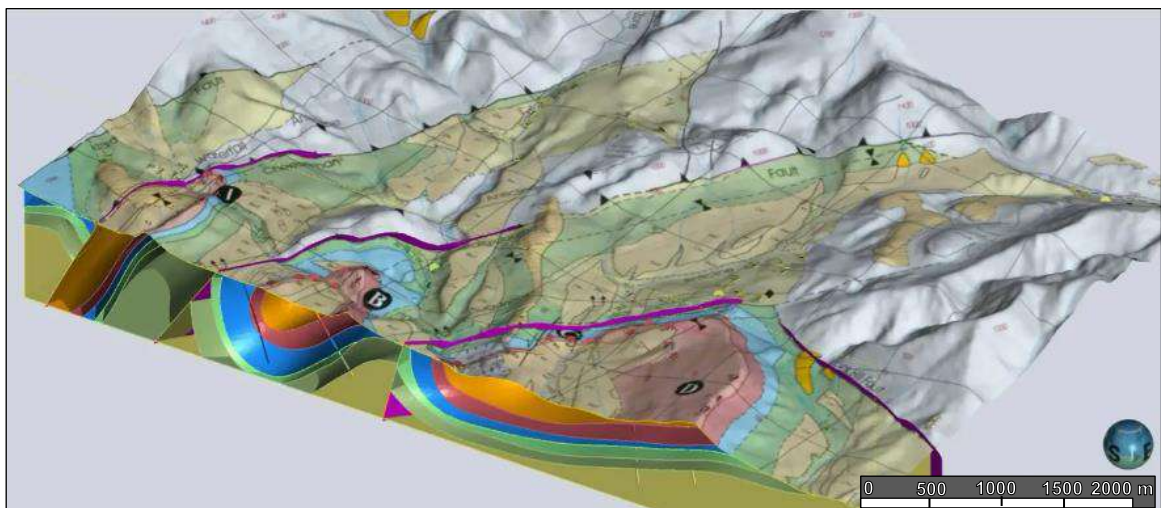


Figura 2. Modelamiento Geológico usando Software Leapfrog Geo

Fuente: Seequent, (2024)

2.2.2.1. Modelamiento Geológico Explícito

El modelado explícito requiere luego del modelamiento geológico, unir los límites de las unidades similares mediante polilíneas. Esto se realiza en juegos de secciones transversales y en planta para triangularlo resultando en un conjunto de sólidos. La desventaja es que al realizar polilíneas en su elaboración es imposible su reproducibilidad por parte de otro Geólogo (Hernández, 2022).

2.2.2.2. Modelamiento Geológico Implícito

Se define como un proceso en el que el modelo geológico se obtiene evaluando un conjunto de datos de entrada mediante una función matemática a través del espacio. Este método está automatizado por lo que no requiere de la interacción manual como es el caso del modelado explícito. El objetivo sigue siendo el mismo; predecir la extensión espacial de las unidades geológicas, siendo posible su reproducibilidad por parte de otro Geólogo. (Hernández, 2022)

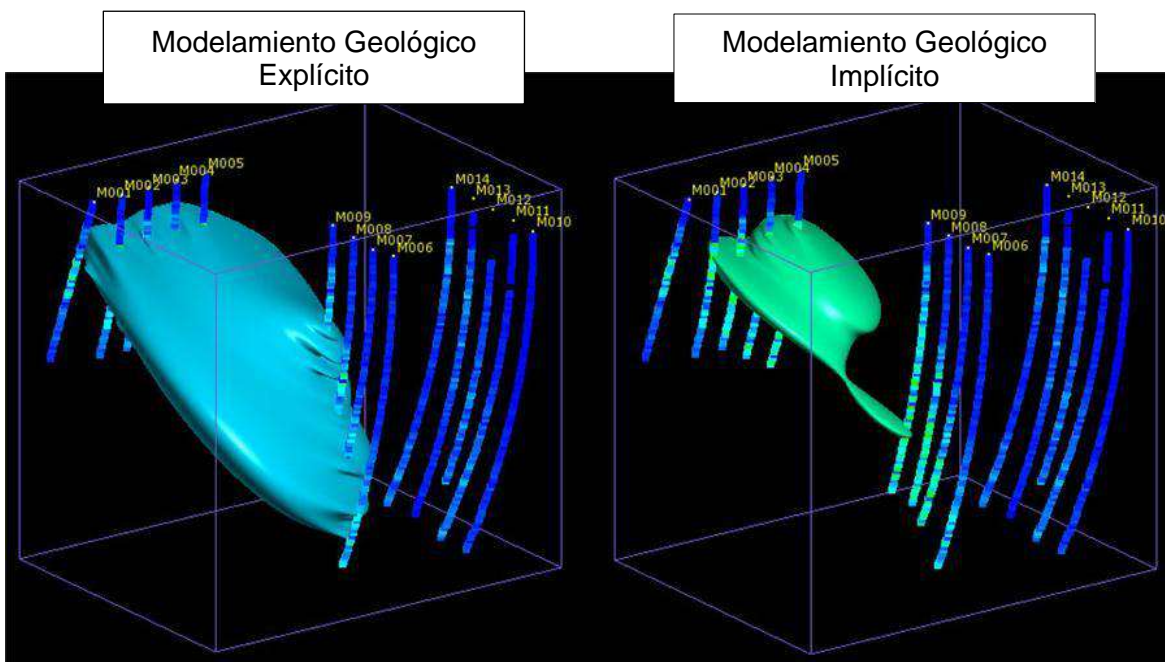


Figura 3. A la izquierda modelamiento geológico explícito mostrando mayor continuidad del cuerpo geológico y a la derecha modelamiento geológico implícito en software especializado mostrando menor continuidad del cuerpo geológico.

Fuente: Ayala, (2023)

2.2.3. Código JORC

El 'Código JORC' o 'el Código establece estándares mínimos, recomendaciones y pautas para la presentación de informes públicos en Australasia de los resultados de las exploraciones, los recursos y las reservas minerales. El Comité Conjunto de Reservas de Mineral ('JORC') se estableció en 1971 y publicó varios informes que contenían recomendaciones sobre la clasificación y el Informe Público de Reservas de Mineral antes de la publicación de la primera edición del Código JORC en 1989. Las ediciones revisadas y actualizadas del Código se publicaron en 1992, 1996, 1999, 2004 y 2012 que reemplaza todas las ediciones anteriores. (JORC, 2012)

2.2.4. Reserva Mineral

Una 'Reserva Mineral' es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido y / o Indicado. Incluye los materiales de dilución y las provisiones para pérdidas, e incluyen la aplicación de Factores Modificadores. Dichos estudios demuestran que, la extracción podría estar razonablemente justificada. Es importante que, como en el caso de un producto vendible, se incluya una declaración aclaratoria para garantizar que el lector esté completamente informado sobre lo que se informa. Podemos tener Reservas probadas o demostradas y reservas probables (JORC, 2012)

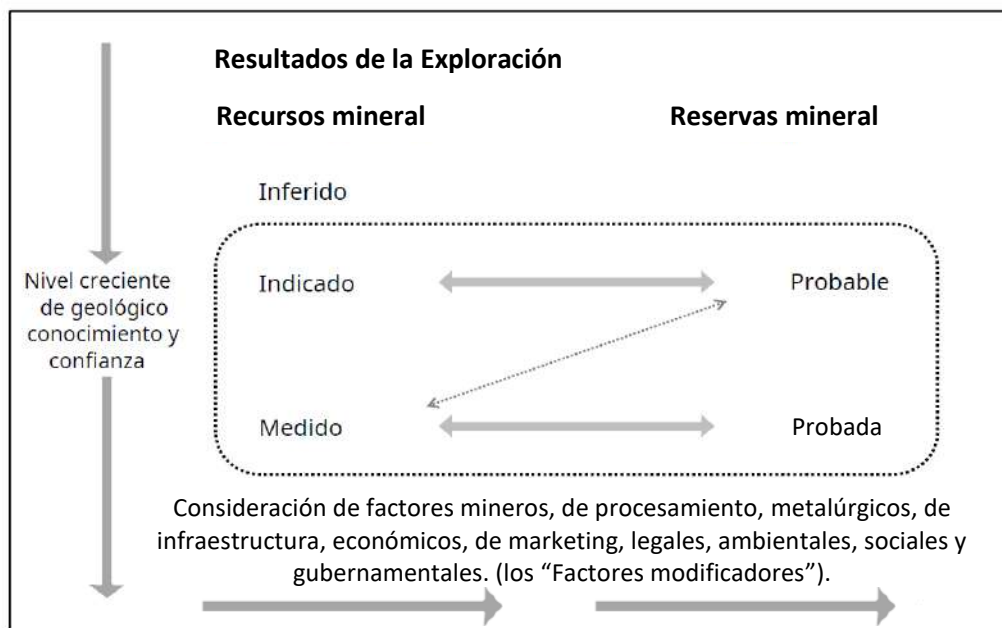


Figura 4. Relación general entre resultados de exploración, recursos y reservas minerales

Fuente: JORC, (2012)

2.2.4.1. Reserva Probable

Una 'Reserva Mineral Probable' es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y, en algunas circunstancias, Medido. La confianza en los factores de modificación que se aplican a una reserva de mineral probable es menor que la que se aplica a una reserva de mineral probada. La consideración del nivel de confianza de los Factores Modificadores es importante en la conversión de Recursos Minerales en Reservas de Mineral. Una reserva de mineral probable tiene un nivel de confianza más bajo que una reserva de mineral probada, pero tiene la calidad suficiente para servir como base para una decisión sobre el desarrollo del depósito. (JORC, 2012)

2.2.4.2. Reserva Probada o Demostrada

Una 'Reserva Mineral Probada o Demostrada' es la parte económicamente explotable de un recurso mineral medido. Una reserva de mineral probada implica un alto grado de confianza en los factores modificadores. Una Reserva Mineral Probada representa la categoría de confianza más alta de estimación de reserva e implica un alto grado de confianza en la continuidad geológica y de ley, y la consideración de los Factores Modificadores. El estilo de mineralización u otros factores podrían significar que las reservas probadas de mineral no se pueden lograr en algunos depósitos. (JORC, 2012)

2.2.5. Recurso Mineral

Un 'Recurso Mineral' es una concentración u ocurrencia de material sólido de interés económico en o sobre la corteza terrestre en tal forma, grado (o calidad) y cantidad que existen perspectivas razonables para una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, grado (o calidad), continuidad y otras características geológicas de un recurso mineral se conocen, estiman o interpretan a partir de evidencia y conocimiento geológico específico, incluido el muestreo. Los recursos minerales se subdividen, en orden de mayor confianza geológica, en categorías inferidas, indicadas y medidas. (JORC, 2012)

2.2.5.1. Recursos Inferidos

Un 'Recurso Mineral Inferido' es la parte de un Recurso Mineral para la cual la cantidad y el grado (o calidad) se estiman sobre la base de muestras y pruebas geológicas limitadas. La

evidencia geológica es suficiente para implicar, pero no verificar la continuidad geológica y de grado (o calidad). Se basa en información de exploración, muestreo y prueba recopilada a través de técnicas adecuadas en lugares como afloramientos, trincheras, pozos, labores y perforaciones. Un Recurso Mineral Inferido tiene un nivel de confianza más bajo que el que se aplica a un Recurso Mineral Indicado y no debe convertirse en una Reserva Mineral. Se espera razonablemente que la mayoría de los recursos minerales inferidos puedan actualizarse a recursos minerales indicados con la exploración continua. (JORC, 2012)

2.2.5.2. Recursos Indicados

Un 'Recurso Mineral Indicado' es aquella parte de un Recurso Mineral para la cual la cantidad, ley (o calidad), densidades, forma y características físicas se estiman con suficiente confianza para permitir la aplicación de Factores Modificadores con suficiente detalle para respaldar la planificación y evaluación de la mina, de la viabilidad económica del yacimiento. La evidencia geológica se deriva de una exploración, muestreo y pruebas adecuadamente detallados y confiables recopilados a través de técnicas apropiadas de ubicaciones como afloramientos, trincheras, pozos, trabajos y perforaciones, y es suficiente para asumir la continuidad geológica y de grado (o calidad) entre los puntos de observación. donde se recopilan los datos y las muestras. Un recurso mineral indicado tiene un nivel de confianza más bajo que el que se aplica a un recurso mineral medido y solo puede convertirse en una reserva mineral probable. (JORC, 2012)

2.2.5.3. Recursos Medidos

Un 'Recurso Mineral Medido' es aquella parte de un Recurso Mineral para la cual la cantidad, ley (o calidad), densidades, forma y características físicas se estiman con la confianza suficiente para permitir la aplicación de Factores Modificadores para respaldar la planificación detallada de la mina y la evaluación final. de la viabilidad económica del yacimiento. La evidencia geológica se deriva de la exploración, el muestreo y las pruebas detalladas y confiables recopiladas a través de técnicas apropiadas de ubicaciones tales como afloramientos, trincheras, pozos, labores y perforaciones, y es suficiente para confirmar la continuidad geológica y de grado (o calidad) entre puntos de observación donde Se recopilan datos y muestras. Un recurso mineral medido tiene un mayor nivel de confianza que el que se aplica a un recurso mineral indicado o un recurso mineral

inferido. Puede convertirse en una reserva de mineral probada o, en determinadas circunstancias, en una reserva de mineral probable. (JORC, 2012)

2.2.6. Estimación de Reservas

Las estimaciones de recursos y reservas minerales no son cálculos precisos, ya que dependen de la interpretación de información limitada sobre la ubicación, forma y continuidad de la ocurrencia y de los resultados de muestreo disponibles. El informe de las cifras de tonelaje (cantidad de toneladas de rocas o minerales existentes que se calculan multiplicando el volumen cubicado por la densidad promedio) y ley debe reflejar la incertidumbre relativa de la estimación redondeando a cifras adecuadamente significativas y, en el caso de los recursos minerales inferidos, mediante la calificación con términos como 'aproximadamente' y para enfatizar la naturaleza imprecisa de un recurso mineral, el resultado final siempre debe denominarse una estimación, no un cálculo, e implica cuantificar la cantidad y calidad de minerales metálicos o no metálicos presentes en un yacimiento, que pudieran ser explotados. La estimación de las reservas de mineral es muy comúnmente un esfuerzo de equipo que involucra varias disciplinas técnicas. (JORC, 2012)

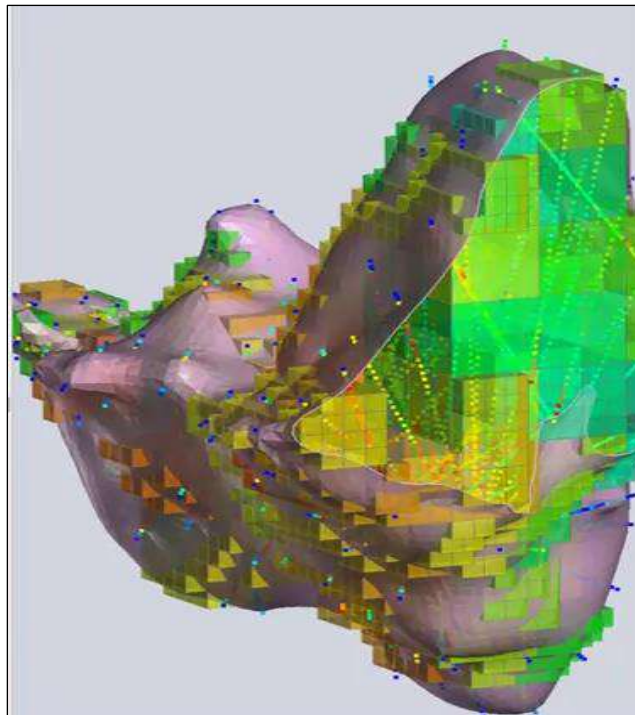


Figura 5. Estimación de Recursos usando Software Leapfrog GEO

Modificado de Seequent, (2023)

2.2.7. Calcinación de Materiales

La calcinación es un proceso que consiste en calentar un material, normalmente inorgánico, a una temperatura elevada con el fin de provocar una disociación o separación química. Este proceso se utiliza principalmente para eliminar impurezas volátiles o para alterar la composición química del material. La calcinación suele producirse en un reactor conocido como calcinador o en un horno. El material se calienta en condiciones controladas, a menudo a temperaturas que oscilan entre 800°C y 1300°C, dependiendo de la aplicación específica. El proceso implica una descomposición térmica, en la que el material se calienta por debajo de su punto de fusión en presencia de una cantidad limitada de aire u oxígeno. Este entorno controlado es crucial para evitar la combustión y garantizar la eliminación efectiva de los componentes volátiles. (KINTEK Solution for researching, 2024)

2.2.8. Método Químico: Gravimetría

En química analítica, el análisis gravimétrico o gravimetría consiste en determinar la cantidad proporcionada de un elemento, radical o compuesto presente en una muestra, eliminando todas las sustancias que interfieren y convirtiendo el constituyente o componente deseado en un compuesto de composición definida, que sea susceptible de pesarse. La gravimetría es un método analítico cuantitativo, es decir, que determina la cantidad de sustancia, midiendo el peso de la misma con una balanza analítica y por último sin llevar a cabo el análisis por volatilización. Los cálculos se realizan con base en los pesos atómicos y moleculares, y se fundamentan en una constancia en la composición de sustancias puras y en las relaciones ponderales (estequiometría) de las reacciones químicas. (Equipos y Laboratorio de Colombia S.A.S, 2022)

2.2.9. Densidad de rocas por método de parafina

La densidad viene a ser la magnitud que expresa relación entre la masa y el volumen de una roca expresada generalmente en g/cm^3 , el método de cera de parafina consiste en la determinación de la densidad de roca, sumergiendo en agua una muestra momentáneamente recubierta con parafina derretida mantenida a una temperatura de entre 60°C y 70°C, y por diferencias de pesos y volúmenes de agua desplazada calcular la densidad de la muestra. (Aguirre, 2021)

$$\rho = \frac{M_s}{\frac{(M_{sp} - M_{hp})}{\rho_l} - \frac{(M_{sp} - M_s)}{\rho_p}}$$

ρ =Densidad $\left(\frac{g}{cm^3}\right)$

M_s =Masa de la muestra seca (g)

M_{sp} =Masa de la muestra seca cubierta de parafina(g)

M_{hp} =Masa de la muestra parafinada sumergida en agua (g)

ρ_l =Densidad del líquido en el cual se sumerge la muestra

ρ_p =Densidad de la parafina $\left(0.9 \frac{g}{cm^3}\right)$

Ecuación 1. Fórmula para el cálculo de densidad usando método de parafina.

Fuente: Aguirre, (2021)

2.2.10. Clasificación de Areniscas

Se suele usar el diagrama triangular de tres componentes (Pettijohn, 1975) (Figura 6), teniendo como componentes en los vértices: Q (cuarzo), F (feldespatos) y F. L (fragmentos líticos). Para utilizar este esquema para la clasificación de areniscas, las proporciones relativas de cuarzo, feldespato y fragmentos líticos deben determinarse primero mediante estimación visual o contando granos bajo un microscopio, componentes accesorios, como la mica o los fragmentos biogénicos, no se tienen en cuenta. (Tabla 1). (Nichols, 2009)

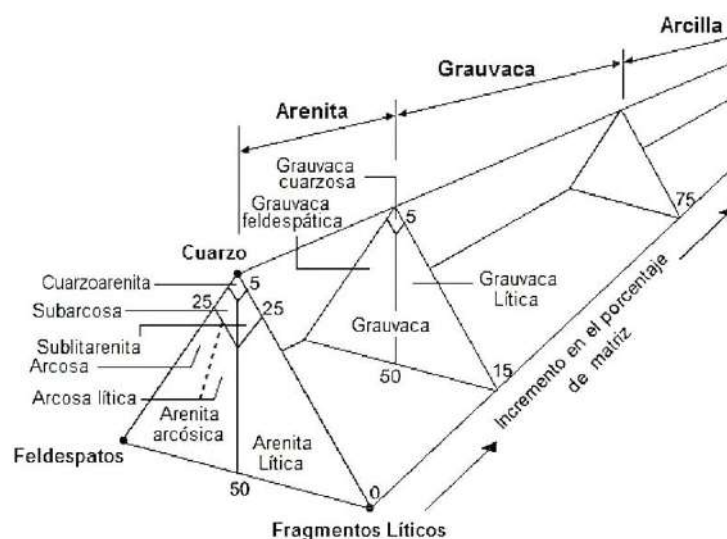


Figura 6. Clasificación de Pettijohn de las Areniscas

Fuente: Pettijohn, (1975)

Tabla 1. Clasificación de Pettijohn de las Areniscas a partir de % de Q, F y FR

Tipo de familia	Tipo de roca	Cuarzo (%)	Feldespatos (%)	Fragmentos de roca (%)	Matriz (%)
ARENITAS	Cuarzoarenita	$C > 90$	$0 < F < 5$	$0 < Fr < 5$	
	Sublitarenita	$50 < C < 95$	$0 < F < 25$	$5 < Fr < 25$	
	Subarcosa	$50 < C < 95$	$5 < F < 25$	$0 < Fr < 25$	Matriz < 15
	Arcosa	$0 < C < 75$	$25 < F < 100$	$0 < Fr < 50$	
	Litarenita	$0 < C < 75$	$0 < F < 50$	$25 < Fr < 100$	
GRAUVACAS	Cuarzograuvaca	$C > 90$	$0 < F < 5$	$0 < Fr < 5$	
	Grauvaca				
	feldespática	$0 < C < 95$	$5 < F < 100$	$0 < Fr < 50$	$15 < Matriz < 75$
	Grauvaca Lítica	$0 < C < 95$	$0 < F < 50$	$5 < Fr < 100$	
LUTITAS	Lutita				Matriz > 75

Fuente: Pettijohn, (1975)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Anticlinal: Plegamiento en el cual las rocas estratificadas buzan en sentido contrario (divergen) a partir de un plano denominado axial (Dávila, 2011).

Arcillas Sedimentarias: Son fruto de los agentes de meteorización físico-químicos actuantes sobre la roca madre original y se las puede considerar como unas acumulaciones naturales, consolidadas o no, de tamaño de grano fino, salvo excepciones, poseen un comportamiento físico muy peculiar frente al agua cual es la plasticidad, e incluso endurecen cuando son secadas o sometidas a tratamientos térmicos a alta temperatura (Díaz & Torrecillas, 2002).

Areniscas: Roca detrítica compuesta por partículas cuyo tamaño está comprendido entre 2 mm y 1/16 mm. Estas partículas son mayoritariamente minerales resistentes a la meteorización (cuarzo principalmente, micas, feldespatos y óxidos) y fragmentos de rocas (del Ramo & Guillén, 2021).

Cantera: Yacimiento de minerales no metálicos en explotación. Ejm. cantera de mármol, arena, etc. (Dávila, 2011).

Caolín: Arcilla constituida fundamentalmente por caolinita pura o por minerales del Grupo, que en su estado natural o tratada es blanca o casi blanca, que cuece blanco o casi blanco y que puede ser beneficiada para ser utilizada en cerámica blanca, papel, caucho, pinturas y usos similares”, siendo las arcillas cerámicas por excelencia tanto por su variedad como por sus amplias aplicaciones industriales (Díaz & Torrecillas, 2002).

Cuarzoarenitas: Son aquellas areniscas que contienen de > 95% de cuarzo, con el 5% de feldespatos y/o líticos, con alta porosidad y alta permeabilidad, alta madurez textural y mineralógica, formada por granos de cuarzo principalmente (Montijo, 2020).

Delta: En la actualidad el término delta se refiere a todos los depósitos de forma deltáica que se desarrollan en las desembocaduras de los ríos, tanto en los lagos como en los océanos, y se clasifican en oceánicos y continentales (Dávila, 2011).

Digitalización: Procedimiento automático o manual mediante el cual la información cartográfica o gráfica de un mapa, carta, boceto, etcétera se traduce a formato digital (Pérez, Orozco, & González, 2012).

Falla Geológica: Desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro colindante a éste o de ambos bloques, a través de un plano denominado "plano de falla", producto de esfuerzos tectónicos (Dávila, 2011).

Falla Sinistral: Falla de rumbo en la que el bloque se ha desplazado a la izquierda a lo largo del plano de falla (Dávila, 2011).

Falla Dextral: Falla en la que el bloque techo se ha desplazado a la derecha (Dávila, 2011).

Falla Normal: Cuando el techo baja con respecto al piso o el piso sube con respecto al techo, o ambos se desplazan en el sentido indicado. Las fallas normales son, generalmente producto de los esfuerzos de tensión. Sinónimo: Falla de gravedad (Dávila, 2011).

Falla Inversa: Cuando el piso baja con respecto al techo o el techo sube con respecto al piso, o ambos bloques se desplazan en el sentido indicado. Las fallas inversas, generalmente son producto de los esfuerzos de compresión (Dávila, 2011).

Fallas en Flor (Flower Structures): Fallas que tienen movimiento combinado paralelo a las líneas de rumbo y buzamiento, si la falla posee movimiento de rumbo (dextral o sinistral) combinado con movimiento inverso se tendrá una falla vertical en profundidad que suaviza su buzamiento hasta llegar a superficie, formando una flor positiva con dominante ambiente compresional, si el movimiento de rumbo (dextral o sinistral) se combina con un movimiento normal se tendrá se formará una flor negativa donde predomina el ambiente extensional (Van Der Pluijm & Marshak, 2004).

Flanco: Lado de un morro, de una montaña, de un pliegue, de un sinclinal (flanco de sinclinal), de un anticlinal (flanco de anticlinal), o a modo general de cualquier estructura geológica o forma de terreno que posea dos secciones más o menos simétricas a ambos lados de un plano que las divide o las separa (Dávila, 2011).

Lagoon: Término en inglés que refiere a una laguna, es un lago de pequeñas dimensiones, pueden ser: tectónicos, de grabens, de bloques fallados, de conos volcánicos, de cráteres volcánicos, de barrera (marinos o litorales, glaciares y eólicos), etc. no pudiendo ser sobre calderas, porque una caldera implica grandes dimensiones (Dávila, 2011).

Leapfrog Geo: Software de modelamiento Geológico que ofrece herramientas diseñadas para geólogos con procesos funcionales que permiten ahorrar tiempo, así como acortar los tiempos de capacitación (Seequent, 2024).

Litología: Estudia las rocas, especialmente su tamaño de grano, tamaño de las partículas, características físicas y químicas e incluye también su composición, su textura, tipo de transporte, así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante (Martín, 2018).

Limolita: Es una roca compuesta por fragmentos de limo, consolidados y diagenizados. La limolita es de origen sedimentario, clástico (Dávila, 2011).

Modelo digital de Elevación (DEM): El término modelo digital de elevación o DEM, por sus siglas en inglés, se refiere a una abstracción digital tridimensional que describe o modela la complejidad de la superficie del terreno en un área específica (Geosolutions Consulting, 2022).

CAPÍTULO III.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Ubicación Política

Esta investigación se encuentra ubicada en el departamento y provincia de Cajamarca, en los límites Este Oeste de los distritos de Llacanora y Namora, en el Cerro Carga ubicado al norte y frente a la laguna Sulluscocha. Ver Anexo Plano 01 y Figura 7.

3.1.2. Ubicación Geográfica

La zona se ubica al norte del Perú y al Este de la ciudad de Cajamarca, formando parte de la zona 17S, con coordenadas UTM - WGS84, con un área aproximada de 2.5 km² cuyas coordenadas se detallan en la Tabla 2 y se observan en la Figura 12.

Tabla 2. Coordenadas UTM zona 17s, WGS-84, carta 14G (cuadrángulo de San Marcos).

Coordenadas UTM zona 17s, Datum WGS-84		
VÉRTICE	ESTE	NORTE
V1	791300	9205800
V2	791300	9204100
V3	788600	9205800
V4	788600	9204100

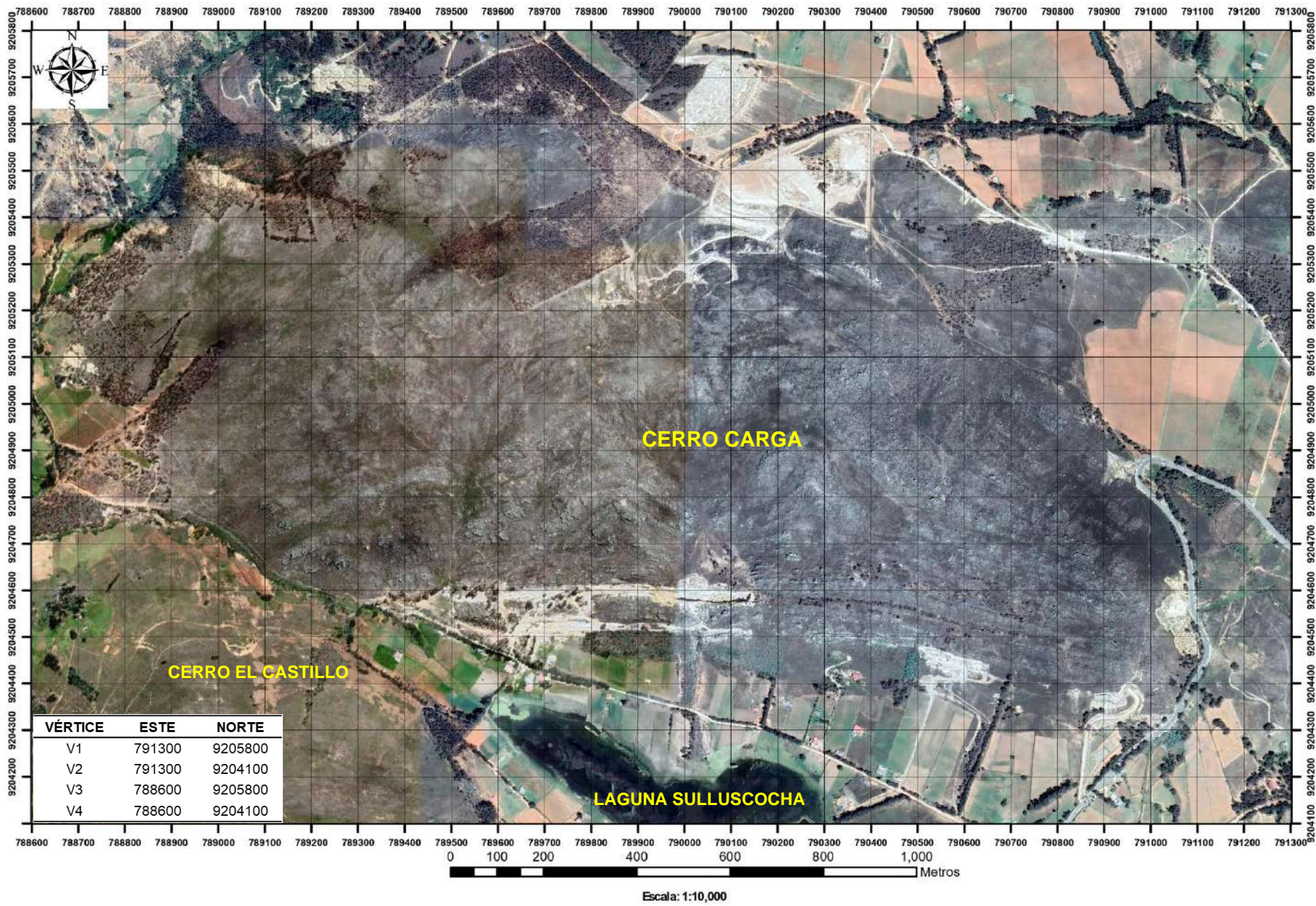


Figura 7. Ubicación del área de estudio

3.2. ACCESIBILIDAD



Figura 8. Accesibilidad al Cerro Carga desde la ciudad de Cajamarca.

La accesibilidad a la zona de estudio, tomando como referencia la ciudad de Cajamarca, inicia con una vía terrestre asfaltada hasta el kilómetro 21.7 de la carretera 3N que conduce a la ciudad de Namora, para luego caminar 0.5 km por una trocha carrozable hasta llegar al Cerro Carga. Para mayor detalle verificar Tabla 3 y Figura 8.

Tabla 3. Accesibilidad a la zona de estudio.

TRAMO	TIPO DE VÍA	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE MOVILIDAD
Cajamarca – Carretera laguna Sulluscocha	Asfaltada	21.7 km.	40 min.	Transporte Público o Privado
Carretera laguna Sulluscocha - Cerro Carga	Trocha	0.5 km.	10 min.	Caminando

3.3. CLIMA Y VEGETACIÓN

3.3.1. Clima

La zona de estudio del Cerro Carga presenta climas muy similares a la ciudad de Namora, ligeramente menor a Cajamarca. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 4 °C a 17 °C, para mayores detalles ver Figura 9.

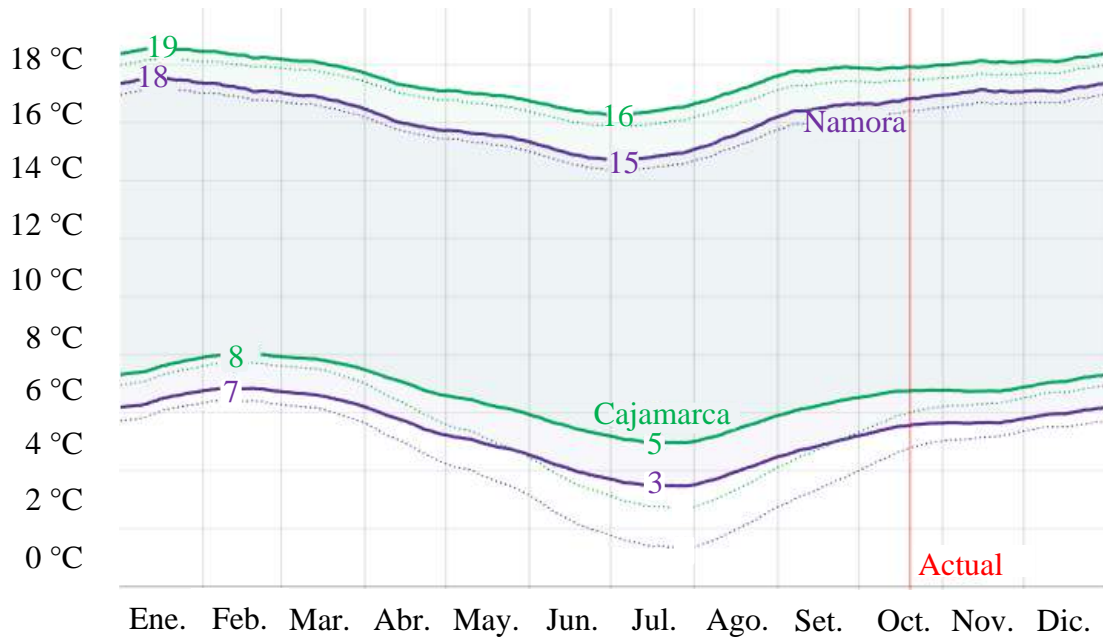


Figura 9. Variación del clima en el cerro Carga tomando como referencias el clima de Namora y Cajamarca.

Fuente: Weather Spark (2024)

3.3.2. Vegetación

En la zona de estudio existen abundantes árboles de eucaliptos, plantaciones de lentejas, maíz y forraje para alimentación del ganado.



Foto 1. Fotografías con vistas EW y NS en el cerro Carga, donde se puede apreciar la vegetación dominada por Eucaliptos.

3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. Tipo de Investigación

- Aplicativa-Explicativa: Se evaluó las reservas de areniscas y arcillas.
- Correlacional: Ya que, el cálculo de reservas depende del modelamiento geológico y de las otras variables como densidad, composición mineralógica, etc.
- Prospectiva: Debido a que como investigador se obtuvieron los datos en campo.

3.4.2. Nivel de Investigación

- Cualitativa: Debido a que se cartografió las características geológicas de las rocas en campo.
- Cuantitativa: Porque se cuantificaron los resultados de las muestras de densidad en gr/cm^3 y la composición química en % a partir de los ensayos químicos.

3.4.3. Diseño de Investigación

-No experimental: De sección transversal ya que se estudia en un intervalo de tiempo.

3.4.4. Método de Investigación

-Deductivo-inductivo: Se utilizó recolección de datos, ensayos químicos, fórmulas conocidas para evaluar las reservas de areniscas y arcillas, y con análisis se contrastó la hipótesis.

3.4.5. Población de Estudio

Todos los macizos rocosos de las areniscas y arcillas de la Formación Farrat que afloran en el cerro Carga con un área aprox. de 2.5 km².

3.4.6. Muestra

Características geológicas, litológicas y mineralógicas de las areniscas y arcillas de la Formación Farrat aflorantes en el cerro Carga.

3.4.7. Unidad de Análisis

Composición química (%), composición mineralógica (%), densidad (g/cm^3) de las areniscas y arcillas de la Formación Farrat aflorantes en el cerro Carga, para estimar el tonelaje en Tn.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Técnica

Las técnicas usadas serán de observación directa donde en campo se recopiló toda la información geológica realizando el cartografiado y muestreo geológico con los instrumentos de recolección de datos de campo (planos base para mapeo, brújula, gps, bolsas de muestreo, etc.), para luego en gabinete revisar fuentes bibliográficas relacionadas al tema de investigación, enviar las muestras a laboratorio y con la data obtenida, realizar un análisis documental, modelamiento geológico y de bloques para la estimación de reservas en Leapfrog Geo de las areniscas y arcillas del Cerro Carga.

La investigación se realizó en 3 etapas principales:

a. La etapa pre campo (Gabinete)

Se recopiló información bibliográfica y búsqueda de estudios anteriores, además de sectorizar el Cerro Carga en 4 hojas de cartografiado a escala 1: 5,000.

b. Etapa campo (In Situ)

Consistió en la realización de salidas a campo en donde se realizó el cartografiado geológico en 43 estaciones, además de la recolección de 43 muestras (25 areniscas, 15 limolitas, 3 areniscas arcillosas) para análisis de densidad y 10 muestras para ensayos de composición químicos (4 areniscas, 5 limolitas, 1 arenisca arcillosa).

c. Etapa post campo (Gabinete)

En esta etapa se enviaron las muestras 43 de densidad al laboratorio INGEOCYS PERÚ E.I.R.L., las 10 muestras de composición química al laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L., se recibieron los resultados, se procesó la data y con el mapeo geológico se realizó el modelamiento geológico, interpretación y modelo de bloques en Leapfrog Geo 2023.2.3, además de la elaboración de planos en ArcGis 10.2 y análisis e interpretación de los resultados finales.

3.5.2. Instrumentos y Equipos de Recolección de Datos

-Para Cartografiado: Tablero de cartografiado, hojas de dibujo A4 tipo canson, colores, lápiz portaminas, libreta de campo, protactor a escala 1/5000, planos topográfico y satelital en sistema UTM, Datum WGS- 84, borrador, tajador.

-GPS Garmin: Para la georreferenciación del cartografiado de campo, toma coordenadas de las estaciones y de las muestras de densidad y composición química.

-Brújula: Para medir orientación de estratos, fallas, diaclasas, contactos, etc.

-Picota: Para romper los afloramientos rocosos y coleccionar las muestras.

-Ácido Clorhídrico diluido al 10%: Determinación de carbonatos.

-Lupa 20x y 30x: Determinación macroscópica petrográfica del tipo de roca.

-Rayador: Para determinar la dureza de los minerales identificados en las rocas.

-Wincha de 10 m y flexómetro de 3 m: Para determinar potencias de afloramientos.

-53 bolsas de muestreo: Para coleccionar las 43 muestras de densidad y las 10 muestras para pruebas de composición química.

- Celular:** Para toma de fotografías de las estaciones, muestras de areniscas y limolitas.
- Laptop:** Procesamiento de información y elaboración de informe y presentación final.
- Software Leapfrog Geo:** Para el modelamiento geológico y modelo de bloques, usando licencia educativa adquirida de manera gratuita por Seequent.
- Software ArcGis:** Elaboración de planos.

3.6. GEOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio se encuentra en la región Cajamarca, en la parte Norte de la cadena Occidental de la Cordillera de los Andes, en el cuadrángulo de San Marcos, hoja 15G publicada por el INGEMMET, teniendo la presencia del Grupo Goyllarisquizga, conformado por la Formación Santa, Carhuaz y Farrat con presencia de depósitos cuaternarios.

3.6.1. Grupo Goyllarisquizga

3.6.1.1. Formación Santa (Ki-sa)

Esta denominación fue dada por Benavides (1956); en el área consiste en una intercalación de lutitas y calizas margosas, y areniscas gris oscuras, con un grosor que oscila entre los 100 y 150 m. Sobreyace a la Formación Chimú e infrayace a la Formación Carhuaz, aparentemente con discordancia paralela en ambos casos. La Formación Santa intemperiza generalmente con un tono gris marrón. Localmente contiene nódulos calcáreos y como sus afloramientos topográficamente conforman depresiones, están cubiertos mayormente por suelo, razón por la que sólo son observables en los cortes de quebradas y carreteras. Siempre da terrenos blancos, deleznales y fangosos. Ocasionalmente tiene horizontes fosilíferos (Reyes, 1980).

3.6.1.2. Formación Carhuaz (Ki-ca)

Esta Formación descrita inicialmente por Benavides (1956), tiene aproximadamente una potencia de 500 m. consta de una alternancia de areniscas con lutitas grises, las primeras con matices rojizos y violetas (características principales para diferenciarla en el campo). Hacia la parte superior contiene bancos de cuarcitas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas. Solamente en la bajada a la hacienda Jocos (Cajamarca) se ha observado por vez primera, delgados lechos carbonosos en esta Formación. La Formación Carhuaz yace con

suave discordancia sobre la Formación Santa e infrayace concordantemente a la Formación Farrat (Reyes, 1980).

3.6.1.3. Formación Farrat (Ki-f)

Esta Formación representa el nivel superior de la parte clástica del Cretácico Inferior. Consta de cuarcitas y areniscas blancas de grano medio a grueso, tiene una potencia promedio de 500 m. aumentando en el sector suroeste. En algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje. La Formación Farrat suprayace con aparente concordancia a la Formación Carhuaz y subyace, con la misma relación, a la Formación Inca, dando la impresión en muchos lugares, de tratarse de un paso gradual. Por su similitud litológica con la Formación Chimú es fácil confundirlas, siendo necesario en el campo, establecer muy bien sus relaciones estratigráficas para diferenciarlas, aunque en algunos casos solamente por la falta de mantos de carbón es posible diferenciarla de la Formación Chimú. Por sus características litológicas, es común encontrar a las Formaciones Farrat y Chimú conformando escarpas y altas cumbres agudas y largas (Reyes, 1980).

3.6.2. Depósitos Cuaternarios

Estos depósitos se forman en los ríos, lagunas, depresiones, partes laterales, bajas y altas de las montañas, siendo el material de estos depósitos principalmente gravas, arenas y arcillas provenientes de la erosión y meteorización de otras Formaciones preexistentes, constituye el techo de la secuencia geológica y está formado por depósitos inconsolidados y en proceso de consolidación (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

3.7. GEOLOGÍA LOCAL

De acuerdo al INGEMMET, en la zona del Cerro Carga, solamente aflora la Formación Farrat (Ki-f):

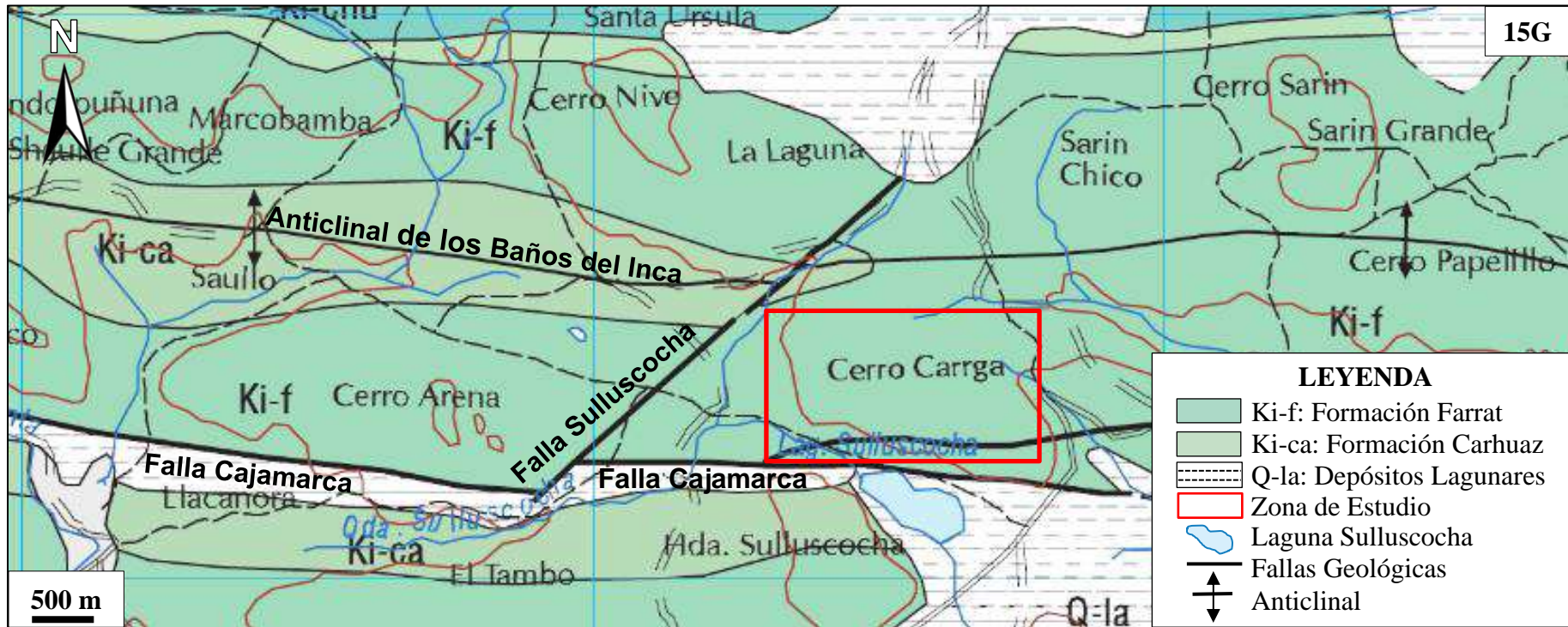


Figura 10. Geología Local.

Fuente: INGEMMET (1980).

3.8. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La zona del Cerro Carga se encuentra en la proyección Este del Flanco derecho del anticlinal de Baños del Inca aproximadamente a 6 km de la zona de Shaullo, además, en la falda Sur y Oeste del cerro Carga se emplaza las fallas regionales Cajamarca y Sulluscocha.

3.8.1. Falla Cajamarca

Es una falla inversa de unos 900 m de desplazamiento a lo largo del plano de falla de dirección $N95^\circ$ y buzamiento 71° , el bloque SW es el bloque levantado quedando la Formación Carhuaz a la altura de la Formación Farrat del bloque NE. Esta falla se habría formado durante el segundo movimiento del Ciclo Orogénico Andino después de la Formación del anticlinal de los Baños del Inca como producto de la sobre imposición de los esfuerzos orogénicos frente a la resistencia de la cobertera sedimentaria (Bazán & Cerdán, 2012).

3.8.2. Falla Sulluscocha

Es una falla de régimen transcurrente sinistral, posee una dirección NE – SW, disecciona al eje del anticlinal de los Baños del Inca, se aprecia un desplazamiento en sentido levógiro de unos 100 m del bloque W en relación con el bloque E; esta falla se habría generado después de la falla Chonta, por una cupla de esfuerzos de dirección SW – NE en el tercer movimiento del Ciclo Orogénico Andino que se dio en el Mioceno, que al igual que el segundo movimiento se caracterizó por un régimen compresivo provocando un fallamiento en bloques (Bazán & Cerdán, 2012).

3.9. DIVISIÓN DEL CERRO CARGA EN ZONAS DE CARTOGRAFIADO

Se sectorizó al Cerro Carga en 4 Hojas de Cartografiado tamaño A4 a escala 1:5000, definiendo estaciones de cartografiado, para en campo realizar el cartografiado geológico, toma de muestras para ensayos de densidad y de composición de las rocas aflorantes en el Cerro Carga, como se detalla a continuación:

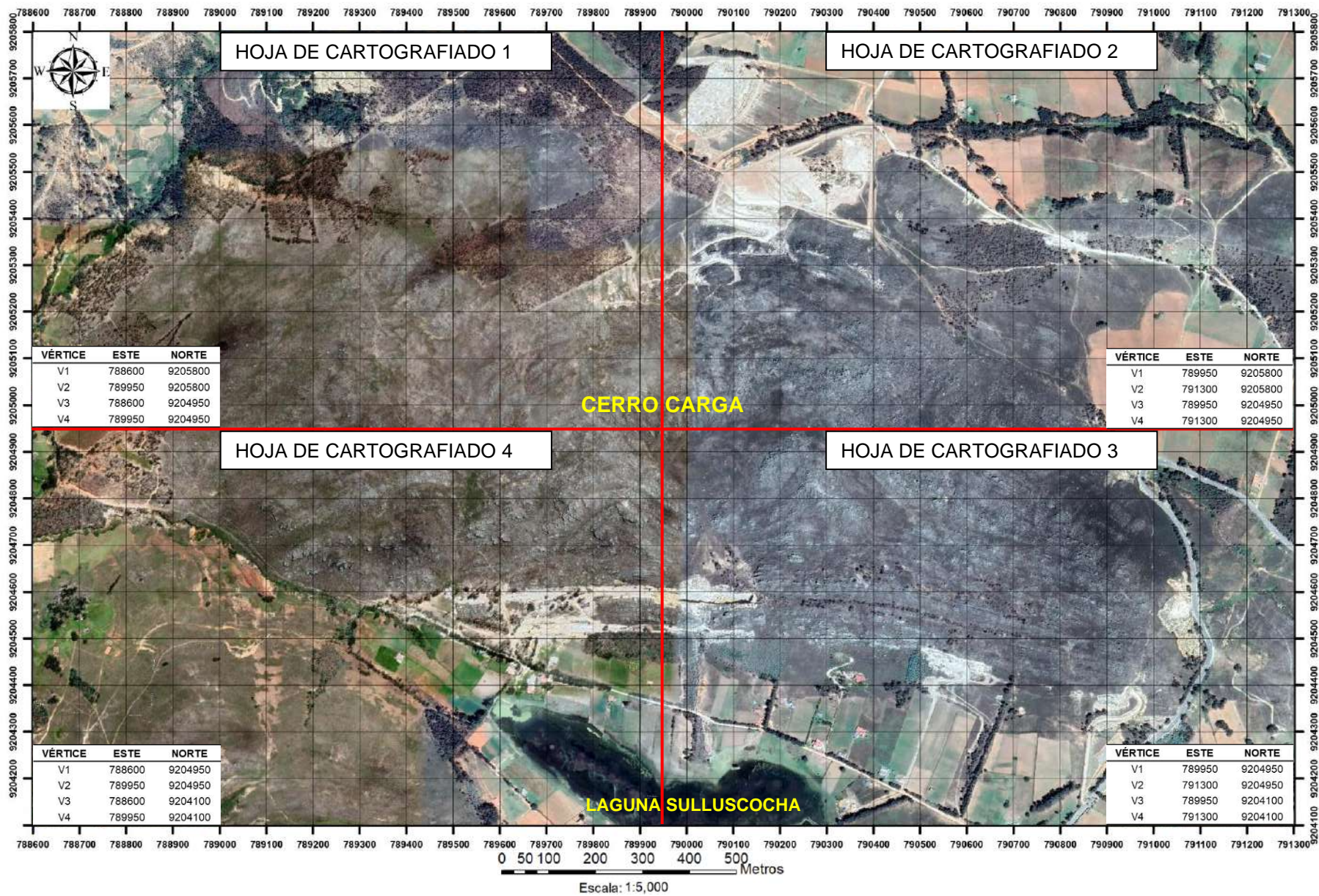


Figura 11. División de la zona del Cerro Carga en 4 Hojas de Cartografiado tamaño A4, a escala 1:5000

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. CARTOGRAFIADO GEOLÓGICO Y TOMA DE MUESTRAS

La geología local fue descrita a detalle a partir del cartografiado geológico de afloramientos usando la metodología de polígonos, en hoja canson tamaño A4 a escala 1:5000, identificando areniscas, arcillas consolidadas y estratificadas principalmente como limolitas, arcillitas y lutitas, además de areniscas arcillosas y depósitos cuaternarios, se identificó a la Formación Santa, Carhuaz y Farrat, se registró las estructuras geológicas (fallas, fracturamientos, contactos), para así, obtener un plano geológico que posteriormente se ingresó a ArcGis para digitalización y se continuó con el modelamiento geológico y estimación de reservas usando Leapfrog Geo. La toma de muestras para ensayos de densidad y análisis de composición se realizó al mismo tiempo que el cartografiado, colectándose 43 muestras para densidad (25 areniscas, 15 limolitas y 3 de areniscas arcillosas), y 10 muestras para análisis de composición química (4 areniscas, 5 limolitas y 1 arenisca arcillosa), siendo muestras representativas, proporcionales y libres de contaminación.



Foto 2. Tesista realizando Cartografiado Geológico en el cerro Carga.

4.1.1. Hoja de Cartografiado 1 (Sector NW)

-Se consideraron 8 estaciones, con la presencia de areniscas de la Formación Farrat, se colectaron 6 muestras de arenisca para densidad y 1 para composición química.

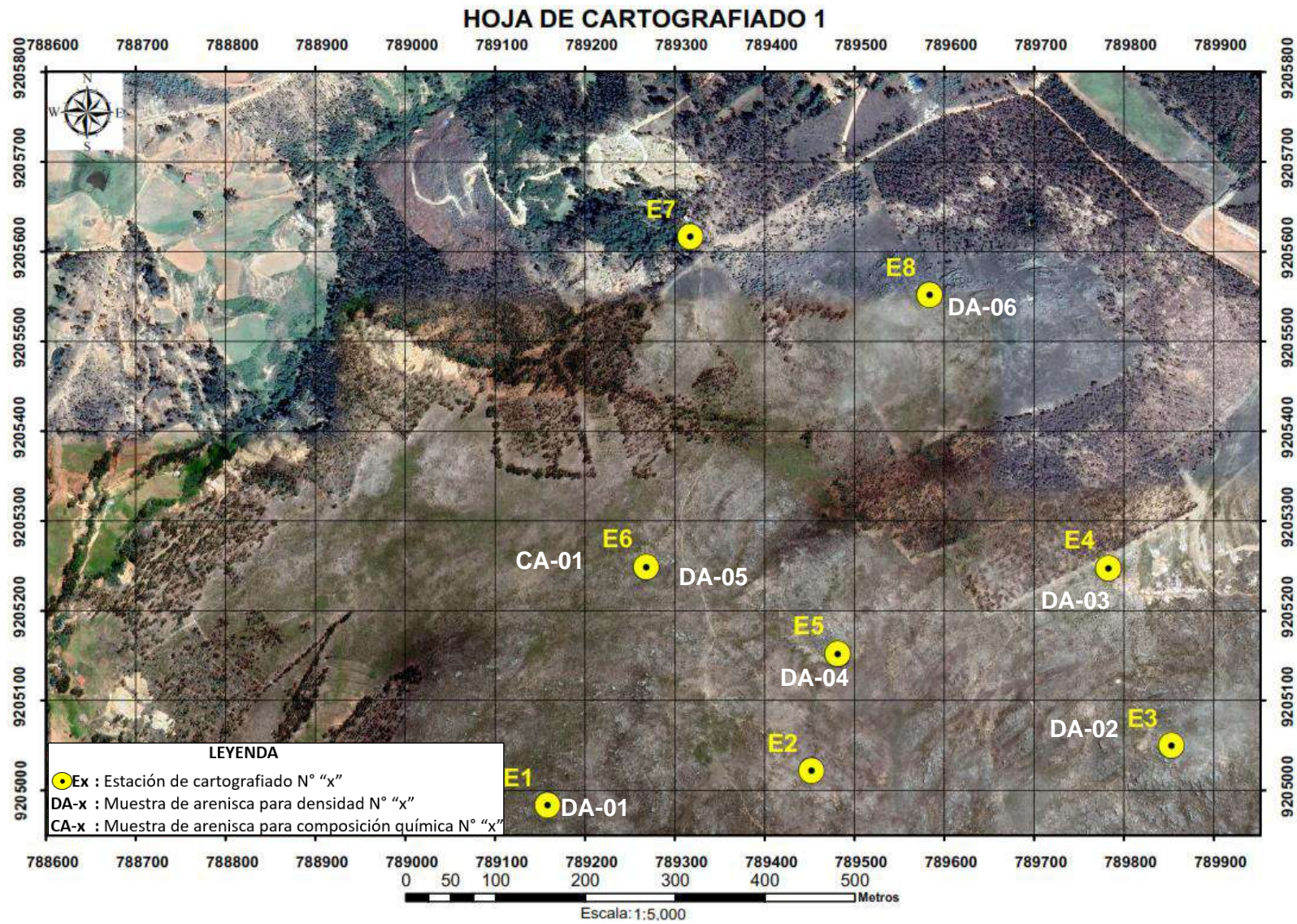


Figura 12. Estaciones de cartografiado y toma de muestras en sector NW del Cerro Carga.

Cuyo detalle de cartografiado se observa en las siguientes estaciones:

4.1.1.1. Estación 1 (E1):

-Afloramientos de arenisca compacta, a la lupa se aprecia dominio de granos de cuarzo, seguido por esporádicos líticos, con pátinas de óxidos de hierro, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f), el afloramiento presenta dirección de estratos $N80^\circ$ con buzamiento de -70° y familia de diaclasas con dirección $N340^\circ$ y buzamiento -70° . Las coordenadas fueron: Norte: 9204989.60, Este: 789158.83, Elevación: 3007.30.



Foto 3. Vista WE en afloramiento de la Estación 1, observándose areniscas de la Formación Farrat con $Az 80^\circ$, $Dip -70^\circ$ y familia de diaclasas con $Az 340^\circ$, $Dip -75^\circ$.

-Adicional al cartografiado, se procedió a coleccionar la primera muestra de densidad de arenisca codificándola como: DA-01, con las siguientes coordenadas: Norte: 9204993.33, Este: 789157.81, Elevación: 3007.11.

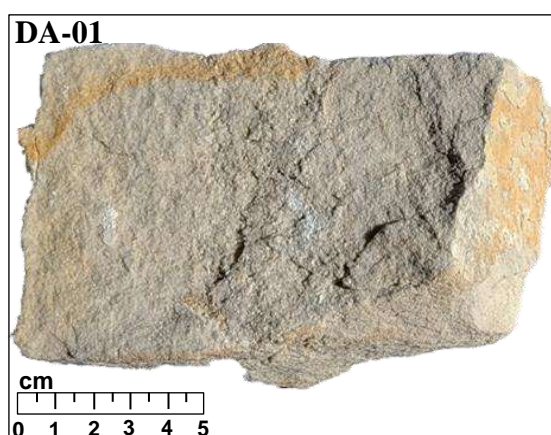


Foto 4. Muestra de arenisca DA-01 para pruebas de densidad, presencia de granos de cuarzo y pátinas de óxidos de hierro.

4.1.1.2. Estación 2 (E2):

-Afloramientos de arenisca compacta, con presencia de grandes bloques también de arenisca rodados, presencia de pátinas de óxidos de hierro, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f). Las coordenadas fueron: Norte: 9205021.55, Este: 789437.20, Elevación: 3074.27.



Foto 5. Vista NS en afloramiento de la Estación 2, observándose grandes bloques insitu y rodados de arenisca de la Formación Farrat.

4.1.1.3. Estación 3 (E3):

-Afloramientos de arenisca a la lupa se aprecia presencia de granos de cuarzo, óxidos de hierro, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f), el afloramiento presenta dirección de estratos $N45^\circ$ con buzamiento -55° y familia de diaclasas con dirección $N345^\circ$ y buzamiento -50° . Norte: 9205018.13, Este: 789847.33, Elevación: 3129.77.



Foto 6. Vista NW-SE en otro afloramiento de la Estación 3, observándose presencia de arenisca de la Formación Farrat con Az 45° , Dip -55° y familia de diaclasas con Az 345° , Dip -50° .

-Adicional al cartografiado se tomó la segunda muestra de arenisca para pruebas de densidad, codificándola como: DA-02, con las siguientes coordenadas: 9205015.24, Este: 789841.63, Elevación: 3128.71

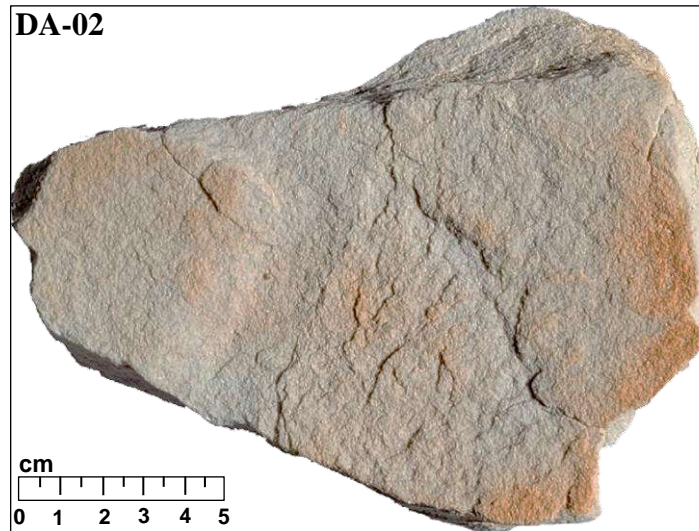


Foto 7. Muestra de arenisca DA-02 para pruebas de densidad, presencia de granos de cuarzo y pátinas de óxidos de hierro.

4.1.1.4. Estación 4 (E4):

-Afloramientos de arenisca, óxidos de hierro como pátinas, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f), presencia de familia de fracturamiento con dirección N130° y buzamiento -65°. Las coordenadas fueron: Norte: 9205217.82, Este: 789853.81, Elevación: 3126.76.



Foto 8. Vista NE-SW en afloramiento de la Estación 4, arenisca de la Formación Farrat con fracturamiento Az 130°, Dip -65°.

-Además, se procedió a coleccionar la tercera muestra de arenisca para pruebas de densidad codificándola como: DA-03, con las siguientes coordenadas: Norte: 9205221.22, Este: 789853.19, Elevación: 3126.33

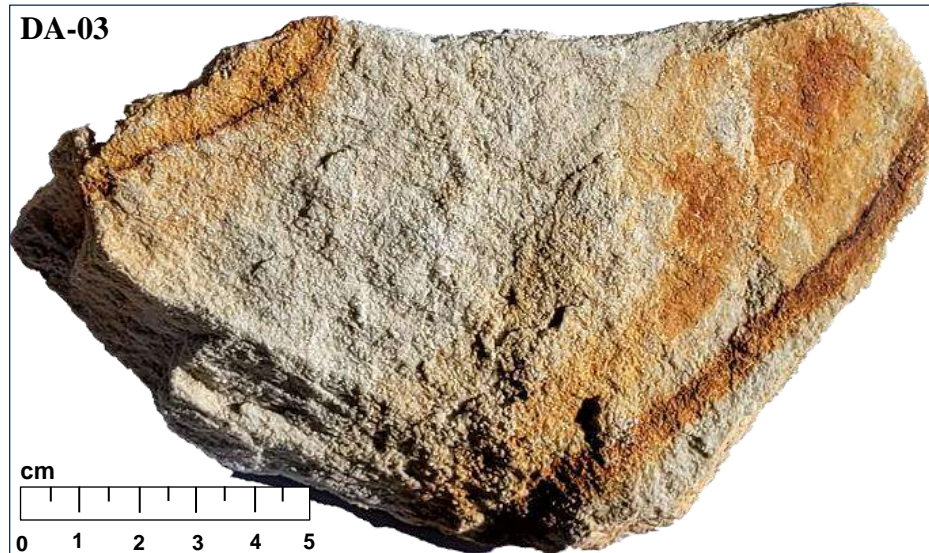


Foto 9. Muestra de arenisca cuarzosa DA-03 para pruebas de densidad, se observan pátinas de óxidos de hierro.

4.1.1.5. Estación 5 (E5):

-Pequeños crestones erosionados de arenisca blanquecina cuarzosa, % menor de feldespatos, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f). Las coordenadas fueron: Norte: 9205166.05, Este: 789488.20, Elevación: 3093.87.



Foto 10. Vista NW-SE de pequeños afloramientos de la Estación 5, arenisca de la Formación Farrat insitu.

- Se procedió a coleccionar la cuarta muestra de arenisca para pruebas de densidad codificándola como: DA-04, con las siguientes coordenadas: Norte: 9205162.51, Este: 789486.04, Elevación: 3093.24.

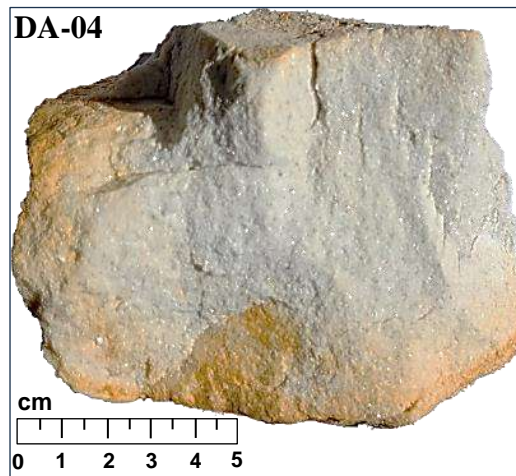


Foto 11. Muestra de arenisca cuarzosa de color blanca, codificada como DA-04 para pruebas de densidad, con pátinas de óxidos de hierro.

4.1.1.6. Estación 6 (E6):

-Afloramientos de arenisca cuarzosa blanquecina fuertemente fracturados con Az N75° y buzamiento -60°, además de fracturamiento con dirección N320° y buzamiento de -60°, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f). Las coordenadas fueron: Norte: 9205247.31, Este: 789264.29, Elevación: 3052.87.



Foto 12. Vista NW-SE, afloramientos de arenisca en la Estación 6, estratificación Az 75°, Dip -60° y fracturamiento Az 320°, Dip -60°, en la parte trasera se aprecia el Cerro el Castillo.

- Se colectó la primera muestra para el ensayo de composición química, codificándola como CA-01 con las siguientes coordenadas: Norte: 9205262.01, Este: 789263.94, Elevación: 3052.71.

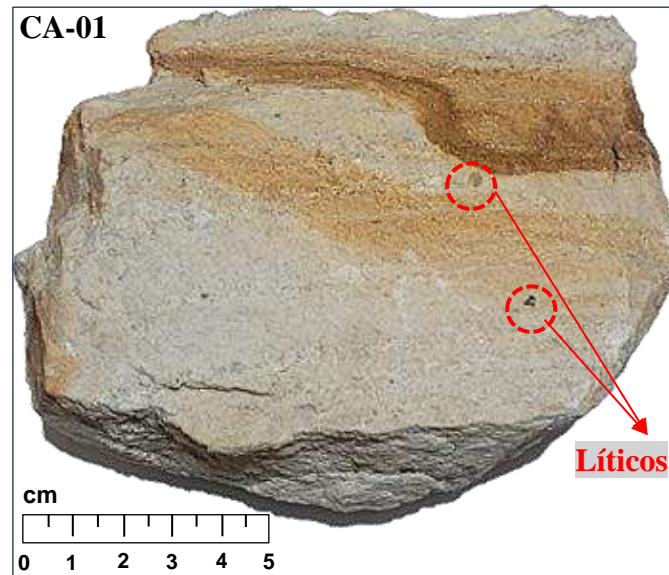


Foto 13. Muestra de arenisca CA-01 para pruebas de composición química, obsérvese la presencia de óxidos de hierro, cuarzo blanco y líticas esporádicas.

-Así mismo se colectó la quinta muestra de densidad de arenisca codificándola como DA-05, con las siguientes coordenadas: Norte: 9205246.22, Este: 789263.77, Elevación: 3052.71.

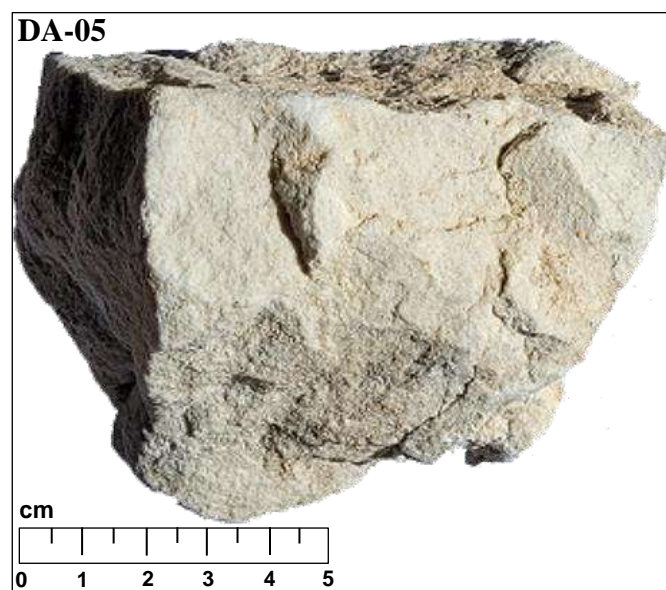


Foto 14. Muestra de arenisca DA-05 para pruebas de densidad, se evidenció cuarzo lechoso de color blanquecino.

4.1.1.7. Estación 7 (E7):

-En el extremo NW del cerro Carga se pudo identificar cárcavas de areniscas amarillentas con incremento de limolitas pertenecientes a la Formación Carhuaz (Ki-ca). Las coordenadas fueron: Norte: 9205611.32, Este: 789338.81, Elevación: 3055.62.

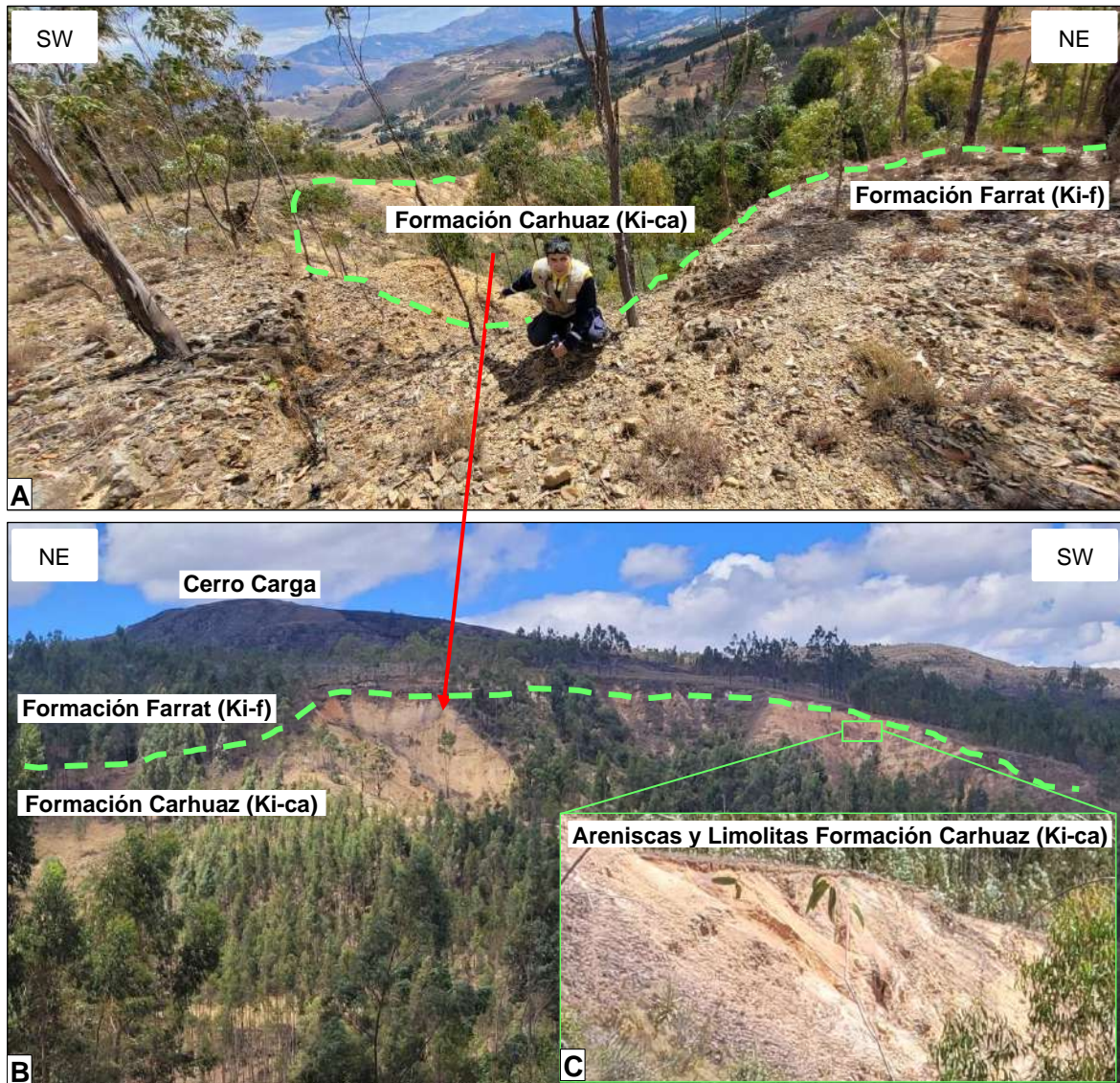


Foto 15. (A) Fotografía superior vista SW-NE del extremo NW del cerro Carga, donde se aprecia cárcavas en las areniscas y limolitas de la Formación Carhuaz, (B) corresponde al mismo sector visto desde enfrente con vista NE-SW y en (C) se aprecia mejor cárcava en areniscas y limolitas de la Formación Carhuaz.

4.1.1.8. Estación 8 (E8):

-Afloramientos de arenisca cuarzosa, con esporádicos líticos y % menor de feldespatos, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f), el afloramiento presenta dirección de estratos $N70^\circ$ con buzamiento de -45° y fracturamiento con dirección $N160^\circ$ y buzamiento -75° . Las coordenadas fueron: Norte: 9205565.48, Este: 789581.86, Elevación: 3110.13.



Foto 16. Fotografías con vista E-W, arriba afloramientos de arenisca con Az 70° y Dip -45° y diaclasas con Az 160° y Dip -75° , la fotografía inferior corresponde al mismo sector observando al tesista realizando el cartografiado geológico.

-Se colectó la sexta muestra de arenisca para pruebas de densidad codificándola como: DA-06, con las siguientes coordenadas: Norte: 9205561.36, Este: 789582.24, Elevación: 3111.28.

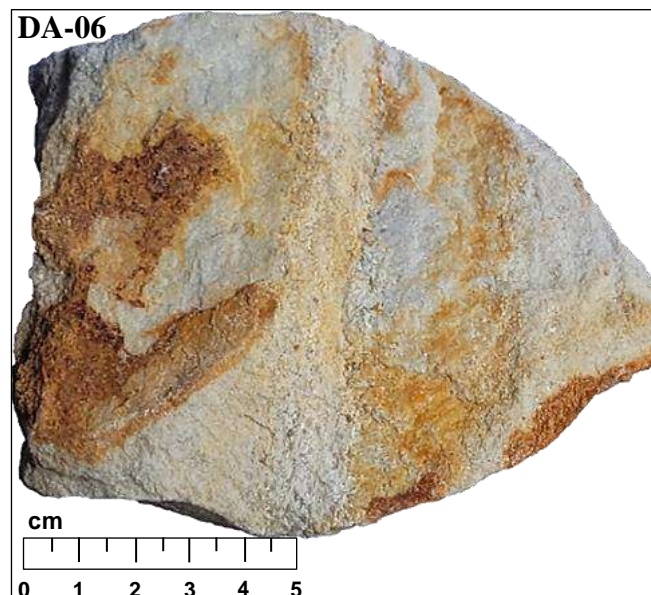


Foto 17. Muestra de arenisca DA-06 para pruebas de densidad, como minerales principales se observó cuarzo blanquecino y pátinas de óxidos de hierro.

4.1.1.9. Resultado de Cartografiado Geológico Hoja 1

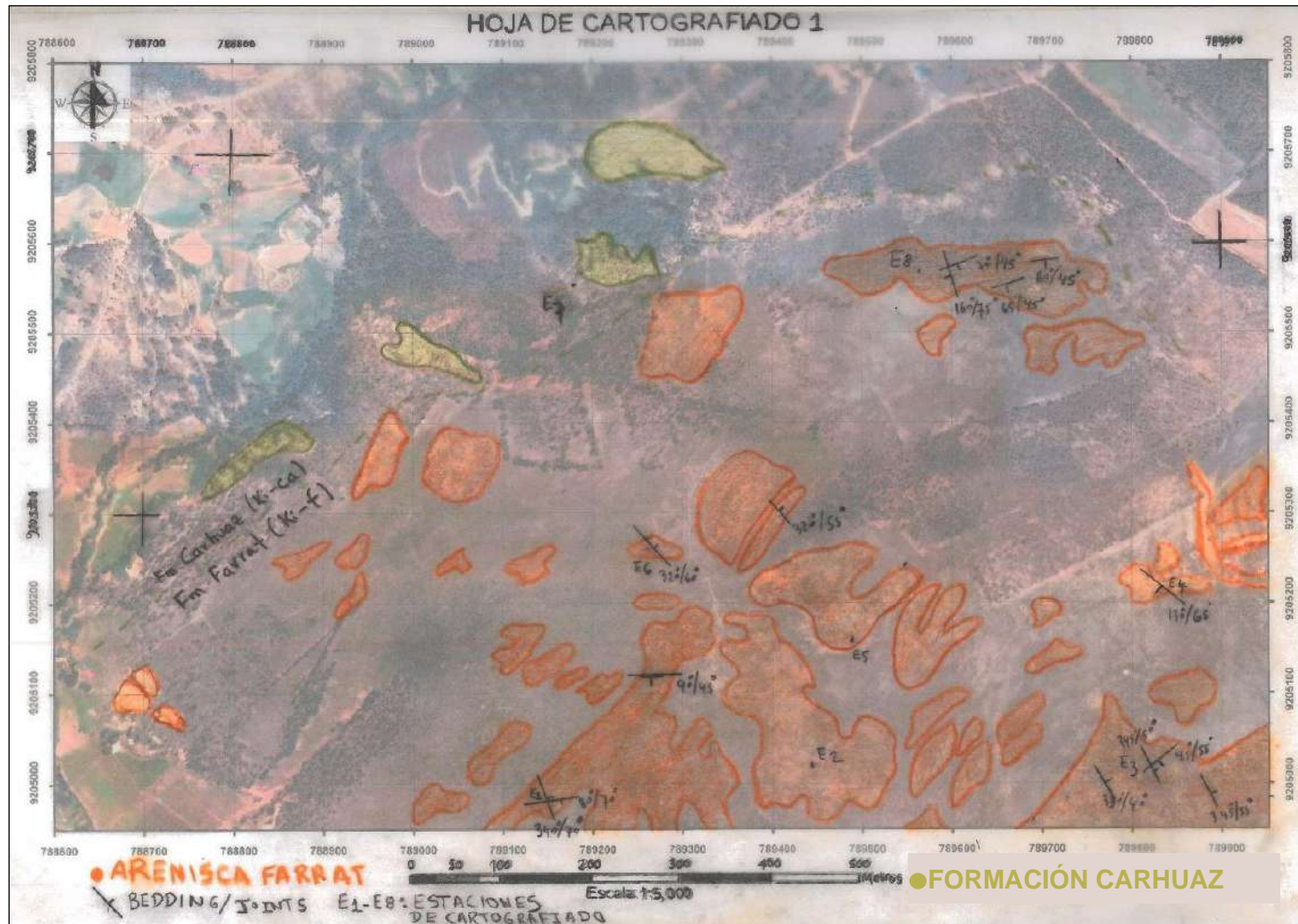


Figura 13. Cartografiado en Hoja Canson A4 transparente a escala 1:5000, mostrando estaciones de Hoja de Cartografiado 1, usando imagen satelital como mapa base.

4.1.2. Hoja de Cartografiado 2 (Sector NE)

-Se consideraron 10 estaciones, identificando en la Estación 09 areniscas con intercalaciones de limolitas desde 8.5 cm. hasta 4 m. pertenecientes a la Formación Farrat, se colectaron 9 muestras de arenisca para densidad y 1 muestra para análisis de composición química.

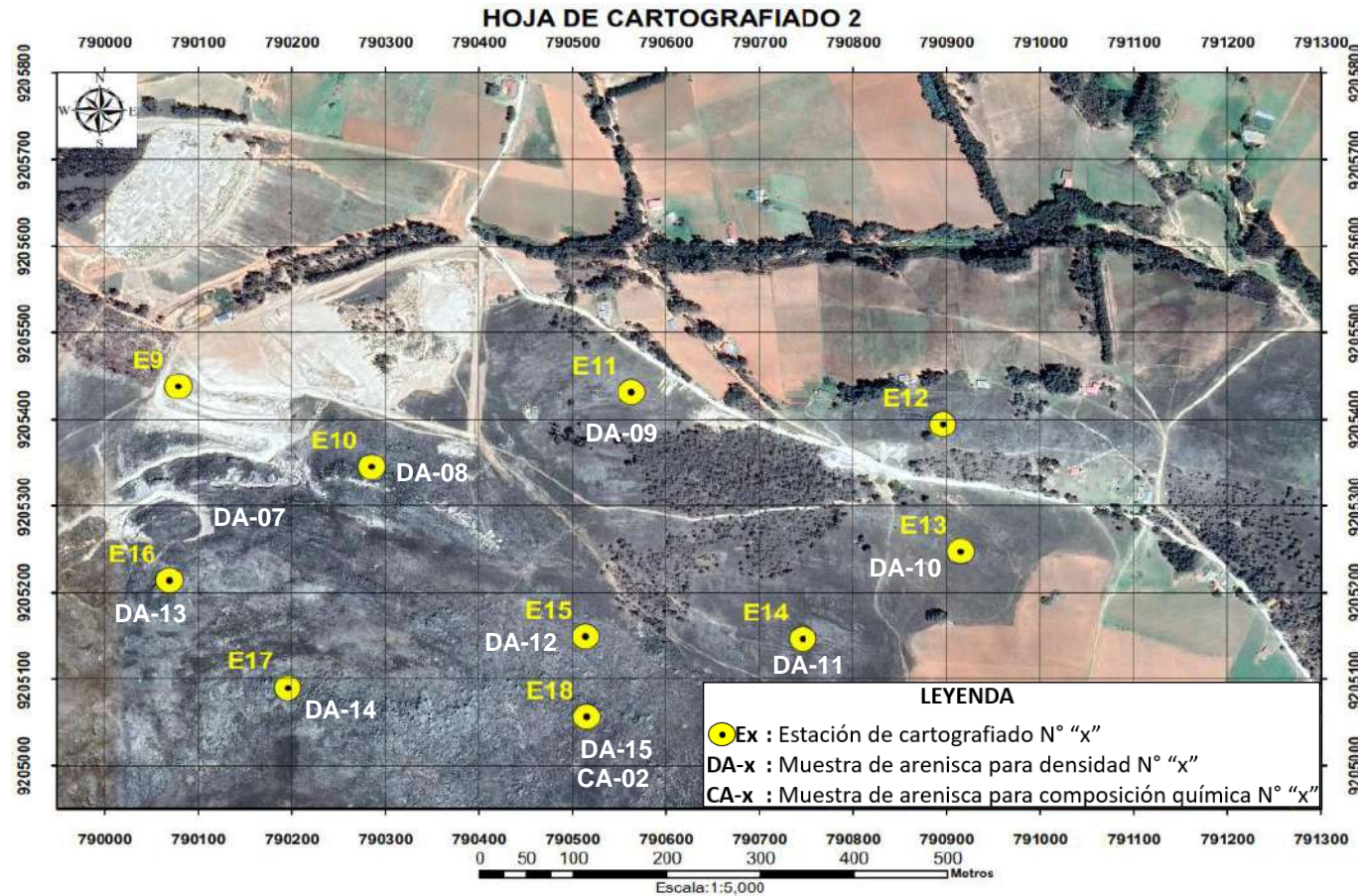


Figura 14. Estaciones de cartografiado y de toma de muestras en sector NE del Cerro Carga.

4.1.2.1. Estación 9 (E9):

-Afloramientos de arenisca intercalados con arcillas consolidadas y estratificadas como limolitas de hasta 4 m, además de pequeños estratos de arcillitas y lutitas, las arcillas identificadas a la lupa fueron illita grisácea y menores contenidos de montmorillonita y caolines blanquecinos, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f), el afloramiento presenta dirección de estratos $N85^{\circ}$ con buzamiento de -40° . Las coordenadas fueron: Norte: 9205434.33, Este: 790109.70, Elevación: 3089.79.

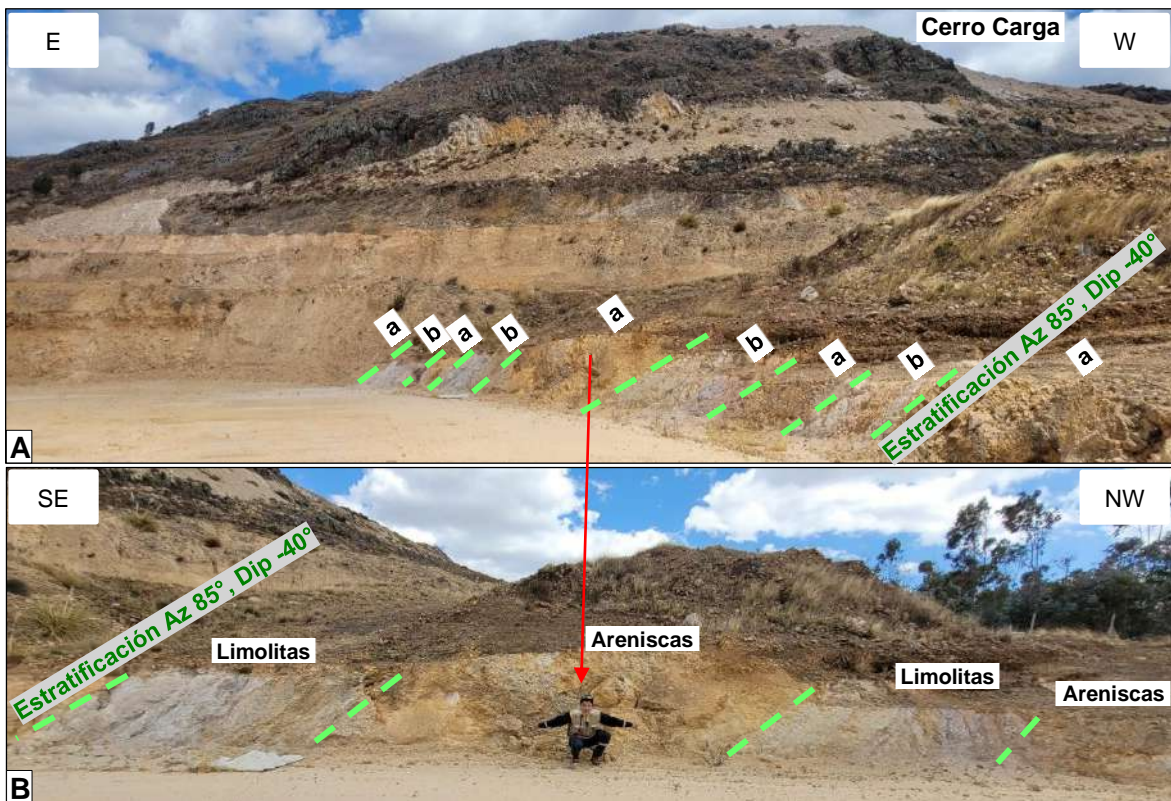


Foto 18. (A) Fotografía superior con vista E-W donde se observa intercalaciones de afloramientos de “a”: Areniscas y “b”: Limolitas con Az 85° y Dip -40° , (B) corresponde al mismo sector con vista SE-NW.

-Se colectó la séptima muestra de arenisca DA-07 para pruebas de densidad, con las siguientes coordenadas: Norte: 9205354.33, Este: 790083.98, Elevación: 3109.62.

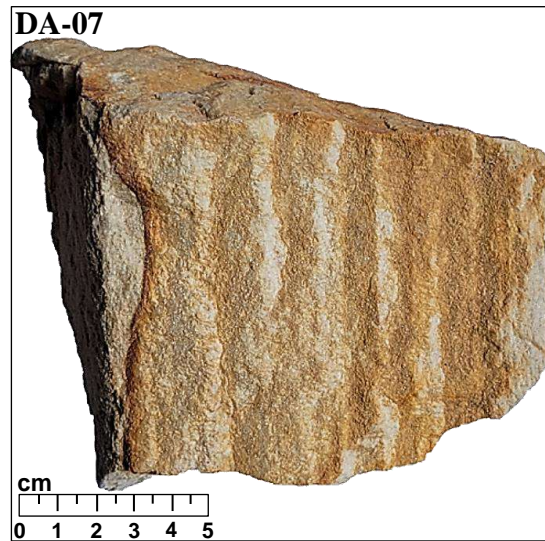


Foto 19. Muestra de arenisca DA-07 para pruebas de densidad, se identificó presencia de cuarzo blanquecino y aumento en el porcentaje de óxidos de hierro.

4.1.2.2. Estación 10 (E10):

-Afloramientos de arenisca, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f), el afloramiento presenta dirección N110° con buzamiento de -50°, además presencia 2 familias de fracturamiento N340° con buzamiento de -70° y N40° con buzamiento de -55°. Las coordenadas fueron: Norte: 9205347.36, Este: 790249.43, Elevación: 3103.58.

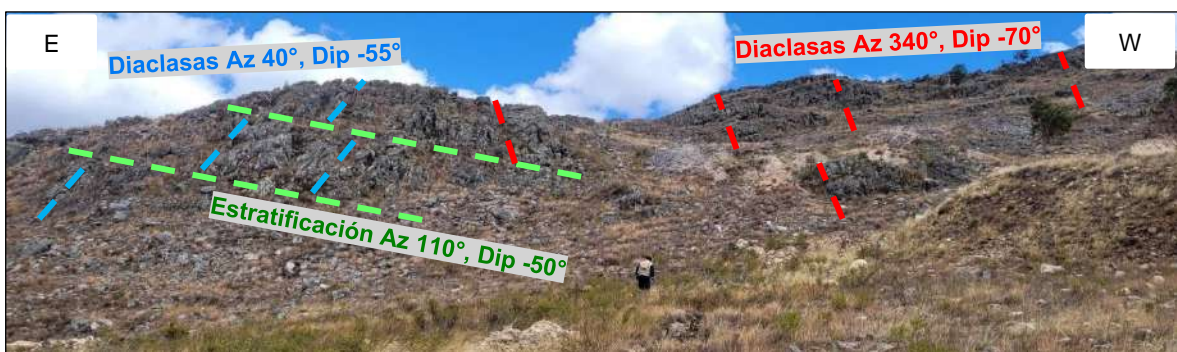


Foto 20. Fotografía con vista E-W donde se aprecia afloramientos de arenisca con Az 110° y Dip -50° pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), además se observa 2 familias de fracturamiento: Az 340° con Dip -70° y Az 40° con Dip -55°.

-Se colectó la octava muestra de arenisca para pruebas de densidad codificándola como: DA-08, con las coordenadas: Norte: 9205351.28, Este: 790242.81, Elevación: 3103.93.

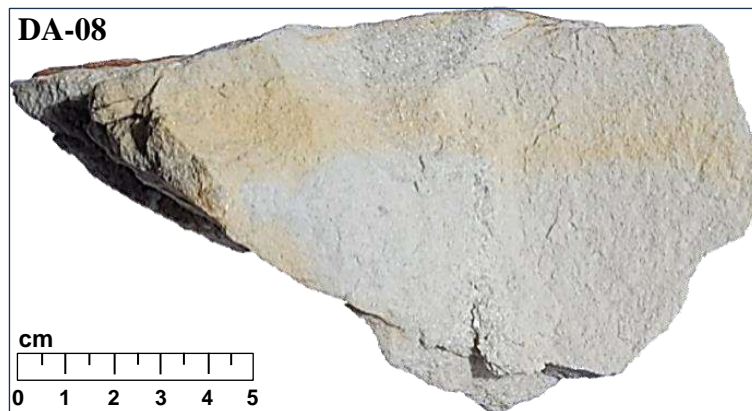


Foto 21. Muestra de arenisca DA-08 para pruebas de densidad, observándose dominio de cuarzo.

4.1.2.3. Estación 11 (E11):

-Afloramientos de arenisca, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f), con dirección N105°, N 100° y con buzamientos de -35° y -30° respectivamente. Las coordenadas fueron: Norte: 9205426.53, Este: 790533.95, Elevación: 3043.24.



Foto 22. En (A) se observa afloramientos de arenisca con Az 105° y Dip -35°, (B) corresponde a 30 m al SW con vista W-E donde se observa continuidad en dirección de los estratos de arenisca con Az 100° y Dip -30°.

-Se colectó la novena muestra de arenisca para pruebas de densidad DA-09, con las siguientes coordenadas: Norte: 9205424.21, Este: 790536.56, Elevación: 3043.44.

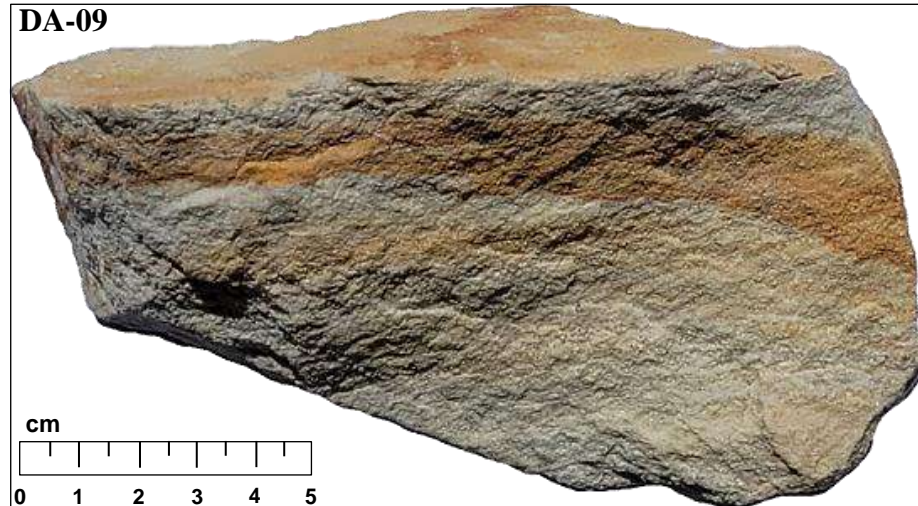


Foto 23. Muestra de arenisca DA-09 para pruebas de densidad por método de parafina, se observa dominio de sílice y algunas laminaciones de óxidos de hierro.

4.1.2.4. Estación 12 (E12):

-Pequeños crestones de arenisca cuarzosa, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f). Las coordenadas fueron: Norte: 9205394.30, Este: 790895.59, Elevación: 3021.2



Foto 24. Vista SE-NW, pequeños crestones de arenisca en la Estación 12, en la parte trasera se aprecia la parte alta del sector NE el Cerro el Carga.

4.1.2.5. Estación 13 (E13):

-Pequeños afloramientos de arenisca blanquecina cuarzosa, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f), el afloramiento presenta dirección N110° con buzamiento de -40°, además presencia de fracturamiento N5° con buzamiento de -75°. Las coordenadas fueron: Norte: 9205288.31, Este: 790869.15, Elevación: 3024.34

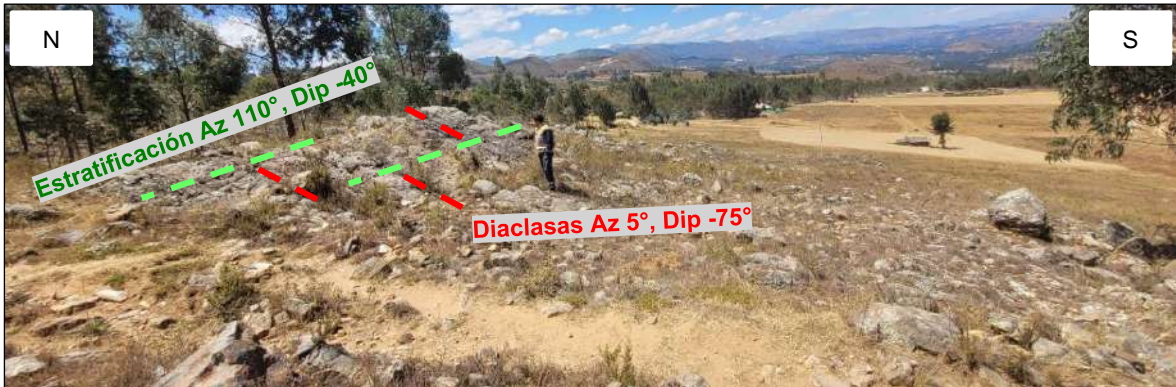


Foto 25. Vista N-S, pequeños afloramientos de arenisca con Az 115° y Dip -40°, fracturamiento Az 5° y Dip -75°

-Se colectó la décima muestra de densidad arenisca y se codificó como DA-10, con las siguientes coordenadas: Norte: 9205288.78, Este: 790868.52, Elevación: 3024.42.



Foto 26. Muestra de arenisca DA-10 para pruebas de densidad por método de parafina, obsérvese dominio en contenido de cuarzo color blanco y menor cantidad de pátinas de óxidos de hierro.

4.1.2.6. Estación 14 (E14):

-Afloramientos de arenisca, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f), el afloramiento presenta dirección N115° con buzamiento de -45°, además presencia 2 familias de fracturamiento N340° con buzamiento de -70° y N40° con buzamiento de -55°. Las coordenadas fueron: Norte: 9205146.21, Este: 790738.09, Elevación: 3006.96.



Foto 27. Vista S-N de afloramientos de arenisca con Az 115° y Dip -45° pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f)

-Se colectó la onceava muestra de arenisca para el test de densidad codificándola como DA-11, con las coordenadas: Norte: 9205146.61, Este: 790738.69, Elevación: 3006.98.

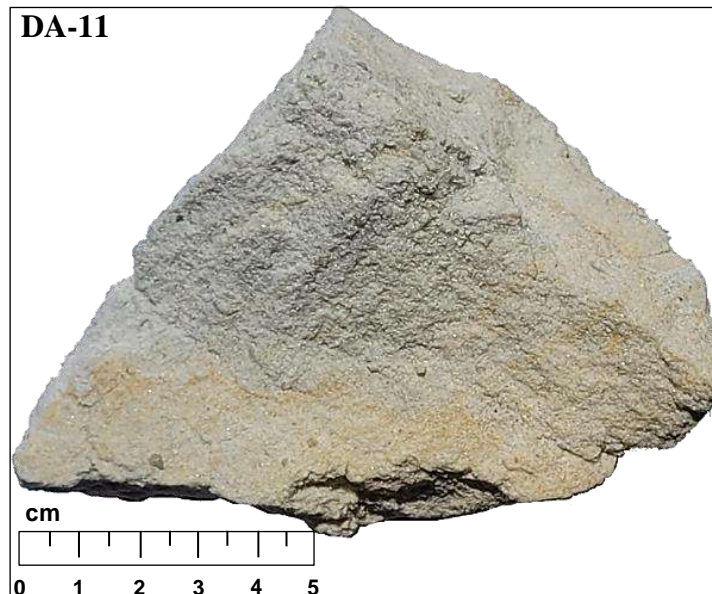


Foto 28. Muestra de arenisca DA-11 para pruebas de densidad por método de parafina, a la lupa se observó dominio de cuarzo por lo que correspondería a una Cuarzoarenita usando el diagrama de Pettijohn, 1975.

4.1.2.7. Estación 15 (E15):

-Afloramientos de arenisca con dirección N110° y buzamiento de -45°, presencia de pátinas de óxidos de hierro, litológicamente corresponde a la Formación Farrat (Ki-f). Las coordenadas fueron: Norte: 9205160.97, Este: 790510.35, Elevación: 3049.08.



Foto 29. Vista S-N de afloramientos de arenisca con Az 110° y Dip -45° pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), en la parte trasera NW se aprecia la Estación de Cartografiado N° 10.

-Se colectó la doceava muestra de densidad de arenisca y se codificó como DA-12, con las siguientes coordenadas: Norte: 9205156.45, Este: 790512.44, Elevación: 3048.30.

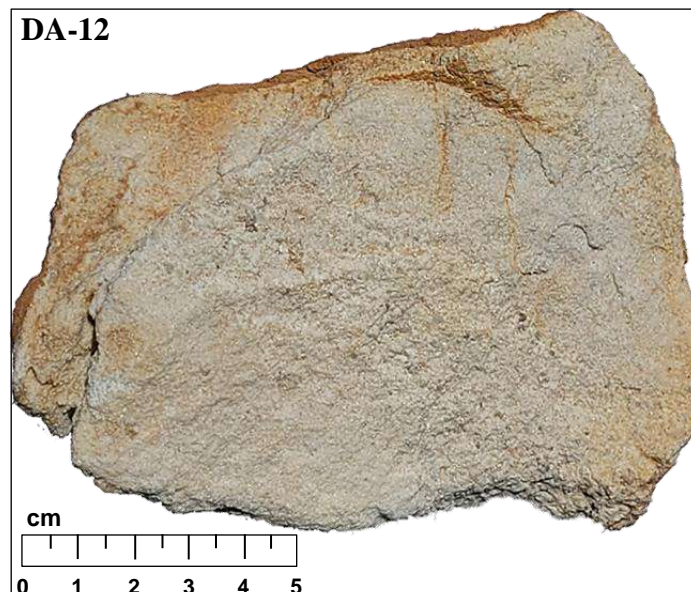


Foto 30. Muestra de arenisca DA-12 para pruebas de densidad por método de parafina.

4.1.2.8. Estación 16 (E16):

-Afloramientos de arenisca con % menor de feldespatos y líticos, dominio de cuarzo, correspondientes a la Formación Farrat (Ki-f), con fracturamiento N350° y buzamiento -45°, en algunas zonas existe pátinas de óxidos de hierro. Las coordenadas fueron: Norte: 9205210.24, Este: 790051.19, Elevación: 3148.85.



Foto 31. Afloramiento de arenisca con vista NW-SE pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), presencia de diaclasas con Az 350° y Dip -45°.

-Se colectó la muestra 13 de densidad de arenisca codificándola como DA-13, con las siguientes coordenadas: Norte: 9205211.75, Este: 790049.26, Elevación: 3148.64.

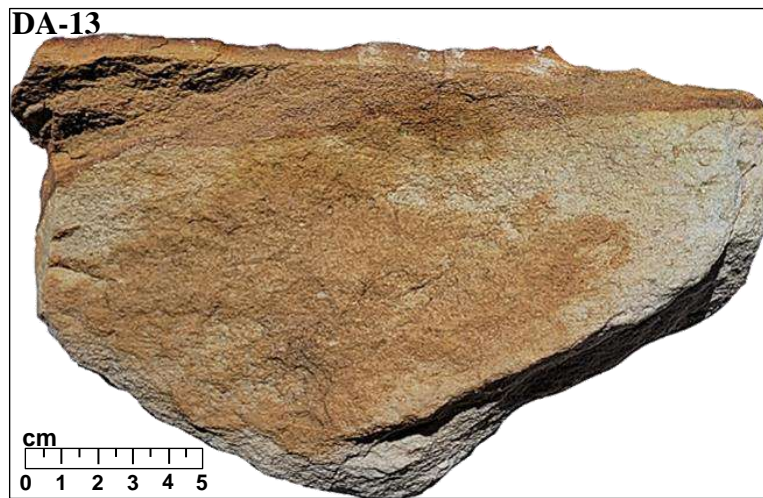


Foto 32. Muestra de arenisca DA-13 para pruebas de densidad por método de parafina, obsérvese incremento en el % de óxidos de hierro.

4.1.2.9. Estación 17 (E17):

-Grandes bloques de arenisca cuarzosa, dominio de cuarzo, con % menor de feldespatos con esporádicos líticos, fuertemente fracturados correspondientes a la Formación Farrat (Ki-f), con fracturamiento N350° y buzamiento -60°. Las coordenadas fueron: Norte: 9205089.90, Este: 790195.43, Elevación: 3150.06.

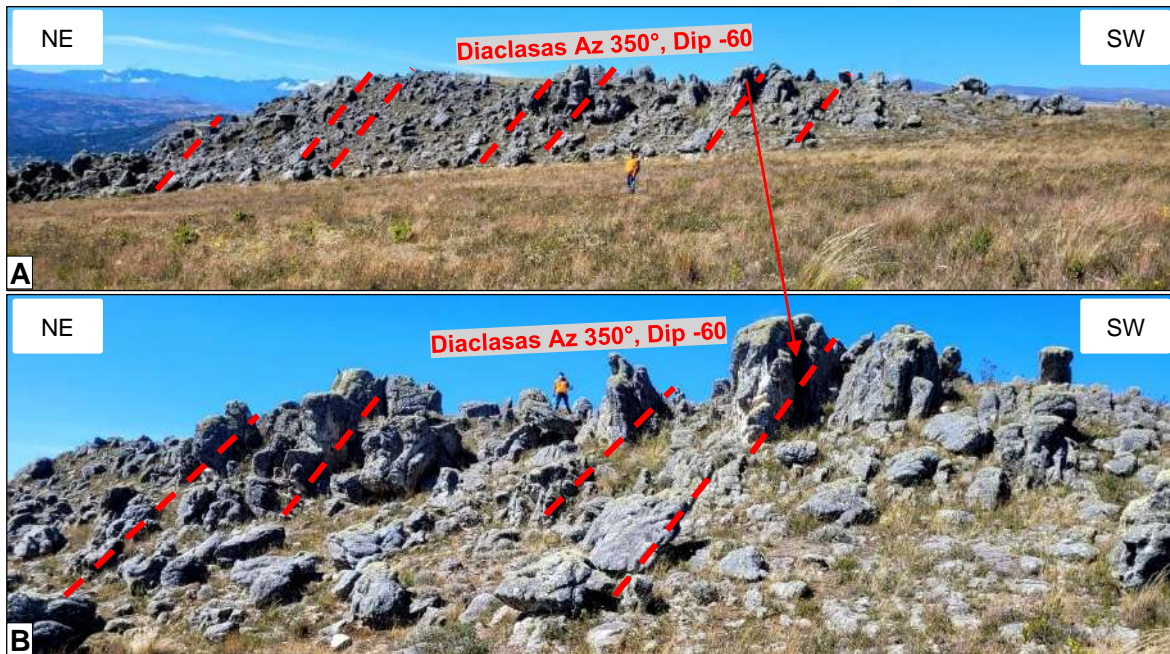


Foto 33. (A) y (B) muestran afloramientos con vista NE-SW de arenisca de la Formación Farrat, además de, presencia de diaclasas con Az 350° y Dip -60°.

-Se colectó la muestra 14 de densidad DENSIDAD_ARENISCA_14, con las siguientes coordenadas: Norte: 9205088.92, Este: 790193.18, Elevación: 3150.28.

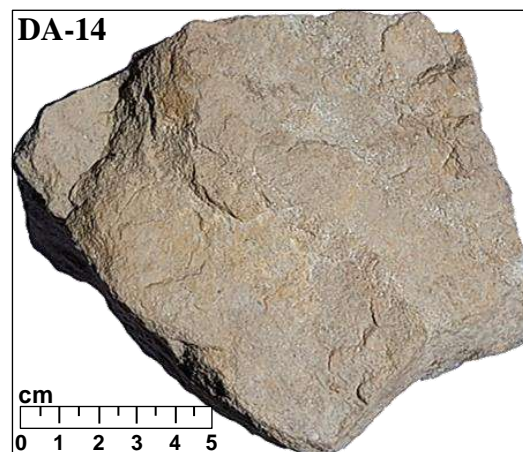


Foto 34. Muestra de arenisca DA-14 para pruebas de densidad por método de parafina.

4.1.2.10. Estación 18 (E18):

-Grandes afloramientos de arenisca fuertemente erosionados y fracturados correspondientes a la Formación Farrat (Ki-f), con dirección $N^{\circ} 120^{\circ}$ y buzamiento -45° , presencia de falla NE con dirección $N^{\circ} 30^{\circ}$ y buzamiento -50° , también se identificó fracturamiento $N40^{\circ}$ y buzamiento -50° . Las coordenadas fueron: Norte: 9205099.42, Este: 790565.48, Elevación: 3035.27.

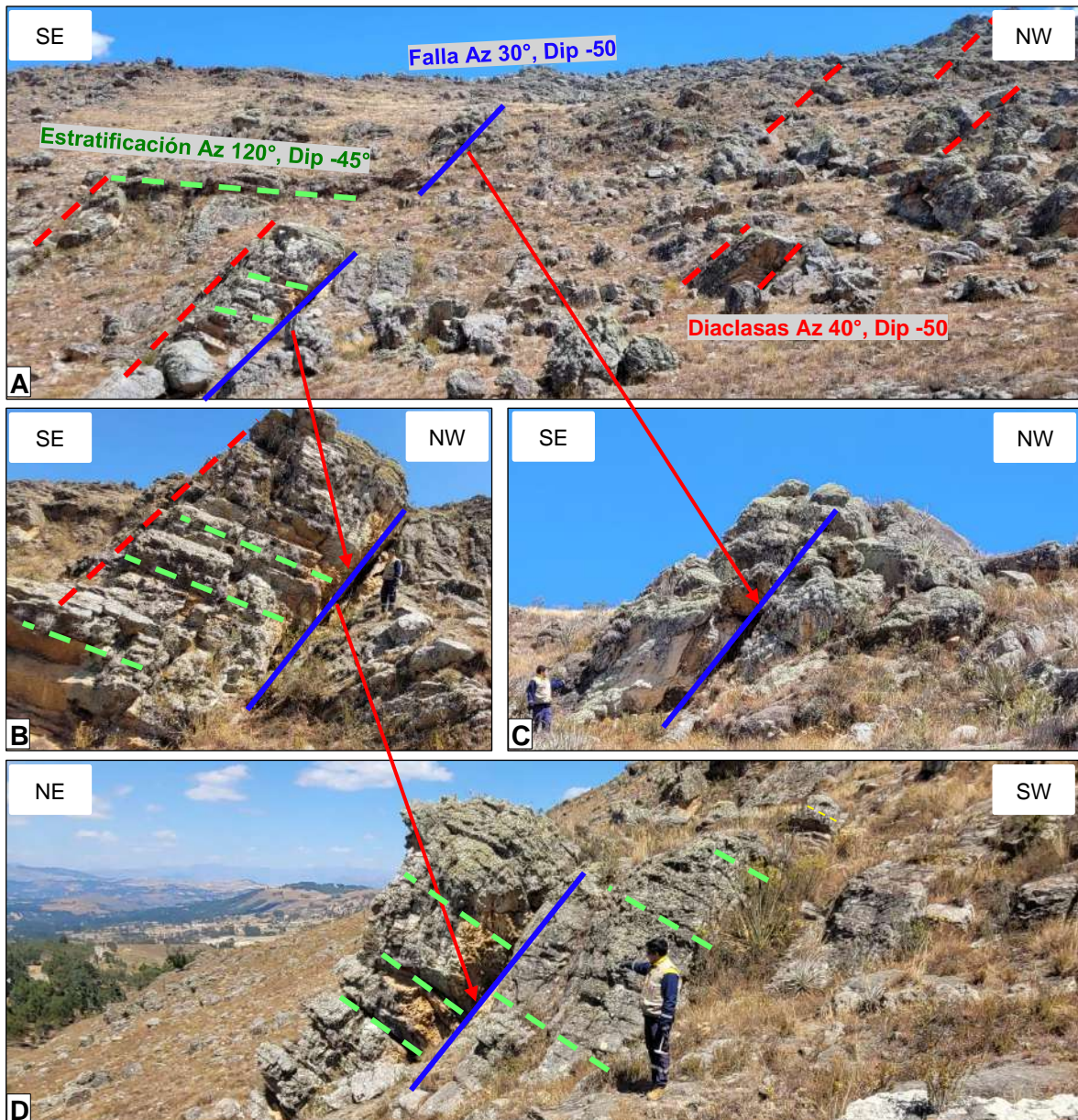


Foto 35. En (A), (B), (C) y (D) se puede observar afloramientos de arenisca de la estación $N^{\circ} 18$ con $Az 120^{\circ}$, $Dip -45^{\circ}$ así mismo, presencia de falla con $Az 30^{\circ}$, $Dip -50^{\circ}$ y fracturamiento paralelo con $Az 40^{\circ}$ y $Dip -50^{\circ}$, (D) con vista NE-SW muestra una mejor vista de la estratificación.

-Adicional al cartografiado, se procedió a coleccionar la segunda muestra de arenisca para determinar su composición química, codificándola como CA-02, con las siguientes coordenadas: Norte: 9205060.86, Este: 790530.56, Elevación: 3057.84.

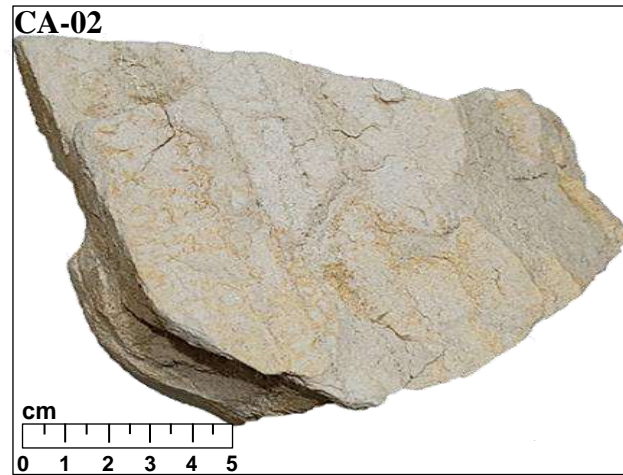


Foto 36. Muestra de arenisca CA-02 coleccionada para determinar su composición química, notándose dominio de cuarzo blanquecino.

-Así mismo se tomó la muestra 15 de arenisca para las pruebas de densidad, codificándola como DA-15, con las siguientes coordenadas: Norte: 9205054.43, Este: 790527.48, Elevación: 3060.95.

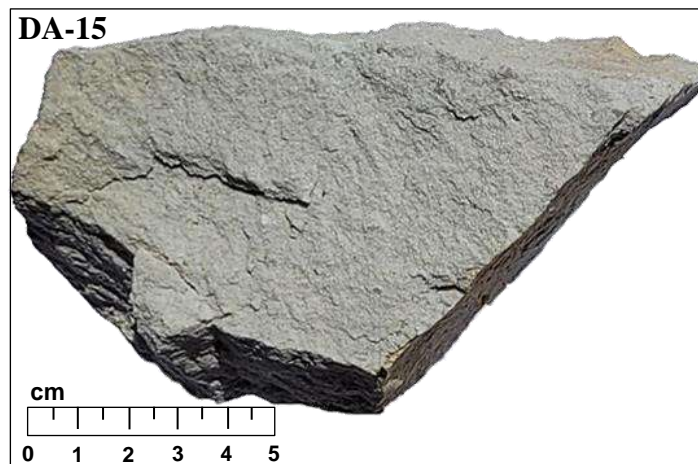


Foto 37. Muestra DA-15 para pruebas de densidad por método de parafina.

4.1.3. Hoja de Cartografiado 3 (Sector SE)

-13 estaciones, identificando areniscas, limolitas de la F. Farrat de hasta 20 m. de potencia (E31), areniscas arcillosas (E27), falla Cajamarca (E26-E27), se colectaron para composición química: 1 arenisca, 1 arenisca arcillosa y 3 limolitas y para densidad: 6 areniscas, 3 areniscas arcillosas y 7 limolitas.

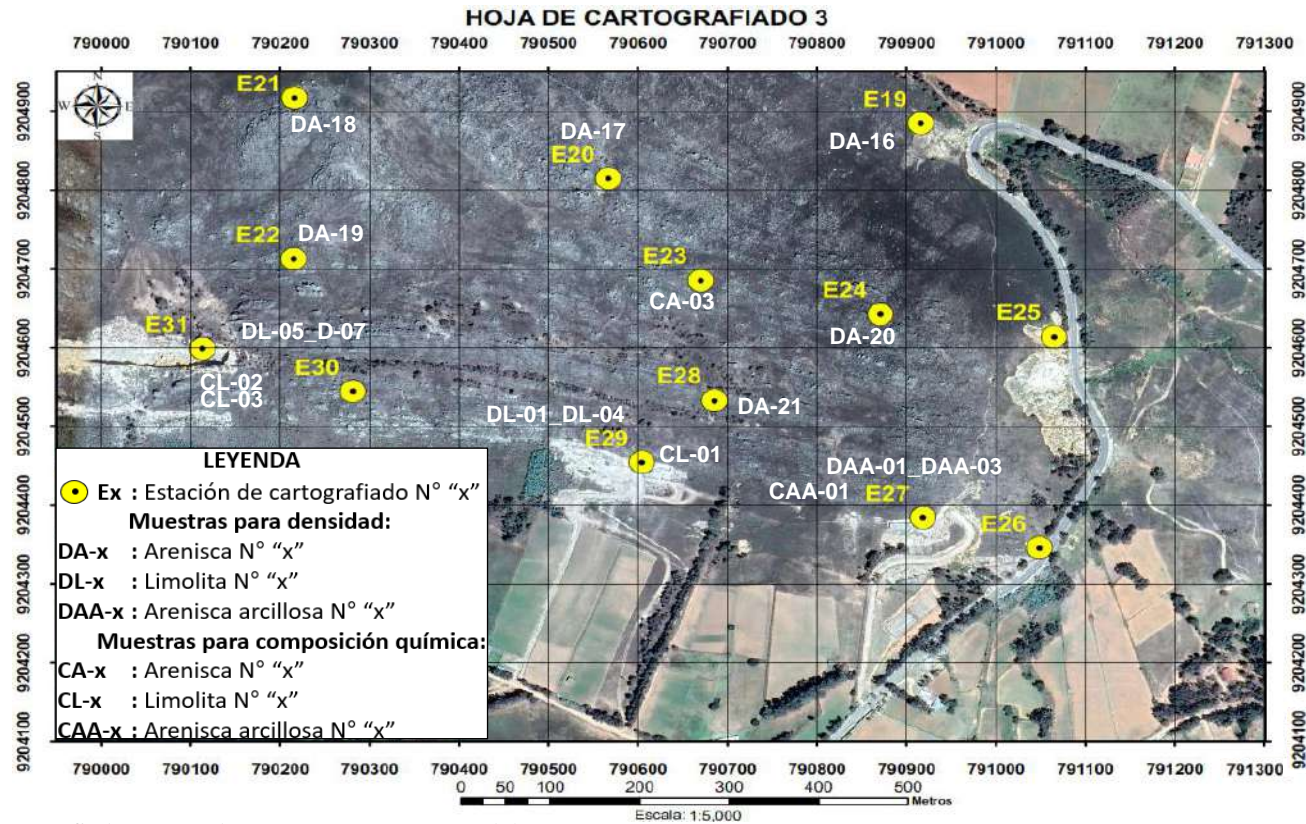


Figura 16. Estaciones de cartografiado y toma de muestras en sector SE del Cerro Carga.

4.1.3.1. Estación 19 (E19):

-Estación en la parte baja al Este del Cerro Carga cercana a curva de vía asfaltada nacional que lleva de Cajamarca hacia Namora, se observa talud de arenisca pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), con dirección N125° y buzamiento -50°. Las coordenadas fueron: Norte: 9204862.36, Este: 790922.61, Elevación: 2963.70.

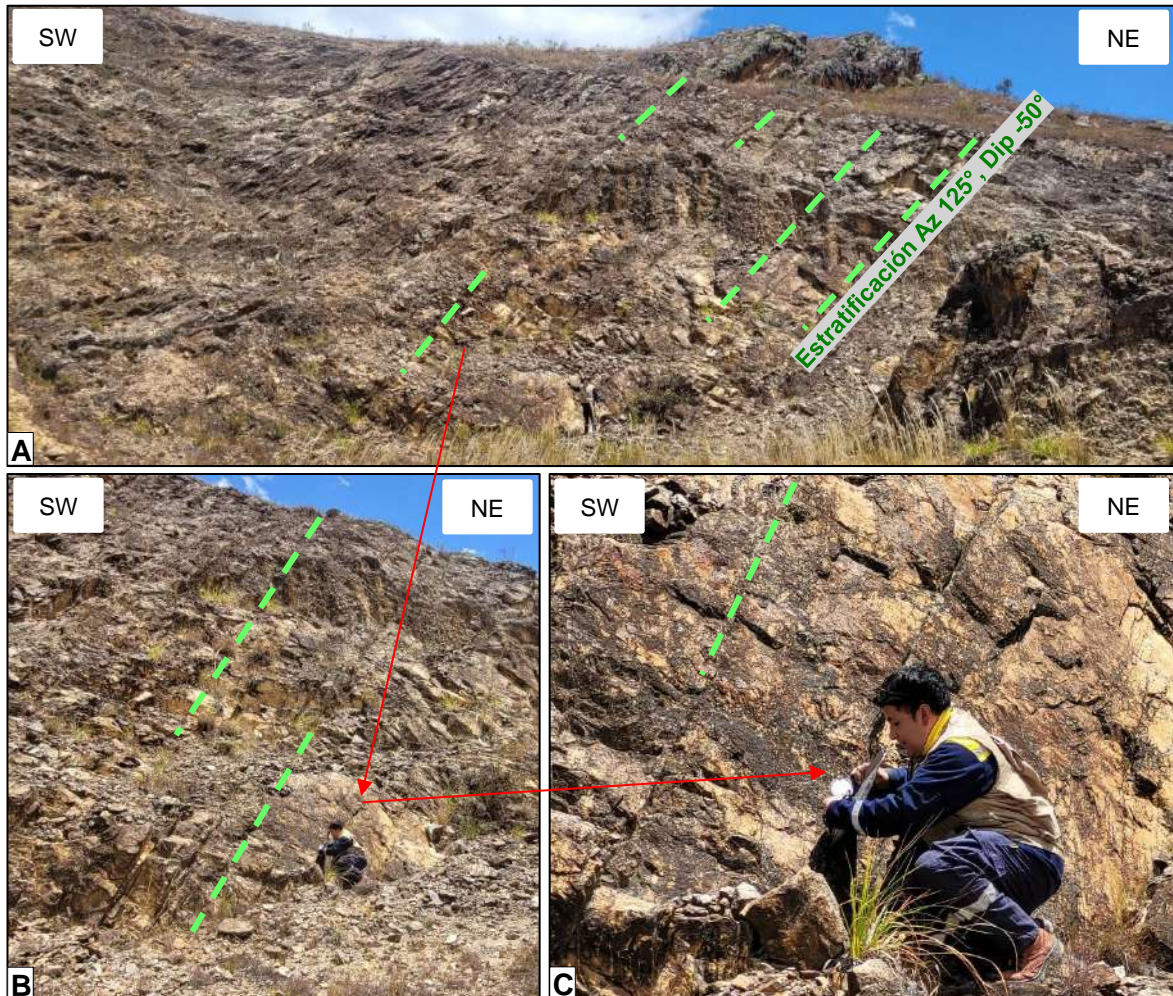


Foto 38. Fotografías de la Estación 19 con vista SW-NE, (A) muestra talud de arenisca con Az 125°, Dip -50°, en (B) y (C) se aprecia al tesista realizando medición de Azimut.

-Se colectó la muestra 16 de arenisca para pruebas de densidad, codificándola como DA-16, con las siguientes coordenadas: Norte: 9204862.24, Este: 790922.33, Elevación: 2963.75.

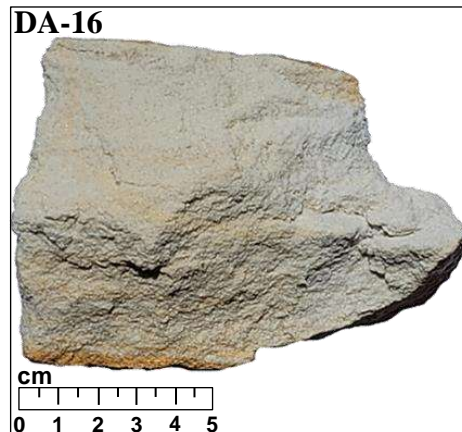


Foto 39. Muestra DA-16 para pruebas de densidad, a la lupa se observó dominio de granos de cuarzo.

4.1.3.2. Estación 20 (E20):

-Grandes bloques de arenisca algunos rodados y otros insitu de arenisca blanquecinas cuarzosas con pátinas de Ox de Fe, correspondientes a la Formación Farrat (Ki-f), con Azimut N110° y buzamiento -55°. Las coordenadas fueron: Norte: 9204812.17, Este: 790595.33, Elevación: 3097.70.



Foto 40. En (A) con vista N-S se aprecia grandes bloques de arenisca algunos insitu y otros rodados, en la parte posterior se observa el cerro los Sapitos y vía nacional pavimentada hacia Namora, en (B) con vista SE-NW se puede observar de igual forma bloques de arenisca algunos rodados y otros insitu con Az 110°, Dip -55°.

-Se colectó la muestra 17 de arenisca para pruebas de densidad, codificándola como DA-17, con las siguientes coordenadas: Norte: 9204811.12, Este: 790593.56, Elevación: 3097.92.

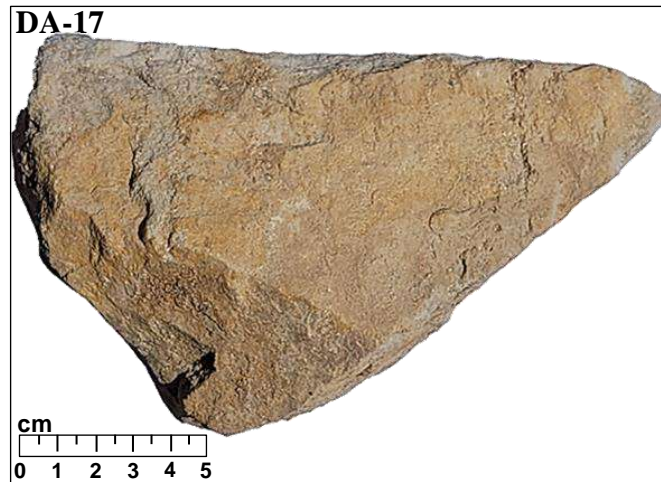


Foto 41. Muestra de arenisca DA-17 para pruebas de densidad por método de parafina, observándose dominio de cuarzo con pátinas de óxidos de hierro (limonitas).

4.1.3.3. Estación 21 (E21):

-Bloques de arenisca blanquecina cuarzosa, algunos rodados y otros insitu fuertemente fracturados con pátinas de Ox Fe, correspondientes a la Formación Farrat (Ki-f), con fracturamiento N355° y buzamiento -65°. Las coordenadas fueron: Norte: 9204909.83, Este: 790243.80, Elevación: 3145.88.



Foto 42. Fotografía con vista N-S apreciándose grandes bloques de arenisca algunos rodados y otros insitu con fracturamiento Az 355°, Dip -65°.

-Se colectó la muestra 18 de densidad de arenisca, codificándola como D-18, con las siguientes coordenadas: Norte: 9204908.15, Este: 790242.77, Elevación: 3145.66.

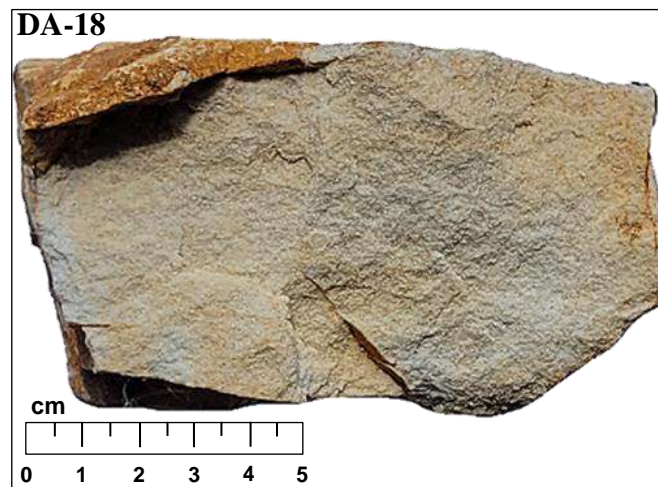


Foto 43. Muestra de arenisca DA-18 para pruebas de densidad por método de parafina.

4.1.3.4. Estación 22 (E22):

-Bloques de arenisca algunos rodados y otros insitu fuertemente fracturados, correspondientes a la Formación Farrat (Ki-f). Las coordenadas fueron: Norte: 9204708.07, Este: 790202.25, Elevación: 3071.79.



Foto 44. Fotografía con vista S-N apreciándose grandes bloques de arenisca algunos rodados y otros insitu fuertemente fracturados.

-Se colectó la muestra 19 de arenisca para pruebas de densidad y se codificó como DA-19, con las siguientes coordenadas: Norte: 9204711.04, Este: 790203.71, Elevación: 3073.20.

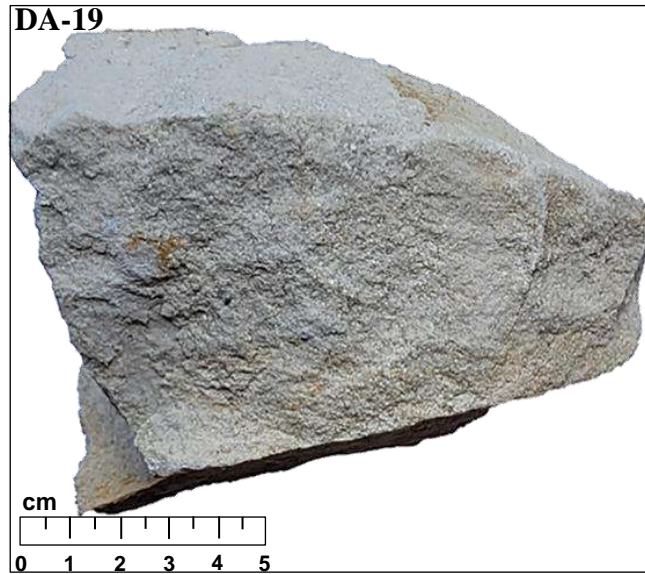


Foto 45. Muestra de arenisca DA-19 para pruebas de densidad por método de parafina, obsérvese dominio de cuarzo blanquecino.

4.1.3.5. Estación 23 (E23):

-Se observa afloramientos de arenisca pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), con dirección N110° y buzamiento -65°. Las coordenadas fueron: Norte: 9204697.94, Este: 790611.56, Elevación: 3081.72.



Foto 46. Fotografía con vista S-N apreciándose afloramientos de arenisca con Az 110°, Dip -65°, buzando hacia la laguna Sulluscocha.

- Adicional al cartografiado, se procedió a coleccionar la tercera muestra de arenisca para el ensayo de composición química, codificándola como CA-03, con las siguientes coordenadas: Norte: 9204696.47, Este: 790612.41, Elevación: 3081.33.

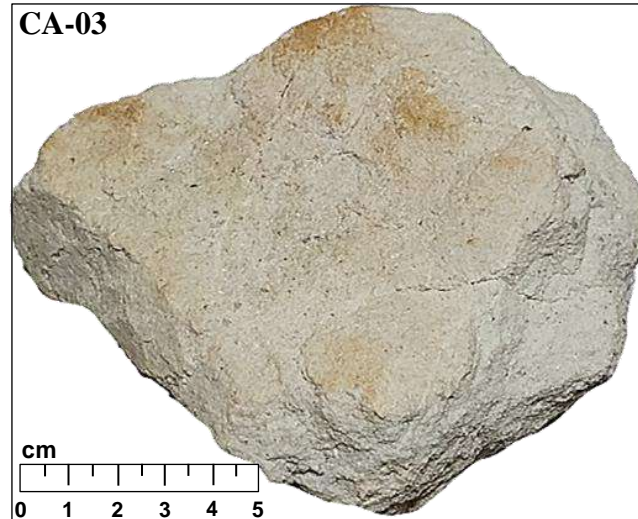


Foto 47. Muestra de arenisca CA-03 colectada para pruebas de composición química.

4.1.3.6. Estación 24 (E24):

-Se observa afloramientos de arenisca blanquecina cuarzosa con esporádicos líticos pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), con dirección N110° y buzamiento -65°. Las coordenadas fueron: Norte: 9204642.53, Este: 790858.19, Elevación: 3036.27.



Foto 48. Fotografía con vista S-N apreciándose afloramientos de arenisca con Az 110°, Dip -65°, buzando hacia la laguna Sulluscocha.

-Se colectó la muestra 20 de arenisca para pruebas de densidad y se codificó como DA-20, con las siguientes coordenadas: Norte: 9204641.32, Este: 790857.84, Elevación: 3036.38.

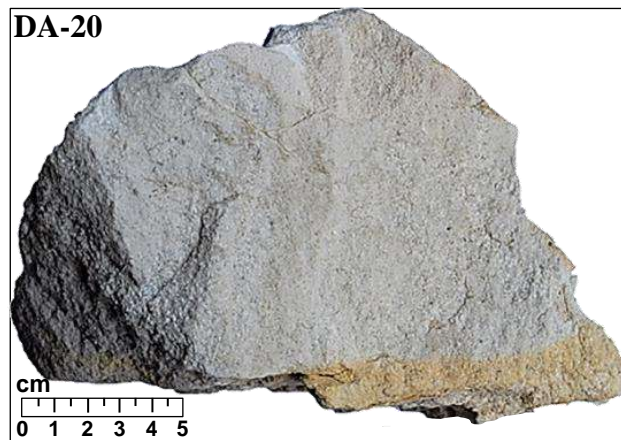


Foto 49. Muestra de arenisca N° 20 para pruebas de densidad por método de parafina.

4.1.3.7. Estación 25 (E25):

-Estación contigua a vía nacional pavimentada que lleva a Namora y ubicada en el extremo Sureste del cerro Carga, formada por depósitos cuaternarios de material inconsolidado compuestos por niveles de arenas finas y niveles de conglomerados con matriz arenácea y fragmentos de areniscas. Las coordenadas fueron: Norte: 9204558.9, Este: 791043.79, Elevación: 2956.11.

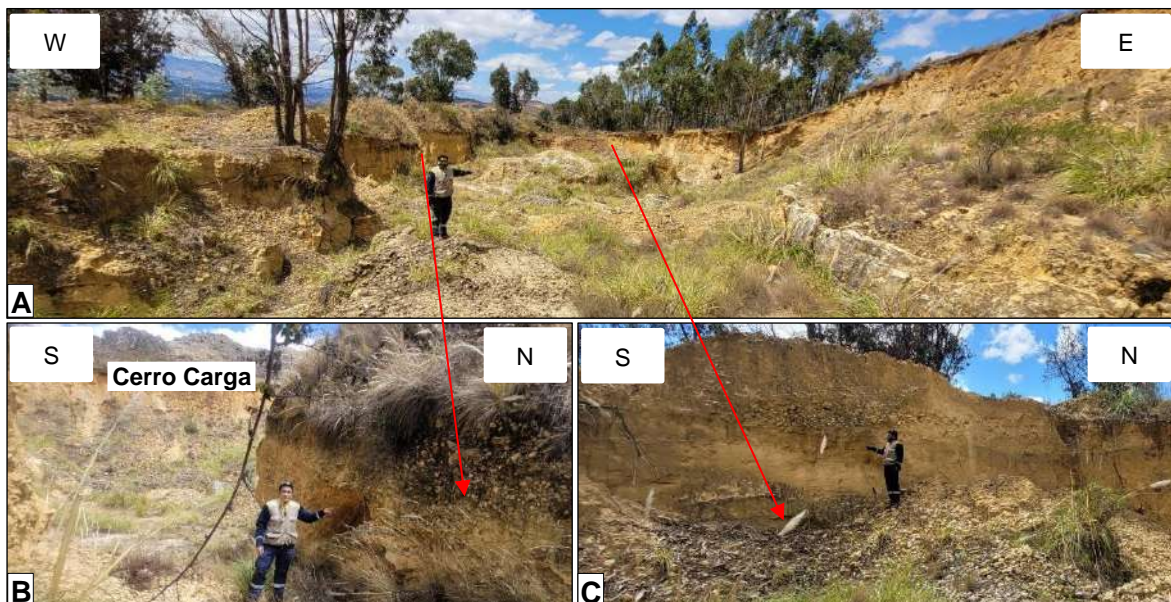


Foto 50. En (A) se observa depósitos cuaternarios inconsolidados compuestos por niveles de arenas finas y niveles de conglomerados con matriz arenácea y fragmentos de areniscas, en (B) y (C) se precia mayores detalles de estos conglomerados y niveles arenáceos, además en (B) se aprecia la parte alta del Cerro Carga.

4.1.3.8. Estación 26 (E26):

-Estación en la parte baja al extremo Sureste del Cerro Carga contigua a vía asfaltada nacional que lleva a Namora, se observa intercalaciones de areniscas grises, limolitas y limolitas bituminosas pertenecientes a la Formación Santa en contacto con areniscas de la Formación Farrat con potencias de las limolitas desde 2 a 4.5 m. y de las areniscas arcillosas desde 1.5 a 8 m., con dirección N 115° y buzamiento -80°, este contacto se debe a la presencia de la Falla Inversa Cajamarca con dirección N 85° y buzamiento -80°. Cuyas coordenadas fueron: Norte: 9204321.45, Este: 791032.93, Elevación: 2948.83.

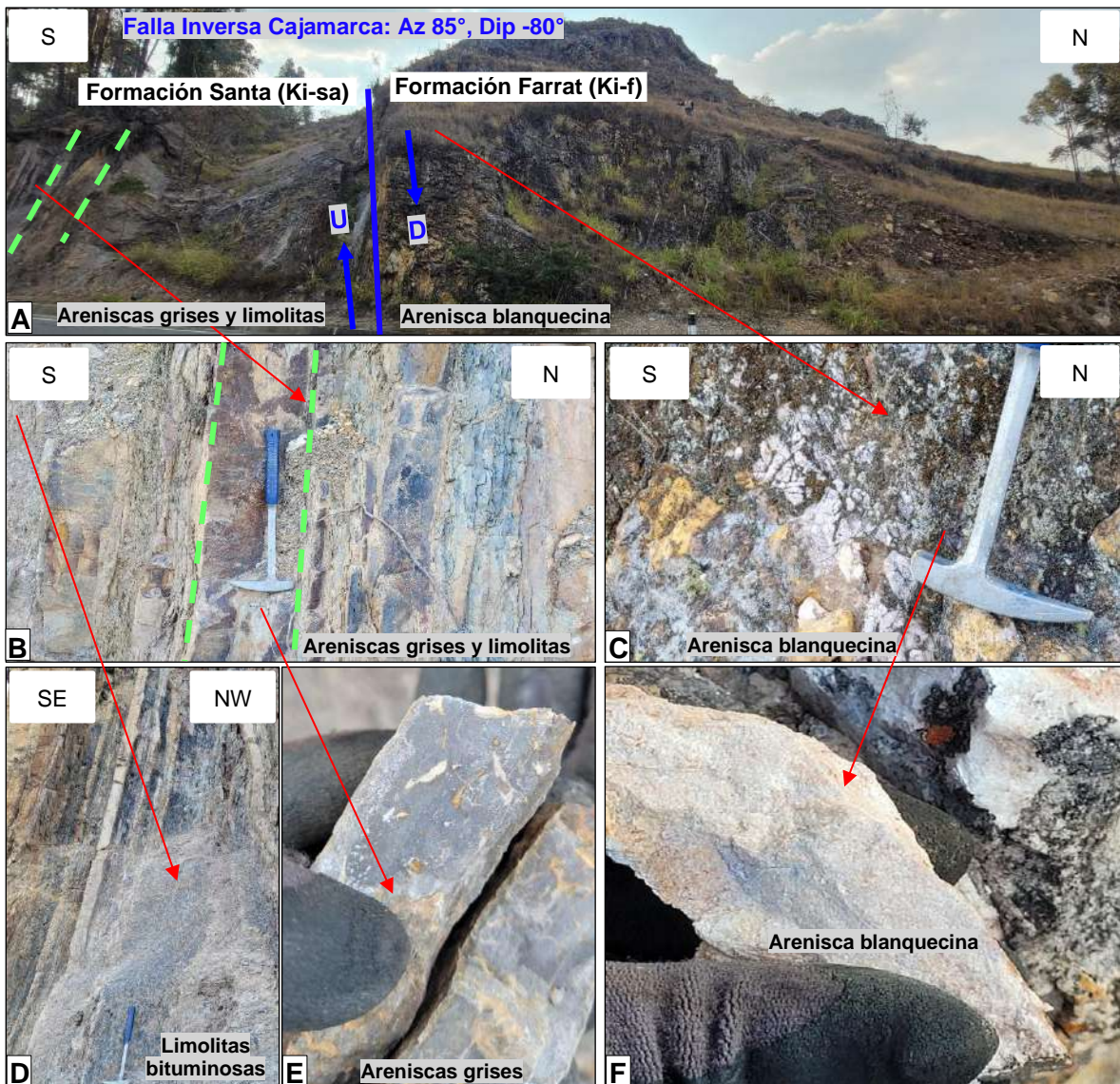


Foto 51. En (A) se observa contacto entre la Formación Santa con la Formación Farrat debido a presencia de Falla Inversa Cajamarca con Az 85°, Dip -80°, en el plano de falla de color azul se indica U: Up bloque que subió y D: Down bloque que bajó. En (B), (D) y (E) se puede apreciar areniscas grises, limolitas y limolitas bituminosas pertenecientes a la F. Santa, en (C) se observa areniscas blanquecinas pertenecientes a la F. Farrat.

4.1.3.9. Estación 27 (E27):

-Se identificó contacto de la Formación Farrat y la Formación Santa, debido a presencia de la Falla Inversa Cajamarca con dirección N 100° y buzamiento -75°, además se pudo apreciar en la Formación Santa presencia de Falla Inversa con dirección N 130° y buzamiento -75°. Cuyas coordenadas fueron: Norte: 9204333.23, Este: 790915.22, Elevación: 2978.30.

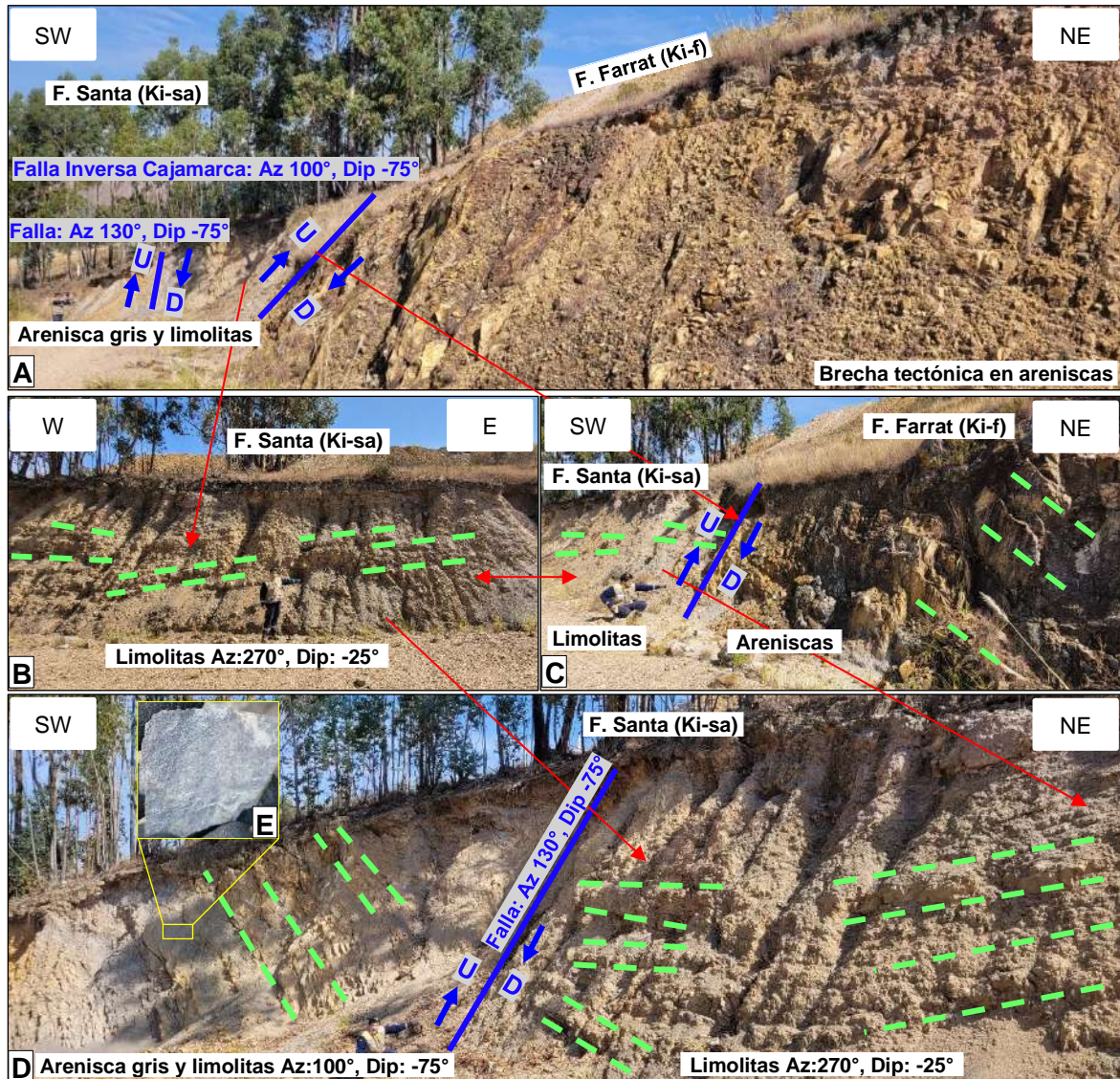


Foto 52. (A) y (C) muestran los contactos entre la Formación Farrat (Ki-f) compuesta por areniscas blanquecinas y la Formación Santa (Ki-sa) compuesta por limolitas, areniscas grises y limolitas bituminosas debido a Falla Inversa Cajamarca con Az 100° y Dip -75°, como indicador tectónico se tiene brecha tectónica en las areniscas, (B), (C) y (D) muestran limolitas de la formación Santa con Az 270° y Dip -25°, en (D) se aprecia cambio del buzamiento y dirección de los estratos de Az 270° y Dip -25° en las limolitas a Az 100° y Dip -75° en las areniscas grises y limolitas bituminosas debido a Falla Inversa con Az 130° y buzamiento -75°, finalmente en (E) se observa mayor detalle de las areniscas grises de la Formación Santa (Ki-sa).

-Estación en corte de carretera al Sureste del Cerro Carga, se observa intercalaciones de afloramientos de arenisca, areniscas arcillosas y limolitas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) con potencia de las limolitas de 0.7 m y 4.5 m, con dirección N 110° y buzamiento -75°, además presencia de brecha tectónica en arenisca contigua a Falla Inversa con componente dextral con dirección N 100° y buzamiento 80°. Cuyas coordenadas fueron: Norte: 9204378.11, Este: 790954.78, Elevación: 2979.08.

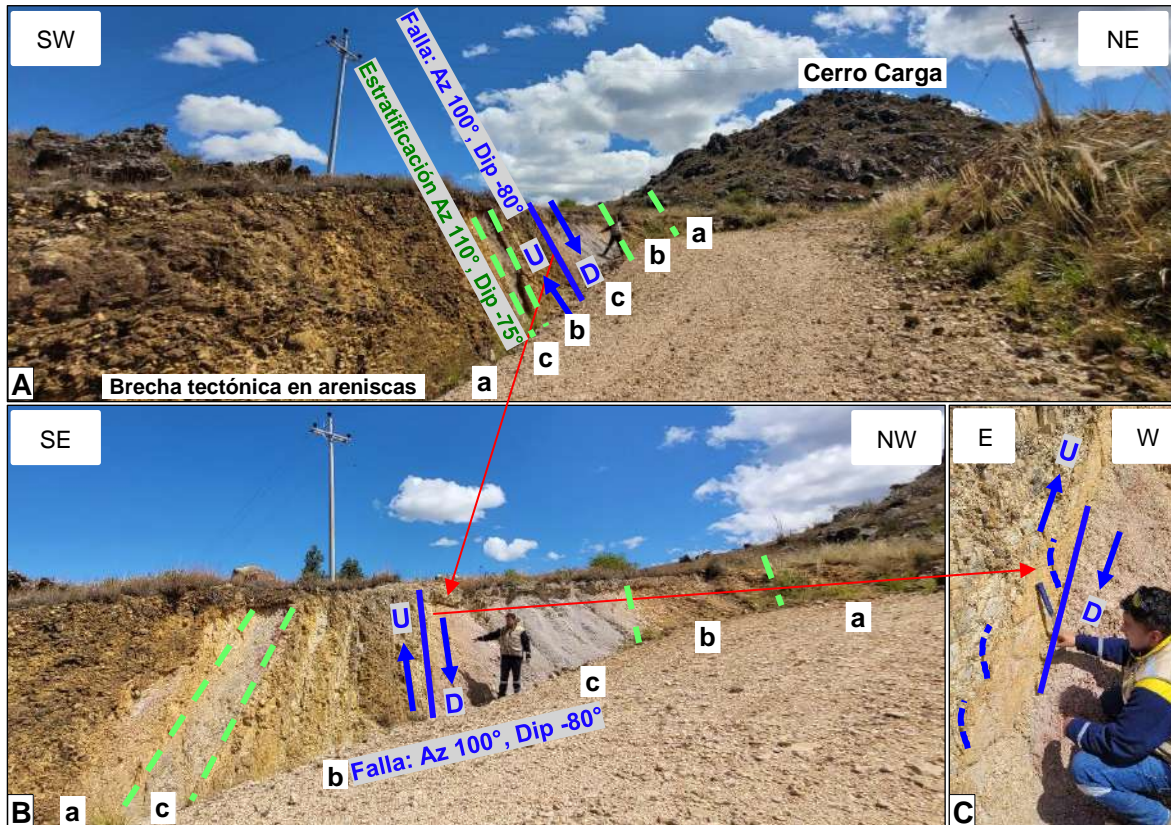


Foto 53. Afloramientos de la Estación 27 en corte de carretera, donde en (A) y (B), se observa intercalaciones de “a”: areniscas, “b”: areniscas arcillosas y “c”: limolitas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), además de presencia de Falla Inversa con componente dextral con Az 100°, Dip -80°, en (C) se puede apreciar al testista indicando el plano de falla e identificando movimiento a partir de escalones de falla que indican sentido de movimiento como una Falla Inversa.

-Se procedió a coleccionar muestras de areniscas arcillosas: 1 muestra para ensayo de composición química y 3 muestras para densidad, identificando a la lupa debido a las propiedades mineralógicas de dureza, color, raya y textura principalmente, la presencia dominante de cuarzo, seguido por arcillas como caolín, montmorillonita, illita, con pátinas de óxidos de hierro: Limonitas (amarillentas) y hematitas (rojizas), codificando las densidades como:

Tabla 4. Muestras de Areniscas Arcillosas de la Formación Farrat colectadas para pruebas de densidad y composición química en Estación 27 mostrando coordenadas en WGS-84 y minerales identificados a la lupa.

Muestras de Areniscas Arcillosas (AA)					
Prueba	Código	Norte	Este	Elevación	Minerales a la lupa
Densidad (D)	DAA-01	9204378.95	790956.67	2978.79	Cuarzo, caolín, montmorillonita, óxidos de hierro
	DAA-02	9204388.71	790934.6	2985.77	Cuarzo, caolín, illita, óxidos de hierro
	DAA-03	9204374.57	790880.1	2994.45	Cuarzo, illita, óxidos de hierro
Composición Química (C)	CAA-01	9204384.56	790947.32	2981.89	Cuarzo, caolín, óxidos de hierro

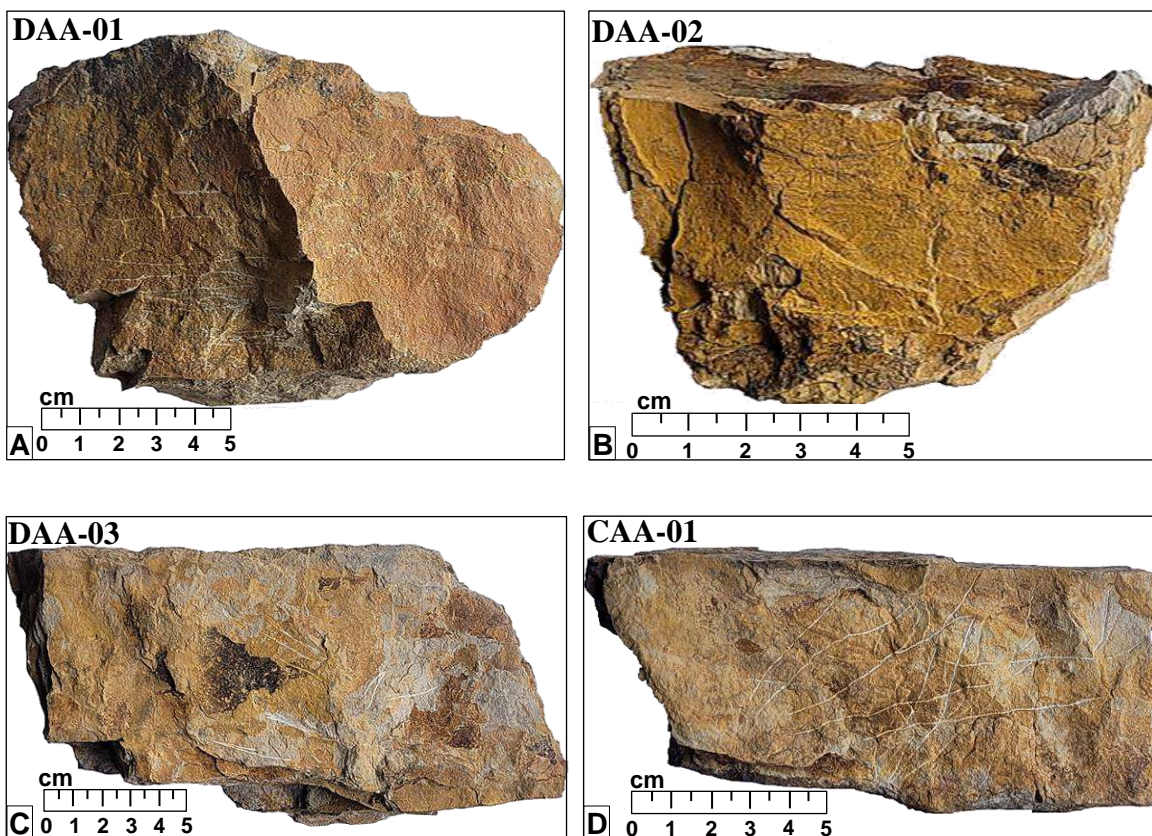


Foto 54. Muestras de areniscas arcillosas, donde (A), (B) y (C) corresponden a DAA-01, DAA-02 y DAA-03 para ensayo de densidad y (D) corresponde a CAA-01 para ensayo de composición química.

4.1.3.10. Estación 28 (E28):

-Se observa afloramientos de arenisca pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), con dirección N105° y buzamiento -65°, con las siguientes coordenadas: Norte: 9204531.94, Este: 790711.56, Elevación: 3039.63.



Foto 55. Fotografía SW-NE donde se observa areniscas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) con dirección Az 105°, Dip -65° buzando hacia la laguna Sulluscocha, en la parte trasera izquierda se observa el Cerro el Castillo

-Se colectó la muestra 21 de arenisca para densidad, y se codificó como: DA-21, con las siguientes coordenadas: Norte: 9204530.83, Este: 790712.14, Elevación: 3039.35

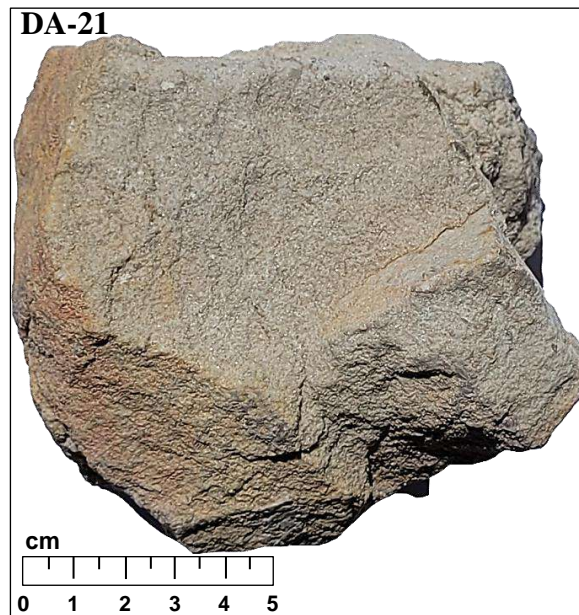


Foto 56. Muestra DA-21 para pruebas de densidad por método de parafina.

4.1.3.11. Estación 29 (E29):

-Estación donde se observa el contacto entre areniscas en la parte alta y limolitas en la parte baja del Cerro Carga, pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), con dirección N 110° y buzamiento -70°, así mismo se identificó falla contacto paralela a la estratificación, afloramiento posee una potencia de 8-13 m. en los extremos y 18 m en la parte media, con dominio de limolitas y pequeños estratos de arcillitas, macroscópicamente a la lupa se identificó caolín, montmorillonita (colores blanquecinos) e illita (colores grisáceos), patinas con Ox de Fe, soportado de las propiedades mineralógicas de dureza, color, raya y textura, con coordenadas: Norte: 9204446.87, Este: 790577.69, Elevación: 3017.52



Foto 57. En (A) se observa en el Cerro Carga estratificación y falla contacto paralela entre areniscas y limolitas con Az 110° y Dip -70° pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), en (B), (C) y (D) se puede apreciar mayor detalle del contacto entre las areniscas y limolitas de la Formación Farrat (Ki-f).

-Se colectaron 4 muestras de limolitas para densidad y 1 para pruebas de composición química, identificando macroscópicamente a la lupa soportado de las propiedades mineralógicas de dureza, color, raya y textura, encontrando la presencia de caolín, montmorillonita, illita con tonalidades grisáceas y blanquecinas, con pátinas de Ox de Fe: limonitas (amarillentas) y hematitas (rojizas), codificándolas como:

Tabla 5. Muestras de Limolitas de la Formación Farrat colectadas para pruebas de densidad y composición química en Estación 29 mostrando coordenadas en WGS-84 y minerales identificados a la lupa.

Muestras de Limolitas (L)					
Prueba	Código	Norte	Este	Elevación	Minerales a la lupa
Densidad (D)	DL-01	9204444.65	790631.72	3016.27	Illita, material orgánico
	DL-02	9204450.76	790603.75	3018.71	Illita, óxidos de hierro (limonita, hematita)
	DL-03	9204468.67	790537.26	3023.95	Caolín, montmorillonita
	DL-04	9204475.83	790516.04	3026.17	Caolín, illita, montmorillonita, óxidos de hierro (limonita, hematita)
Composición Química(C)	CL-01	9204472.74	790568.55	3027.31	Caolín, illita, montmorillonita, óxidos de hierro (limonita)

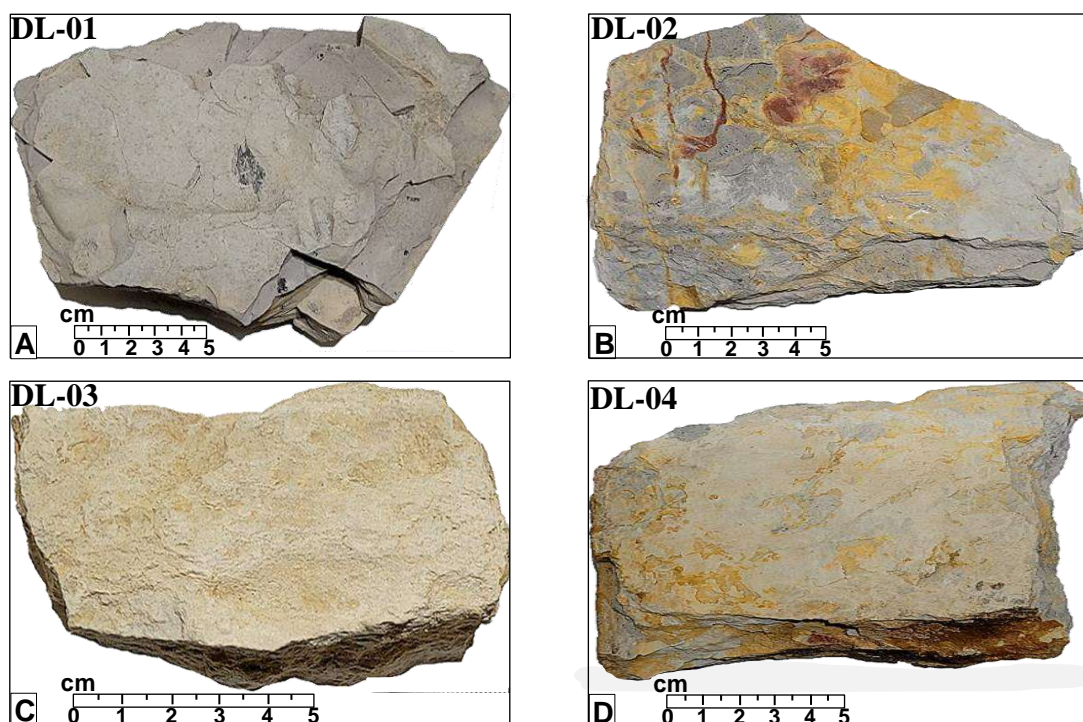


Foto 58. Muestras de limolitas, (A), (B), (C) y (D) corresponden a DL-01 (Densidad Limolita 1), DL-02 (Densidad Limolita 2), DL-03 (Densidad Limolita 3) y DL-04 (Densidad Limolita 4) para ensayos de densidad.

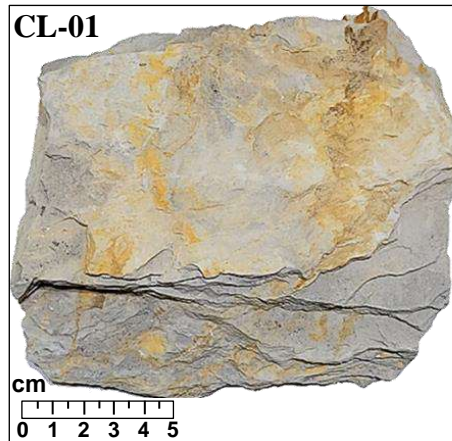


Foto 59. Muestra de limolitas CL-01 de la Formación Farrat para pruebas de composición química.

4.1.3.12. Estación 30 (E30):

-Se observa afloramientos de arenisca pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), con dirección N110° y buzamiento -75°, así mismo fracturamiento N330° y buzamiento -60°, con coordenadas: Norte: 9204547.71, Este: 790295.86, Elevación: 3042.85



Foto 60. En (A) se observa afloramientos de arenisca de la Formación Farrat (Ki-f), con dirección Az 110°, Dip -75° buzando hacia la laguna Sulluscocha con fracturamiento Az 330° y Dip -60° y en (B) se tiene una mejor vista de la estratificación en la parte alta del Cerro Carga

4.1.3.13. Estación 31 (E31):

-Se identificó trinchera de minado de hasta 20 y 10 m. de ancho y alto aproximadamente, donde de manera artesanal realizaron trabajos de explotación de las limolitas, realizando esta trinchera de manera paralela a la estratificación y paralela a las fallas identificadas en los contactos entre areniscas y limolitas con dirección N 90°/ buzamiento -75° y dirección N 95°/ buzamiento -70°, identificando la segunda falla con movimiento Normal a partir de los escalones de falla, se pudo apreciar continuidad de las limolitas en el piso de la trinchera, probablemente dejaron de minar estas rocas por temas de seguridad, ya que de profundizar más se corre el riesgo de ser aplastado por los taludes superiores. Las arcillas presentes se pudieron identificar como caolín y montmorillonita (colores blanquecinos) con menores contenidos de illita (colores grisáceos), pátinas con Ox de Fe (colores rojizos y amarillentos), también se colectaron 3 muestras de limolitas para densidad y 2 para composición química. La estación tiene las coordenadas: Norte: 9204587.37, Este: 790041.81, Elevación: 3024.60.

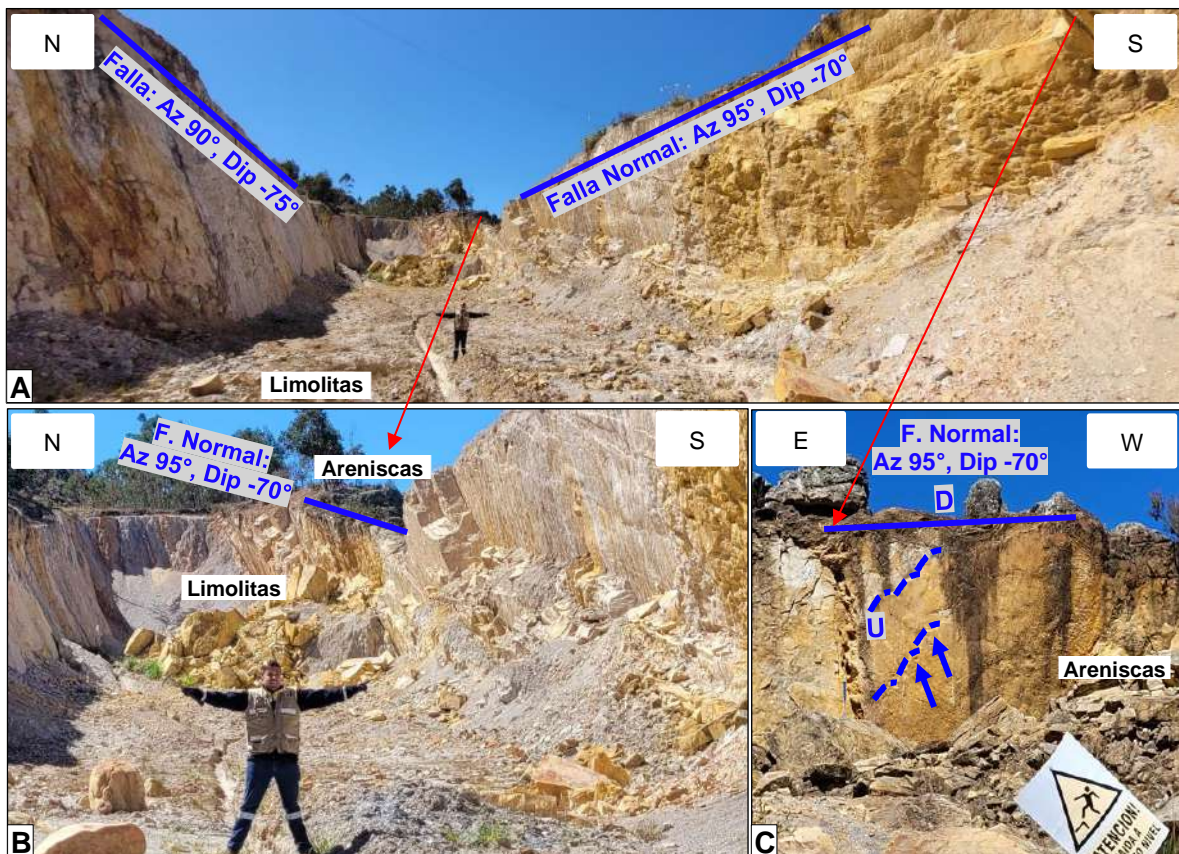


Foto 61. En (A) y (B) se observa trinchera artesanal de explotación de limolitas de hasta 20 m de ancho y 10 m de alto aprox., además fallas identificadas en los contactos entre areniscas y limolitas con Az 90°/ Dip -75° y Az N 95°/ Dip -70°, en (C) se puede apreciar plano de falla e interpretación del movimiento como Falla Normal debido a escalones tectónicos que indican la cinemática de la estructura.

Tabla 6. Muestras de Limolitas de la Formación Farrat colectadas para pruebas de densidad y composición química en Estación 31 mostrando coordenadas en WGS-84 y minerales identificados a la lupa.

Muestras de Limolitas (L)					
Prueba	Código	Norte	Este	Elevación	Minerales a la lupa
Densidad (D)	DL-05	9204516.25	790104.91	3009.85	Illita, limonita
	DL-06	9204579.24	790121.60	3031.28	Caolín, limonita, hematita
	DL-07	9204601.30	789984.34	3021.83	Caolín, montmorillonita, limonita
Composición Química(C)	CL-02	9204517.43	790064.77	3005.76	Illita, caolín, hematita
	CL-03	9204581.73	790028.80	3022.03	Caolín, illita

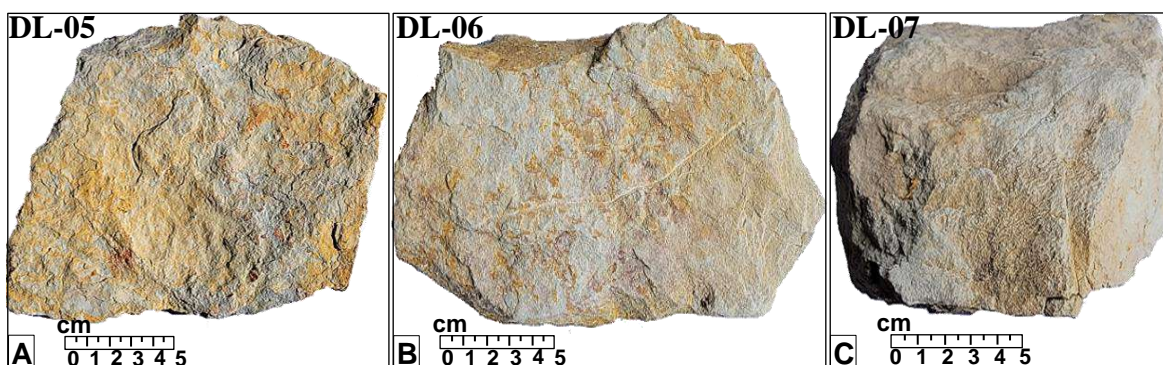


Foto 62. Muestras de limolitas, donde (A), (B) y (C) corresponden a DL-05 (Densidad Limolita 5), DL-06 (Densidad Limolita 6) y DL-07 (Densidad Limolita 7) para ensayos de densidad.

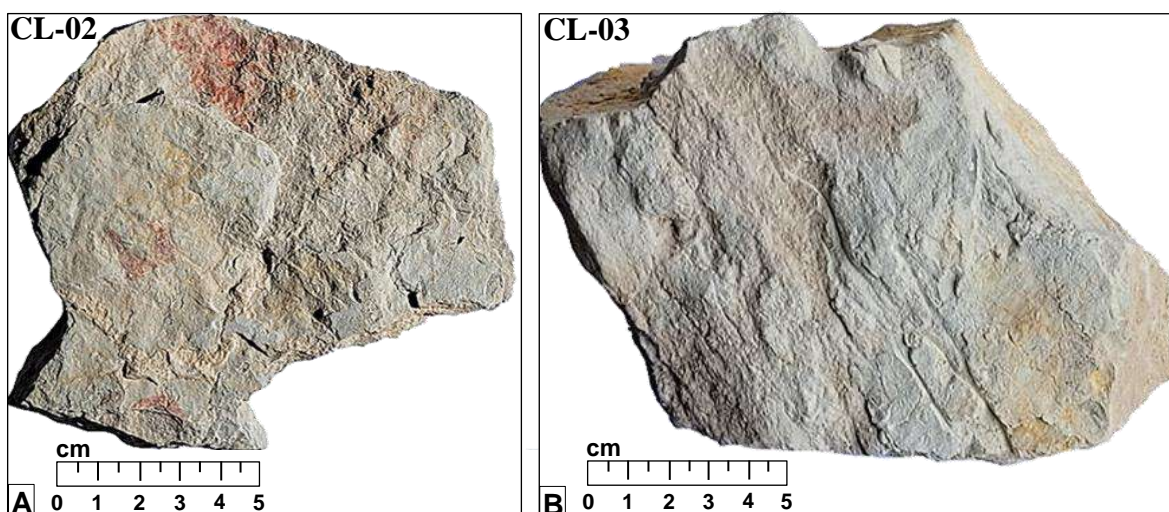


Foto 63. Muestras de limolitas, donde (A) corresponden a CL-01 (Composición química Limolita 1) y (B) a CL-02 (Composición química Limolita 2) para pruebas de composición química.

4.1.3.14. Resultado de Cartografiado Geológico Hoja 3:

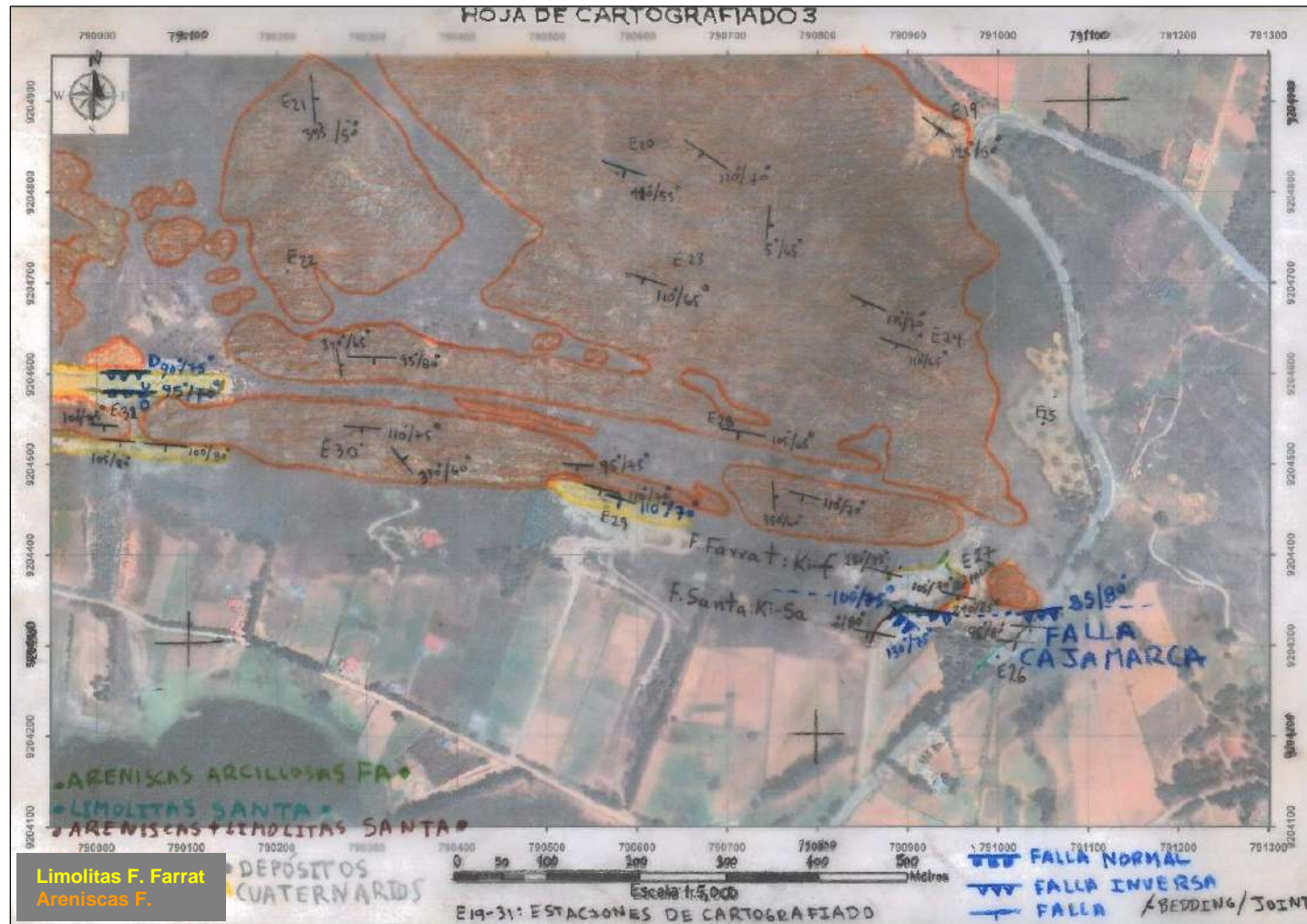


Figura 17. Cartografiado realizado en Hoja Canson A4 transparente a escala 1:5000, donde se aprecian todas las estaciones mencionadas en la Hoja de Cartografiado 3, se puede apreciar que se usó imagen satelital como mapa base.

4.1.4. Hoja de Cartografiado 4 (Sector SW)

-12 estaciones, identificando areniscas, limolitas en trincheras artesanales de la F. Farrat de hasta 20 m. de potencia (E35 a E38), Fallas Cajamarca y Sulluscocha (E43), se colectaron para composición química: 1 arenisca y 2 limolita, y para densidad: 4 areniscas y 8 limolitas.

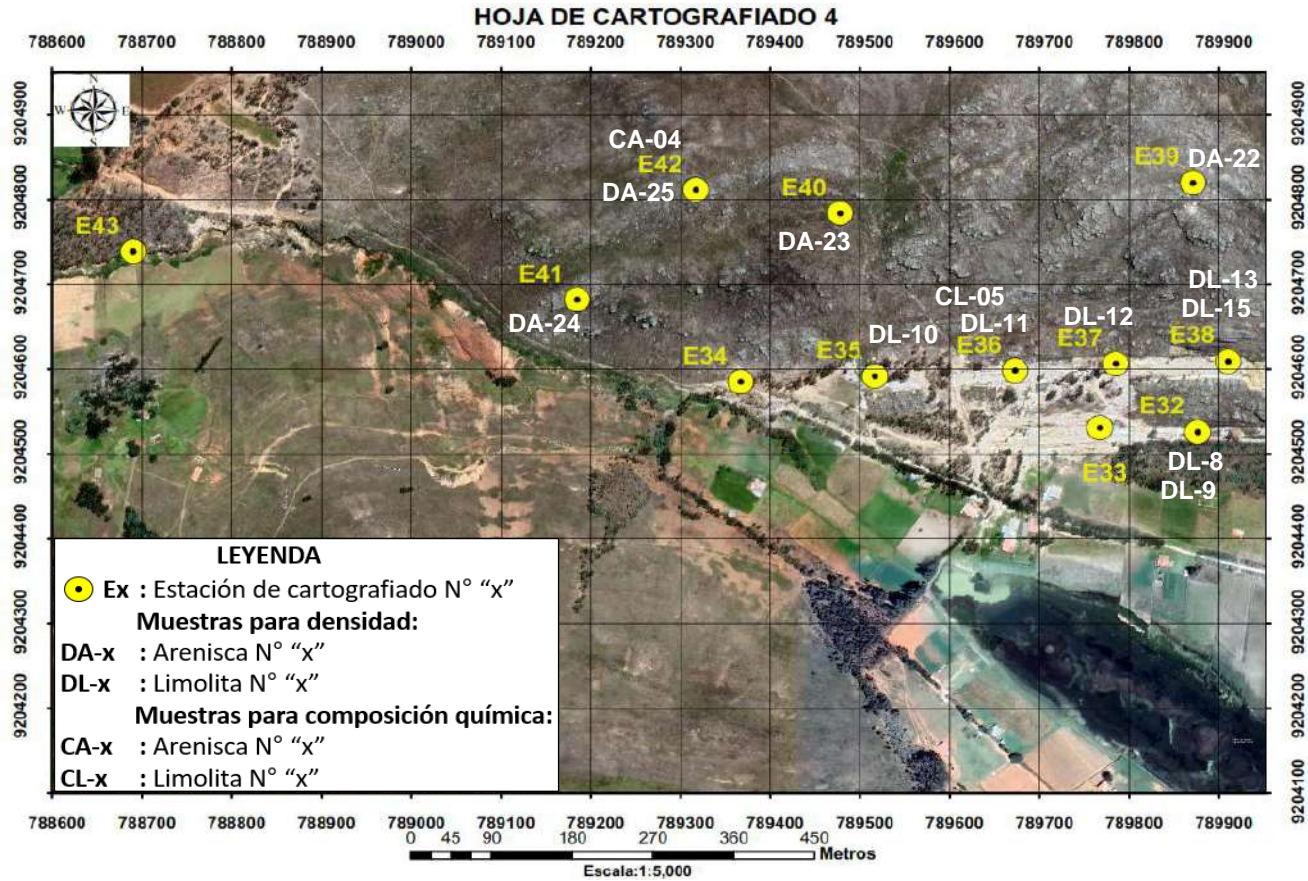


Figura 18. Estaciones de cartografiado y toma de muestras en sector SW del Cerro Carga.

4.1.4.1. Estación 32 (E32):

-Estación donde se observa falla inversa en el contacto entre las areniscas y limolitas con dirección N 90°/ buzamiento -80° pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), con las siguientes coordenadas: Norte: 9204527.64, Este: 789865.16, Elevación: 2985.59.

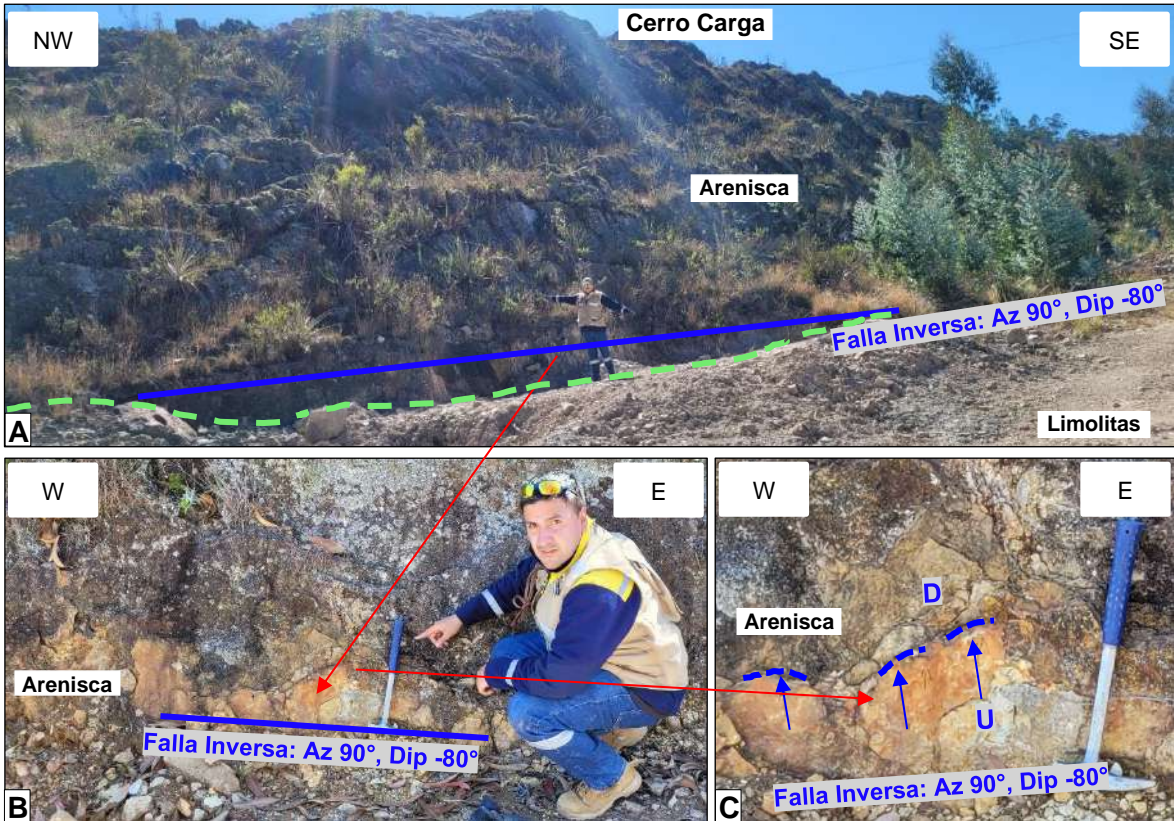


Foto 64. En (A) se muestra Falla Inversa con Az 90°/ Dip -80° en el contacto entre areniscas y limolitas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), (B) y (C) muestran escalones de falla.

-También se identificó la presencia de areniscas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) en el piso. Norte: 9204533.54, Este: 789810.01, Elevación: 2982.75.



Foto 65. (A) y (B) muestran en el piso arenisca de la Formación Farrat (Ki-f) en parte baja del Cerro Carga.

4.1.4.2. Estación 33 (E33):

-Estación donde se observa afloramiento de limolitas con dirección N 90°/ buzamiento -85° con potencia de 8 m aproximadamente pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), las arcillas presentes se pudieron identificar principalmente como illita (colores grisáceos) seguido por menores contenidos de caolín y montmorillonita (colores blanquecinos), además se colectaron 2 muestras de limolitas para densidad y 1 para composición química. La estación tiene las siguientes coordenadas: Norte: 9204520.97, Este: 789722.45, Elevación: 2975.53.

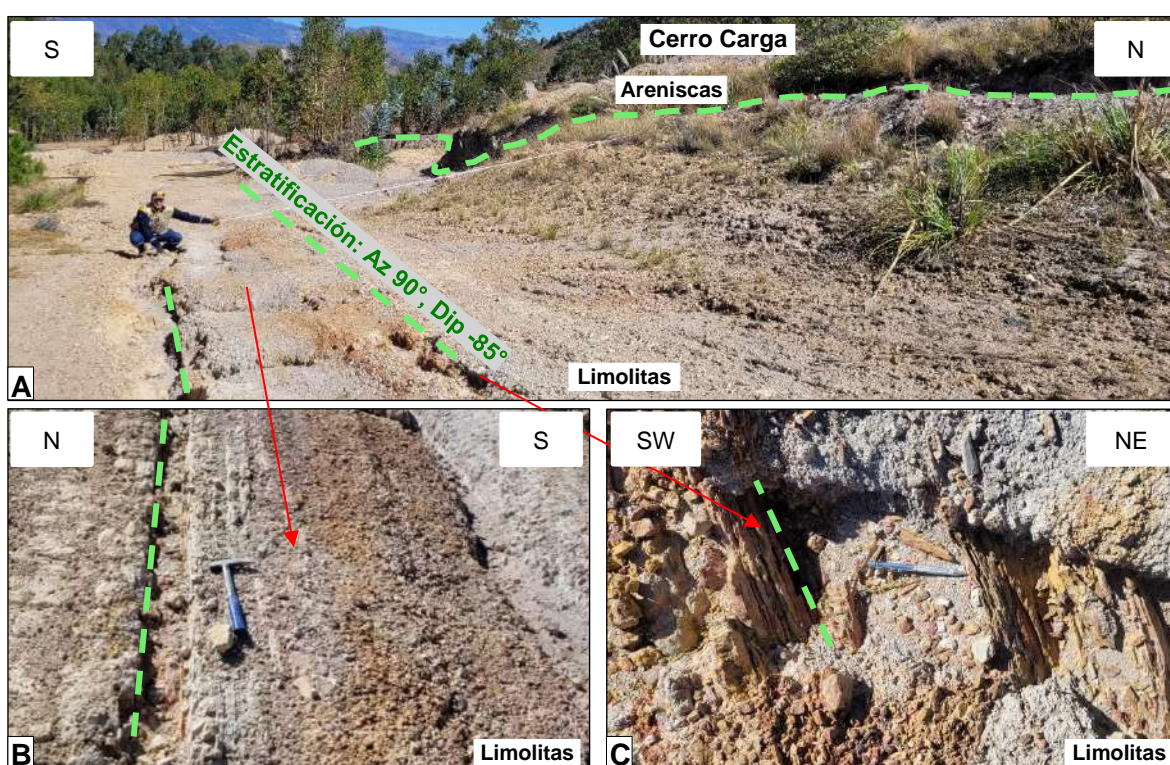


Foto 66. En (A), (B) y (C) se observa en el piso presencia de limolitas de la Formación Farrat (Ki-f) con Az 90°/ Dip -85° en parte baja del Cerro Carga.

Tabla 7. Muestras de Limolitas de la Formación Farrat colectadas para pruebas de densidad y composición química en Estación 33 mostrando coordenadas en WGS-84 y minerales identificados a la lupa.

Muestras de Limolitas (L)					
Prueba	Código	Norte	Este	Elevación	Minerales a la lupa
Densidad (D)	DL-08	9204518.11	789696.53	2972.91	Illita, caolinita, Montmorillonita, limonita.
	DL-09	9204531.91	789676.82	2972.17	
Composición Química (C)	CL-04	9204520.09	789733.43	2976.12	

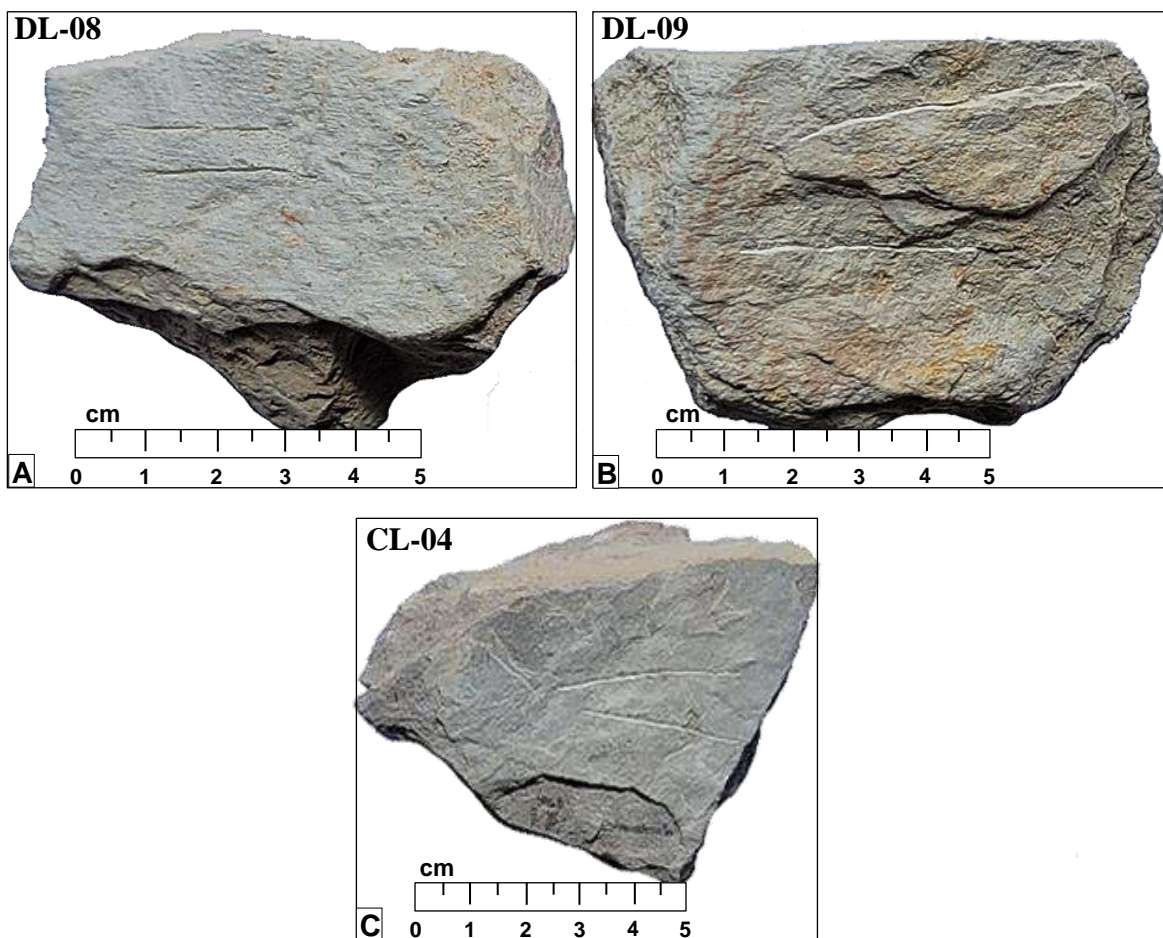


Foto 67. Muestras de limolitas, donde (A) y (B) corresponden a DL-08 y DL-09 (Densidad Limolita 8 y 9) y (C) corresponde a CL-04 (Composición química Limolita 4) para ensayo de composición química.

4.1.4.3. Estación 34 (E34):

-En la parte inferior SW del Cerro Carga se identificó una quebrada que lo separa del Cerro El Castillo, identificando en el lado del Cerro Carga areniscas blanquecinas con algunas pátinas de Ox de Fe pertenecientes a la Formación Farrat y en el lado del Cerro El Castillo areniscas de grano fino de color rojizas, interpretando nos indicaría que la quebrada sería una Falla Inversa de carácter regional importante donde el bloque Sur de la Formación Carhuaz (Ki-ca) del Cerro El Castillo quedó levantando y a la misma altura del Bloque Norte de la Formación Farrat del Cerro Carga, al proyectar esta estructura 6 km al NO hasta el anticlinal de Baños del Inca en Shaullo, esta estructura sería la Falla Cajamarca, esta teoría es soportada por la investigación de Bazán & Cerdán (2012) en su trabajo de investigación: Caracterización Morfoestructural del Anticlinal "Baños del Inca", donde indican: "La Falla Cajamarca es una falla inversa de unos 900 m de desplazamiento a lo largo del plano de falla

de dirección N95° y buzamiento 71°, el bloque SW es el bloque levantado quedando la Formación Carhuaz a la altura de la Formación Farrat del bloque NE. Esta falla se habría formado durante el segundo movimiento del Ciclo Orogénico Andino después de la Formación del anticlinal Baños del Inca como producto de la superposición de los esfuerzos orogénicos frente a la resistencia de la cobertura sedimentaria”. Las coordenadas de la estación fueron: Norte: 9204567.38, Este: 789335.64, Elevación: 2944.40.

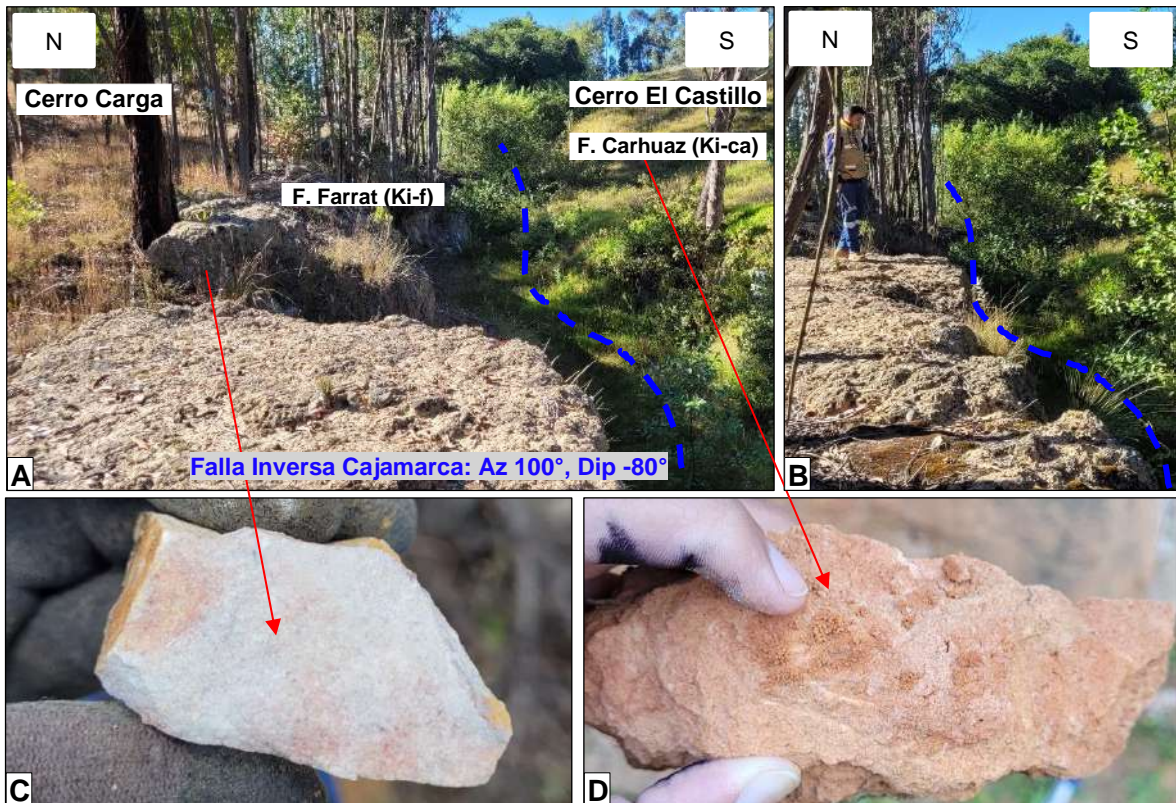


Foto 68. En (A) y (B) se observa Falla Inversa Cajamarca con Az 100°/ Dip -80° inferida en eje de quebrada que separa al Cerro Carga (Formación Farrat (Ki-f)) del Cerro el Castillo (Formación Carhuaz (Ki-ca)), en (C) se puede observar muestra de arenisca cuarzosa blanquecina del Cerro Carga con algunas pátinas de Ox de Fe pertenecientes a la Formación Farrat y en (D) muestra de areniscas de grano fino de color rojiza del Cerro el Castillo perteneciente a la Formación Carhuaz.

4.1.4.4. Estación 35 (E35):

-Estación donde se evidenció continuidad de la trinchera identificada en la Estación 31 en la proyección más extrema oeste, con hasta 11 metros de ancho y 5 metros de alto aproximadamente, identificando paquete de limolitas (hasta 11 m) encajonada con areniscas y falla en los contactos entre areniscas y limolitas con dirección N 85°/ buzamiento -75°,

donde de manera artesanal continuaron realizando trabajos de explotación de las limolitas, probablemente dejaron de minar estas rocas ya que la proyección profundiza por debajo del nivel suelo hacia el extremo Oeste. Las arcillas presentes se pudieron identificar como caolín y montmorillonita (colores blanquecinos) con menores contenidos de illita (colores grisáceos), pátinas con Ox de Fe (colores amarillentos y rojizos), con las siguientes coordenadas: Norte: 9204576.31, Este: 789538.37, Elevación: 2966.71

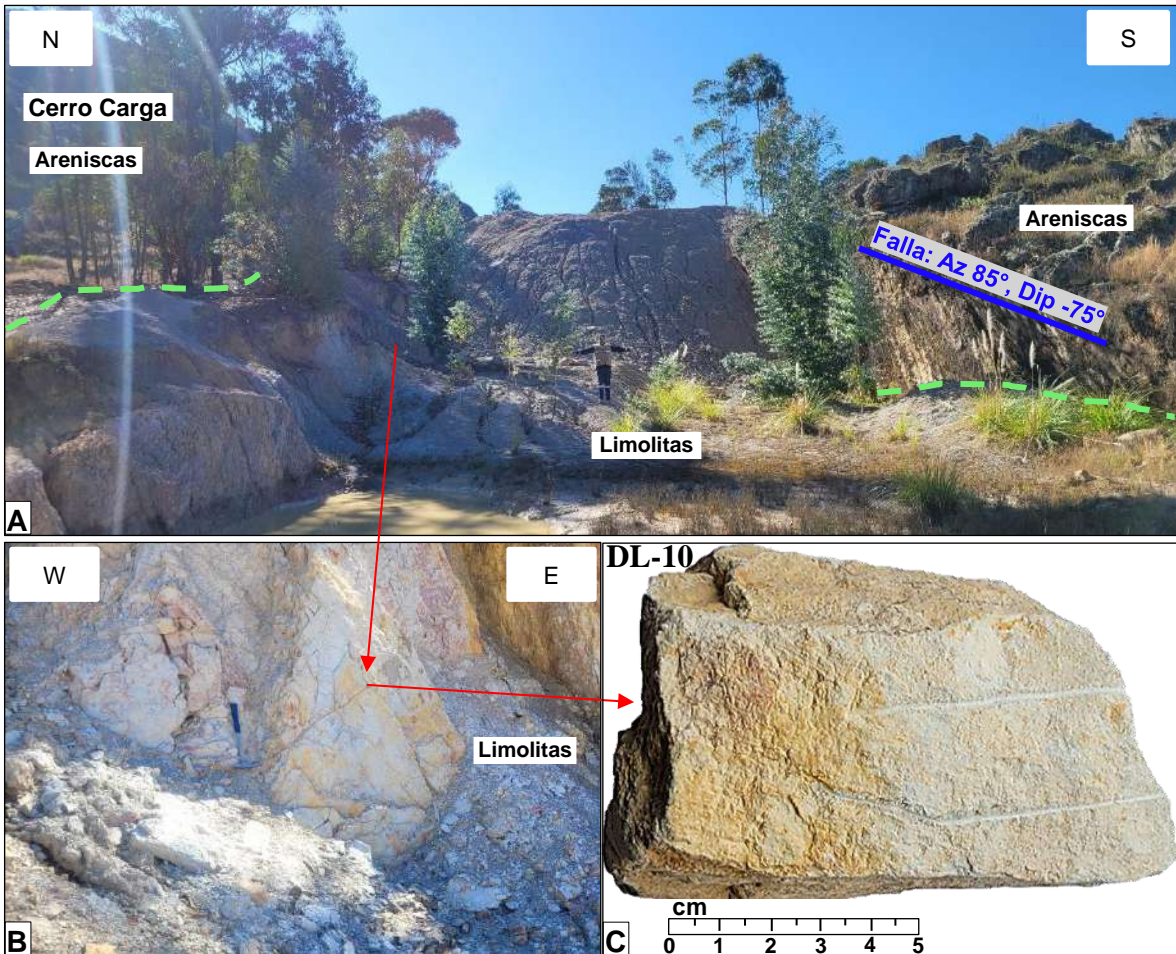


Foto 69. En (A), se observa limolitas con potencia de hasta 11 m encajonadas a ambos lados con areniscas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) y presencia de Falla contacto con Az 85°/ Dip -75°, en (B) se observa afloramiento de limolitas donde se colectó la muestra de densidad DL-10 y en (C) se observa muestra de limolitas DL-10 colectada para ensayos de densidad, a la lupa con dominio de caolín y presencia de óxidos de hierro (limonitas), con coordenadas Norte: 9204584.45, Este: 789541.12 y Elevación: 2967.16.

4.1.4.5. Estación 36 (E36):

-Se pudo identificar continuidad de trinchera y estructuras identificadas en la Estación 31 y 35, con hasta 15 metros de ancho y 7.5 metros de alto aproximadamente, identificando paquete de limolitas (hasta 15 m) encajonada con areniscas y 2 fallas contacto: Falla Normal con dirección N 90°/ buzamiento -75° y Falla Inversa con N 85°/ buzamiento -80°, las arcillas presentes se pudieron identificar como caolín y montmorillonita (colores blanquecinos) con menores contenidos de illita (colores grisáceos), pátinas con Ox de Fe (colores amarillentos), de manera artesanal realizaron trabajos de explotación de las limolitas, probablemente dejaron de minar estas rocas ya que la proyección profundiza por debajo del nivel suelo y por el método de explotación existe riesgo de caída por parte de los taludes superiores, la estación posee las siguientes coordenadas: Norte: 9204581.67, Este: 789637.72, Elevación: 2971.27.

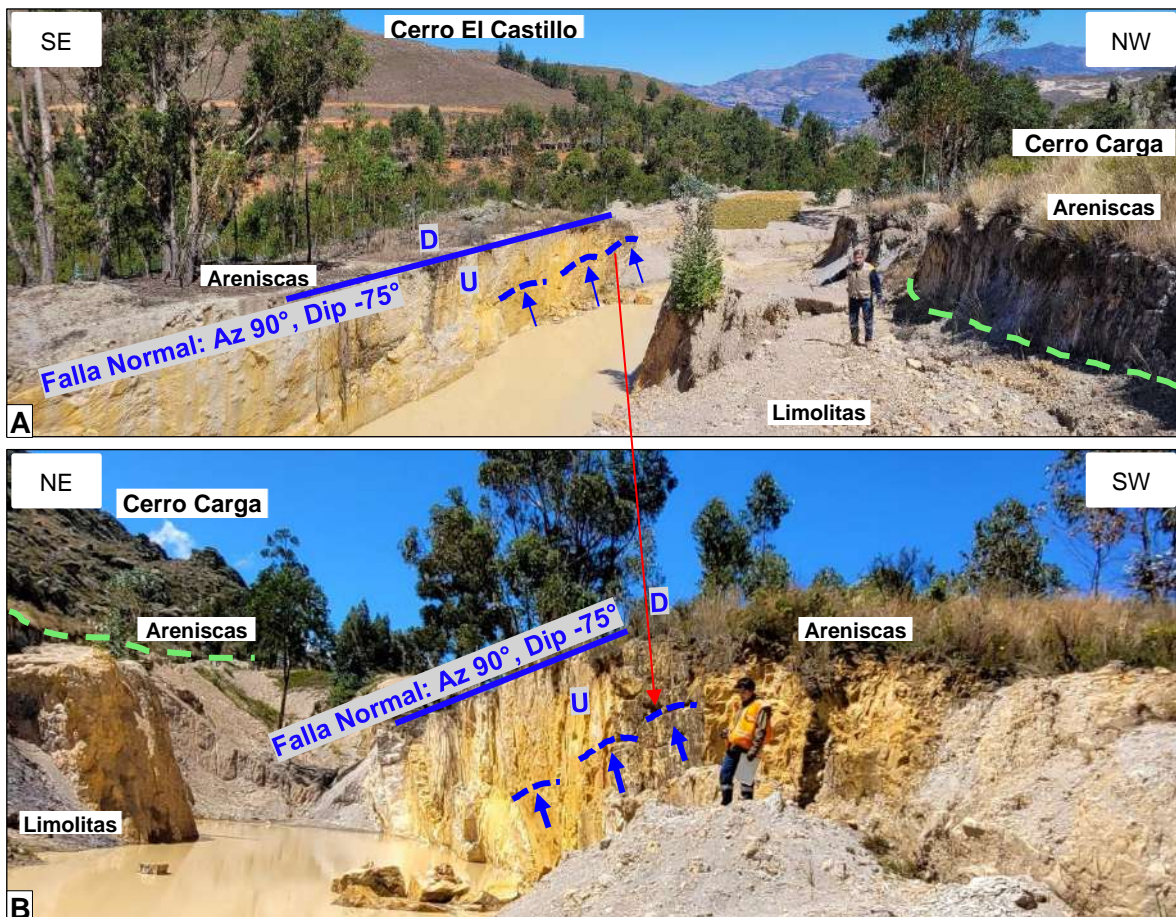


Foto 70. En (A) y (B) se observa limolitas extraídas de manera artesanal con potencia de hasta 15 m encajonadas a ambos lados con areniscas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) y presencia de Falla Normal con Az 90°/ Dip -75° evidenciando el movimiento por escalones tectónicos.

- A 15 m. al Norte de la Falla Normal identificada en el punto anterior, encajonando por el Norte a las limolitas podemos observar plano de Falla Inversa, con coordenadas: Norte: 9204611.58, Este: 789703.57, Elevación: 2980.57

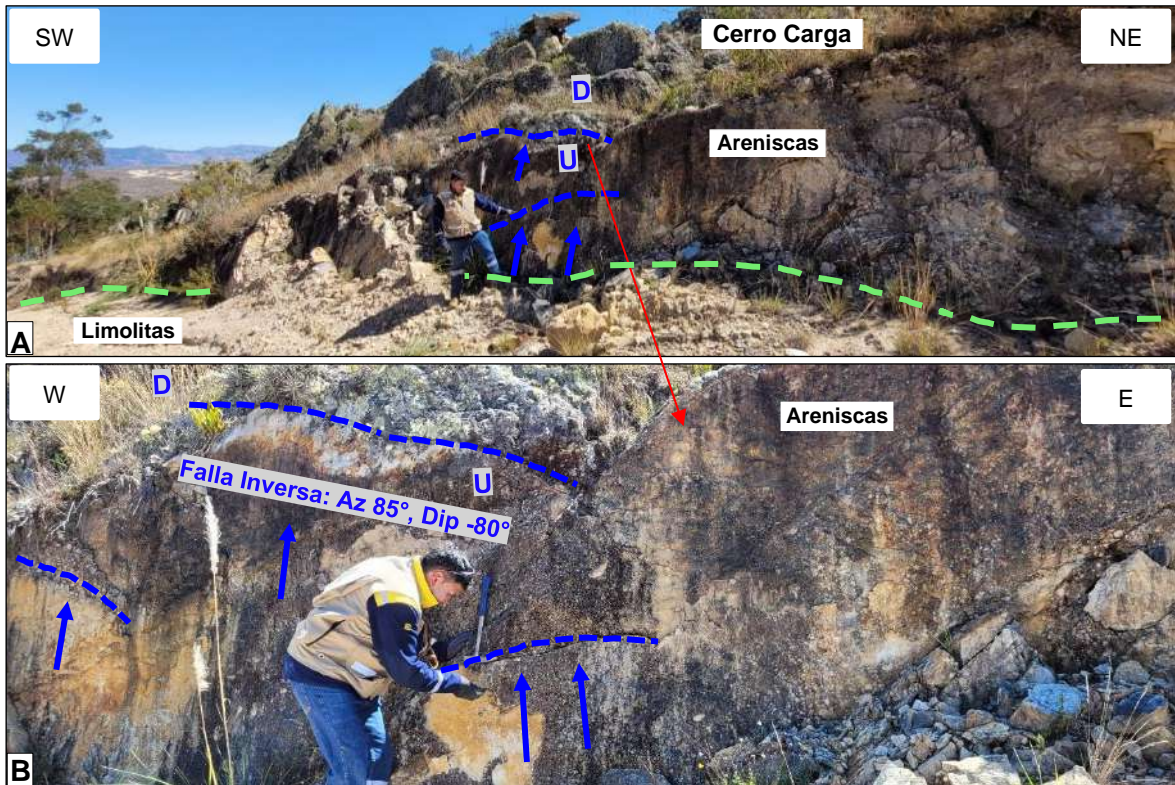


Foto 71. En (A) se observa presencia de falla Inversa con Az 85°/ Dip -80° en el contacto de areniscas y limolitas, en (B) se aprecia escalones tectónicos y al tesista realizando medición de estructura.

-Se colectó muestra CL-05 de limolitas para ensayo de composición química, con coordenadas: Norte: 9204597.58, Este: 789653.50, Elevación: 2974.21, y la muestra DL-11 para pruebas de densidad, con coordenadas: Norte: 9204598.02, Este: 789632.76, Elevación: 2972.86.

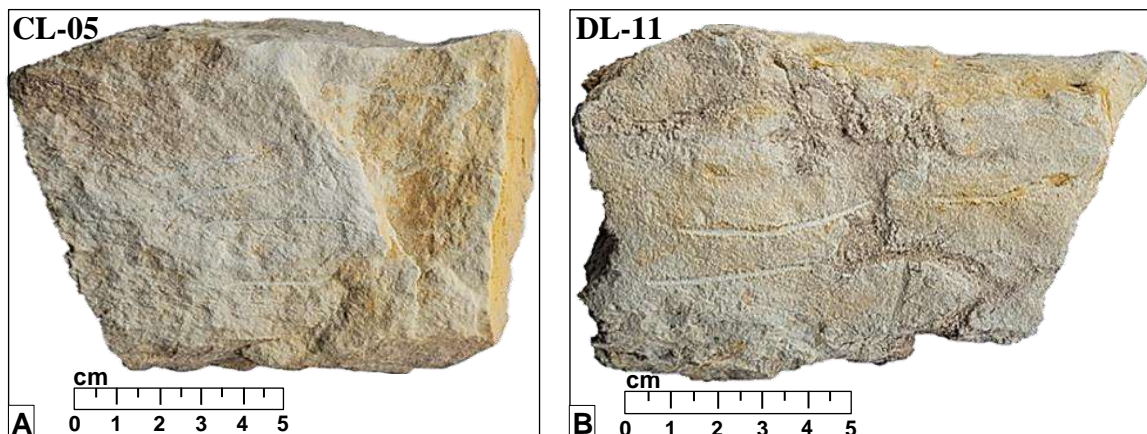


Foto 72. En (A) se observa muestra CL-05 para composición química y en (B) muestra DL-11 para densidad.

4.1.4.6. Estación 37 (E37):

-Se identificó continuidad de trinchera y fallas identificadas en las Estaciones 31, 35 y 36 con hasta 5 metros de ancho y 4.5 metros de alto aproximadamente, identificando paquete de limolitas (hasta 20 m) encajonada con areniscas y Falla Normal con dirección N 90°/ buzamiento -75. La estación posee las coordenadas: Norte: 9204587.53, Este: 789804.24, Elevación: 2989.59. Además, se colectó la muestra DL-12 para pruebas de densidad de limolitas, con coordenadas: Norte: 9204603.38, Este: 789799.46, Elevación: 2992.02

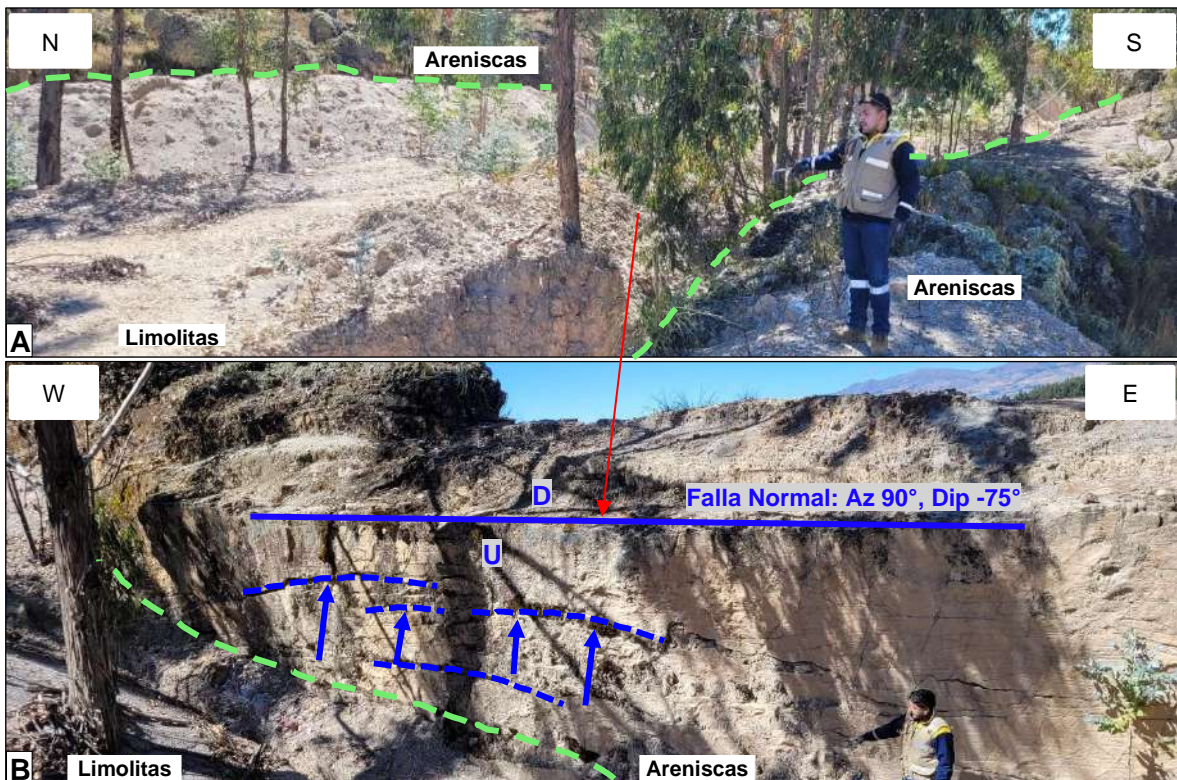


Foto 73. En (A) se observa emplazamiento de limolitas de manera encajonada entre estratos de arenisca, en (B) se aprecia Falla Normal con Az 90°/ Dip -75° en el contacto entre areniscas y limolitas.

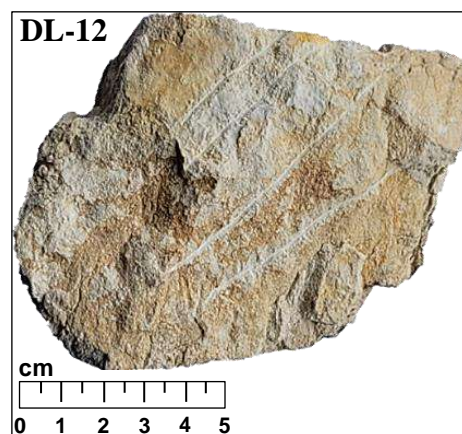


Foto 74. Muestra de limolitas DL-12 para pruebas de densidad, con dominio de Caolín a la lupa.

4.1.4.7. Estación 38 (E38):

-Se pudo identificar continuidad de trinchera y estructuras identificadas en la Estación 31, 35, 36 y 37 con hasta 20 metros de ancho y 8 metros de alto aproximadamente, identificando paquete de limolitas (hasta 20 m) encajonada con areniscas y 2 fallas contacto: Falla Inversa con N 90°/ buzamiento -75° y Falla con dirección N 90°/ buzamiento -75°, las arcillas presentes se pudieron identificar como caolín y montmorillonita (colores blanquecinos), pátinas con Ox de Fe (colores amarillentos y rojizos), de manera artesanal realizaron trabajos de explotación de las arcillas, probablemente dejaron de minar estas arcillas ya que la proyección profundiza por debajo del nivel suelo y por el método de explotación existe riesgo de caída por parte de los taludes superiores, la estación posee las siguientes coordenadas: Norte: 9204590.11, Este: 789874.97, Elevación: 2999.06.

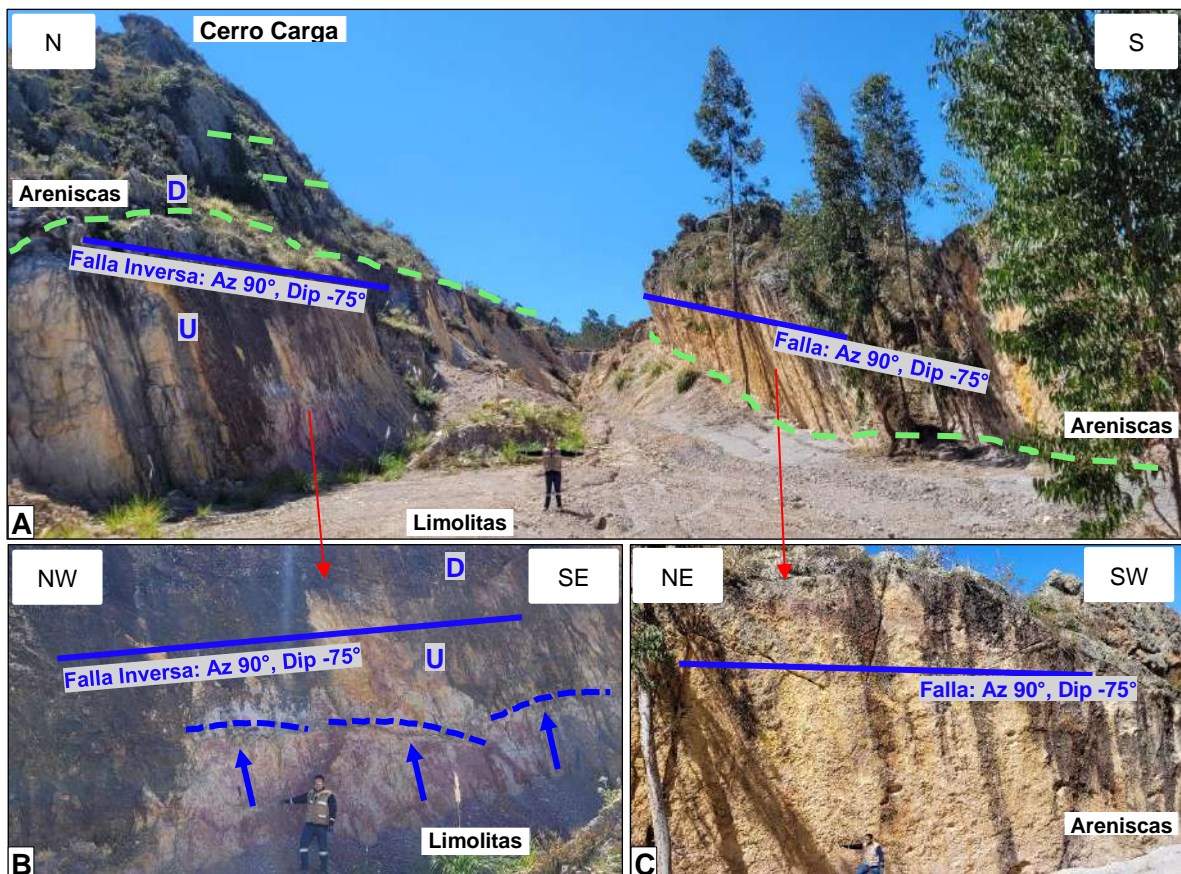


Foto 75. En (A), se observa emplazamiento de limolitas de manera encajonada entre estratos de arenisca, los cuales fueron minados de manera artesanal sin embargo se observa continuidad de estas limolitas en el piso, además fallas identificadas en los contactos entre areniscas y limolitas con Az 90°/ Dip -75°, en (B) y (C) se puede apreciar plano de falla, y en (B) se interpretó del movimiento como Falla Inversa debido a escalones tectónicos que indican la cinemática de la estructura.

-Adicional al cartografiado, se procedió a coleccionar las muestras de limolitas DL-13, DL-14 y DL-15 para pruebas de densidad, como se aprecia:

Tabla 8. Muestras de Limolitas de la Formación Farrat coleccionadas para pruebas de densidad en Estación 38 mostrando coordenadas en WGS-84 y minerales identificados a la lupa.

Muestras de Limolitas (L)					
Prueba	Código	Norte	Este	Elevación	Minerales a la Lupa
	DL-13	9204609.94	789891.45	3009.16	Caolinita, illita, limolita
Densidad (D)	DL-14	9204609.77	789910.09	3013.18	Caolinita, illita, montmorillonita
	DL-15	9204596.20	789934.79	3013.96	limolita, hematita

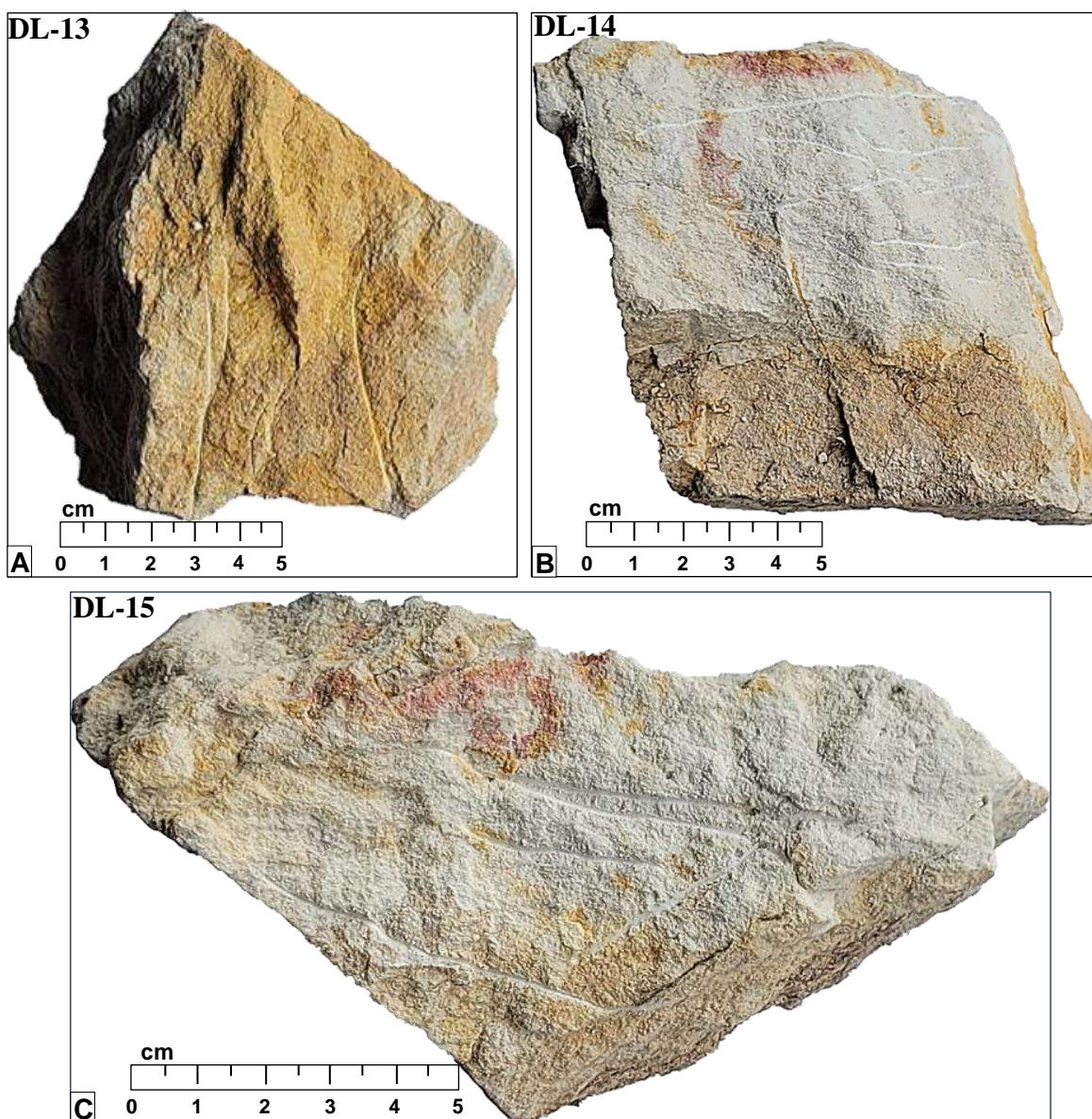


Foto 76. En (A), (B) y (C) se observa muestras de limolitas DL-13, DL-14 y DL-15 para pruebas de densidad.

4.1.4.8. Estación 39 (E39):

-Afloramientos de arenisca pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), con dirección N85° y buzamiento -65°. Coordenadas: Norte: 9204822.78, Este: 789851.34, Elevación: 3092.30.

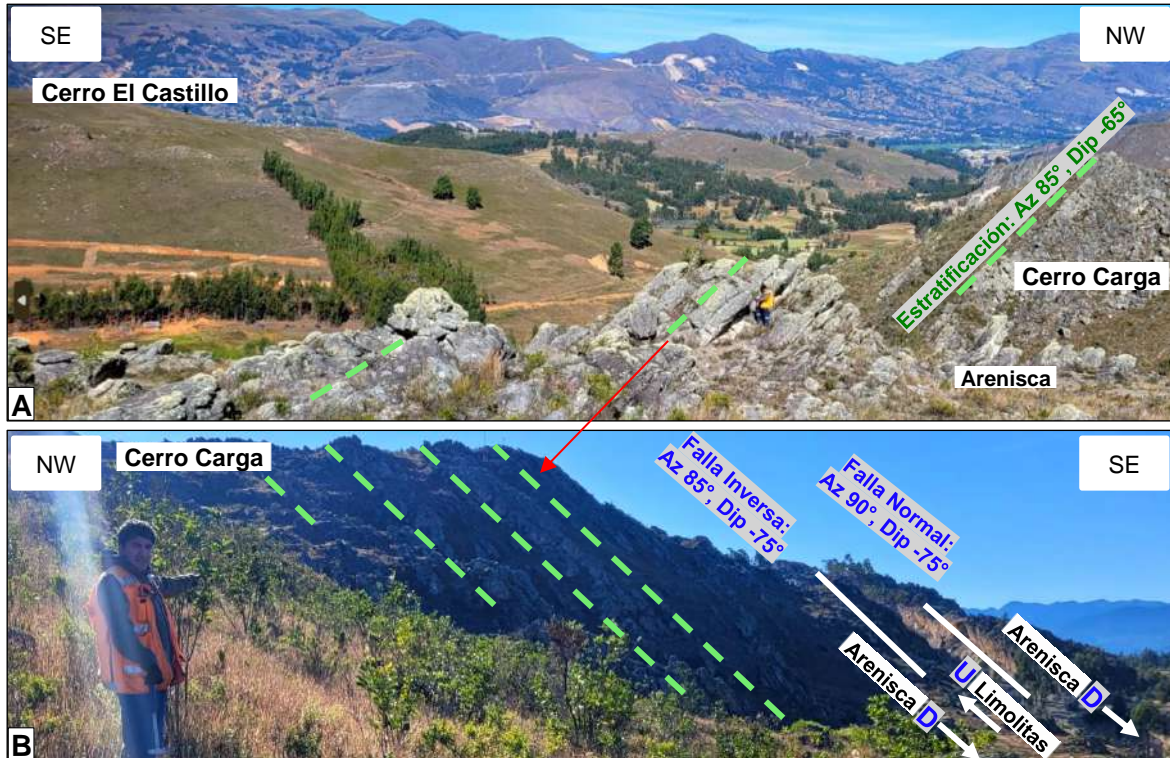


Foto 77. En (A), se observa afloramientos de areniscas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) con dirección Az 85°, Dip -65° buzando hacia la laguna Sulluscocha. En (B) se aprecia una vista panorámica de la distribución geológica de las areniscas de la Estación 39 visto desde un extremo SW del Cerro Carga, además de las limolitas y fallas identificadas en estaciones de cartografiado anteriores.

-Se colectó la muestra de arenisca DA-22 para pruebas de densidad, con las coordenadas: Norte: 9204715.36, Este: 789845.71, Elevación: 3050.48

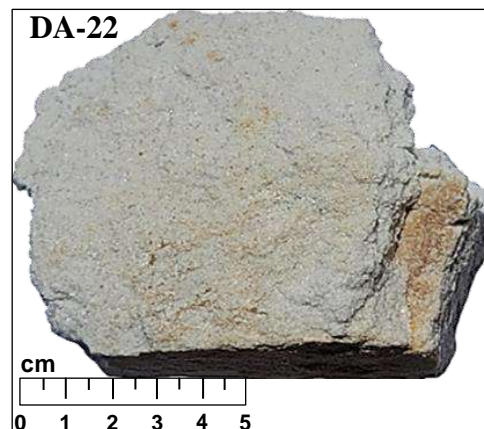


Foto 78. Muestra de arenisca DA-22 para pruebas de densidad por método de parafina.

4.1.4.9. Estación 40 (E40):

-Afloramientos de arenisca pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) con las coordenadas:
Norte: 9204784.32, Este: 789477.52, Elevación: 3017.19



Foto 79. En la fotografía NE-SW superior, se observa afloramientos de areniscas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), en la parte trasera derecha se observa el Cerro el Castillo.

-Se colectó la muestra de arenisca DA-23 para pruebas de densidad, a la lupa se observa dominio de cuarzo blanquecino, las coordenadas de la muestra fueron: Norte: 9204783.28, Este: 789476.19, Elevación: 3016.75

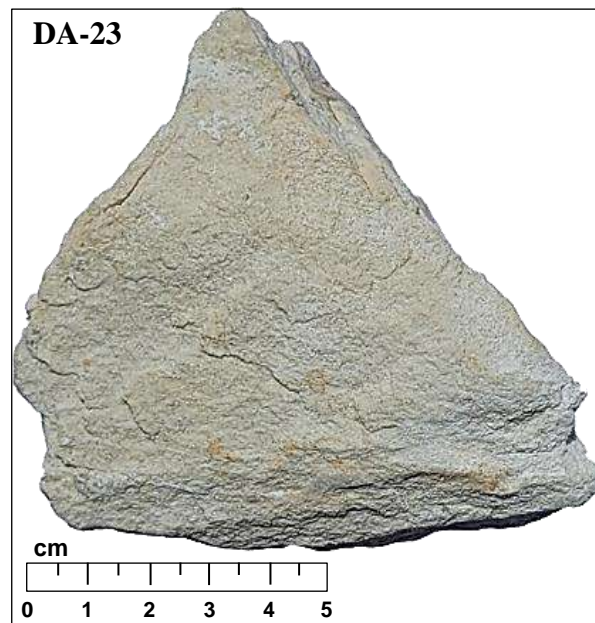


Foto 80. Muestra de arenisca DA-23 para pruebas de densidad por método de parafina.

4.1.4.10. Estación 41 (E41):

-Afloramientos de arenisca con pátinas de Ox de Fe (limonitas) pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) con dirección N75° y buzamiento -65°. Las coordenadas fueron: Norte: 9204681.29, Este: 789196.78, Elevación: 2942.04.



Foto 81. En la fotografía NW-SE superior, se observa afloramientos de areniscas y pátinas de limonita pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), en la parte trasera derecha se observa el Cerro el Castillo.

-Se colectó la muestra de arenisca DA-24 para pruebas de densidad, a la lupa se observa dominio de cuarzo blanquecino con presencia de esporádicos líticos, las coordenadas de la muestra fueron: Norte: 9204680.53, Este: 789196.14, Elevación: 2941.57

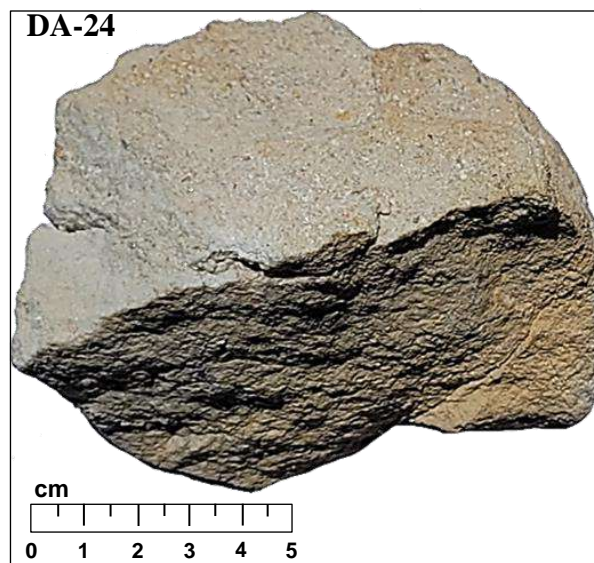


Foto 82. Muestra de arenisca DA-24 para pruebas de densidad por método de parafina.

4.1.4.11. Estación 42 (E42):

-Afloramientos de arenisca con pátinas de Ox de Fe (limonitas) pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f). Coordenadas: Norte: 9204813.35, Este: 789317.66, Elevación: 3029.35.



Foto 83. En (A) se observa afloramientos de areniscas y pátinas de limonita pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), (B) muestra mayor detalle del afloramiento de areniscas.

-Se colectó la muestra de arenisca CA-04 para análisis de composición química con las coordenadas: Norte: 9204812.57, Este: 789317.26, Elevación: 3028.96, y la muestra de arenisca DA-25 para pruebas de densidad, con las coordenadas: Norte: 9204811.85, Este: 789316.92, Elevación: 3028.60.

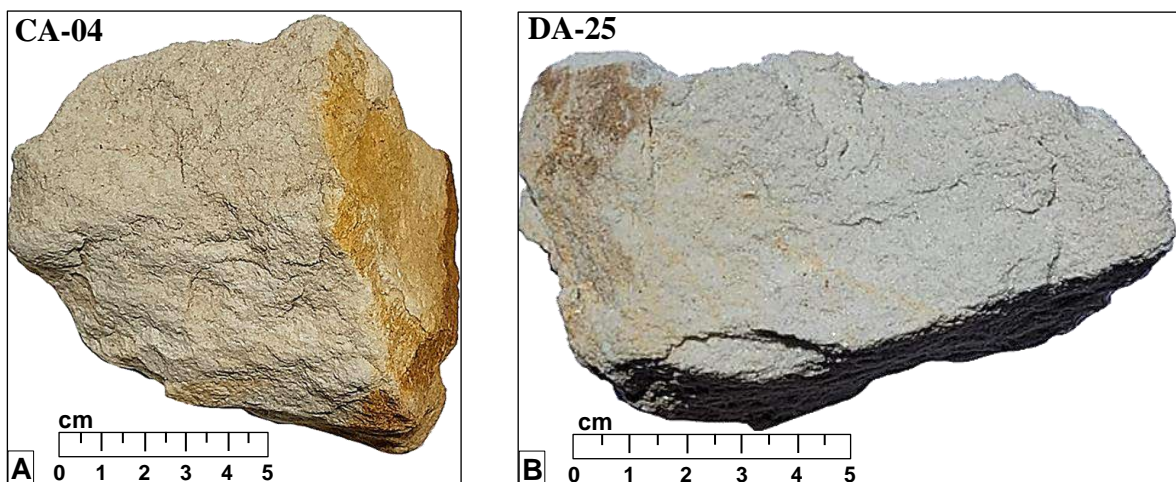


Foto 84. En (A) se observa muestra de arenisca blanquecina CA-04 con pátinas de limonitas para pruebas de composición química y en (B) muestra de arenisca blanquecina DA-25 para pruebas de densidad.

4.1.4.12. Estación 43 (E43):

-En el extremo SW del Cerro Carga se identificó depósitos cuaternarios compuestos por niveles de arenas inconsolidados y algunos niveles en proceso de consolidación de grano fino con coloraciones rojizas, además se identificó falla sinistral con dirección N 340° y buzamiento -80° en el eje de quebrada, se interpreta que esta falla sería una reactivación de la Falla Sulluscocha con Rumbo NE-SW y la medición se habría hecho en una inflección de la estructura NE en la quebrada, siendo esta falla de carácter regional importante donde el bloque Este que pertenece a la Formación Farrat (Ki-f) del Cerro Carga, sufrió desplazamiento hacia el Noreste respecto del bloque Oeste, así mismo desplazaría también la Falla Cajamarca, ésta falla fue identificada como Falla Sulluscocha por Bazán & Cerdán (2012) en su investigación: Caracterización Morfoestructural del Anticlinal "Baños del Inca", donde indican: "La Falla Sulluscocha es una falla de régimen transcurrente sinistral, posee una dirección NE – SW, disecciona al eje del anticlinal Baños del Inca, se aprecia un desplazamiento en sentido levógiro de unos 100 m del bloque W en relación con el bloque E; esta falla se habría generado después de la falla Chonta, por una cupla de esfuerzos de dirección SW – NE en el tercer movimiento del Ciclo Orogénico Andino que se dio en el Mioceno, que al igual que el segundo movimiento se caracterizó por un régimen compresivo provocando un fallamiento en bloques" Coordenadas: Norte: 9204848.93, Este: 788678.10, Elevación: 2859.42

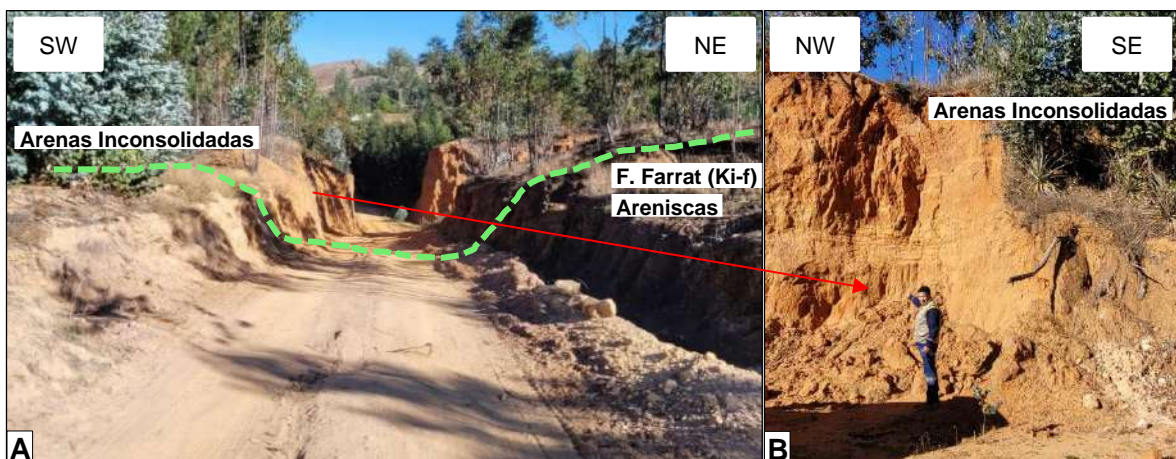


Foto 85. En (A) se puede apreciar depósitos inconsolidados de arenas de grano fino con coloraciones rojizas en contacto con arenisca de la Formación Farrat, (B) muestra mayor detalle de las arenas inconsolidadas.

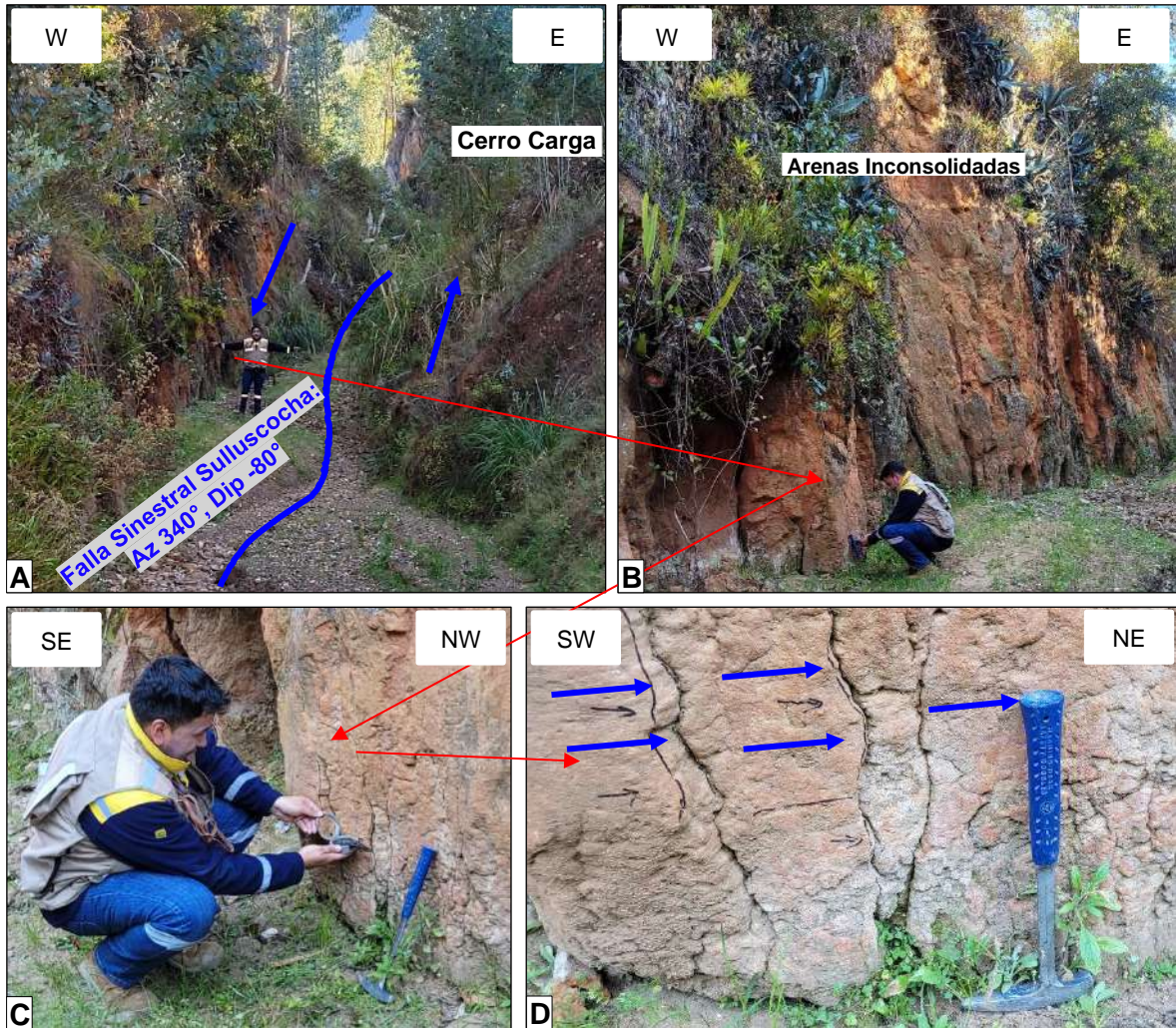


Foto 86. En (A), (B), (C) y (D) se puede apreciar depósitos inconsolidados de arenas de grano fino con coloraciones rojizas, además en (A) plano de falla sinistral Sulluscocha con dirección N 340° y buzamiento -80° en el eje de quebrada, en (C) se aprecia al tesista realizando medición de Azimut en plano de falla, en (D) se observa escalones de falla y recristalizaciones que sirvieron para identificar movimiento de la falla como falla sinistral.

4.1.4.13. Resultado de Cartografiado Geológico Hoja 4:



Figura 19. Cartografiado realizado en Hoja Canson A4 transparente a escala 1:5000, donde se aprecian todas las estaciones mencionadas en la Hoja de Cartografiado 4, se puede apreciar que se usó imagen satelital como mapa base.

4.2. DIGITALIZACIÓN DE HOJAS DE CARTOGRAFIADO

Se procedió a realizar la digitalización de las hojas de cartografiado usando el Software ArcGis, para lo cual primero se escaneó y georreferenció las hojas de cartografiado, luego en el software ArcGis se crearon los diferentes shapefiles de la siguientes rocas: Areniscas, limolitas y areniscas arcillosas de la Formación Farrat, areniscas y limolitas de la Formación Santa y Carhuaz, Depósitos Cuaternarios, fallas (normales, inversas, sinestrales, inferidas), joints, estratificación y finalmente se obtuvo el cartografiado en formato digital.

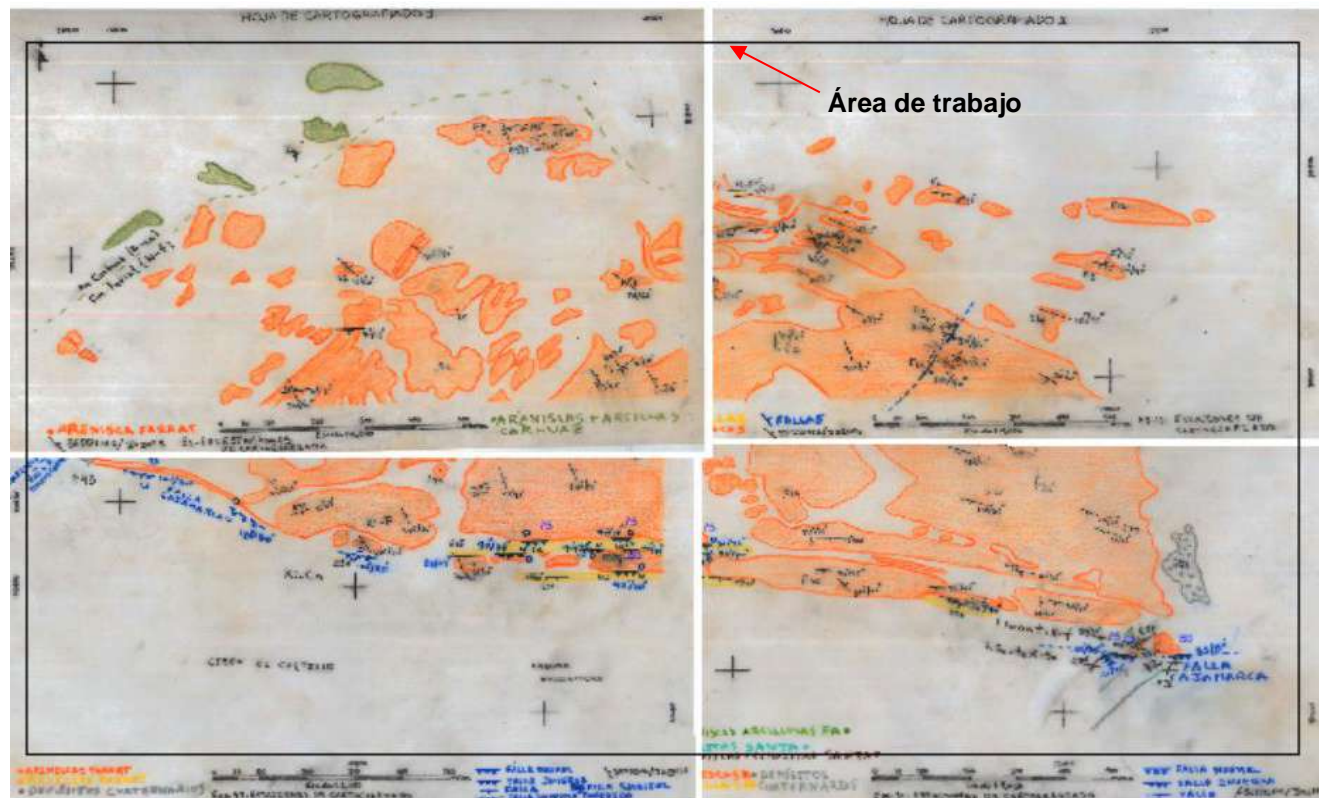


Figura 20. En la imagen se observa todas las Hojas de Cartografiado del Cerro Carga que se ingresaron al software ArcGis para digitalización

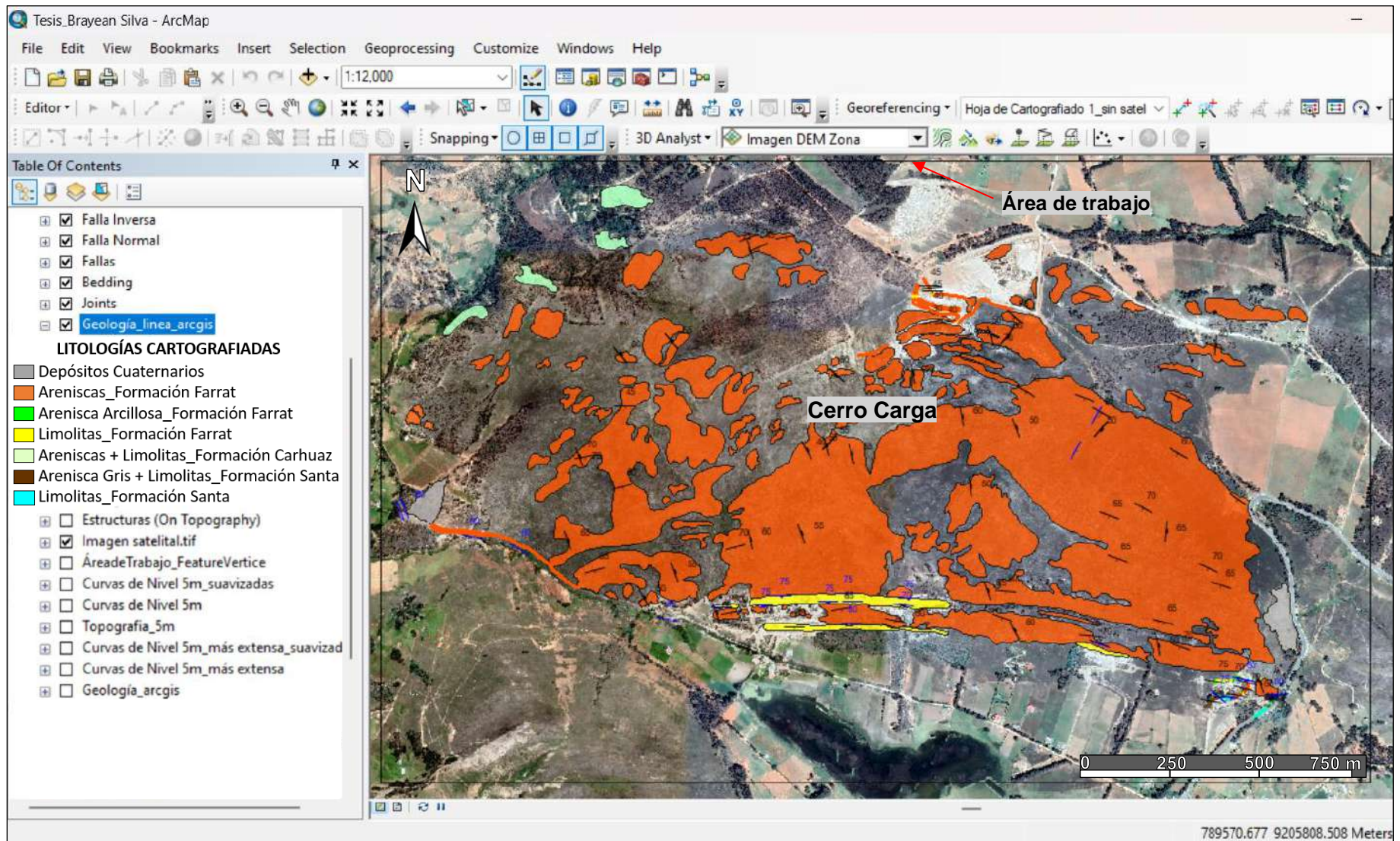


Figura 21. En la imagen se observa el resultado de la digitalización de litología y estructuras en todas las Hojas de Cartografiado del Cerro Carga en ArcGis.

4.3. MODELAMIENTO GEOLÓGICO

Para el Modelamiento Geológico se usó software Leapfrog Geo 2023.2.3 usando licencia de uso académica proporcionada por Seequent, primero se cargó los shapes obtenidos en ArcGis, las hojas de cartografiado geológico, curvas topográficas a partir del archivo DEM (Modelo digital de elevación) gratuito obtenido de <https://www.geogpsperu.com/2018/08/descargar-imagenes-aster-gdem-aster.html>, imagen satelital gratuita obtenida con el software SAS Planet, luego se cargó como discos estructurales cada uno de los lineamientos como fueron fallas, joints, bedding (inclinaciones de estratificaciones) para poder generar el modelo estructural de la zona de estudio, finalmente a partir de la digitalización cargada en ArcGis se generó el modelo geológico explícito ya que nos soportamos de polilíneas debido a la poca información en profundidad, generando así, primero sólidos de los tipos de rocas (areniscas, limolitas, areniscas arcillosas, areniscas y limolitas, conglomerados y arenas finas, arenas finas), y luego se unieron los sólidos generados como Formaciones geológicas (Formación Farrat, Formación Carhuaz, Formación Santa, Depósitos Cuaternarios).

4.3.1. Triangulación de topografía

En Leapfrog Geo 2023.2.3 se generó en primer lugar la zona de trabajo a partir de los vértices de la zona de estudio establecidos en la Tabla 2, que fueron los límites de la caja para realizar el modelamiento geológico Leapfrog Geo 2023.2, se cargó la imagen satelital y se trianguló la superficie a partir de las curvas topográficas cada 5 metros a partir del archivo DEM (Modelo digital de elevación), finalmente como límite superior para el modelamiento 3D se consideró la topografía resultante, como límite inferior se consideró el Nivel 2770 que fueron 100 m por debajo de la parte más baja del Cerro Carga (2870 m), es importante mencionar que el modelamiento 3D se realizó en los límites circundantes al Cerro Carga, debido a la población de estudio de la presente tesis definida en el *Capítulo III MATERIALES Y MÉTODOS, inciso 3.4.5. Población*, que fueron todos los macizos rocosos de las areniscas y arcillas (limolitas) de la Formación Farrat que afloran el cerro Carga.

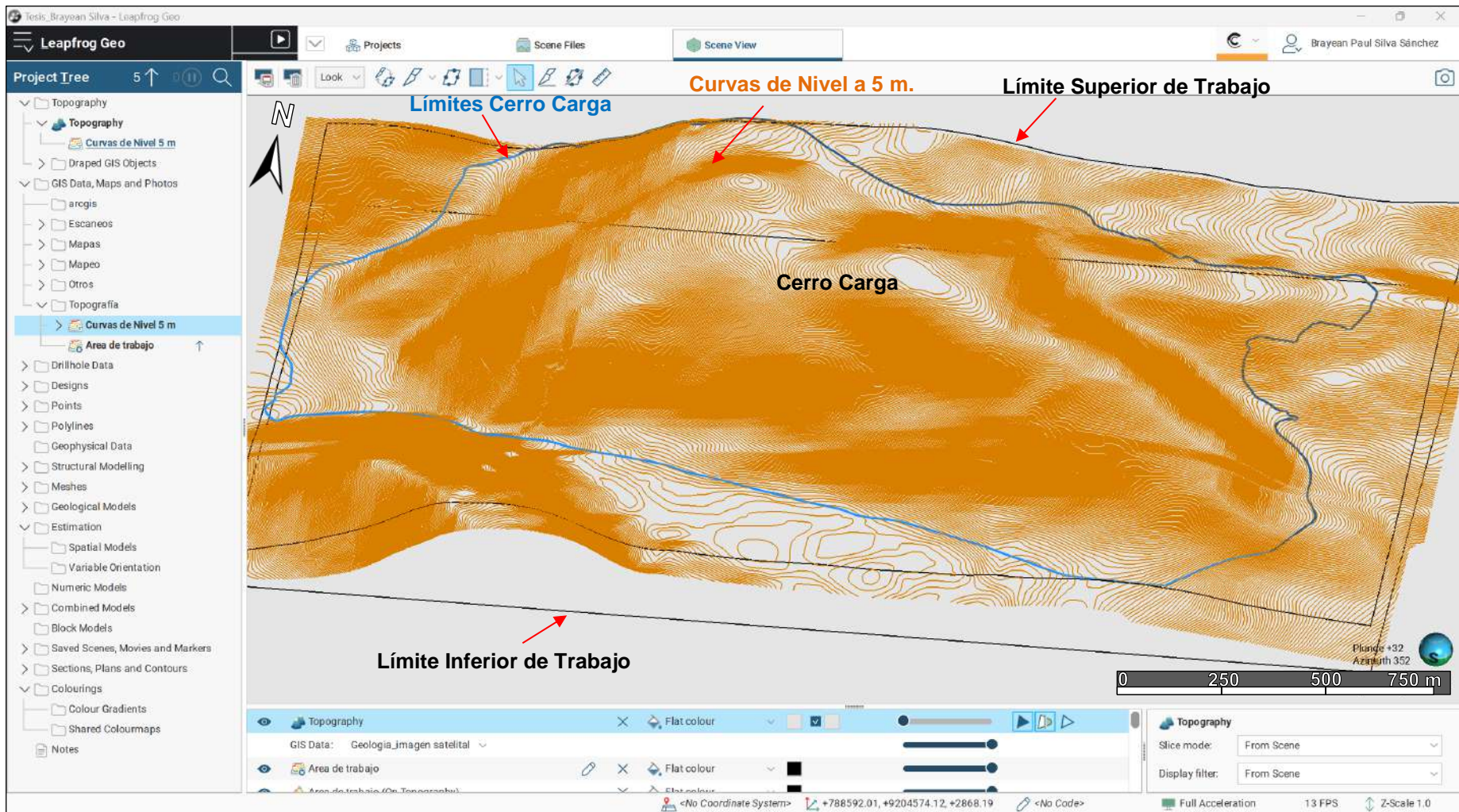


Figura 22. En la figura se observa interfaz del Software Leapfrog Geo 2023.2.3, mostrando curvas de Nivel cada 5 m, límites superiores, inferiores y límites circundantes del Cerro Carga para realización del modelo geológico.



Figura 23. En las figuras se observa interfaz del Software Leapfrog Geo 2023.2.3, mostrando los límites superiores, inferiores, límites circundantes y topografía triangula 3D con la imagen satelital superpuesta del Cerro Carga para realización del modelo geológico.

4.3.2. Pasos para la generación de Modelo Estructural 3D

Se cargaron en Leapfrog Geo 2023.2.3 todos los lineamientos (fallas, joints, bedding (inclinaciones de estratificaciones)) cartografiados en campo como discos estructurales, además de la litología para poder realizar la interpretación y generar el modelo estructural del Cerro Carga.

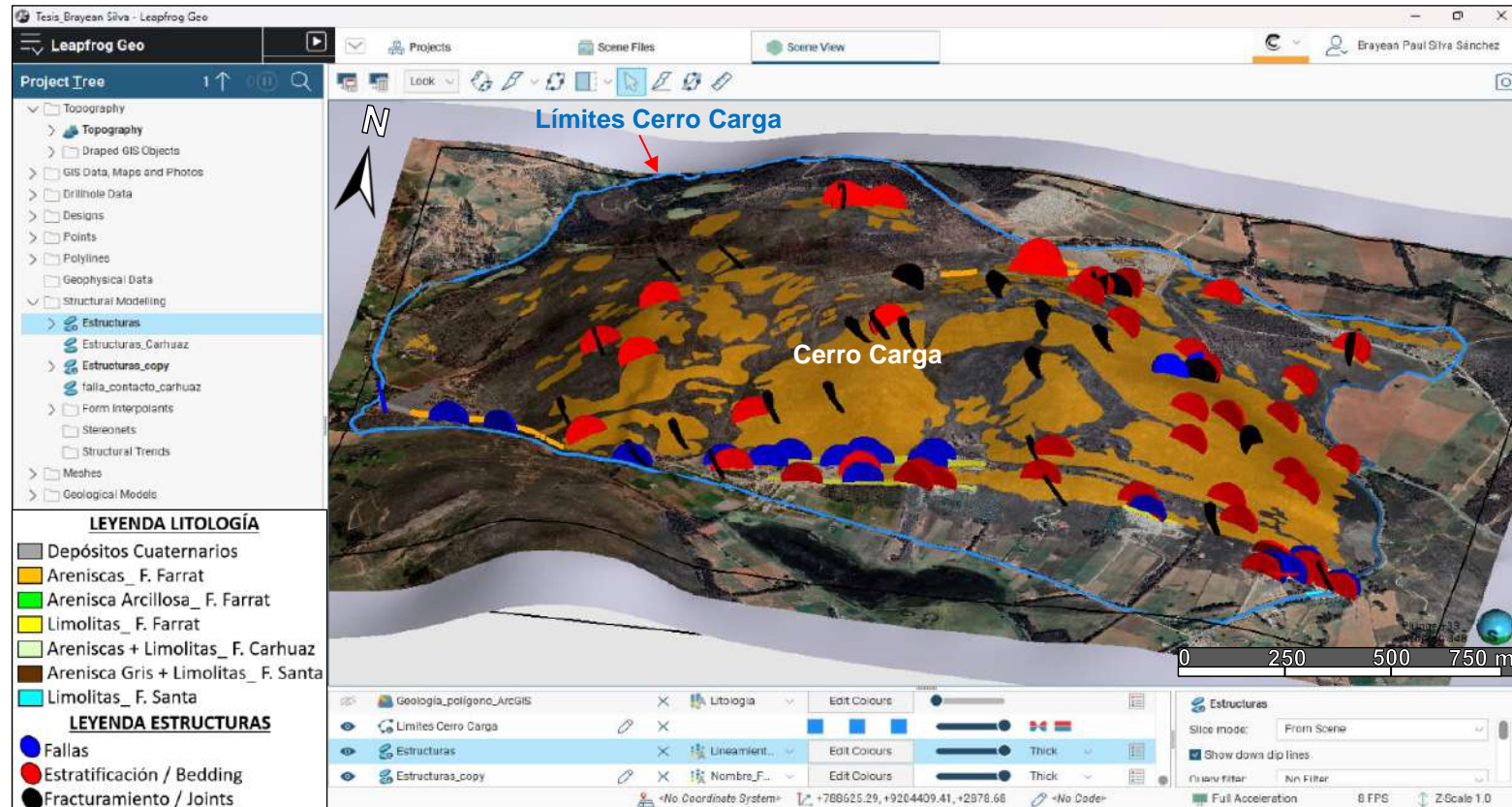


Figura 24. En la figura 3D se observa interfaz del Software Leapfrog Geo 2023.2.3 mostrando los límites circundantes del Cerro Carga, litología cartografiada además de lineamientos cargados como discos estructurales (fallas en color azul, inclinación de estratificación en color rojo y fracturamiento en color negro) para realización del modelo estructural 3D.

4.3.2.1. Modelamiento Geológico 3D de Fallas

En el software se realizó el modelamiento de fallas usando la herramienta Interval selection para definir los discos estructurales pertenecientes a cada una de las fallas a modelar, siendo las fallas importantes identificadas en el cartografiado como la falla regional Cajamarca y la falla Sulluscocha, además de fallas secundarias denominadas como: Falla Inversa EW Limolitas, Falla Inversa EW Limolitas 2, Falla normal EW Limolitas, Falla Normal EW Limolitas 2, Falla NE, Fallas NW Santa y Falla Inferida, como se detalla a continuación:

4.3.2.1.1. Falla Cajamarca

Se modeló el plano de falla con los datos tomados de campo, siendo una falla inversa de carácter regional, identificada en las estaciones 26 y 27 al SE y en la estación 34 al SW del Cerro Carga, en la estación 26 se identificó con dirección N 115° y buzamiento -80°, observándose el bloque SW de las areniscas grises arcillosas y limolitas bituminosas pertenecientes a la Formación Santa (Ki-sa) a la misma altura del bloque NE de las areniscas blanquecinas cuarzosas de la Formación Farrat (Ki-f), en la estación 27 se identificó con dirección N 100° y buzamiento -75° en el corte de carretera bloque NE con intercalaciones de areniscas cuarzosas blanquecinas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) con textura de Brecha Tectónica con hasta aproximadamente 20 m. de potencia a la misma altura con bloque SW formado por limolitas y areniscas grises arcillosas, bituminosas pertenecientes a la Formación Santa, finalmente en la estación 34 se identificó e infirió como eje de quebrada con dirección N 115° y buzamiento -85° donde el bloque NE del Cerro Carga formado por areniscas blanquecinas cuarzosas y limolitas de la Formación Farrat (Ki-f) se encuentra a la misma altura del bloque SW del Cerro el Castillo perteneciente a la Formación Carhuaz (Ki-ca), para mayor detalle verificar estaciones de cartografiado 26, 27, 34 y 43.

La continuidad de esta Falla en el sector de Shaullo en Baños del Inca fue identificada por Bazán & Cerdán (2012) en su trabajo de investigación: Caracterización Morfoestructural del Anticlinal "Baños del Inca", donde indican: "La Falla Cajamarca es una falla inversa de unos 900 m de desplazamiento a lo largo del plano de falla de dirección N95° y buzamiento 71°, el bloque SW es el bloque levantado quedando la Formación Carhuaz a la altura de la Formación Farrat del bloque NE. Esta falla se habría formado durante el segundo movimiento del Ciclo Orogénico Andino después de la Formación del anticlinal Baños del Inca como producto de la sobreimposición de los esfuerzos orogénicos frente a la resistencia

de la cobertura sedimentaria” y en el sector de Llacanora fue identificada por Vargas (2018) en su tesis: Estudio de Influencia Microtectónica de la Falla Cajamarca en la zona Noroeste del distrito de Llacanora. Cajamarca – Perú, donde indicó: La falla Cajamarca es una estructura regional de tipo inversa dextral que se extiende en dirección NW-SE y se encuentra aflorando cerca de la localidad de Llacanora y Los Baños del Inca.

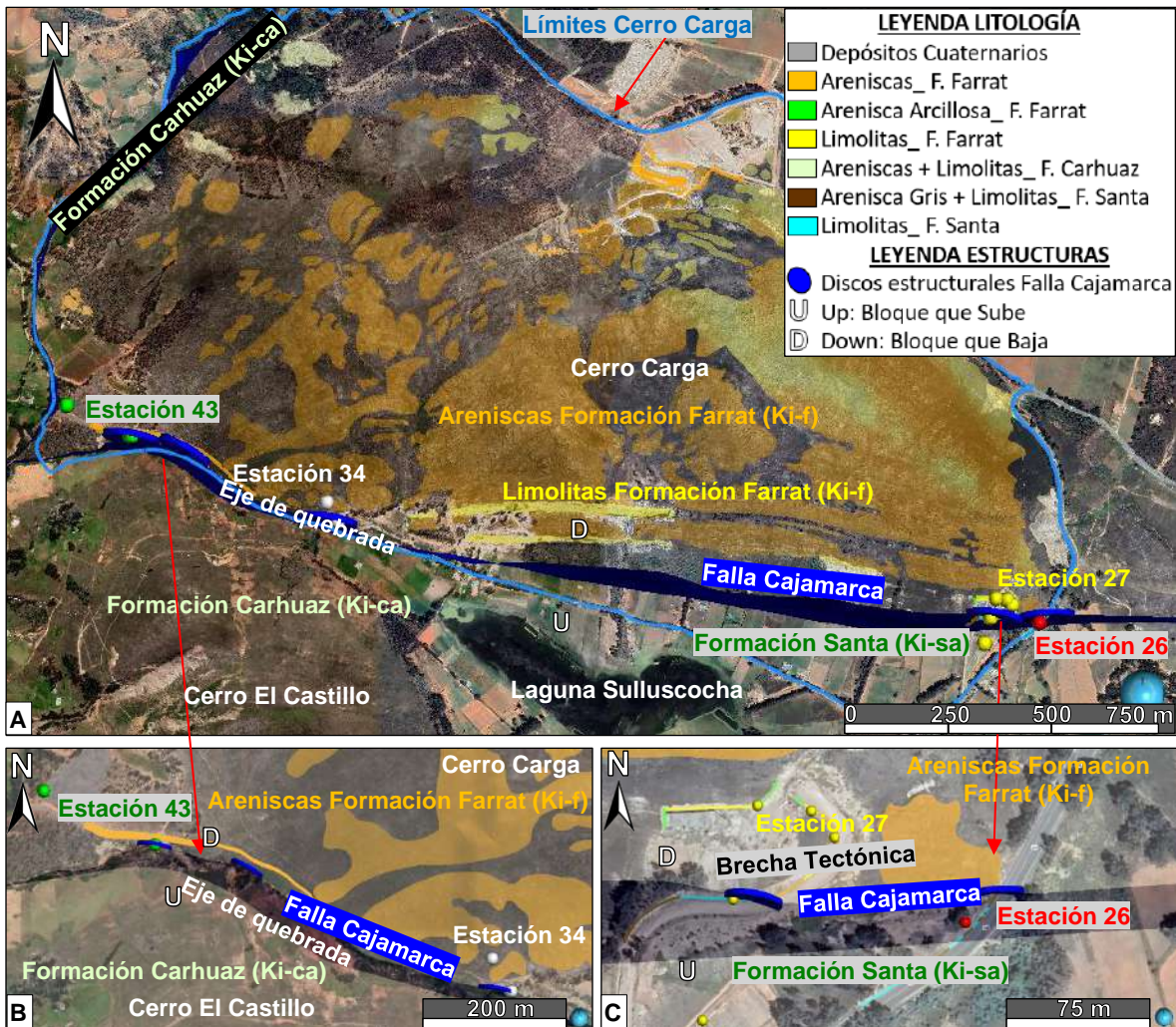


Figura 25. (A), (B) y (C) muestran modelamiento 3D de Falla Cajamarca con software Leapfrog Geo 2023.2.3 al Sur del Cerro Carga, usando discos estructurales y criterios para interpolación a partir de datos de cartografiado colectados en estaciones 26, 27, 34 y 43, en (B) y (C) se observa mayor detalle del extremo SW y SE respectivamente del modelamiento geológico de la falla Cajamarca en el Cerro Carga.

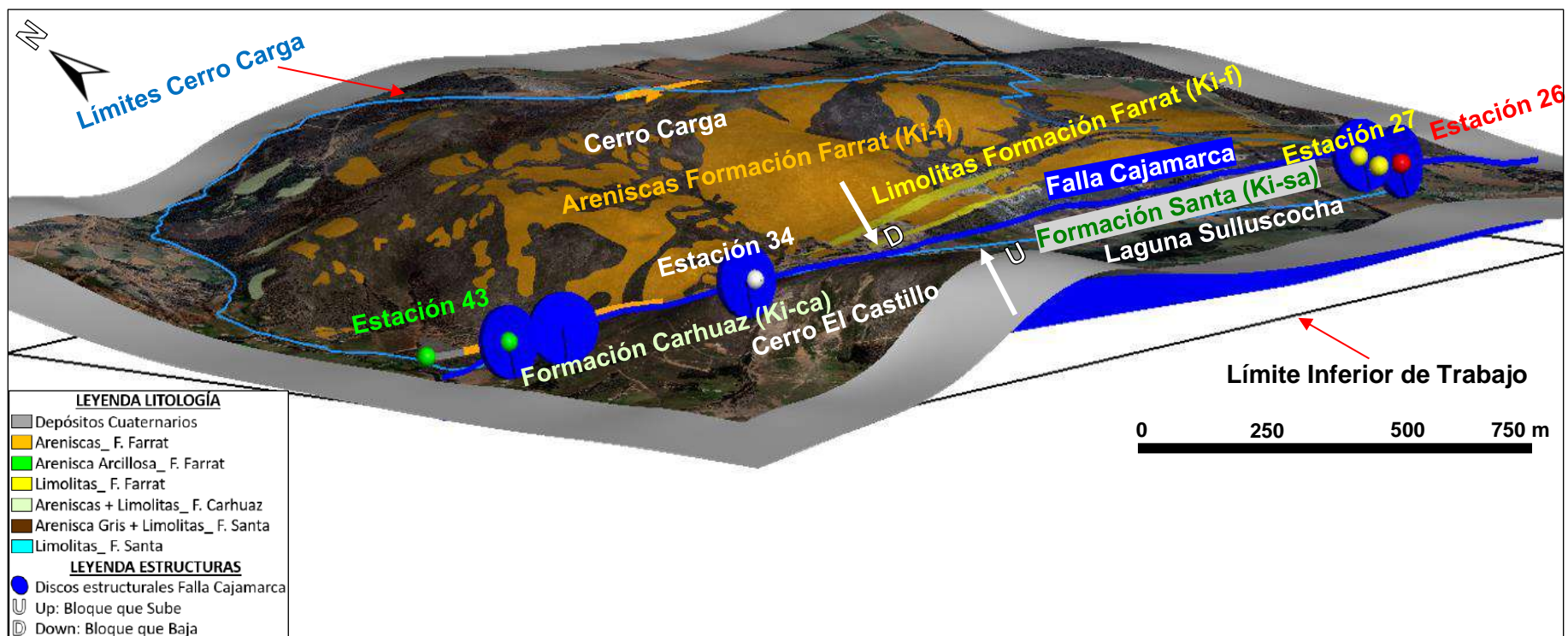


Figura 26. Resultado del modelamiento 3D de Falla Cajamarca con software Leapfrog Geo 2023.2.3 usando discos estructurales y criterios para interpolación a partir de datos de cartografiado colectados en estaciones 26, 27, 34 y 43.

4.3.2.1.2. Falla Sulluscocha

Falla sinistral identificada en el extremo SW del Cerro Carga en la estación 43, la medición se habría hecho en una inflexión de la estructura NE en la quebrada, en plano de falla reactivado en depósitos posteriores de arenas rojizas en proceso de consolidación, la medida fue con dirección N 340° y buzamiento -80°, este fallamiento generó 2 bloques: Bloque Oeste y bloque Este, siendo que en el bloque Este se identificó a la Formación Farrat (Ki-f), Formación Carhuaz (Ki-ca) en el Cerro Carga y Falla Cajamarca en eje de quebrada, donde este bloque sufrió desplazamiento hacia el NE respecto del bloque Oeste, desplazando así a la Falla Cajamarca, para la interpolación 3D en el software se tomó la continuidad de la quebrada. Para mayor detalle verificar estación 43 de cartografiado.

Esta falla fue identificada como Falla Sulluscocha por Bazán & Cerdán (2012) en su investigación: Caracterización Morfoestructural del Anticlinal "Baños del Inca", donde indican: "La Falla Sulluscocha es una falla de régimen transcurrente sinistral, posee una dirección NE – SW, disecciona al eje del anticlinal Baños del Inca, esta falla se habría generado en el tercer movimiento del Ciclo Orogénico Andino que se dio en el Mioceno, caracterizado por un régimen compresivo provocando un fallamiento en bloques.



Figura 27. Vista en Planta de la Falla Sulluscocha al Oeste del Cerro Carga generada en Leapfrog Geo 2023.2.3., obsérvese interpretación al SW en proyección fuera del área de estudio de como esta falla sinistral Sulluscocha desplaza a la Falla Cajamarca.



Figura 28. Vista en 3D del Modelamiento de la Falla Sulluscocha con software Leapfrog Geo 2023.2.3, obsérvese interpretación al SW en proyección fuera del área de estudio de como esta falla sinistral Sulluscocha desplaza a la Falla Cajamarca.

4.3.2.1.3. Fallas Inversa EW Limolitas, Inversa EW Limolitas 2, Normal EW Limolitas y Falla NE

-Falla Inversa EW Limolitas, Normal EW Limolitas e Inversa EW Limolitas 2:

Las fallas: Inversa Limolitas y Normal Limolitas se identificaron aprox. a 100 m. al Norte de la Falla Cajamarca en el techo y piso del segundo cuerpo de limolitas, con una dirección entre $N 90^\circ$ a 110° y buzamiento de -70° a -80° por sectores subverticales, para mayor detalle revisar estaciones 31, 35, 36, 37 y 38. La Falla Inversa EW Limolitas 2 se identificó en el piso del primer cuerpo de limolitas aprox. a 50 m al Norte de la Falla Cajamarca con dirección entre $N 90^\circ$ a 110° y buzamiento de -75° a -80° por sectores subvertical, para mayor detalle revisar las estaciones 27, 29 y 32. La interpretación que se tiene es que estas 3 fallas son secundarias de la falla principal Cajamarca, resultado de los esfuerzos compresionales de la formación de esta estructura inversa dextral principal, donde al descender el bloque Noreste del Cerro Carga formado por areniscas cuarzosas blancas y limolitas, se formó la estructura en flor positiva a modo de flores u escalones en los contactos entre estas.

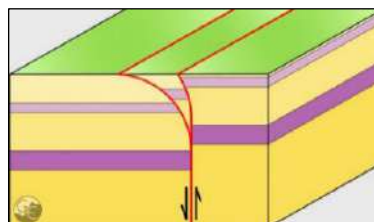


Figura 29. Modelo generalizado de estructuras en flor positiva en ambientes compresionales. Fuente: (Geologiaestructural, 2020)

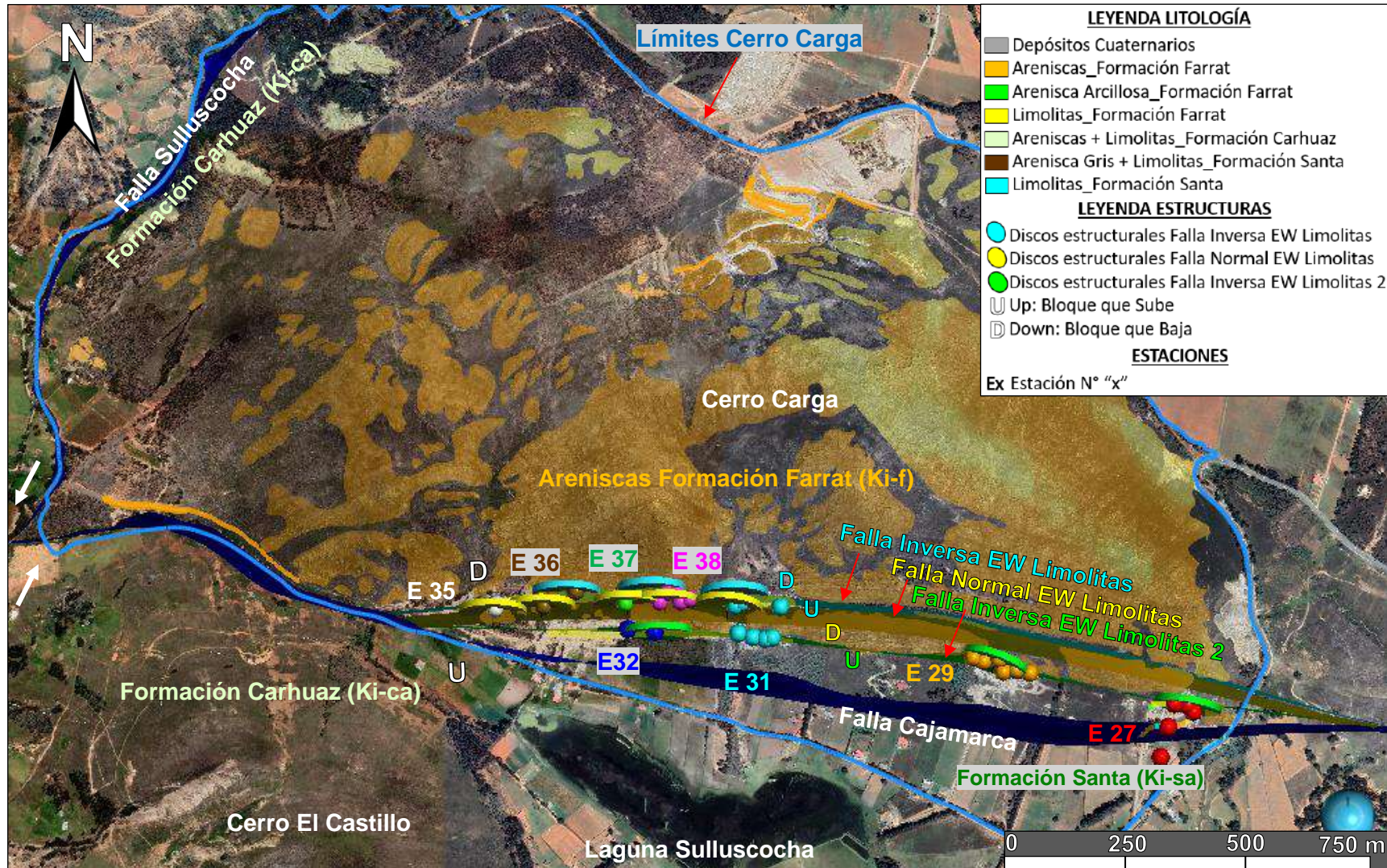


Figura 30. Vista en planta del modelamiento 3D de Fallas Inversa EW Limolitas, Falla Normal EW Limolitas y Falla Inversa EW Limolitas 2 con software Leapfrog Geo 2023.2.3 usando discos estructurales y criterios para interpolación a partir de datos de cartografiado, observándose estructura en flor positiva generada por Falla Cajamarca.

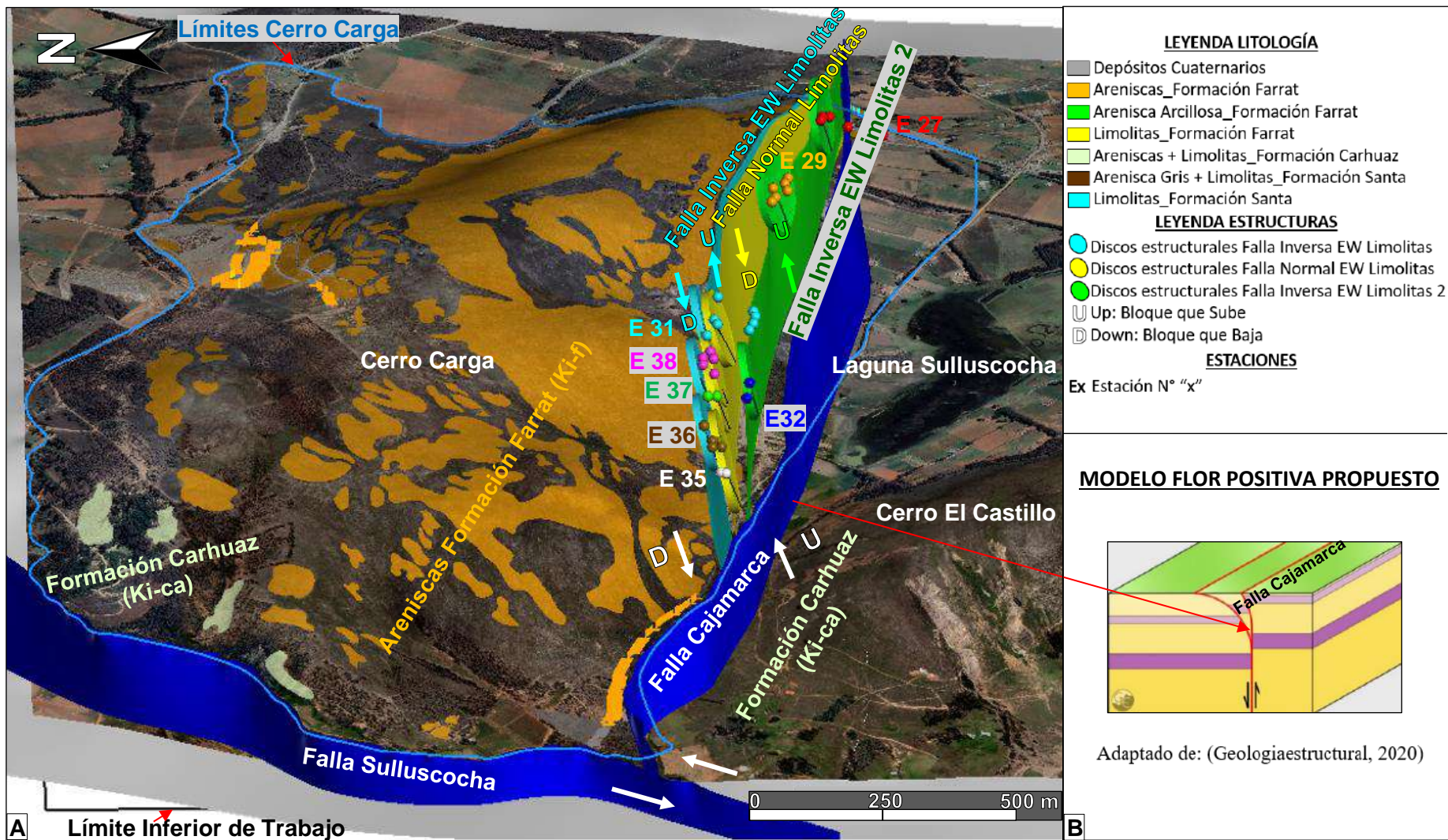


Figura 31. En (A) se observa vista 3D del modelamiento estructural de Fallas Inversa EW Limolitas, Falla Normal EW Limolitas y Falla Inversa EW Limolitas 2 con software Leapfrog Geo 2023.2.3 usando discos estructurales y criterios para interpolación, formado modelo de flor positiva por Falla Cajamarca (B).

4.3.2.1.4. Falla NE

Falla identificada en la estación 18, la estructura fractura areniscas de la Formación Farrat en el sector Noreste del Cerro Carga con dirección N° 30° y buzamiento -50°, se intentó identificar indicadores cinemáticos, sin embargo, no fue claro en campo debido a reactivaciones tectónicas, se interpretó que esta falla sería también una estructura secundaria de la falla Cajamarca. Para mayor detalle revisar estación 18.

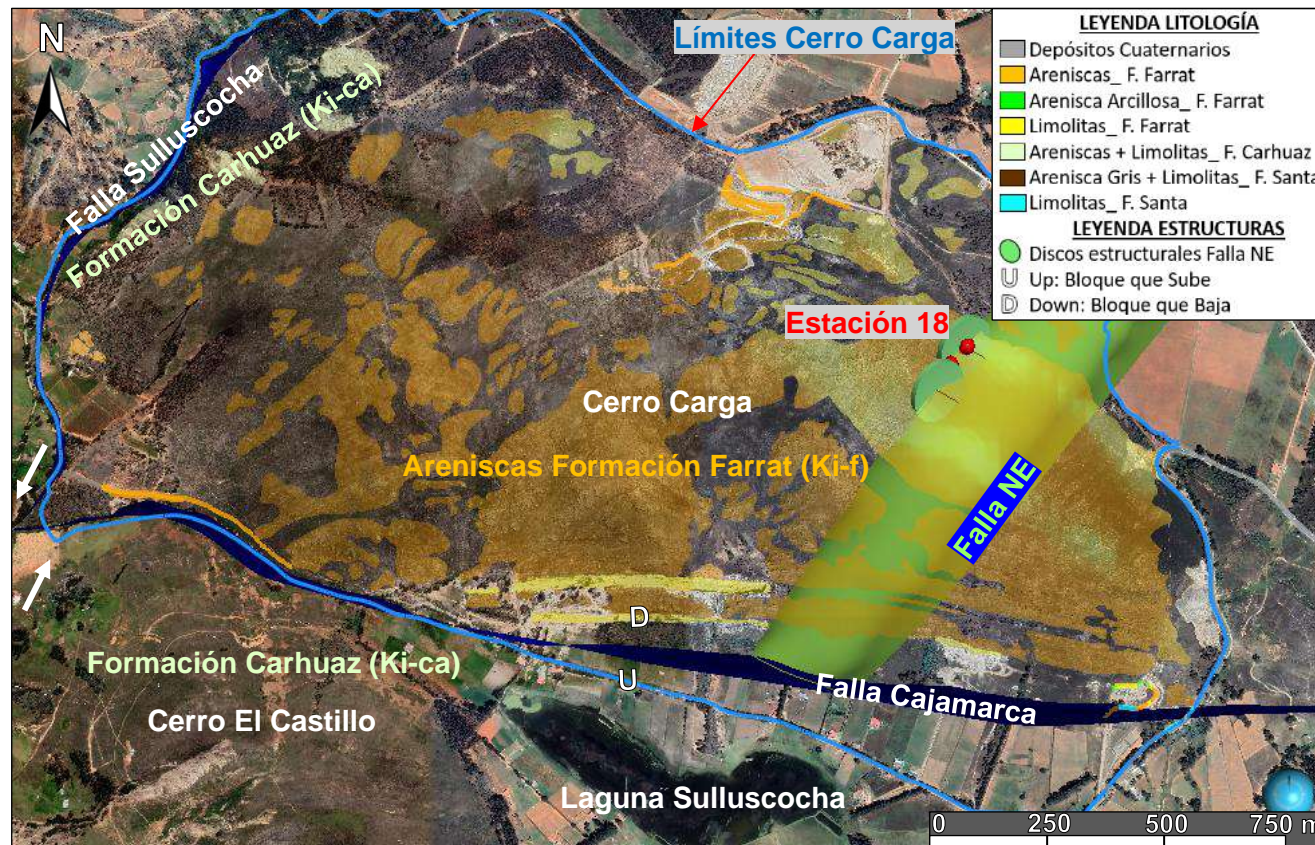


Figura 32. Modelamiento 3D de Falla NE con software Leapfrog Geo 2023.2.3 usando discos estructurales y criterios para interpolación a partir de datos de cartografiado.

4.3.2.1.5. Falla Santa

En la estación 27, se identificó en la Formación Santa presencia de Falla Inversa denominada Falla Santa que cambia la dirección y buzamiento de los estratos de N 130° y -75° a N 270° y -25°, además se interpretó una segunda falla denominada Falla Inferida al filo de la carretera cerca a la Formación Farrat donde los estratos cambian a dirección N 130° y buzamiento -75°. Estas fallas solamente habrían fallado a la Formación Santa, siendo anteriores a la Falla Cajamarca, ya que no se identificó continuidad de éstas en la Formación Farrat aflorante en niveles superiores.



Figura 33. Modelamiento 3D de Falla Santa e Inferida con software Leapfrog Geo 2023.2.3 usando discos estructurales y criterios de interpolación a partir de cartografiado.

4.3.3. Modelo Estructural 3D

Finalmente se obtuvo el modelo Geológico Estructural en 3D, conformado por las fallas generadas previamente en Leapfrog Geo 2023.2.3, para el modelamiento y orden de cortes de fallas en el software se consideró el siguiente orden de antigüedad desde la falla más antigua a la más reciente:

1. Falla Santa e Inferida: *Rumbo NW* (Fallas aisladas más antiguas solo identificadas en bloque Sureste de Formación Santa).
2. Falla Cajamarca: *Rumbo EW* (Falla Inversa Dextral que corta y asciende al bloque Sur hasta estar a la misma altura de la Formación Farrat (Ki-f) del Cerro Carga, en el extremo Sureste se identificó a la Formación Santa (Ki-sa) y en el extremo Suroeste a la Formación Carhuaz (Ki-ca).
3. Falla Sulluscocha: *Rumbo NE* (Corta y desplaza a Falla Cajamarca en el sector SW en proyección fuera de la zona de estudio).
4. Fallas en Estructura Flor Positiva: *Rumbo EW*:
 - 4.1. Falla Inversa EW Limolitas 2 (Falla secundaria generada por falla Cajamarca a 50 m. al Norte de esta).
 - 4.2. Falla Normal EW Limolitas (Falla secundaria generada por falla Cajamarca a 100 m. al norte de esta).
 - 4.3. Falla Inversa EW Limolitas (Falla secundaria generada por falla Cajamarca a 100 m. al norte de esta).
5. Falla NE (Falla secundaria generada por falla Cajamarca).

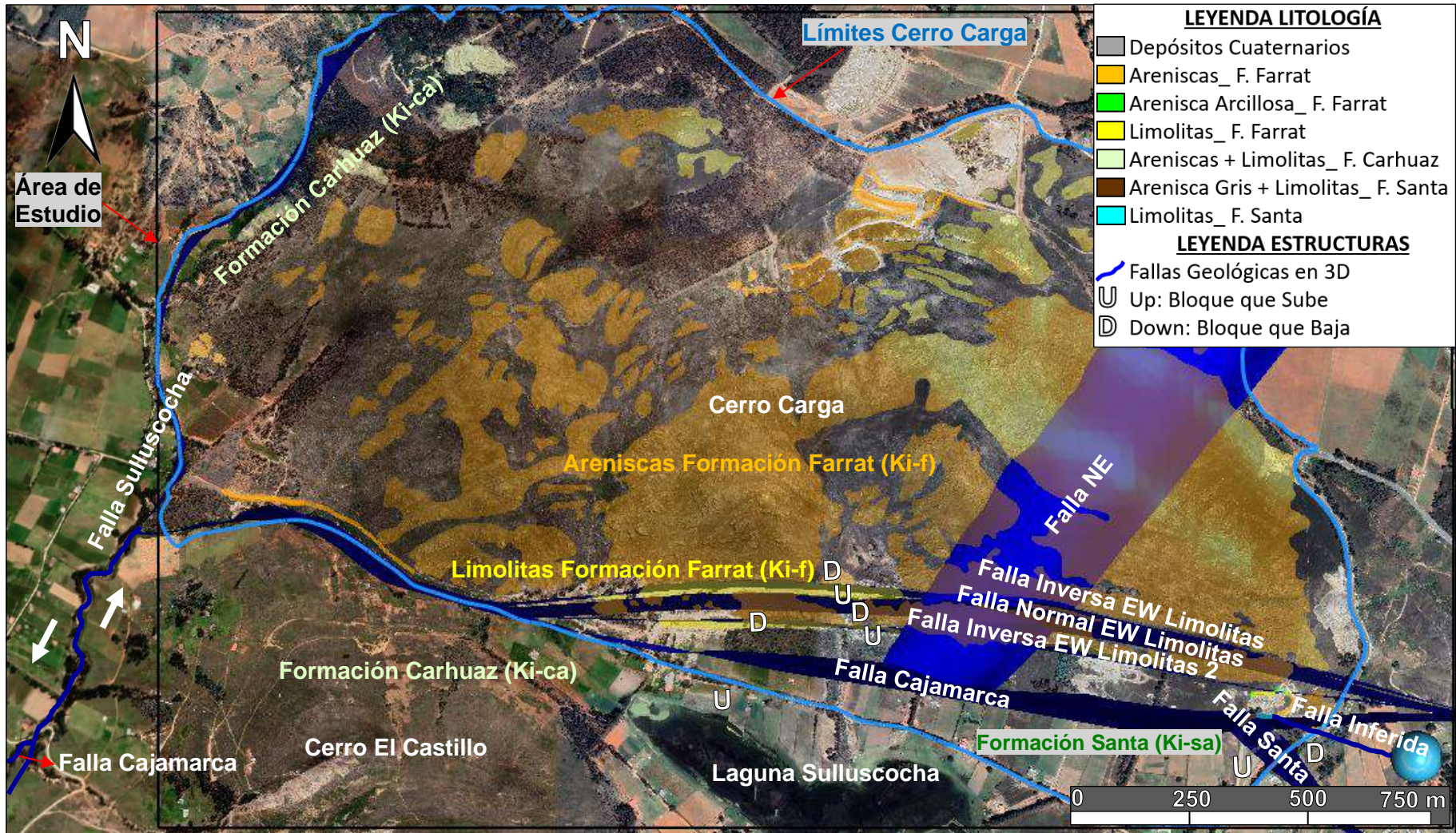
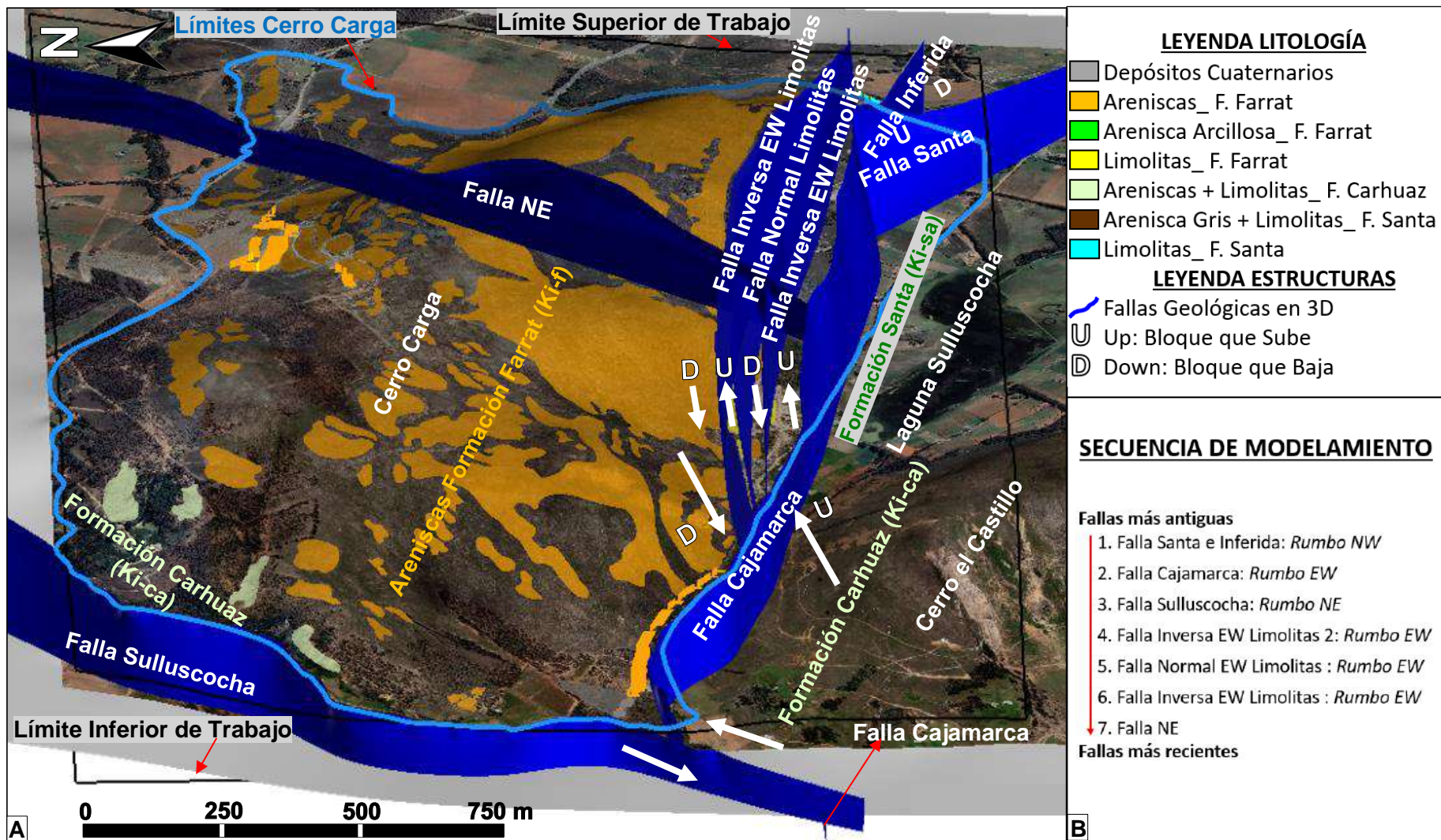


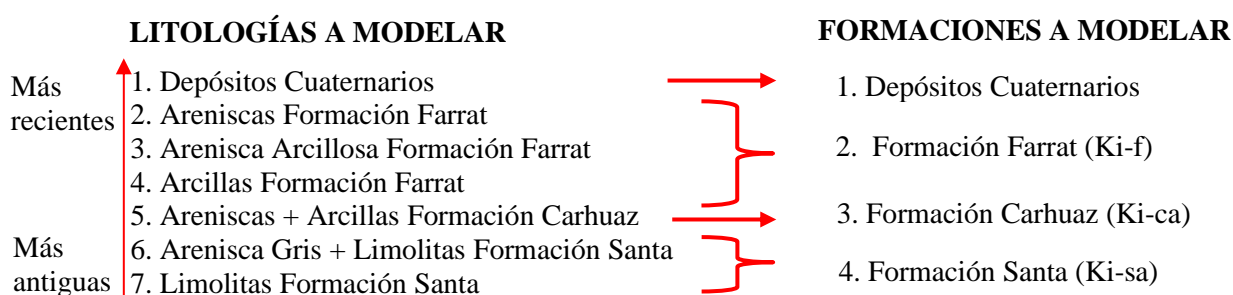
Figura 34. Vista en Planta del Modelo Estructural 3D del Cerro Carga generado en Leapfrog Geo 2023.2.3, siguiendo orden de fallamiento.



4.3.4. Pasos par a la generación de Modelo Litológico 3D

4.3.4.1. Modelamiento litológico 3D

Luego de haber cargado los shapes de cartografiado litológico de ArcGIS a Leapfrog Geo 2023.2.3, se generó los sólidos de las de las litologías cartografiadas, teniendo en cuenta a que Formación pertenecen y modelando desde las litologías de las Formaciones más antiguas a las más recientes de la siguiente manera:



4.3.4.1.1. Limolitas y Areniscas Formación Santa

Rocas de la Formación Santa identificadas al extremo Sureste del Cerro Carga limolitas intercaladas con areniscas grises y limolitas bituminosas de la misma Formación, además de estar en contacto con areniscas de la Formación Farrat, para mayores detalles revisar estaciones 26 y 27. Esta Formación fue identificada también en los sectores de Llacanora y Namora por Carrión (2022) en su tesis: “Caracterización Estratigráfica de secuencias de la Formación Santa en los Distritos de Llacanora y Namora” identificando a la Formación Santa en los sectores de Llacanora y Namora con cuatro secuencias litoestratigráficas: Areniscas intercaladas con limolitas, areniscas intercaladas con Nódulos de arcillitas y areniscas intercaladas con limolitas y Areniscas intercaladas con limolitas calcáreas.

Para la generación del modelo, se generaron 5 sólidos de limolitas y 4 sólidos de areniscas grises pertenecientes a la Formación Santa, teniendo en cuenta las potencias medidas en campo, la orientación de las capas con dirección N 115° y buzamiento -80°, además de la falla Cajamarca, fallas Santa e Inferida y contactos entre areniscas de la Formación Farrat y depósitos cuaternarios que se modelaron posteriormente.

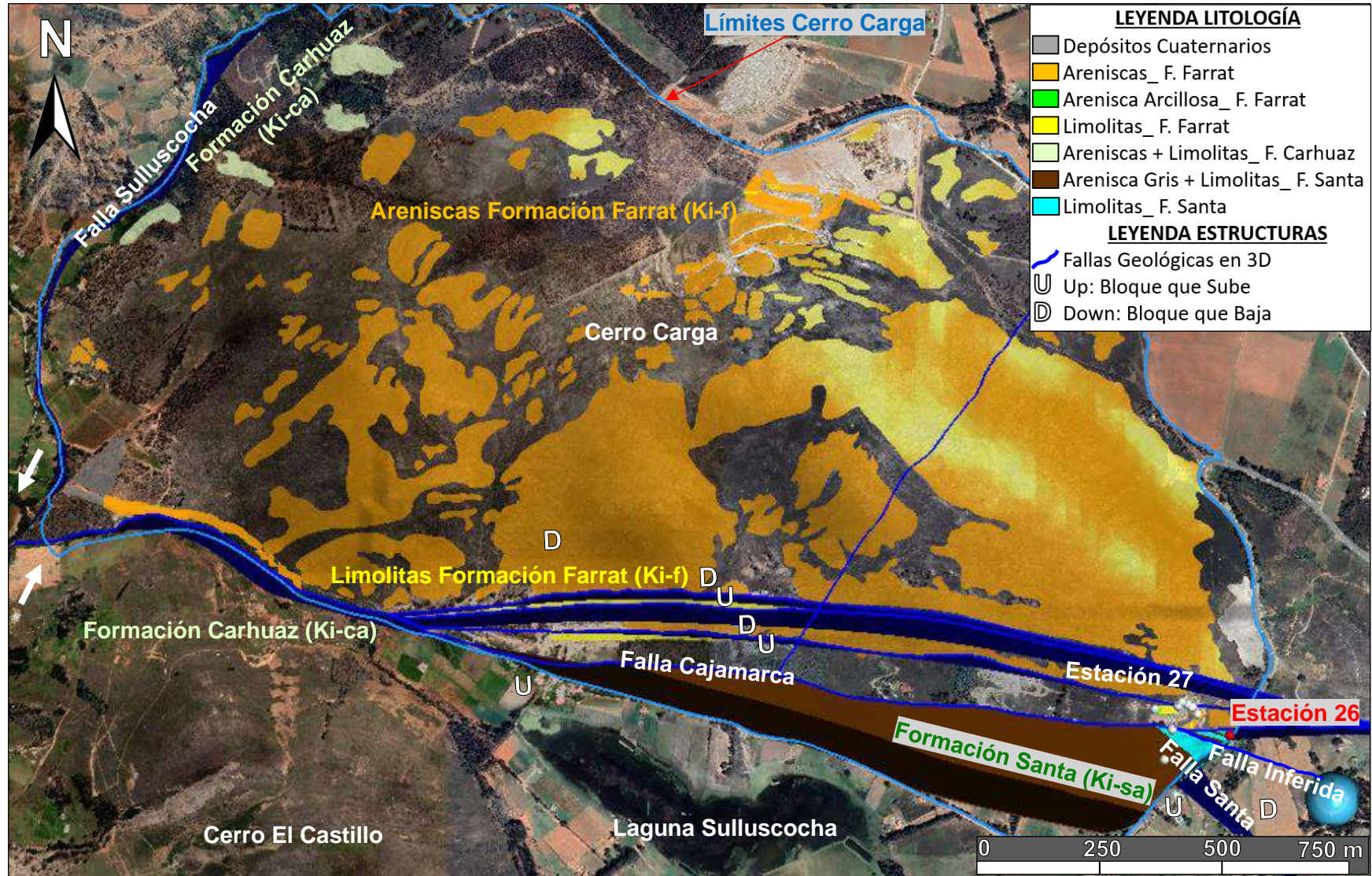


Figura 36. Vista en planta de sólidos 3D de Areniscas grises (color marrón) y Limolitas (color cian) de la Formación Santa generados en Leapfrog Geo 2023.2.3.

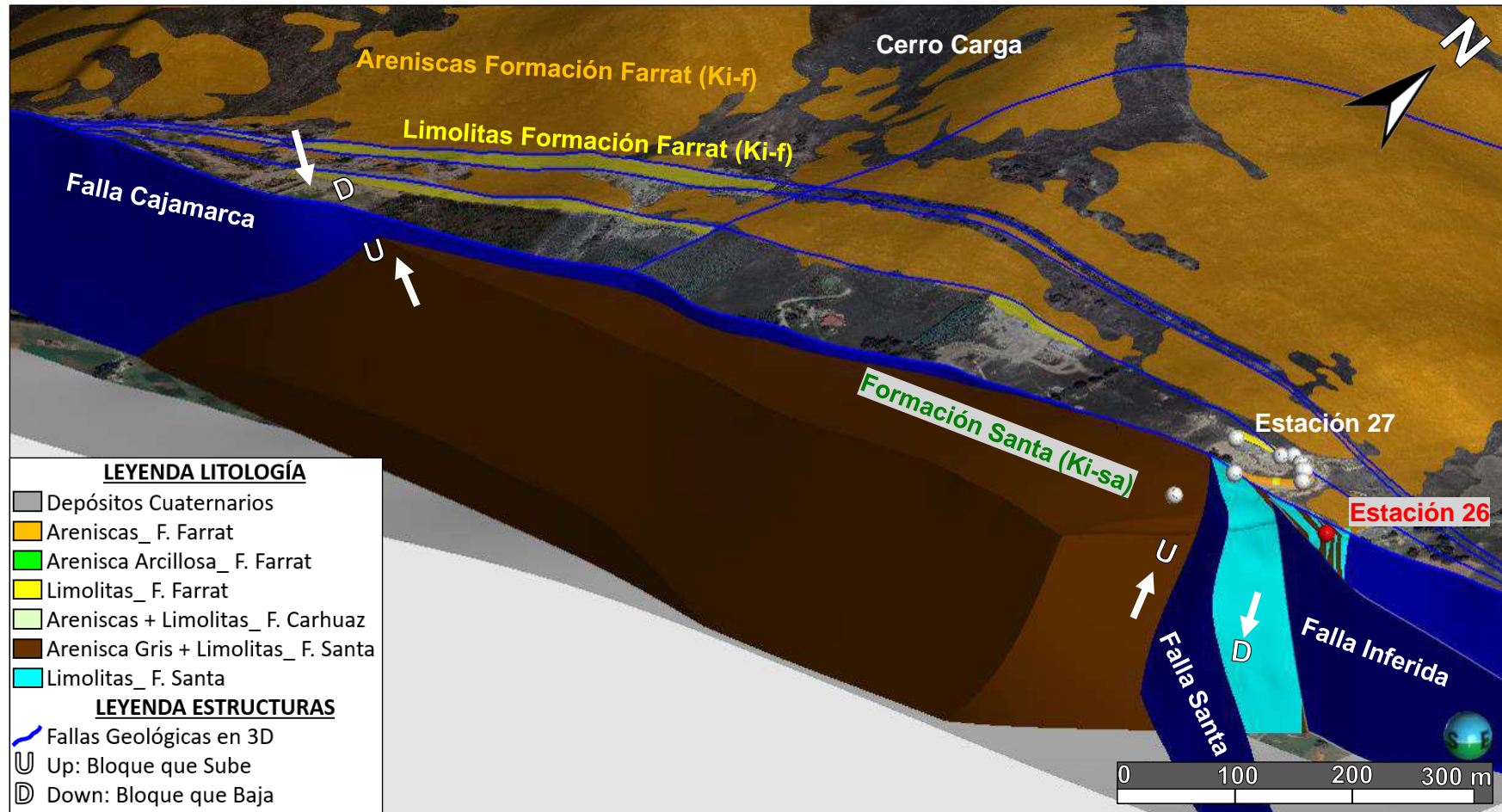


Figura 37. Vista 3D de sólidos de areniscas grises (color marrón) y limolitas (color cian) de la Formación Santa al SE del Cerro Carga generados en Leapfrog Geo 2023.2.3.

4.3.4.1.2. Areniscas y Limolitas Formación Carhuaz

La Formación Carhuaz fue identificada en el cartografiado geológico de campo en el extremo NW del cerro Carga en la estación 7, formando cárcavas de areniscas rojizas y amarillentas además de estar intercalados con limolitas, también se identificó esta Formación al SW en la estación 34 cruzando la quebrada (Falla Cajamarca) hacia el Cerro el Castillo reconociendo areniscas rojizas de grano fino pertenecientes a la Formación Carhuaz, para mayores detalles revisar estación 7 y 34.

Esta Formación también fue identificada cercana la zona de estudio por Saavedra (2019) en su tesis: “Estratigrafía de las Formaciones Santa, Carhuaz y Farrat en el Caserío de Shaullo Chico del Distrito de los Baños del Inca” identificando en el centro del Anticlinal de los Baños del Inca afloramientos de la Formación Carhuaz con presencia de areniscas rojizas de grano fino.

Para la generación de los sólidos geológicos de la Formación Carhuaz, no se diferenció las areniscas de las limolitas debido a no ser materia de estudio de la presente investigación, por lo que se generaron 3 sólidos en total, para los 2 primeros sólidos al NW y SW se tuvieron en cuenta las estaciones 7 y 34 respectivamente, mencionadas anteriormente, y para el 3 sólido al SE se interpretó e infirió el contacto de esta Formación con el sólido de la Formación Santa y falla Cajamarca previamente modelados, además de tener en cuenta la proyección de la estación 34 (contacto de las areniscas rojizas de la Formación Carhuaz con las areniscas de la Formación Farrat en Cerro Carga), es importante mencionar que en SE no logró identificarse esta Formación en campo, ya que estaría cubierta por depósitos cuaternarios.

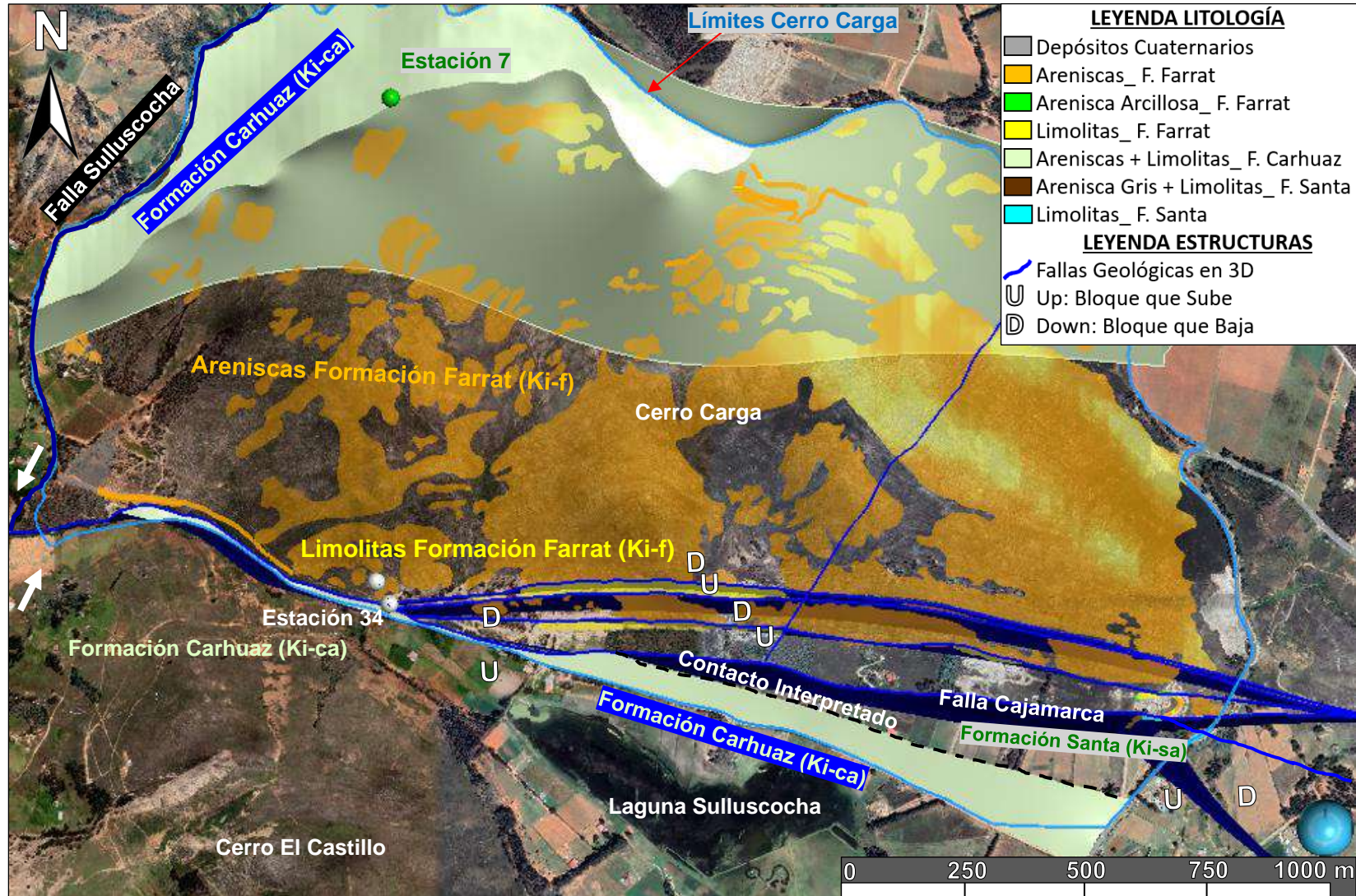


Figura 38. Vista en Planta de Sólidos 3D de la Formación Carhuaz (verde claro) generados en Leapfrog Geo 2023.2.3.

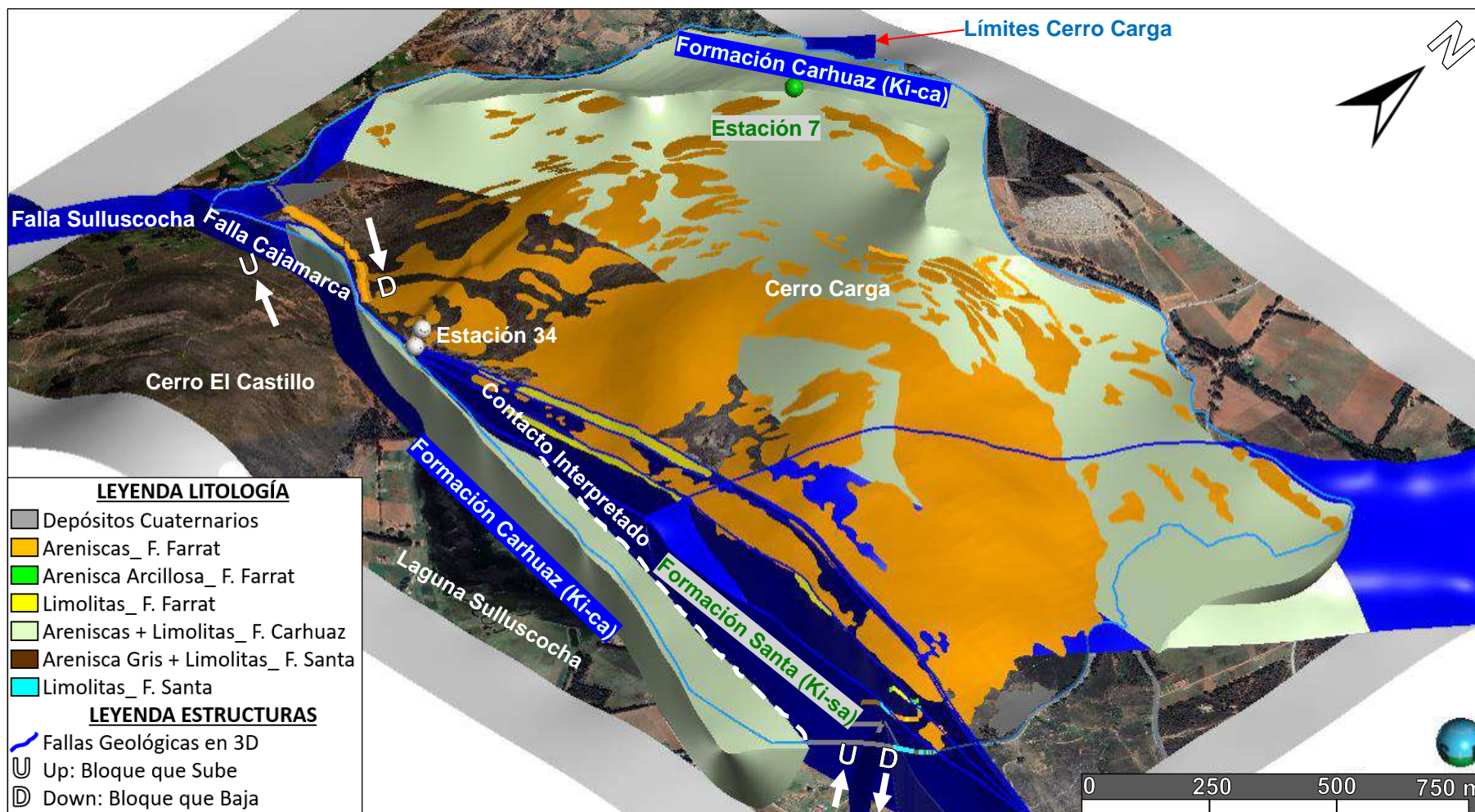


Figura 39. Vista 3D de sólidos de la Formación Carhuaz (verde claro) generados en Leapfrog Geo 2023.2.3

4.3.4.1.3. Limolitas Formación Farrat

Frente a la laguna Sulluscocha, a 50 y 100 m al Norte de la Falla Cajamarca, se identificaron arcillas consolidadas y estratificadas como 3 estratos continuos a modo de cuerpos con dominio de limolitas concordantes y paralelos a la estratificación de areniscas cuarzosas de la Formación Farrat, con Azimut promedio 110° y buzamiento de -75° a -80° , potencia de 8 a 20 m, el primer cuerpo denominado “Limolitas 1” con longitud de 650 metros, el segundo cuerpo denominado “Limolitas 2” con longitud de 500 m y el tercer cuerpo de 140 m denominado “Limolitas 3”, estos cuerpos como son paralelos y se encuentran limitados por las estructuras en flor positiva: Fallas Inversa EW Limolitas, Falla Normal EW Limolitas y Falla Inversa EW Limolitas 2. También en la Estación 9 al Noreste del Cerro Carga se identificó pequeños estratos de limolitas de hasta 4 m de potencia con Azimut $N85^\circ$ y buzamiento de -40° , con presencia de illita grisácea y menores contenidos de montmorillonita y caolines blanquecinos, se nombró y modeló este cuerpo pequeño como “Limolitas 4” con el objetivo de buscar su continuidad. La génesis de estos estratos de limolitas guardaría relación al descrito por Bazán y Caja (2016) en su artículo publicado en la Revista de la Sociedad Geológica del Perú: “Análisis de Litofacies Silíceo-Clásticas de la Formación Farrat en el Distrito de Llacanora – Cajamarca”, donde indican que estos cuerpos de arcillas se depositaron cuando la cuenca sufrió una subsidencia a nivel de un lagoon epicontinental, llegando a niveles de shoreface ricos en flora con carácter pantanoso donde se depositó arcillas, lutitas abigarradas y limolitas blancas con fósiles de plantas (Weichselia, Scleropteris) intercalado con horizontes de areniscas cuarzosas de grano medio. Finalmente, el buzamiento actual de los estratos (-75° a -80°) obedecería a que nos encontramos en el flanco de derecho del anticlinal de los Baños del Inca.

Sedimentación de arcillas,
limolitas, lutitas en
ambientes pantanosos

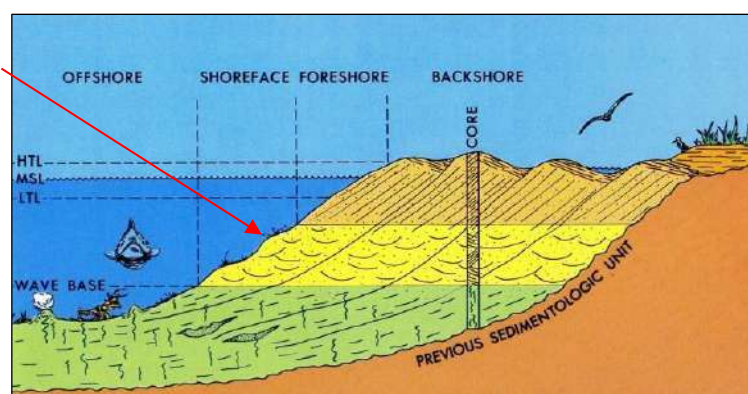


Figura 40. Modelo de estructuras sedimentarias en entornos de playa y dunas. Adaptado de Kindler, et. al, 2011

Estas limolitas también fueron identificadas por Serrano (2017) en la Formación Farrat en Shaullo y Puyllucana, en su tesis: “Estudio Estratigráfico secuencial de la Formación Farrat en Shaullo y Puyllucana”: Se identificaron 4 secuencias, donde en la SECUENCIA II identificó areniscas de grano fino, areniscas arcillosas y limolitas, estas últimas en niveles muy variables y pequeños a excepción de un tramo de 14 metros con presencia de helechos.

La mineralogía macroscópica identificada en el cuerpo “Limolitas 1” fue dominante en caolines y montmorillonita blanquecinas con menor contenido de illita (colores grisáceos), y sectores con pátinas con Ox de Fe (limonitas, hematitas), en cambio en los cuerpos “Limolitas 2” y “Limolitas 3” la mineralogía macroscópica identificada fue dominante en illita (colores grisáceos), seguida por caolines y montmorillonita blanquecinas de igual forma con sectores con pátinas con Ox de Fe (limonitas, hematitas), por lo que al momento de realizar la interpolación y modelamiento en el Software Leapfrog Geo 2023.2.3, se decidió unir los cuerpos “Limolitas 2” y “Limolitas 3” ya que además de la mineralogía similar ambos se ubican a 350 m distanciados en la misma línea de Azimut promedio 110°, además el cuerpo “Limolitas 3” se proyectó 270 m al SE siguiendo el Azimut de 110° logrando encontrar aparentemente la parte terminal de este cuerpo. Para mayores detalles revisar estaciones de cartografiado 27, 29, 31 a la 33 y 35 a la 38.

Finalmente, al modelar los cuerpos de limolitas, se encontraron 2 zonas interesantes: La zona 1 al Norte siguiendo la continuidad al Oeste del Cuerpo Limolitas 4, y la zona 2 a lo largo de la interpolación de los cuerpos Limolitas 2 y 3, siendo zonas interesantes para continuar trabajos exploratorios y dar mayor continuidad a estos cuerpos.

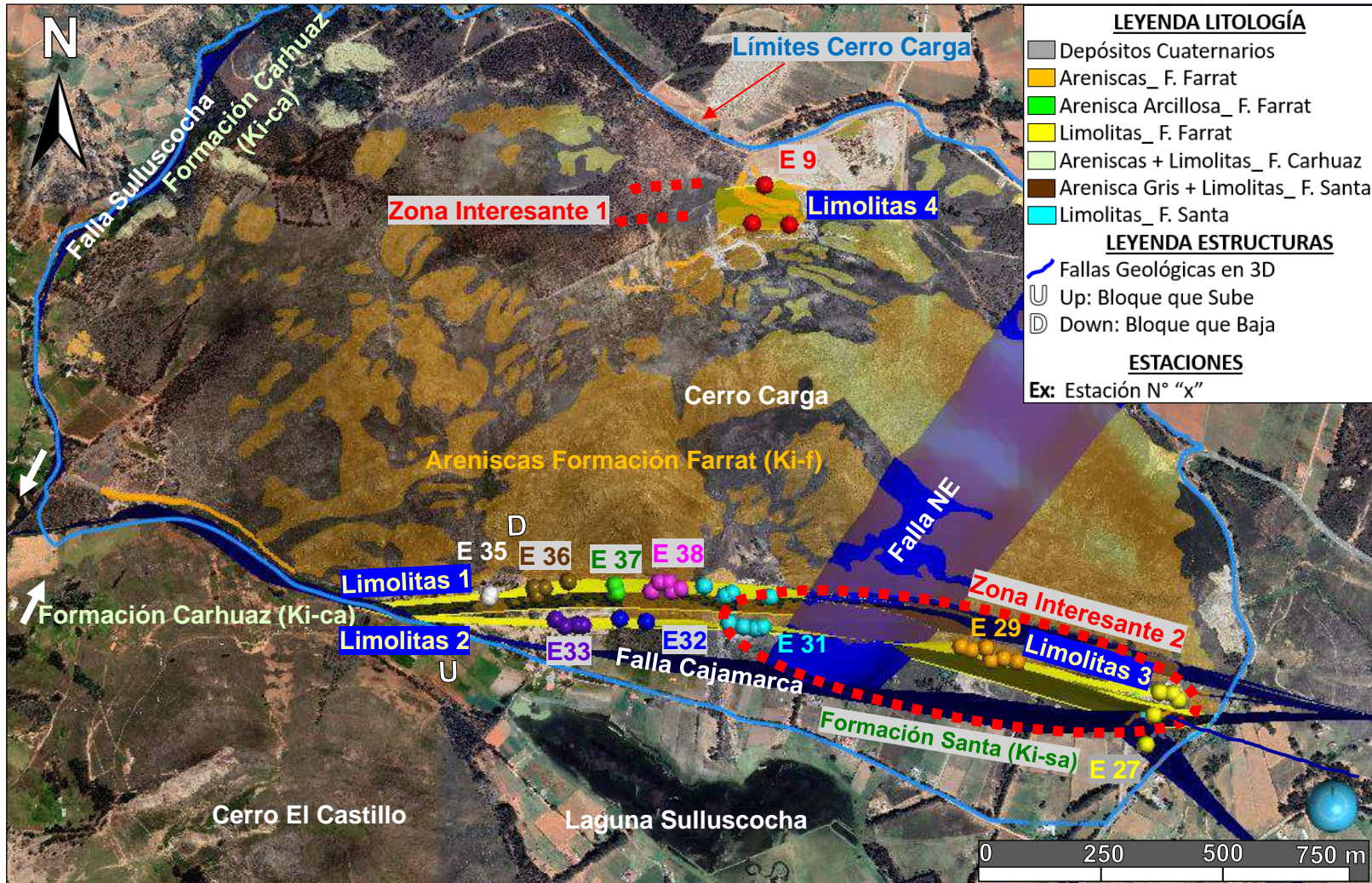


Figura 41. Vista en Planta de Sólidos 3D en color amarillo de los 4 cuerpos de Limolitas de la Formación Farrat identificados y generados en Leapfrog Geo 2023.2.3 con soporte de las estaciones de cartografiado, se aprecia además unión de los cuerpos Limolitas 2 y Limolitas 3 siguiendo Azimut N° 110 y proyección e interpolación logrando encontrar la continuidad en la estación 27 al SE del Cerro Carga, además se observa zonas interesantes 1 y 2 para continuar trabajos de exploración y dar continuidad a las limolitas.



Figura 42. Vista en 3D de sólidos en color amarillo de los 4 cuerpos de Limolitas de la Formación Farrat identificados y generados en Leapfrog Geo 2023.2.3 con soporte de las estaciones de cartografiado, se aprecia, además unión del cuerpo Limolitas 2 y Limolitas 3 siguiendo Azimut N° 110 y proyección e interpolación logrando encontrar la continuidad en la estación 27 al SE del Cerro Carga, además se observa zonas interesantes 1 y 2 para continuar trabajos de exploración y dar continuidad a las limolitas.

4.3.4.1.4. Areniscas Arcillosas Formación Farrat

Identificadas en el extremo SE del Cerro Carga, se encuentran gradacionalmente en zonas de contacto al pasar de areniscas a limolitas, la mineralogía determinada a la lupa fue principalmente cuarzo, caolín, illita y líticos esporádicos. Para mayores detalles revisar estación 27.

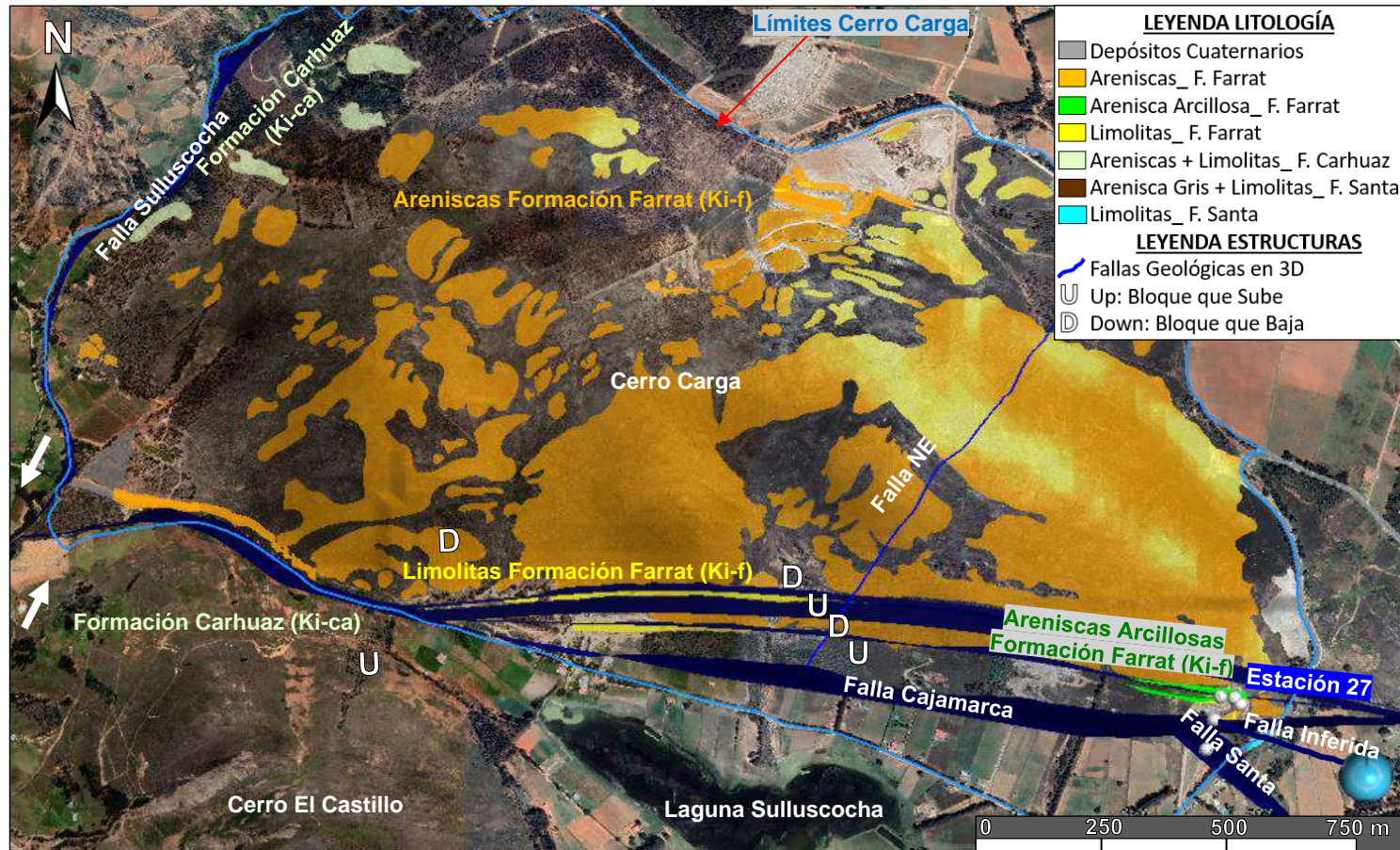


Figura 43. Vista en Planta de Sólidos 3D de las areniscas arcillosas de la Formación Farrat modelados en Leapfrog Geo 2023.2.3 al extremo SE del Cerro Carga

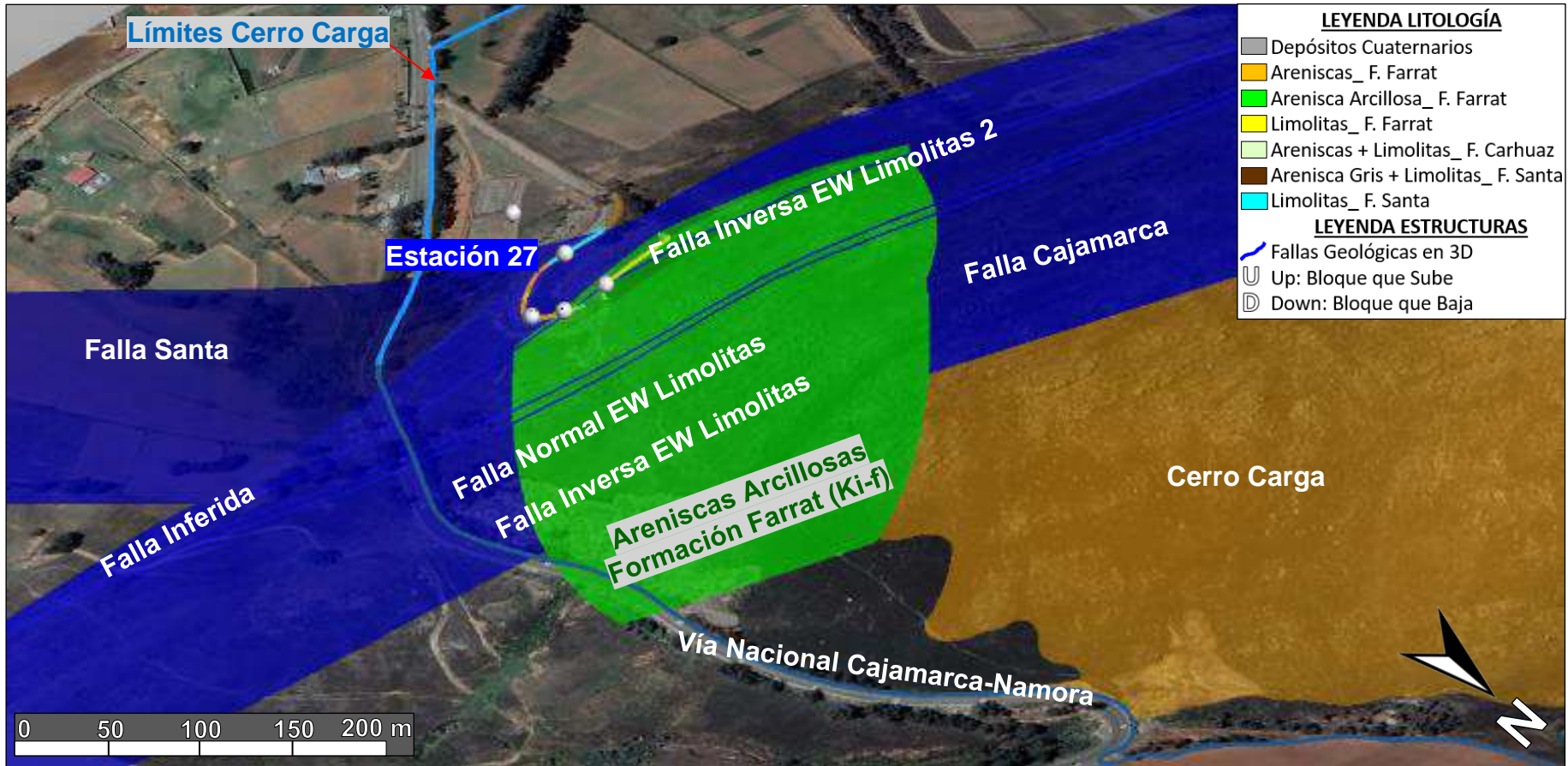


Figura 44. Figura con 75% de transparencia de la topografía para visualización 3D del sólido en color verde de las areniscas arcillosas de la Formación Farrat identificado y modelado en Leapfrog Geo 2023.2.3 al extremo SE del Cerro Carga en zonas de contacto entre areniscas y limolitas de la Formación Farrat.

4.3.4.1.5. Areniscas Formación Farrat

Litología dominante en el Cerro Carga, las areniscas se encuentran fuertemente plegadas y presentan un Azimut que varía desde 90° a 130° , teniendo inclinaciones que van desde los -80° en los afloramientos frente a la laguna Sulluscocha y conforme avanzamos de Sur a Norte a espaldas del Cerro Carga el buzamiento de los afloramientos cambia hasta tener en promedio de -40° a -50° , esto se explica ya que todo el Cerro Carga sería la continuidad a 6 km al Este del flanco derecho del anticlinal de los Baños del Inca y conforme nos acercamos a la zona de la inflexión cercana a la charnela el buzamiento disminuye.

Al ser la continuación del flanco derecho del anticlinal de los Baños del Inca, la litoestratigrafía de estas areniscas de la Formación Farrat guardaría relación con el estudio realizado en Llacanora por Bazán y Caja (2016) en su artículo publicado en la Revista de la Sociedad Geológica del Perú: “Análisis de Litofacies Silícico-Clásticas de la Formación Farrat en el Distrito de Llacanora – Cajamarca”, donde indican que la Formación Farrat es una unidad litoestratigráfica del Cretáceo inferior de edad Barremiano superior – Aptiano inferior a medio, conformada por un conjunto de rocas sedimentarias silícico-clásticas depositadas en un ambiente litoral – deltaico, con 3 asociaciones de litofacies secuenciales: Litofacies de llanura deltaica inferior a nivel de foreshore: Depositación de areniscas con estratificación sesgada, luego la cuenca sufre una subsidencia a nivel de lagoon epicontinental, donde la sedimentación se realizó en el frente deltaico dentro del shoreface sedimentando areniscas con intercalaciones de lutitas y arcillas, ya que el ambiente fue rico en flora con carácter pantanoso, y finalmente seguido por un levantamiento brusco del continente depositando micro conglomerados y areniscas de la Litofacies de llanura deltaica superior a nivel del backshore.

A la lupa se identificaron dominio de afloramientos de arenisca cuarzosa blanquecina compacta, debido a dominio de granos de cuarzo, seguido por esporádicos líticos y en algunos casos presencia esporádica de feldespatos, con algunas zonas presencia de óxidos de hierro, principalmente hematita y limonita.

Para la interpolación de los sólidos de arenisca en Leapfrog Geo 2023.2.3, se respetó los contactos con otras rocas como fueron las limolitas, areniscas arcillosas de esta misma Formación, contacto con las Formaciones Santa y Carhuaz modelados previamente y Depósitos Cuaternarios que se modelaron posteriormente.

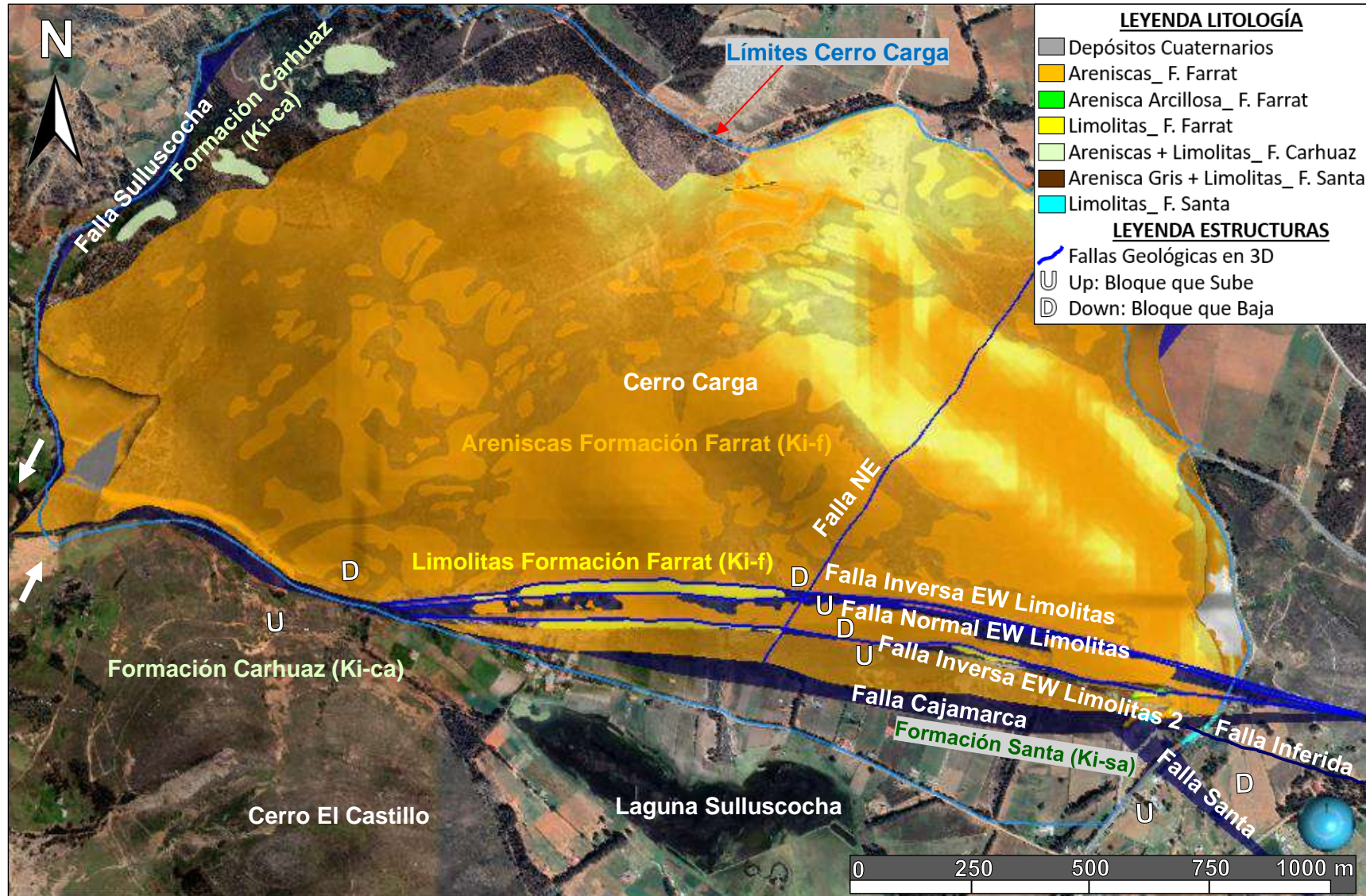


Figura 45. Vista en Planta de Sólido 3D en color naranja de las areniscas de la Formación Farrat modelado en Leapfrog Geo 2023.2.3.

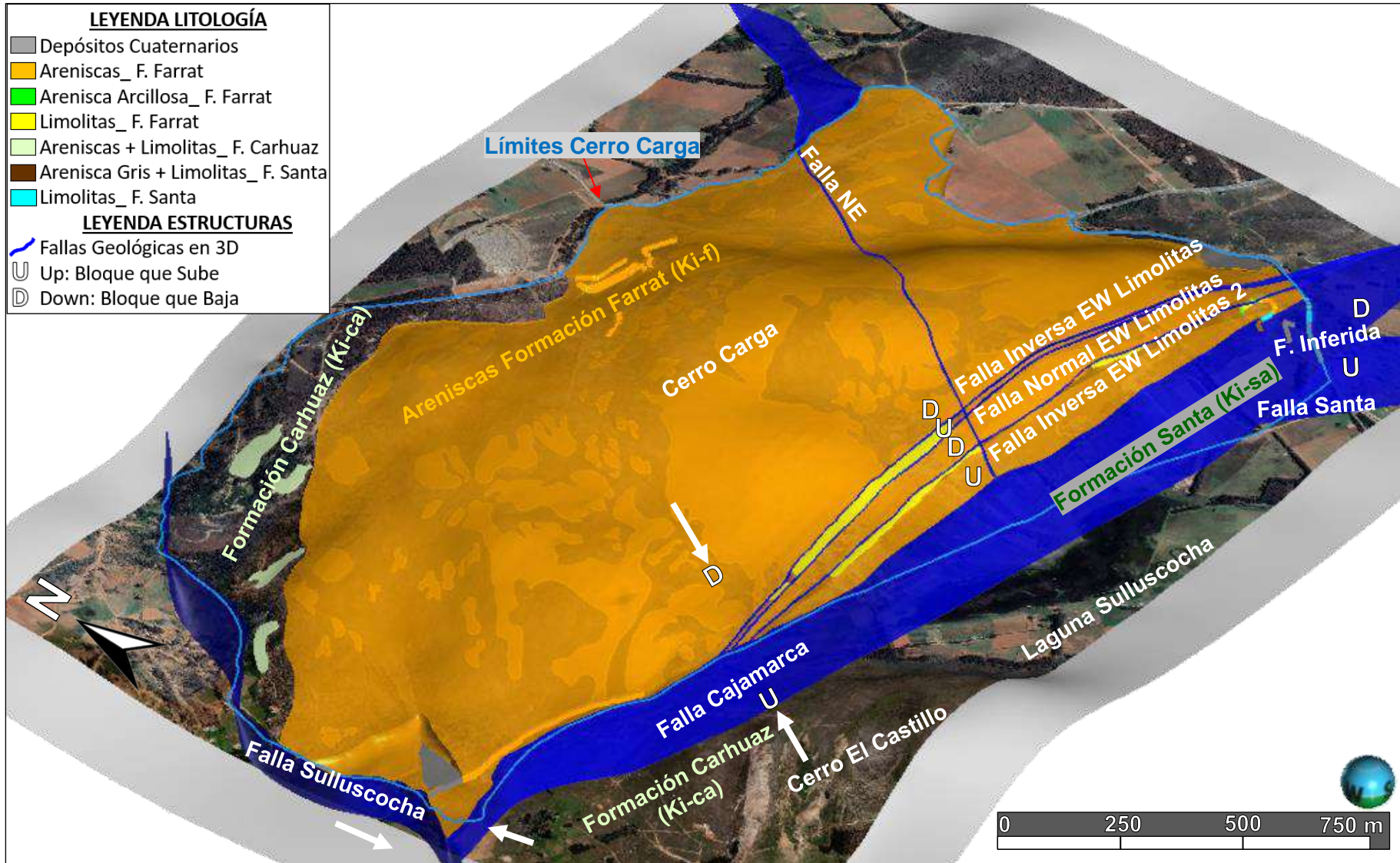
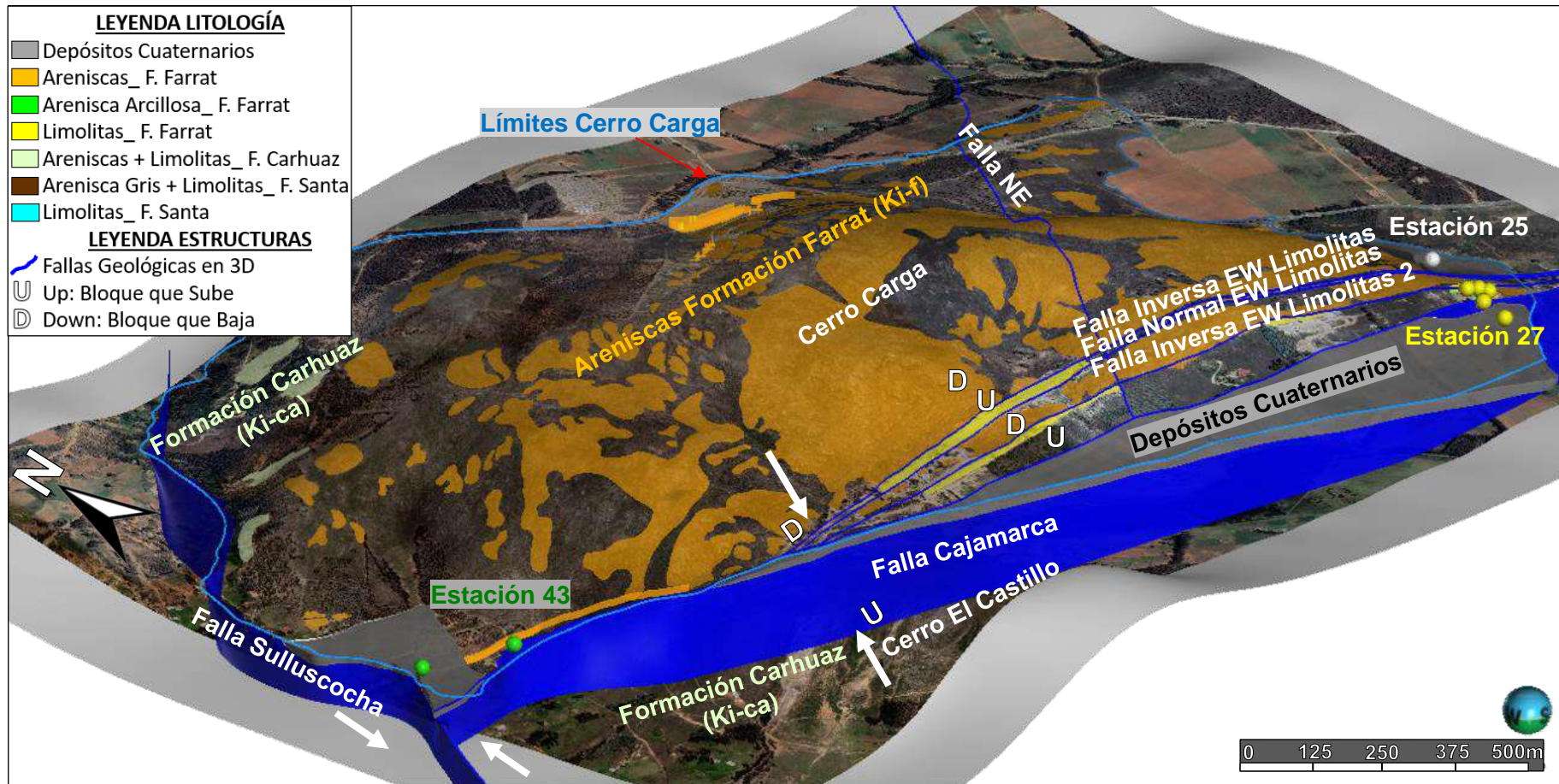


Figura 46. Vista 3D de sólido en color naranja de las areniscas de la Formación Farrat modelado en Leapfrog Geo 2023.2.3.

4.3.4.1.6. Depósitos Cuaternarios

En la estación 25, 27 y 43 se identificaron depósitos cuaternarios, para mayor detalle revisar las estaciones mencionadas.



4.3.4.2. Modelamiento de la estratificación en 3D

Para modelar en 3D la dirección y buzamiento de estratificación, se usó la herramienta “New Form Interpolant” del software Leapfrog Geo 2023.2.3, ingresando los datos de cartografiado de azimut e inclinación tomados en campo como discos estructurales por litología cartografiada, el software interpoló la disposición 3D de los estratos, para lo cual se ingresó los datos de inclinación de cada una de las litologías cartografiadas en el Cerro Carga y se usó como límites de interpolación cada uno de los sólidos por litologías previamente generados, es importante mencionar que a partir del cartografiado geológico e interpolación con software Leapfrog Geo 2023.2.3, se confirmó que todo el Cerro Carga es la continuidad a 6 km al Este del flanco derecho del anticlinal de los Baños del Inca, donde en la zona del Cerro Carga de Sur a Norte los estratos de areniscas y limolitas de la Formación Farrat se inflectan conforme nos acercamos a la charnela, ya que la estratificación de la Formación Farrat se encuentra fuertemente plegada y presenta un Azimut que varía desde 90° a 130° en promedio, teniendo inclinaciones que van desde los -80° en los afloramientos frente a la laguna Sulluscocha y conforme avanzamos de Sur a Norte a espaldas del Cerro Carga el buzamiento de los afloramientos cambia hasta tener en promedio de -40° a -50° .

Para generar las interpolantes de estratificación de las demás Formaciones, el software proyectó e interpoló los valores de los azimuts y buzamientos medidos de cada Formación del resto de estaciones de cartografiado tomando en cuenta que al Noroeste se cartografió cárcavas de la Formación Carhuaz, al Sur se interpretó la Formación Santa y Carhuaz a la misma altura de la Formación Farrat debido a falla inversa Cajamarca y cubiertas por depósitos cuaternarios.

Para mayor detalle revisar mediciones de estratos realizadas en las estaciones del 1 al 43.

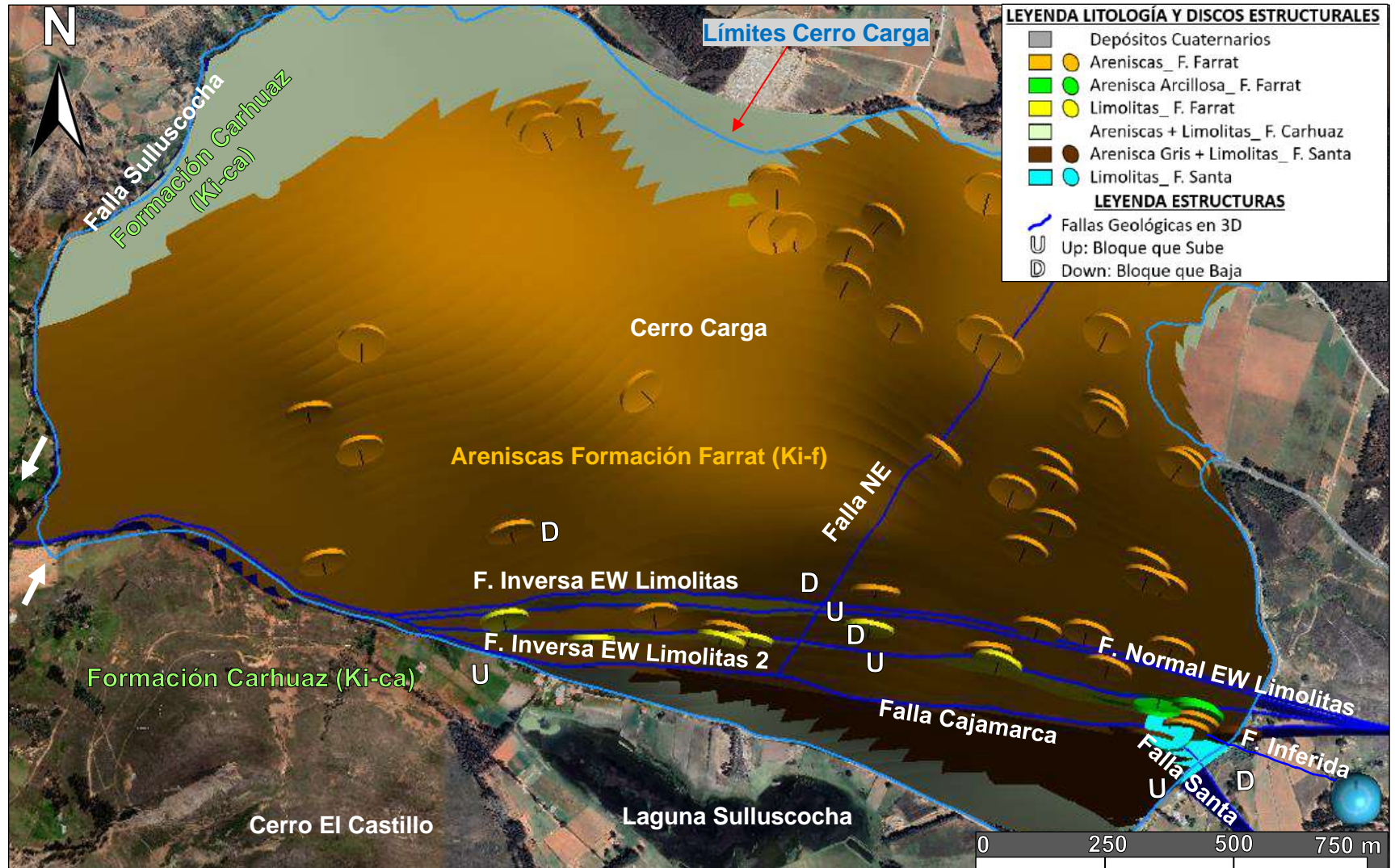


Figura 48. Vista en planta de estratificación por litología del Cerro Carga modelada a partir de cartografiado geológico de orientación de estratos y ploteados como discos estructurales en Leapfrog Geo 2023.2.3, se aprecia que todas las capas buzcan hacia la laguna Sulluscocha.

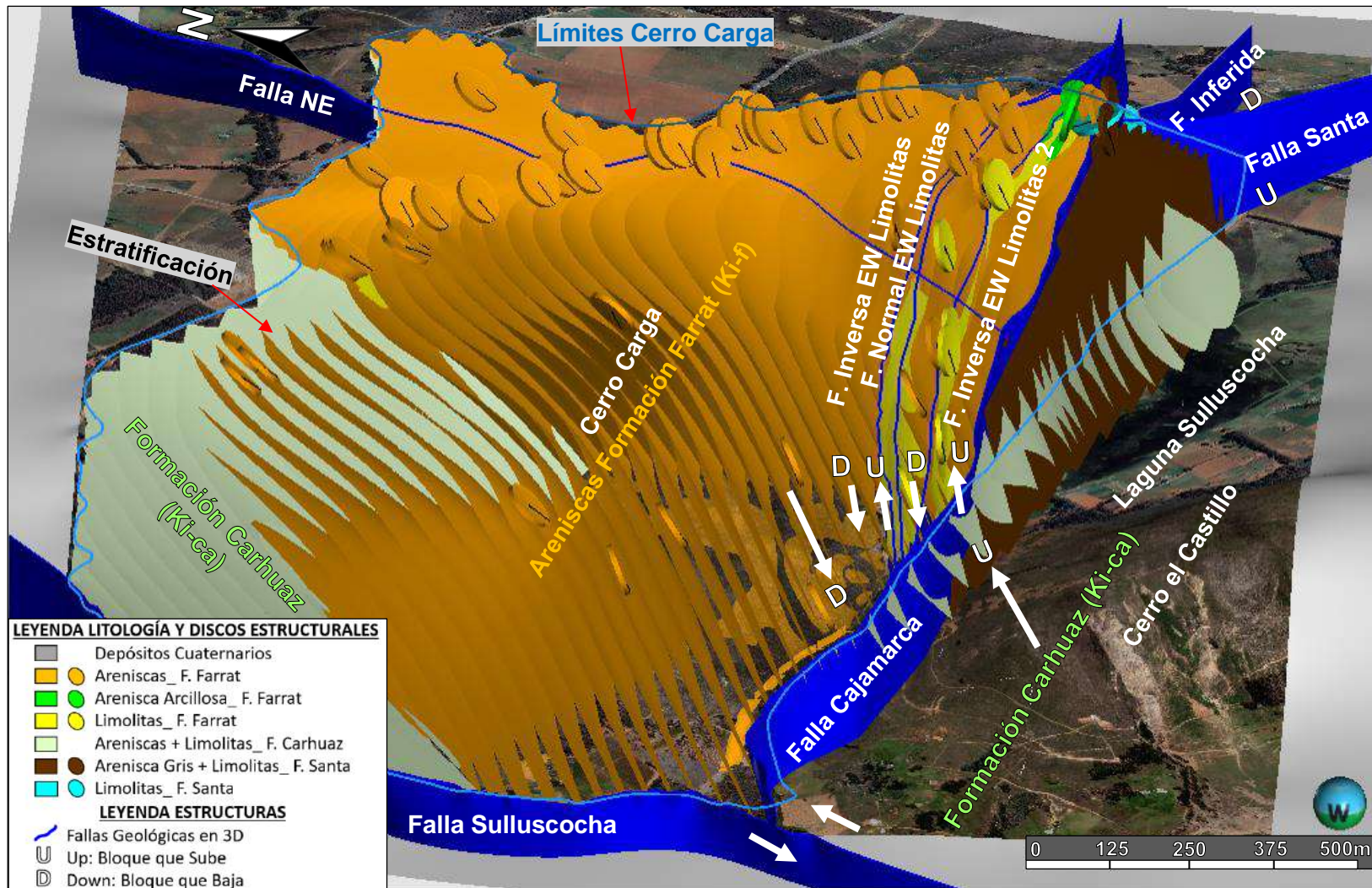


Figura 49. Vista 3D de estratificación por litología del Cerro Carga a partir de cartografiado de orientación de estratos y ploteados como discos estructurales en Leapfrog Geo 2023.2.3, se aprecia claramente que todas las capas buzcan hacia la laguna Sulluscocha, mostrando flanco derecho de la continuidad del anticlinal de los Baños del Inca.

4.3.5. Resultado del Modelo Geológico 3D por litologías

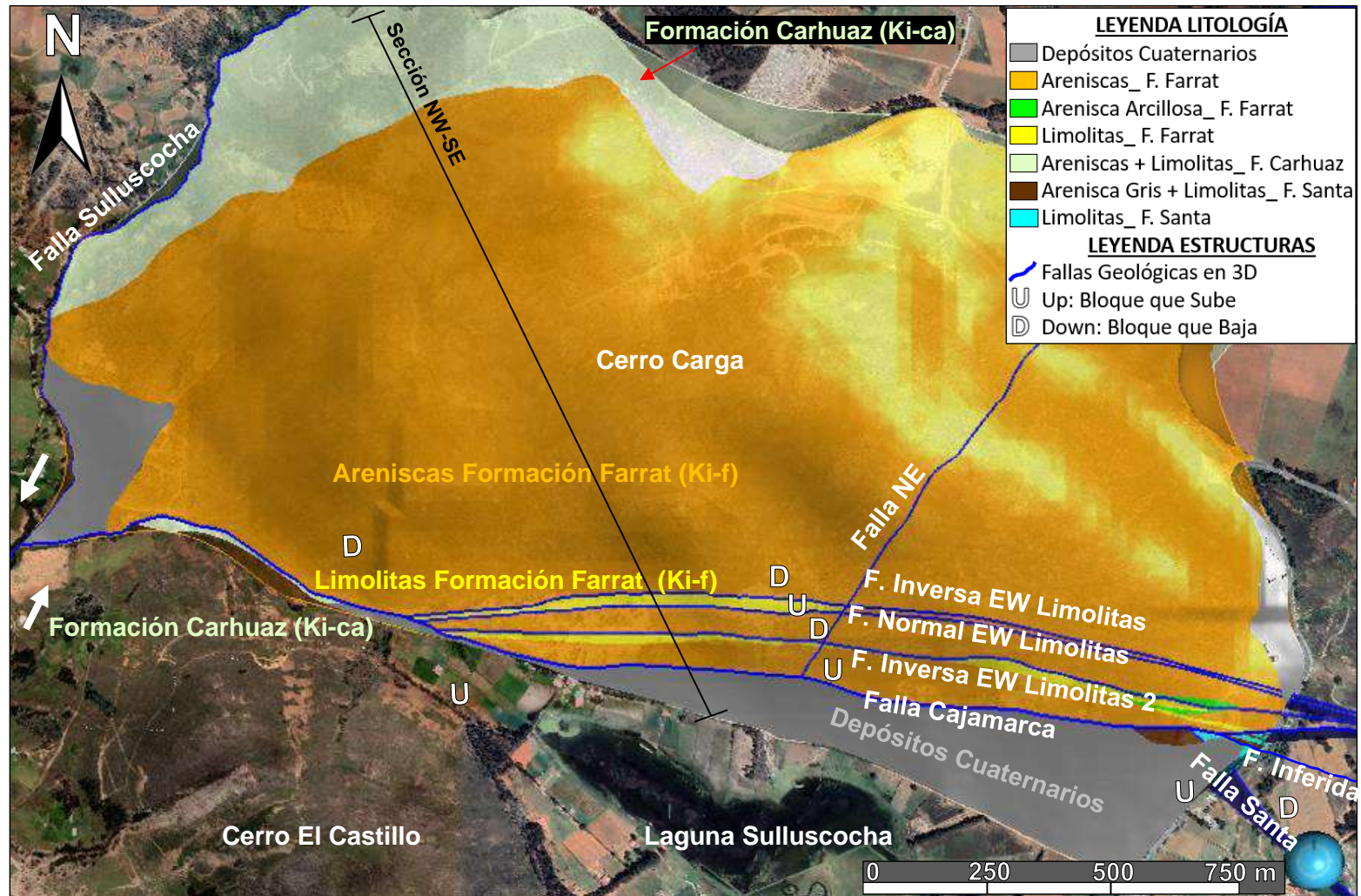


Figura 50. Resultado final del modelamiento geológico 3D de las litologías y estructuras presentes en el Cerro Carga usando Leapfrog Geo 2023.2.3

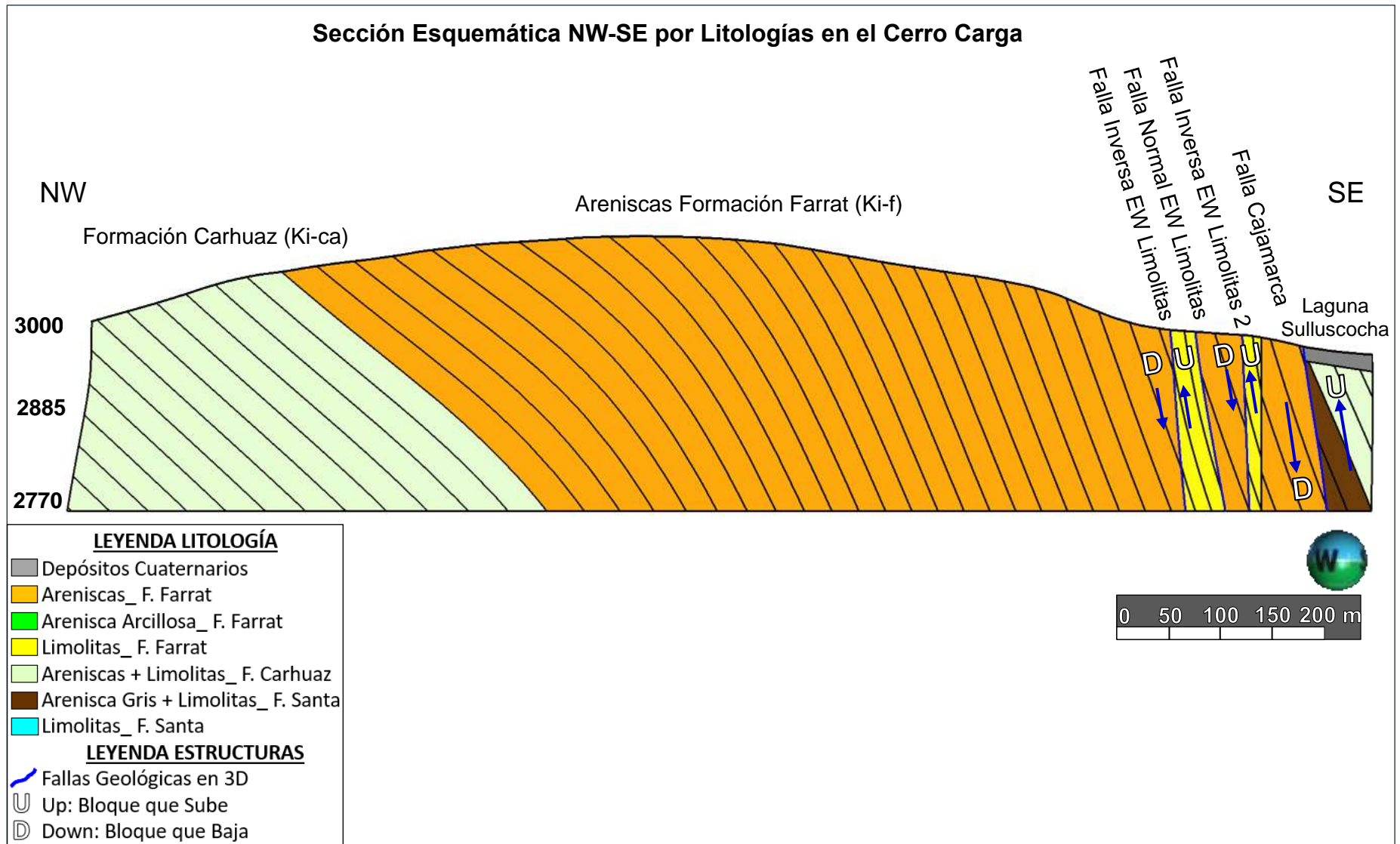


Figura 51. Sección esquemática NW-SE de la distribución litológica del Cerro Carga elaborada con Leapfrog Geo 2023.2.3

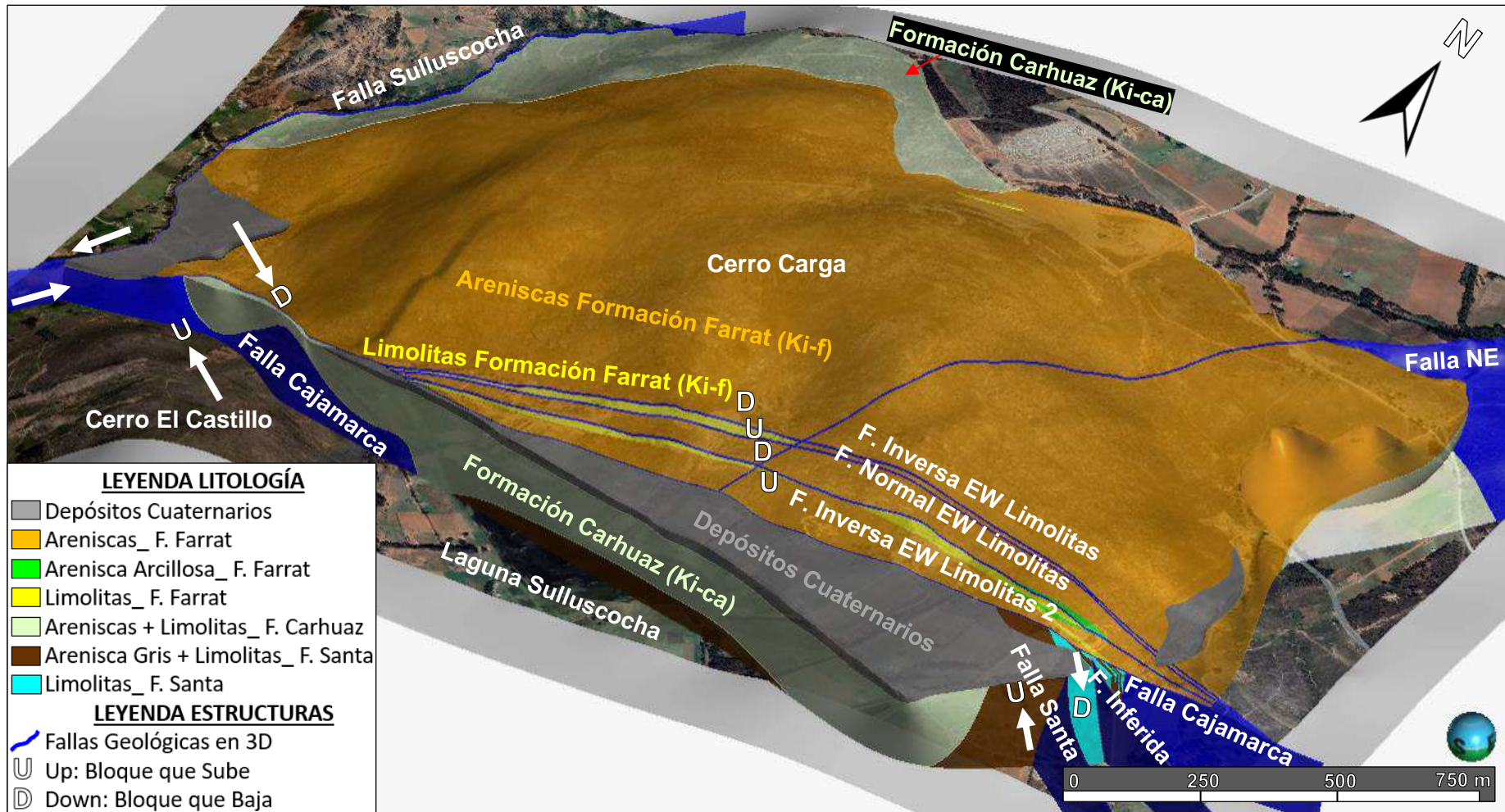


Figura 52. Vista en 3D del resultado final del modelamiento geológico de las litologías y estructuras del Cerro Carga usando Leapfrog Geo 2023.2.3.

4.3.6. Resultado del Modelo Geológico 3D por Formaciones Geológicas

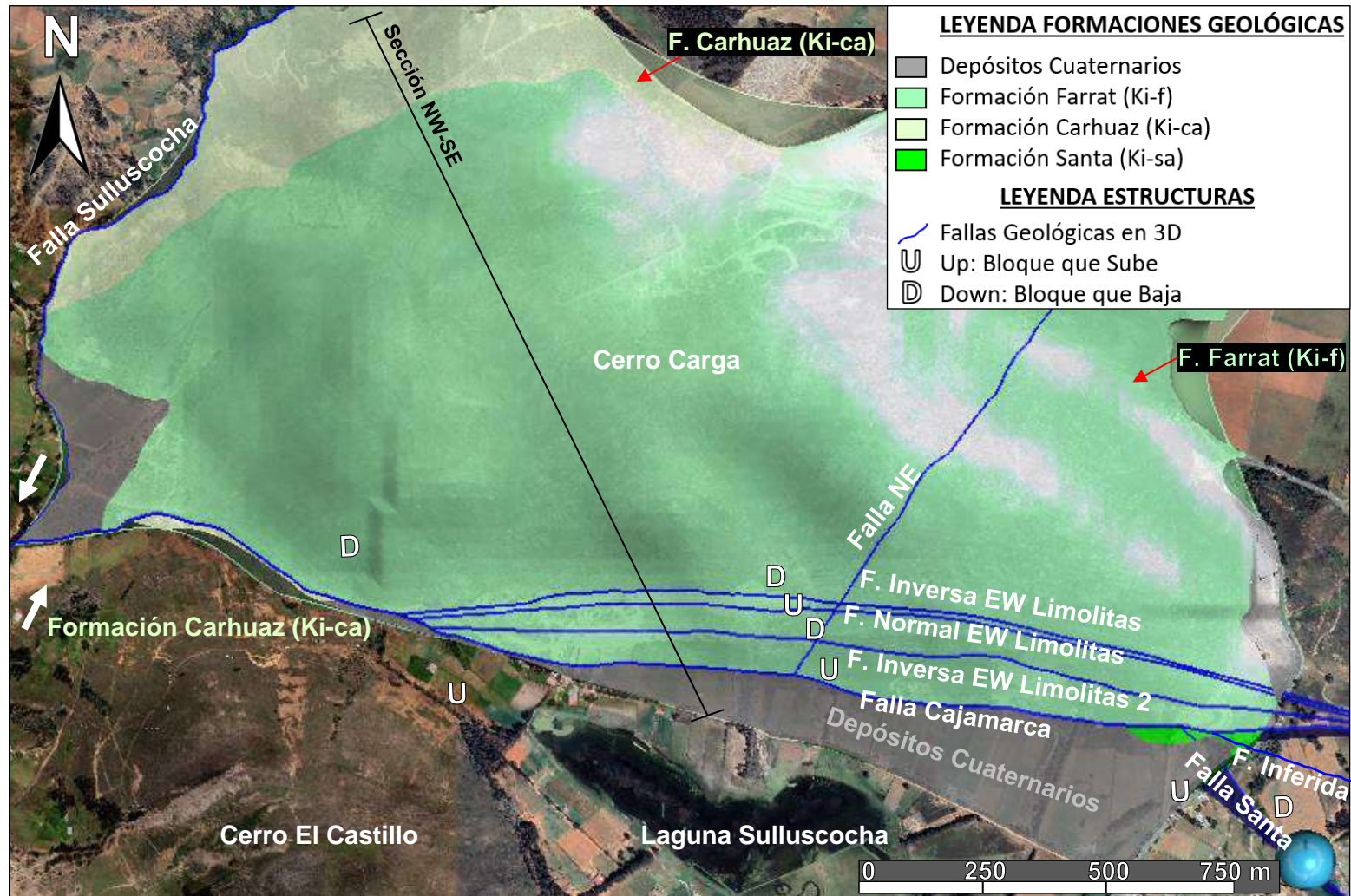


Figura 53. Resultado final del modelamiento geológico 3D de las Formaciones Geológicas y Estructuras del Cerro Carga con Leapfrog Geo 2023.2.3.

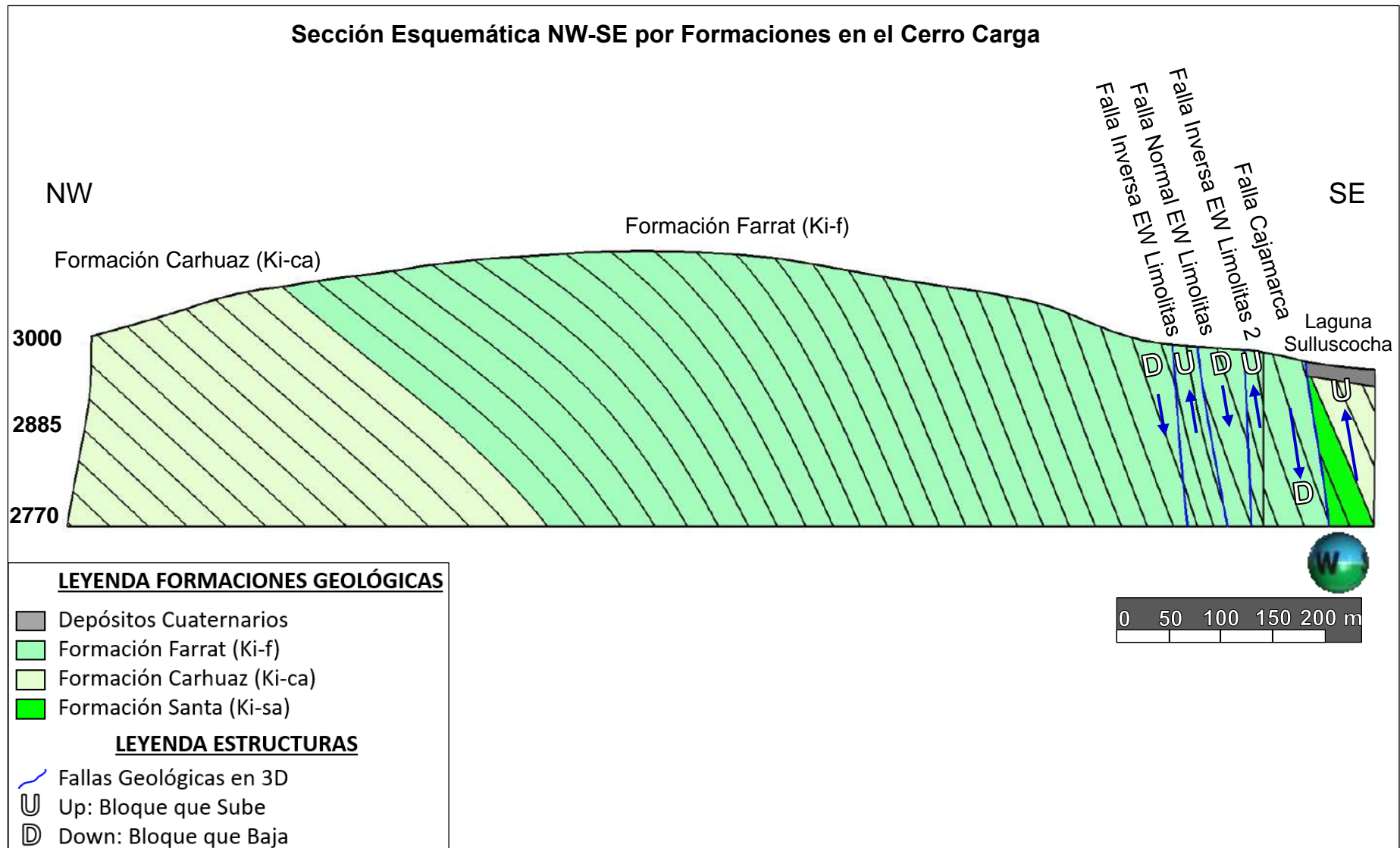


Figura 54. Sección esquemática NW-SE de las Formaciones Geológicas del Cerro Carga elaborada con Leapfrog Geo 2022.2.3.

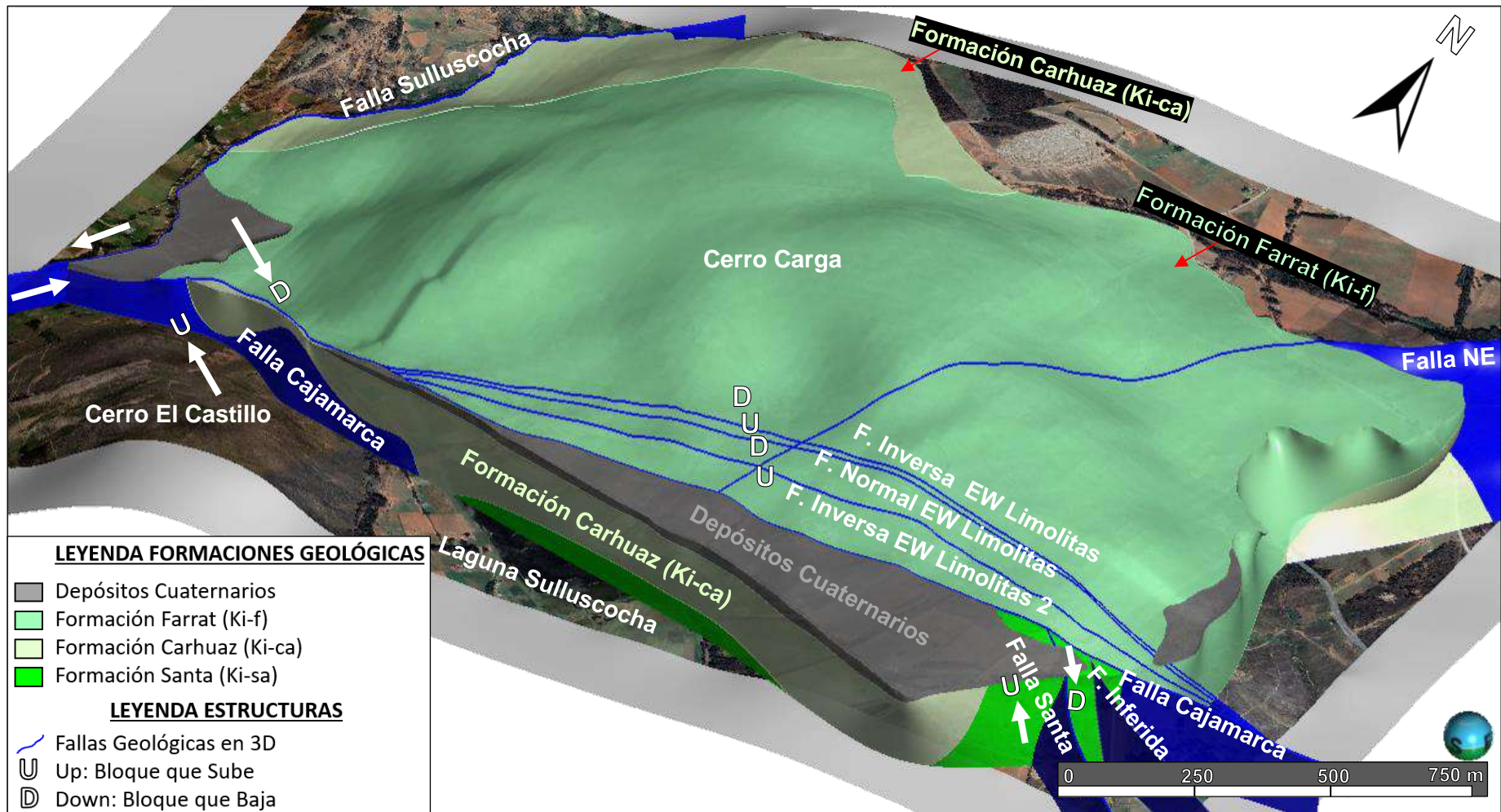


Figura 55. Vista en 3D del resultado final del modelamiento geológico de las Formaciones Geológicas y Estructuras del Cerro Carga usando Leapfrog Geo 2023.2.3.

4.4. ESTIMACIÓN DE RESERVAS

En la presente investigación a manera académica se generó un modelo de bloques 10x10x10m de las areniscas, limolitas y areniscas arcillosas en Leapfrog Geo 2023.2.3 para lo cual primero se categorizaron las reservas probables (recursos indicados) y recursos inferidos, luego con las envolventes de los sólidos de areniscas, limolitas y areniscas arcillosas del modelo geológico 3D se generó un modelo de bloques, para así calcular los volúmenes y tonelajes. Es importante mencionar que los procedimientos de variografía, kriging, validación cruzada y simulaciones geoestadísticas no se realizaron debido a no contar con información del subsuelo de taladros diamantinos y el procedimiento de estimación de reservas realizado en la presente tesis es de carácter académico e ilustrativo para calcular con exactitud los volúmenes y tonelajes a partir de los bloques.

4.4.1. Muestras de Densidad

Se enviaron 43 muestras para el cálculo de densidad por el método de parafina en el laboratorio INGEOCYS PERÚ E.I.R.L. ver Anexo I, con los siguientes resultados:

Tabla 9. Resultados de densidad por el método de parafina de las muestras colectadas en el Cerro Carga, debido a estándares de laboratorio se asignó nuevos códigos internos a las muestras enviadas.

N°	Estación	Este	Norte	Elevación	Muestra	Código Lab.	Densidad (g/cm3)
1	E1	789157.81	9204993.33	3007.11	DA-01	M-01	2.56
2	E3	789841.63	9205015.24	3128.71	DA-02	M-02	2.65
3	E4	789853.19	9205221.22	3126.33	DA-03	M-03	2.55
4	E5	789486.04	9205162.51	3093.24	DA-04	M-04	2.52
5	E6	789263.77	9205246.22	3052.71	DA-05	M-05	2.61
6	E8	789582.24	9205561.36	3111.28	DA-06	M-06	2.57
7	E9	790083.98	9205354.33	3109.62	DA-07	M-07	2.59
8	E10	790242.81	9205351.28	3103.92	DA-08	M-08	2.58
9	E11	790536.56	9205424.21	3043.44	DA-09	M-09	2.62
10	E13	790868.52	9205288.78	3024.42	DA-10	M-10	2.62
11	E14	790738.69	9205146.61	3006.98	DA-11	M-11	2.62
12	E15	790512.44	9205156.45	3048.29	DA-12	M-12	2.49
13	E16	790049.26	9205211.75	3148.64	DA-13	M-13	2.50
14	E17	790193.18	9205088.92	3150.28	DA-14	M-14	2.59
15	E18	790527.48	9205054.43	3060.95	DA-15	M-15	2.62

N°	Estación	Este	Norte	Elevación	Muestra	Código Lab.	Densidad (g/cm ³)
16	E19	790922.33	9204862.24	2963.75	DA-16	M-16	2.58
17	E20	790593.56	9204811.12	3097.92	DA-17	M-17	2.60
18	E21	790242.77	9204908.15	3145.66	DA-18	M-18	2.58
19	E22	790203.71	9204711.04	3073.20	DA-19	M-19	2.58
20	E24	790857.84	9204641.32	3036.38	DA-20	M-20	2.62
21	E28	790712.14	9204530.83	3039.35	DA-21	M-21	2.56
22	E39	789845.71	9204715.36	3050.48	DA-22	M-22	2.58
23	E40	789476.19	9204783.28	3016.75	DA-23	M-23	2.61
24	E41	789196.14	9204680.53	2941.57	DA-24	M-24	2.57
25	E42	789316.92	9204811.85	3028.60	DA-25	M-25	2.57
26	E29	790631.72	9204444.65	3016.27	DL-01	M-01	2.48
27	E29	790603.75	9204450.76	3018.71	DL-02	M-02	2.55
28	E29	790537.26	9204468.67	3023.95	DL-03	M-03	2.31
29	E29	790516.04	9204475.83	3026.17	DL-04	M-04	2.42
30	E31	790104.91	9204516.25	3009.85	DL-05	M-05	2.48
31	E31	790121.6	9204579.24	3031.28	DL-06	M-06	2.29
32	E31	789984.34	9204601.3	3021.83	DL-07	M-07	2.21
33	E33	789696.53	9204518.11	2972.91	DL-08	M-08	2.32
34	E33	789676.82	9204531.91	2972.17	DL-09	M-09	2.38
35	E35	789541.12	9204584.45	2967.16	DL-10	M-10	2.35
36	E36	789632.76	9204598.02	2972.86	DL-11	M-11	2.38
37	E37	789799.46	9204603.38	2992.02	DL-12	M-12	2.38
38	E38	789891.45	9204609.94	3009.16	DL-13	M-13	2.41
39	E38	789910.09	9204609.77	3013.18	DL-14	M-14	2.39
40	E38	789934.79	9204596.2	3013.96	DL-15	M-15	2.39
41	E27	790956.67	9204378.95	2978.79	DAA-01	M-01	2.39
42	E27	790934.6	9204388.71	2985.77	DAA-02	M-02	2.43
43	E27	790880.1	9204374.57	2994.45	DAA-03	M-03	2.58

Fuente: Laboratorio INGEOCYS PERÚ E.I.R.L.

Tabla 10. Resultados de densidad máximo, mínimo y promedio por el método de parafina de las muestras colectadas en el Cerro Carga.

Tipo de Roca	D. Mínima (g/cm ³)	D. Máxima (g/cm ³)	D. Promedio (g/cm ³)
Limolitas	2.21	2.55	2.38
Areniscas	2.49	2.65	2.58
Areniscas Arcillosas	2.39	2.58	2.47
MIN. /MÁX.	2.21	2.65	

Fuente: Laboratorio INGEOCYS PERÚ E.I.R.L.

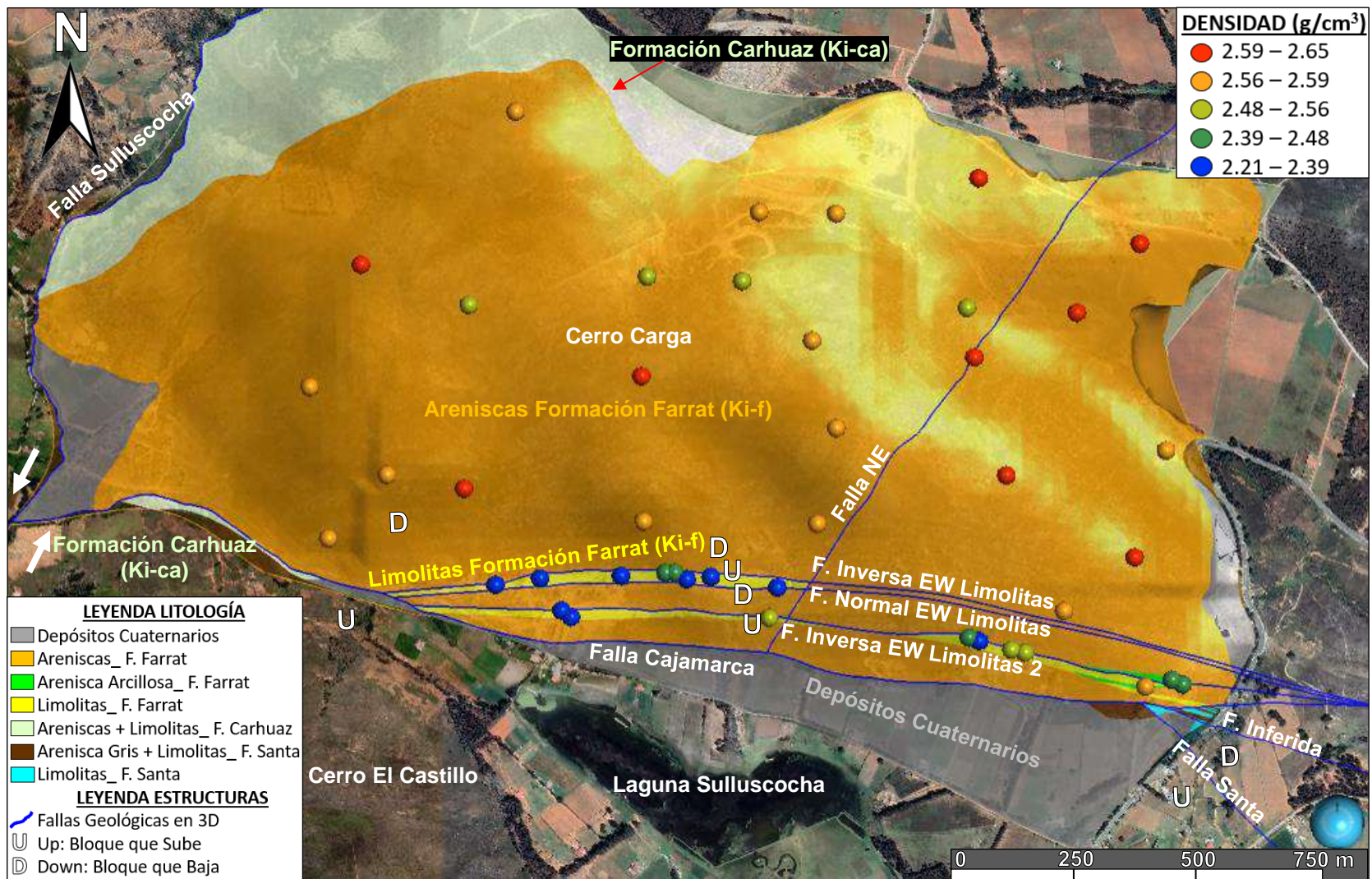


Figura 56. Distribución espacial de densidad reportada por el laboratorio INGEOCYS PERÚ E.I.R.L., nótese la sectorización de valores más altos de densidad en las areniscas de la Formación Farrat, seguido por valores intermedios en las areniscas arcillosas y los valores más bajos en las limolitas de la Formación Farrat

4.4.1.1. Validación de resultados de muestras de densidad

Se aplicó 2da y 3era desviaciones estándar debido a la poca cantidad de muestras, para determinar los valores atípicos de densidad:

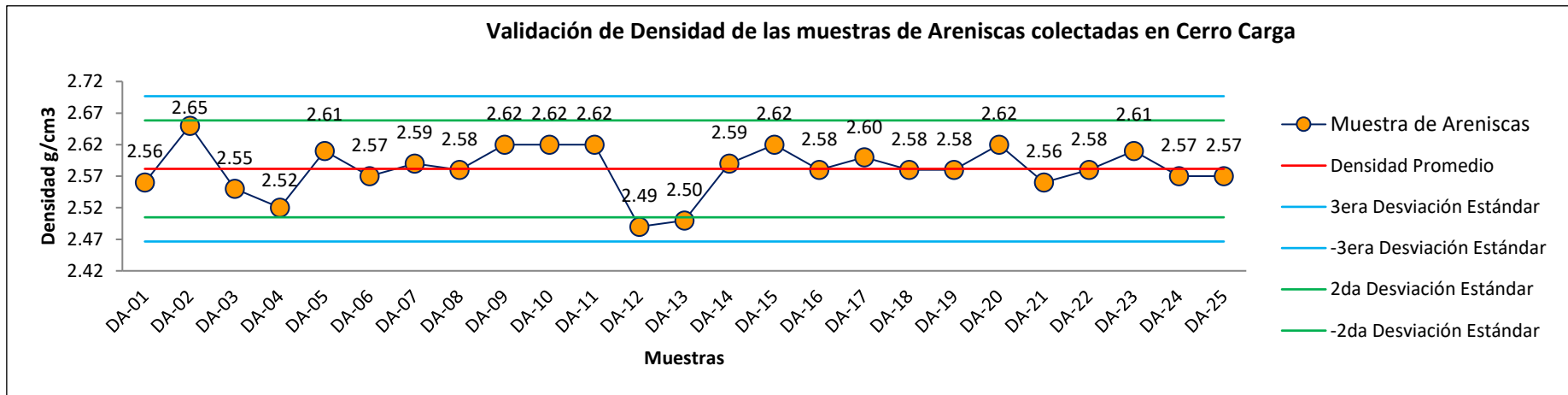


Figura 57. Validación de densidad usando desviación estándar a muestras de areniscas colectadas en el Cerro Carga.

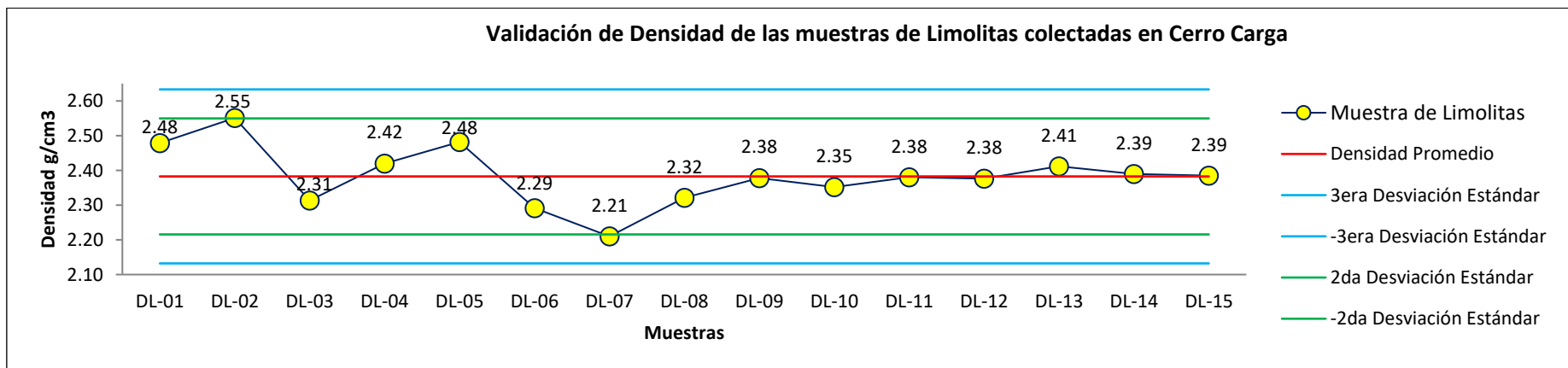


Figura 58. Validación de densidad usando desviación estándar a muestras de limolitas colectadas en el Cerro Carga.

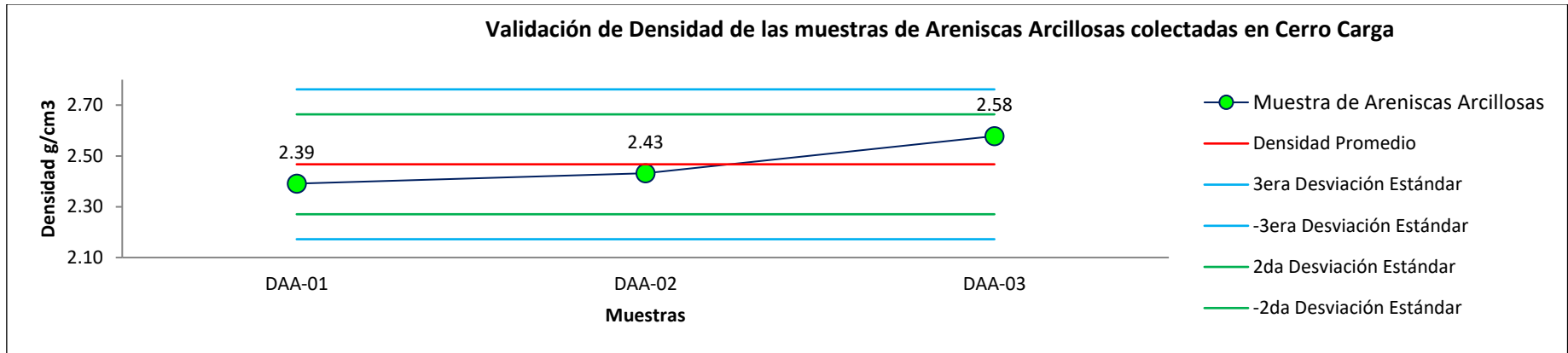


Figura 59. Variaciones de densidad y aplicación de desviación estándar a muestras de areniscas arcillosas colectadas en el Cerro Carga

Para las areniscas, se pudo apreciar que 2 muestras: La muestra DA-12 y DA-13, poseen valores en el límite de la 3era desviación estándar, podrían considerarse como valores atípicos (outliers) sin embargo, se revisó las fotografías de las muestras y podrían ser muestras con menor contenido de cuarzo, además su ubicación espacial 3D concluyendo que además son muestras que espacialmente se ubican en un solo sector por lo que se siguió considerando dichos valores en el promedio de densidad de las areniscas.

Para las limolitas, todos los valores se encuentran dentro de la 2da desviación estándar, pero de igual forma se revisó las fotografías de los valores altos que corresponden a muestras con contenido mayor de Illita, y la explicación sería que esta arcilla grisácea presenta mayor densidad (2.8 g/cm^3), y los valores más bajos de densidad corresponden a muestras con mayor contenido de arcillas blancas, como por ejemplo Caolín que presenta una menor densidad ($2.40 - 2.6 \text{ g/cm}^3$) además de tener menor contenido de cuarzo.

Para las areniscas arcillosas, solamente fueron 3 muestras debido a la poca distribución de este tipo de roca en el Cerro Carga, por ser poca cantidad de muestras la estadística no resulta muy representativa, sin embargo, los valores están dentro de los rangos establecidos

4.4.2. Muestras de Composición Química

Se enviaron las 10 muestras colectadas (4 areniscas, 5 limolitas y 1 areniscas arcillosa) para el cálculo de composición química en el laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L. ver Anexo I, con los siguientes resultados:

-Para las areniscas:

Tabla 11. Resultados de composición química de las muestras de arenisca colectadas en el Cerro Carga

N°	Muestra	Cuarzo (SiO ₂) %	Feldespatos (XAlSi ₃ O ₈) %	Óx. Fe%	Otros%
1	CA-01	92.4	1.23	4.8	1.57
2	CA-02	91.82	2.1	0.5	5.48
3	CA-03	92.18	3.81	0.8	3.21
4	CA-04	95.83	-	2	2.17
PROMEDIO		93.06	2.38	2.03	2.73

Fuente: Laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L

Usando el diagrama de Pettijohn a partir de la composición de minerales principales (cuarzo, feldespatos y líticos), las areniscas se clasificaron como Cuarzoarenitas, con un promedio de cuarzo de 93.06%.

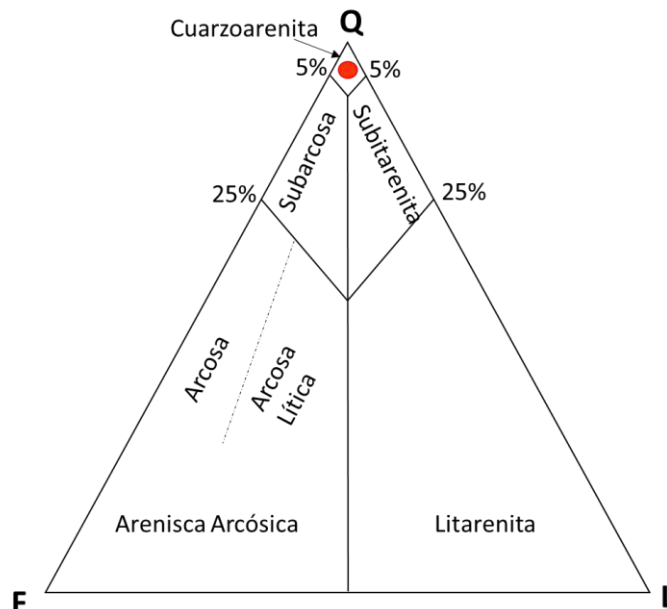


Figura 60. Clasificación de las areniscas de la Formación Farrat del Cerro Carga usando el diagrama de Pettijohn 1975.

-Para las limolitas, los resultados indicaron tener dominio de caolines con promedio de 33.56% de caolinita, cuyo detalle de resultados se muestran:

Tabla 12. Resultados de composición química, mostrando cuarzo, arcillas y % de óxidos de hierro de las muestras de limolitas colectadas en el Cerro Carga.

N°	Muestra	Cuarzo (SiO ₂) %	Caolinita%	Montmorillonita%	Illita%	Óx. Fe. %
1	CL-01	15.9	5.05	16.54	27.91	6.3
2	CL-02	11.1	10	17.76	17.3	12.2
3	CL-03	12.35	51.29	4.56	5.1	8.46
4	CL-04	12.05	47.24	4.29	20.1	6.2
5	CL-05	9.99	54.21	14.15	3.96	6.2
PROMEDIO		12.28	33.56	11.46	14.87	7.87

Fuente: Laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L

Al verificar espacialmente en Leapfrog Geo los % de Caolinita e Illita se visualizó que los valores son directamente proporcionales a las densidades reportadas por el laboratorio INGEOCYS PERÚ E.I.R.L., donde las muestras con mayores valores de densidad tienen mayor % de illita y menor % de caolín y las muestras con menor densidad tienen menor % de illita y mayor % de caolín, además los mayores valores de densidad con mayor % de illita y menor % de caolín se ubican en los cuerpos Limolitas 2 y 3, y los menores valores de densidad con menor % de illita y mayor % de caolín se ubican en cuerpo Limolitas 1, por lo que se podría calcular las reservas del cuerpo Limolitas 1 independientemente de los cuerpos de Limolitas 2 y 3, sin embargo debido a las pocas muestras que sustentan estos resultados, se considerará como 1 solo cuerpo de Limolitas de la Formación Farrat a estimar.

-Para la arenisca arcillosa:

Tabla 13. Resultados de composición química de la arenisca arcillosa colectada en el Cerro Carga.

N°	Muestra	Cuarzo%	Caolinita%	Montmo.%	Feldespatos%	Illita%	Óx. Fe. %
1	CAA-01	40.2	16.26	2.6	12.43	7.83	3.1

Fuente: Laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L

Es importante mencionar que la cantidad de muestras no es la adecuada para poder realizar estadísticas, por lo que se procedió a trabajar con todos los promedios por litologías, previa validación visual soportados de la ubicación espacial 3D en Leapfrog Geo.

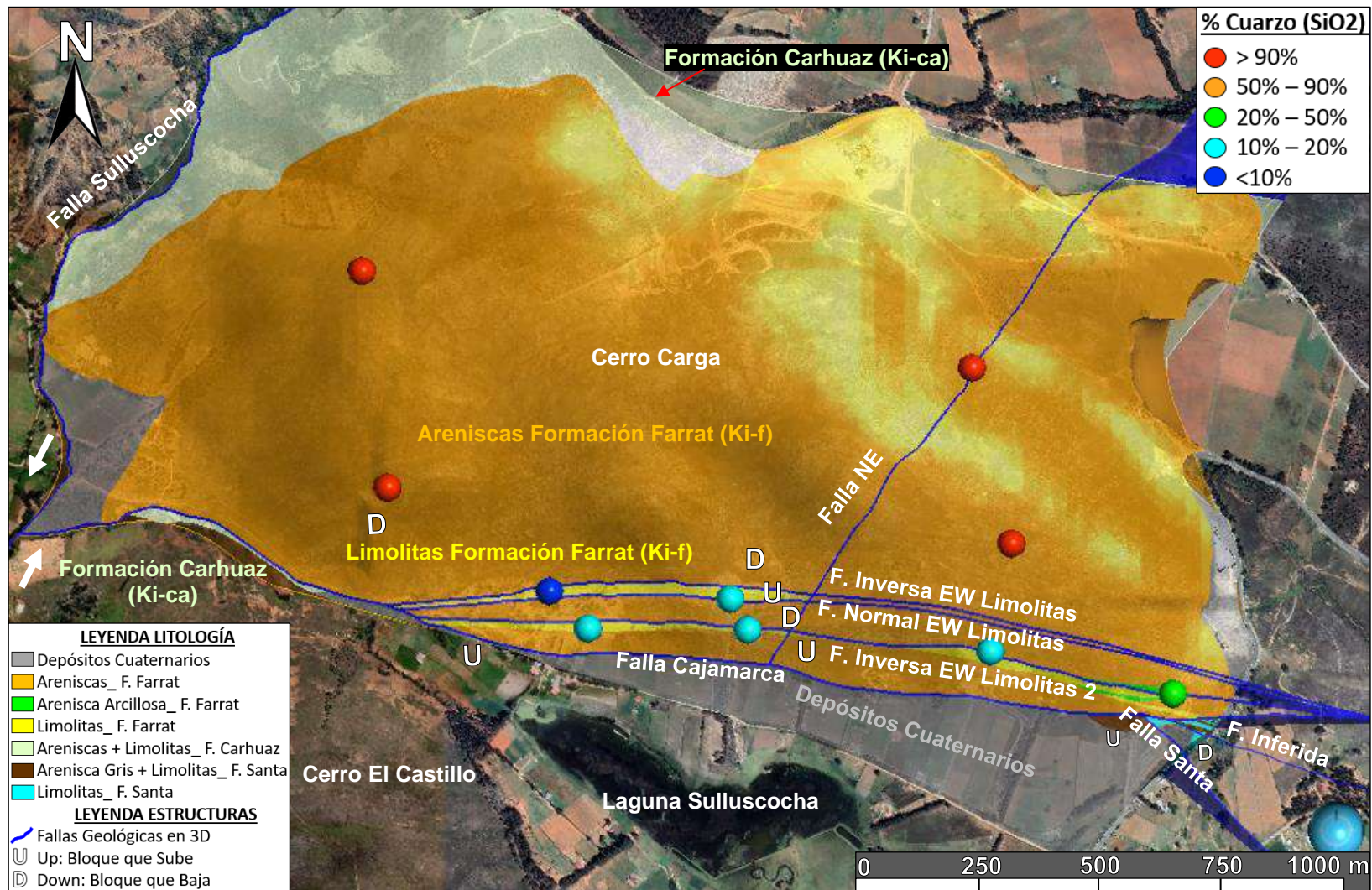


Figura 61. Distribución espacial del % de cuarzo de las muestras de areniscas, limolitas y arenisca arcillosa reportadas por el laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L.

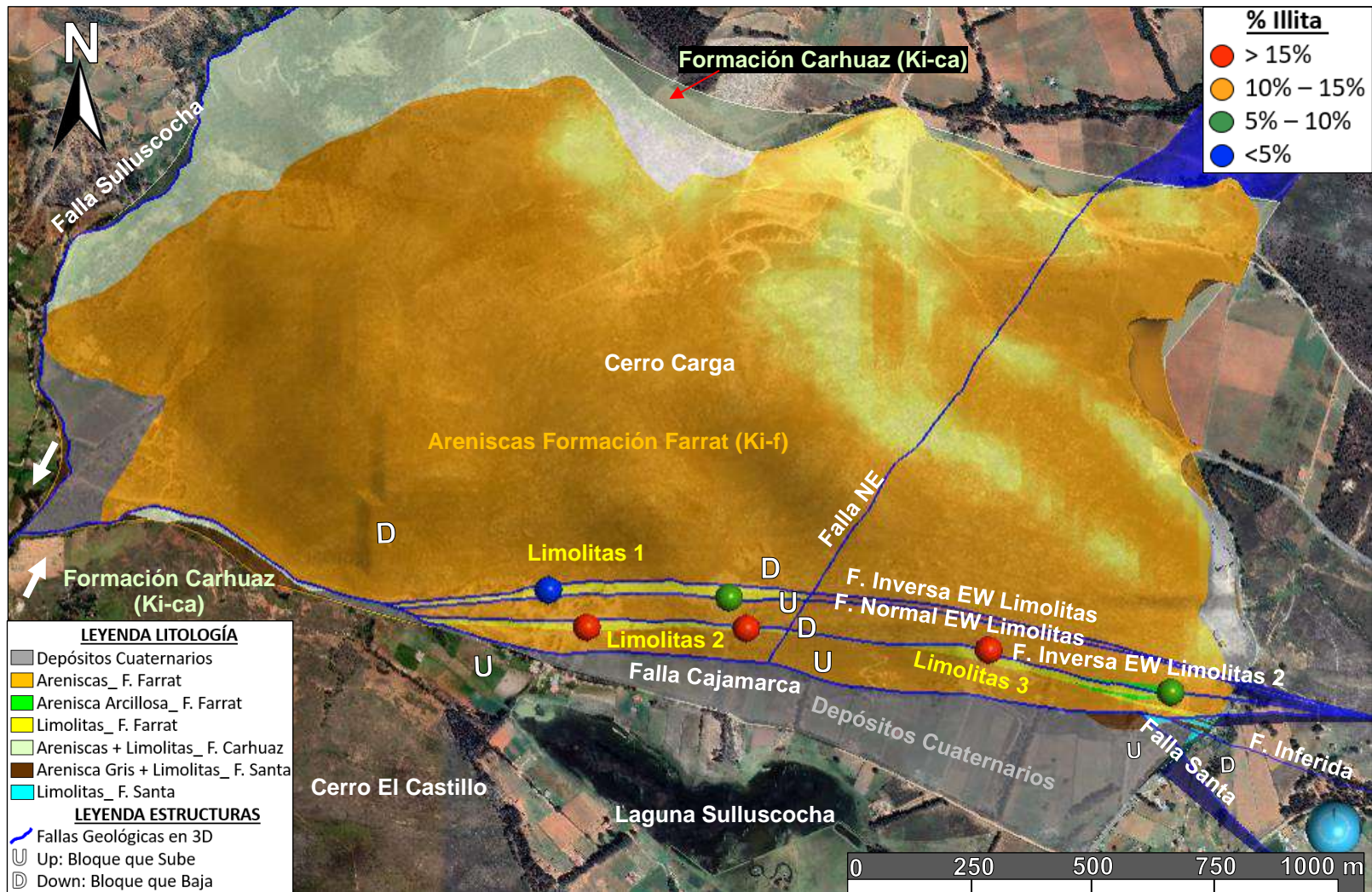


Figura 62. Distribución espacial del % de illita de las muestras de limolitas y arenisca arcillosa reportadas por el laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L, donde en el cuerpo Limolitas 1 se observa menor % de Illita y en los cuerpos Limolitas 2 y Limolitas 3 se observa mayor % de Illita.

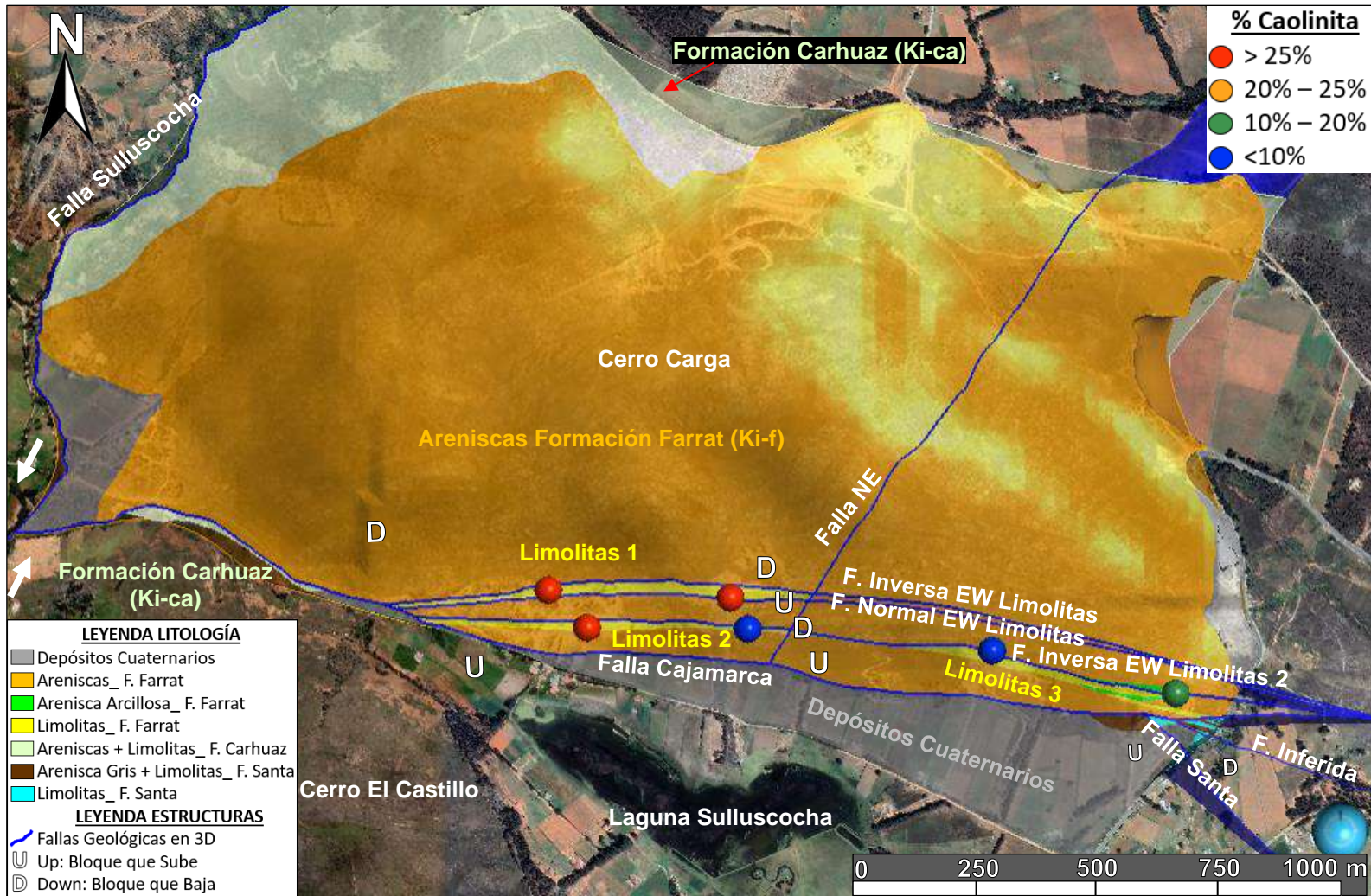


Figura 63. Distribución espacial del % de caolín de las muestras de limolitas y arenisca arcillosa reportadas por el laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L, donde en el cuerpo Limolitas 1 se observa mayor % de caolín y en los cuerpos Limolitas 2 y 3 se observa menor % de Illita.

4.4.3. Categorización de Reservas en el Cerro Carga

Para la estimación de reservas, primero se tuvo que categorizar las areniscas, limolitas y areniscas arcillosas modeladas en el Cerro Carga, para lo cual se siguió el código JORC (2012), donde indica que:

-Las 'Reservas Minerales' pueden ser reservas probadas y reserva probables, incluyendo dentro de las reservas probadas a los recursos medidos, y dentro de las reservas probables los recursos indicados y en ocasiones a los recursos medidos (JORC,2012).

-Un '**Recurso Medido**' es aquel donde la cantidad, ley (o calidad), densidades, forma y características físicas se estiman con la confianza suficiente para **respaldar la planificación detallada de la mina y la evaluación final de la viabilidad económica del yacimiento**. La evidencia geológica se deriva de la exploración, el muestreo y las pruebas detalladas y confiables recopiladas a través de técnicas apropiadas de ubicaciones tales como afloramientos, trincheras, pozos, labores y perforaciones, y es suficiente para confirmar la continuidad geológica y de grado (o calidad) (JORC,2012).

-En la presente tesis, debido a que los trabajos geológicos realizados fueron trabajos iniciales (cartografiado de superficie, muestreo), además de la falta de taladros exploratorios, falta de trincheras, falta de calicatas, los muestreos de densidad y composición química no se realizaron sistemáticamente, pero si se generó un modelo geológico pero solamente con datos de superficie que se proyectaron en profundidad, por lo que en la zona de estudio no contamos con recursos medidos ni con Reservas Probadas.

-Un '**Recurso Indicado**' es aquel donde la cantidad, ley (o calidad), densidades, forma y características físicas se estiman con suficiente confianza para **respaldar la planificación y evaluación de la mina, de la viabilidad económica del yacimiento**. La evidencia geológica se deriva de una exploración, muestreo y pruebas adecuadamente detallados y confiables recopilados a través de técnicas apropiadas de ubicaciones como afloramientos, trincheras, pozos, trabajos y perforaciones, y es suficiente para asumir la continuidad geológica y de grado (o calidad) (JORC,2012).

-Como ya se mencionó en la presente tesis todos los trabajos realizados fueron trabajos exploratorios iniciales, donde el producto final fue un modelo geológico interpretado en 3D hasta el nivel 2770, con soporte de 45 muestras de densidad y 10 muestras de composición química tomadas en afloramientos de superficie con resultados de 2 laboratorios diferentes,

por lo que académicamente podríamos considerar como Reservas Probables y Recursos Indicados desde el nivel más alto al nivel más bajo de cartografiado y muestreo del Cerro Carga que sería del Nivel 3155 al Nivel 2870, sin embargo, es importante mencionar que para mayor soporte en la categorización deberíamos tener trincheras, calicatas o sondajes diamantinos, pero por tratarse de recursos no metálicos como areniscas y limolitas, no tratarse de leyes de algún metal valioso donde la heterogeneidad en sus resultados es muy variable y a manera académica es que se categorizó de esta manera las areniscas, limolitas y areniscas arcillosas como recursos Indicados y por lo tanto dentro de Reservas Probables.

-Un '**Recurso Inferido**' es aquel donde **la cantidad y el grado (o calidad) se estiman sobre la base de muestras y pruebas geológicas limitadas**. La evidencia geológica es suficiente para implicar, pero no verificar la continuidad geológica y de grado (o calidad). Se basa en información de exploración, muestreo y prueba recopilada a través de técnicas adecuadas en lugares como afloramientos, trincheras, pozos, labores y perforaciones (JORC,2012).

-En la presente tesis a manera académica se consideraron como Recursos Inferidos todos los afloramientos proyectados por debajo del Nivel Inferior de cartografiado y muestreo del Cerro Carga: Nivel 2870 al Nivel Inferior del Modelo geológico 3D: Nivel 2770.

Tabla 14. Tabla resumen de categorización de Recursos y Reservas en el Cerro Carga

Categorización de Recursos y Reservas en el Cerro Carga	Reservas Probadas	Reservas Probables	Recursos Medidos	Recursos Indicados	Recursos Inferidos
EXISTEN	NO	SI	NO	SI	SI
COMENTARIO	No existen recursos medidos y falta mayor soporte a los indicados	Recursos Indicados: Nivel 3155 al Nivel 2870	No existen recursos medidos	Nivel más bajo (2870) a más alto Cerro Carga (3155)	Nivel 2870 a Nivel 2770

4.4.4. Generación de Sólidos para los Recursos Indicados y Recursos Inferidos

-Se procedió a cortar los sólidos del modelo geológico 3D para obtener las Reservas Probables conformadas por los Recursos Indicados del Nivel 3155 al Nivel 2870 y los sólidos de los Recursos Inferidos del Nivel 2870 al Nivel 2770 del Cerro Carga.

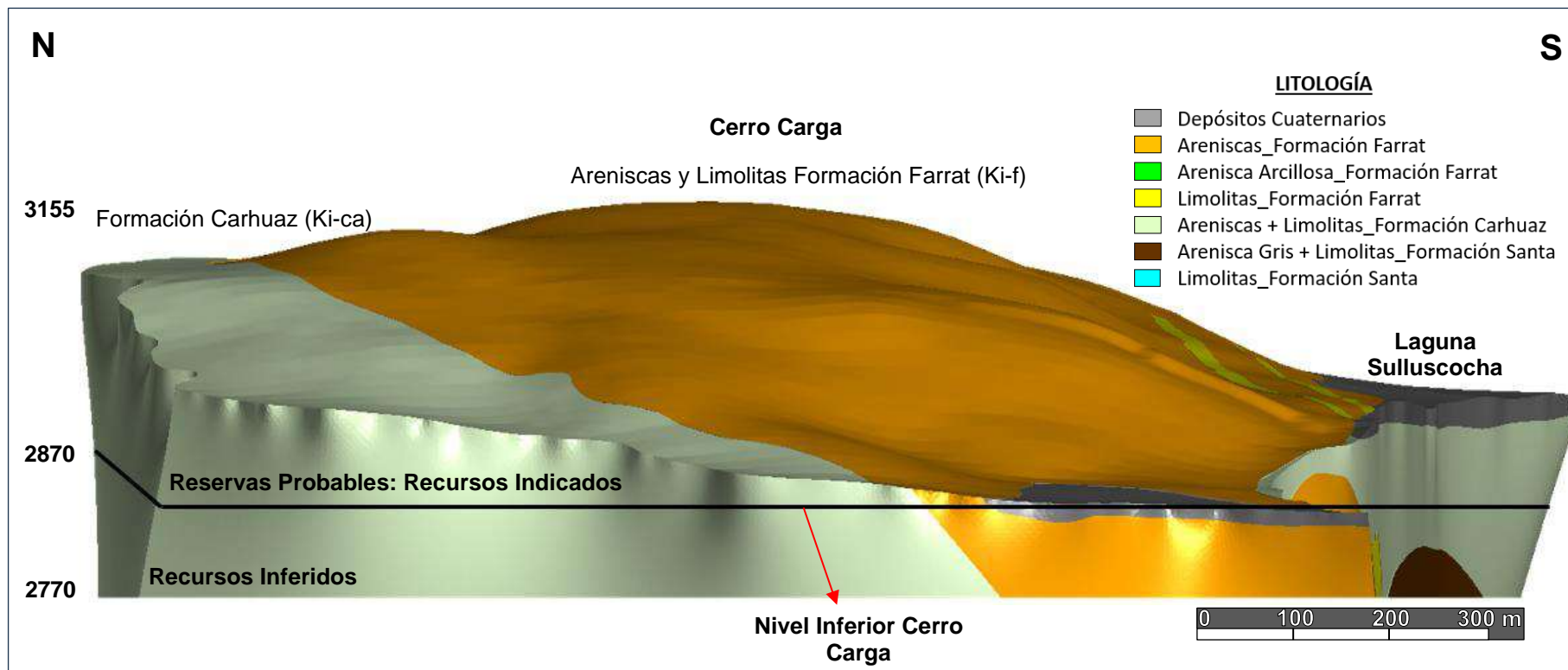


Figura 64. Vista N-S de los sólidos cortados en Leapfrog Geo 2023.2.3 del Cerro Carga mostrando los sólidos de las Reservas Probables: Recursos Indicados del Nivel 3155 al 2870 y los sólidos de los Recursos Inferidos del Nivel 2870 al 2770.

4.4.5. Generación de Modelo de Bloques y Cálculo de Tonelajes para los Recursos Indicados y Recursos Inferidos

-Con las envolventes cortadas, se procedió a generar en Leapfrog Geo 2023.2.3 el modelo de bloques de 10x10x10 m, obteniendo los bloques de las Reservas Probables (Recursos Indicados) del Nivel 3155 al Nivel 2870 y los bloques de los Recursos Inferidos del Nivel 2870 al Nivel 2770 del Cerro Carga.

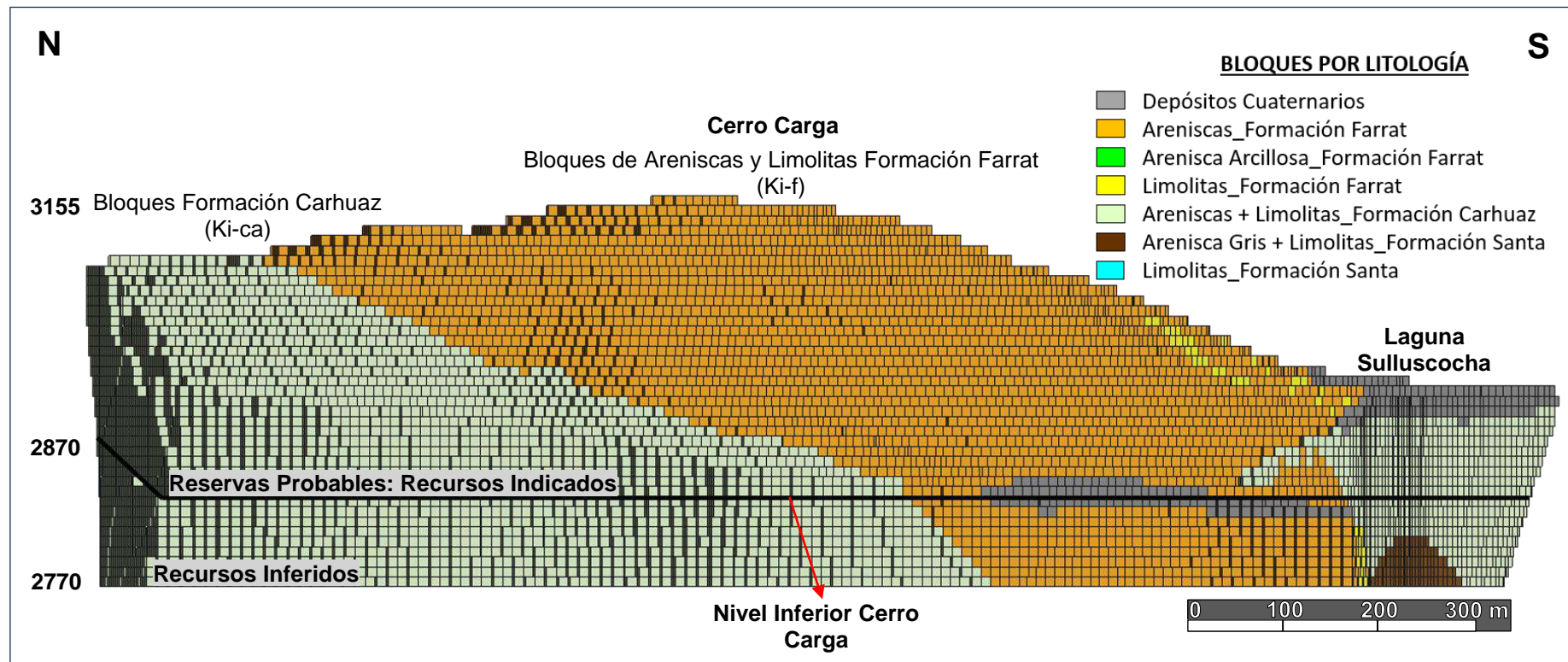


Figura 65. Vista N-S del Modelo de Bloques en 3D generado en Leapfrog Geo 2023.2.3 del Cerro Carga mostrando las Reservas Probables: Recursos Indicados del Nivel 3155 al 2870 y los Recursos Inferidos del Nivel 2870 al 2770.

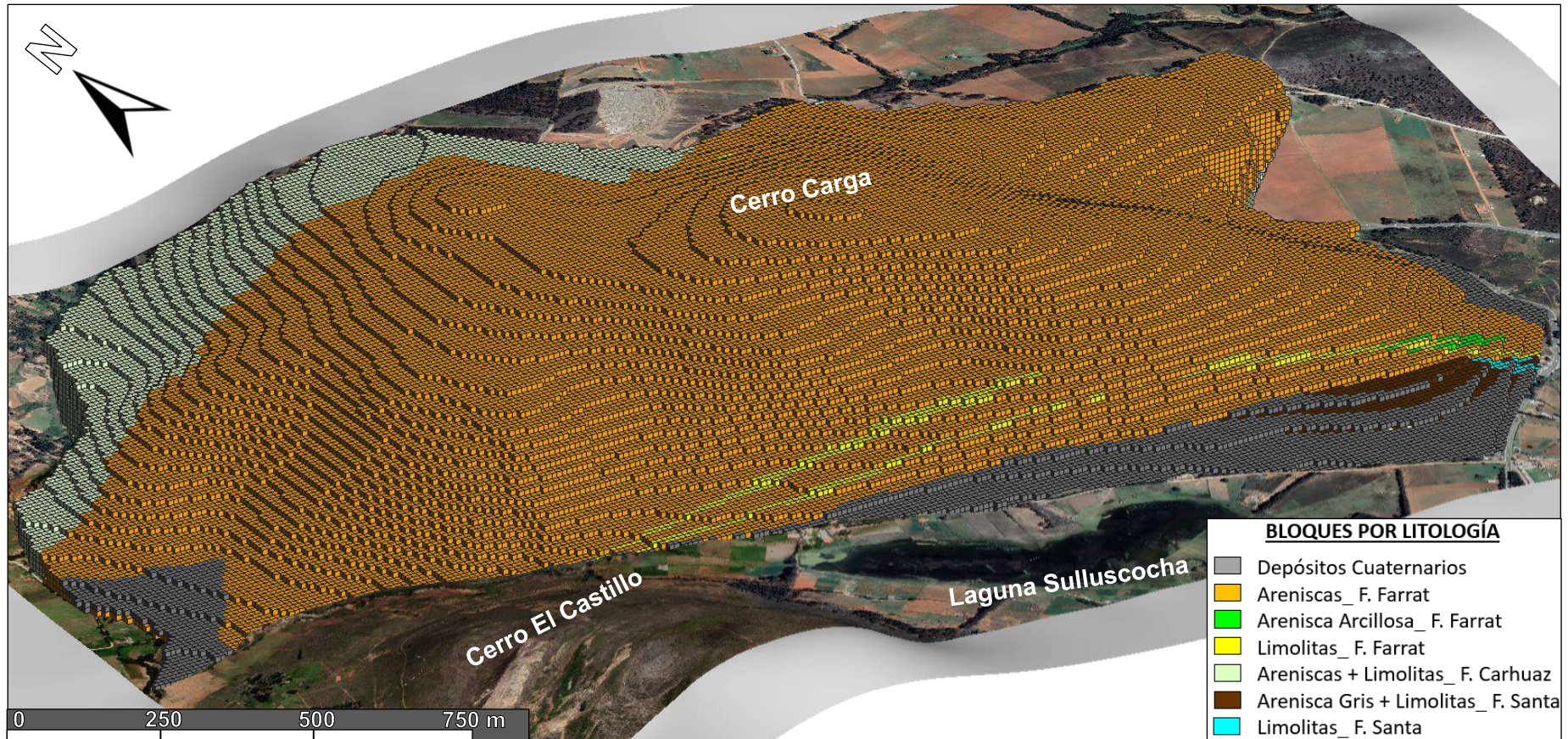


Figura 66. Vista en 3D del Modelo de bloques de dimensiones 10x10x10 m. generado con Leapfrog Geo 2023.2.3, mostrando las litologías aflorantes en el Cerro Carga.

4.4.5.1. Tonelaje de Recursos Indicados de Areniscas de la Formación Farrat

-El modelo de bloques reportó 886,660,860 Tn de Recursos Indicados de los bloques de areniscas de la Formación Farrat, tal como se aprecia:

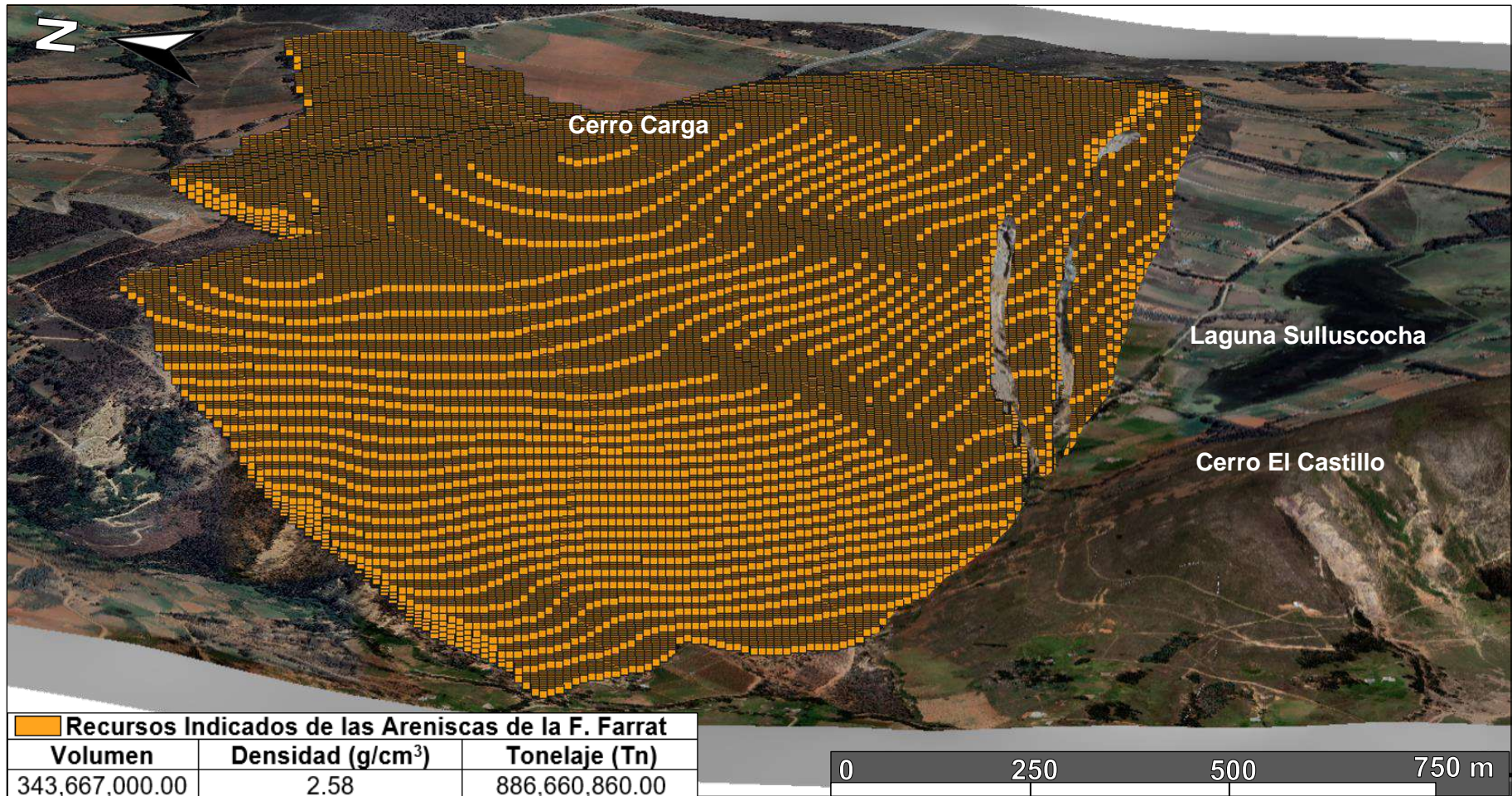


Figura 67. Vista en 3D de los Recursos Indicados y tonelaje de los bloques de las Areniscas de la F. Farrat en el Cerro Carga generados con Leapfrog Geo 2023.2.3.

4.4.5.2. Tonelaje de Recursos Indicados de Limolitas de la Formación Farrat

-Debido a que las empresas locales minaron el cuerpo Limolitas 1, se calculó este volumen de minado siendo $99,589 \text{ m}^3$, para luego generar el modelo de bloques de limolitas sin este volumen:



Figura 68. Vista de las limolitas minadas artesanalmente de Formación Farrat en el Cerro Carga.

-El modelo de bloques reportó 16,441,040 Tn de Recursos Indicados de bloques de limolitas de la Formación Farrat, tal como se aprecia:

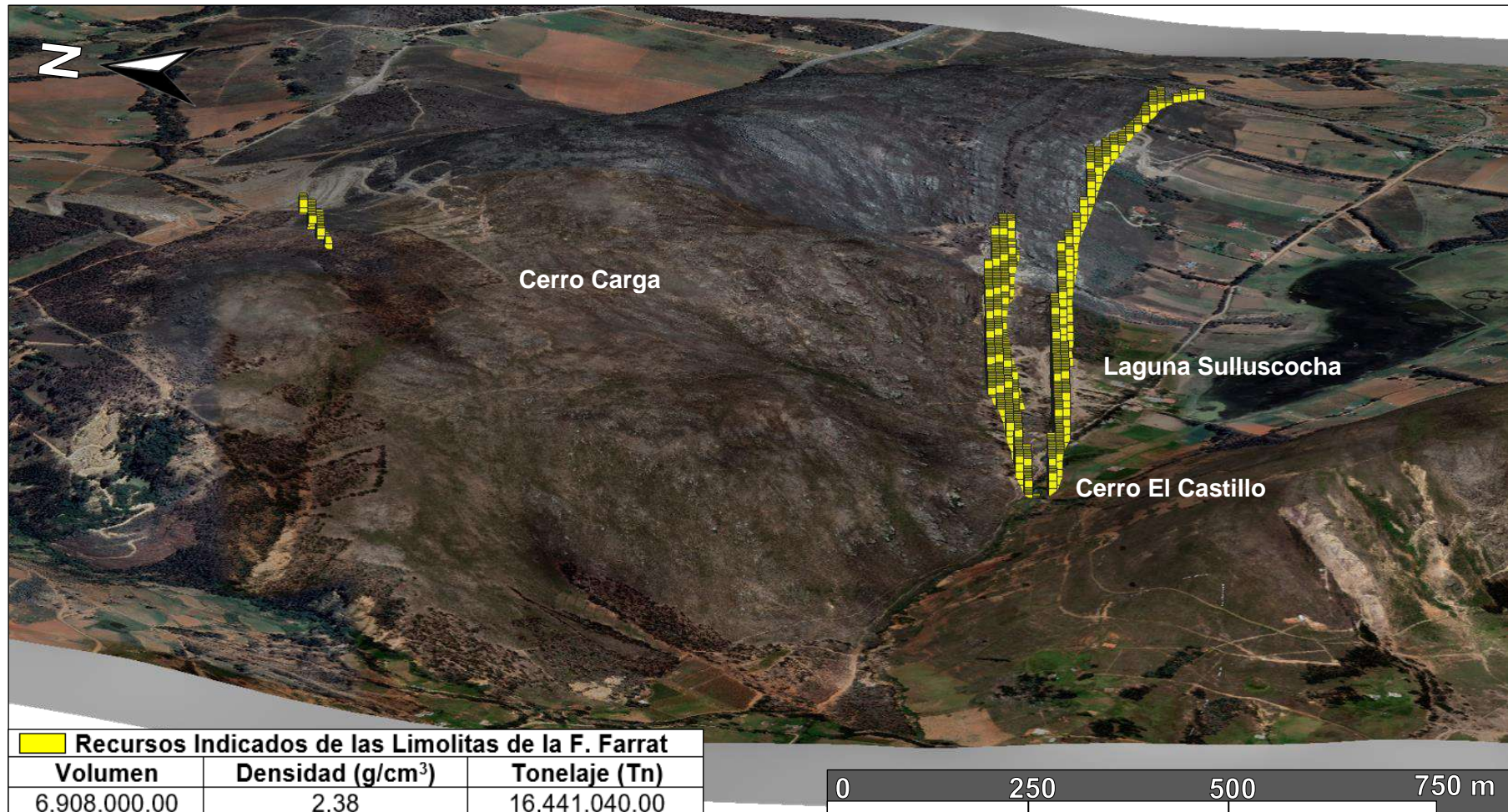


Figura 69. Vista en 3D de los Recursos Indicados y tonelaje de los bloques de las Limolitas de la Formación Farrat en el Cerro Carga, generados con software Leapfrog Geo 2023.2.3.

4.4.5.3. Tonelaje de Recursos Indicados de Areniscas Arcillosas de la Formación Farrat

-El modelo de bloques reportó 886,660,860 Tn de Recursos Indicados de los bloques de areniscas arcillosas de la F. Farrat, tal como se aprecia:

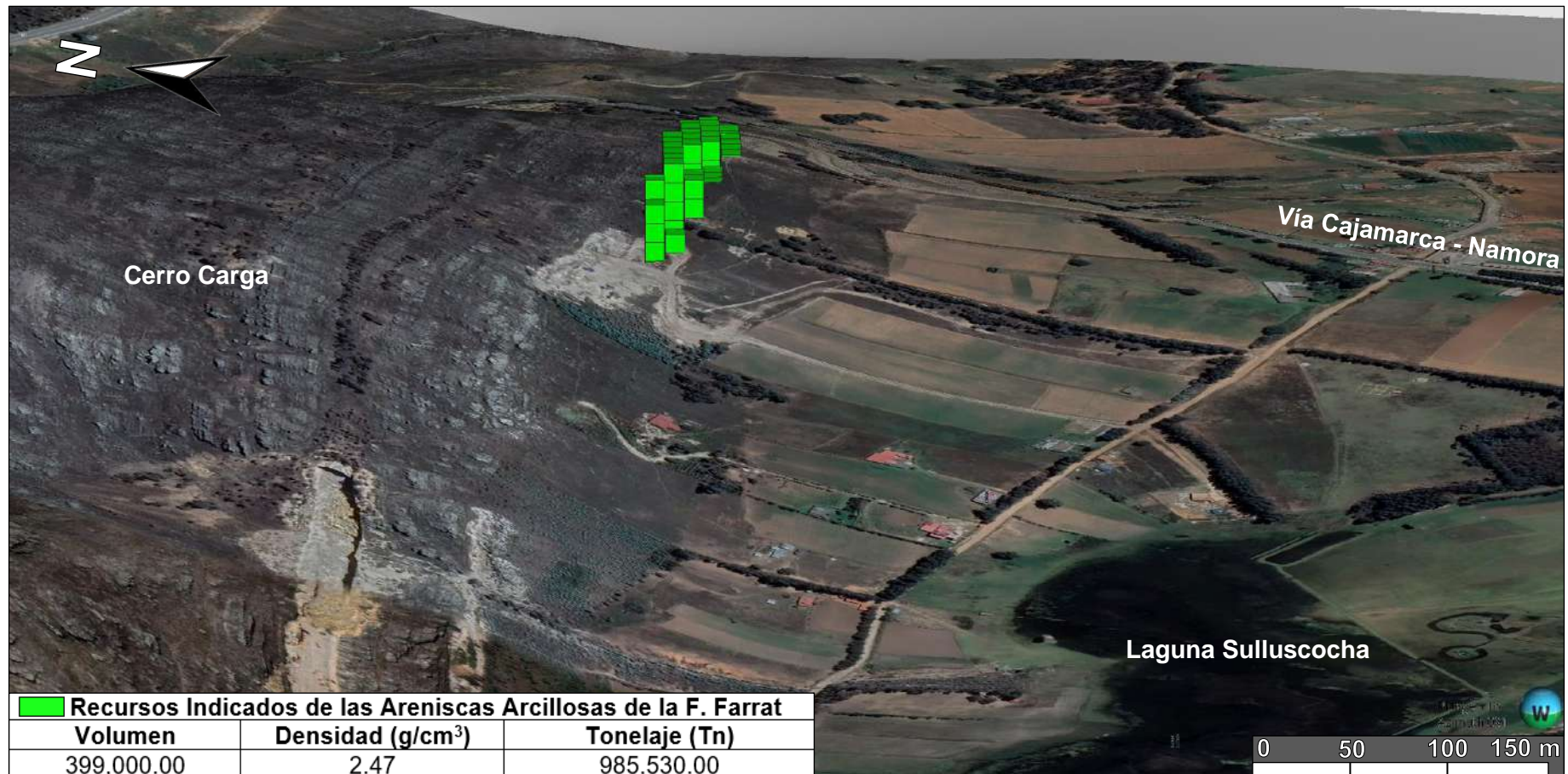


Figura 70. Vista en 3D de los Recursos Indicados y tonelaje de los bloques de las Areniscas Arcillosas de la Formación Farrat en el Cerro Carga, generados con software Leapfrog Geo 2023.2.3

4.4.5.4. Tonelaje de Recursos Inferidos de Areniscas de la Formación Farrat

El modelo de bloques reportó 422,459,520 Tn de Recursos Inferidos de los bloques de areniscas de la Formación Farrat por debajo de la superficie en las proyecciones del nivel 2870 al 2770, tal como se aprecia:

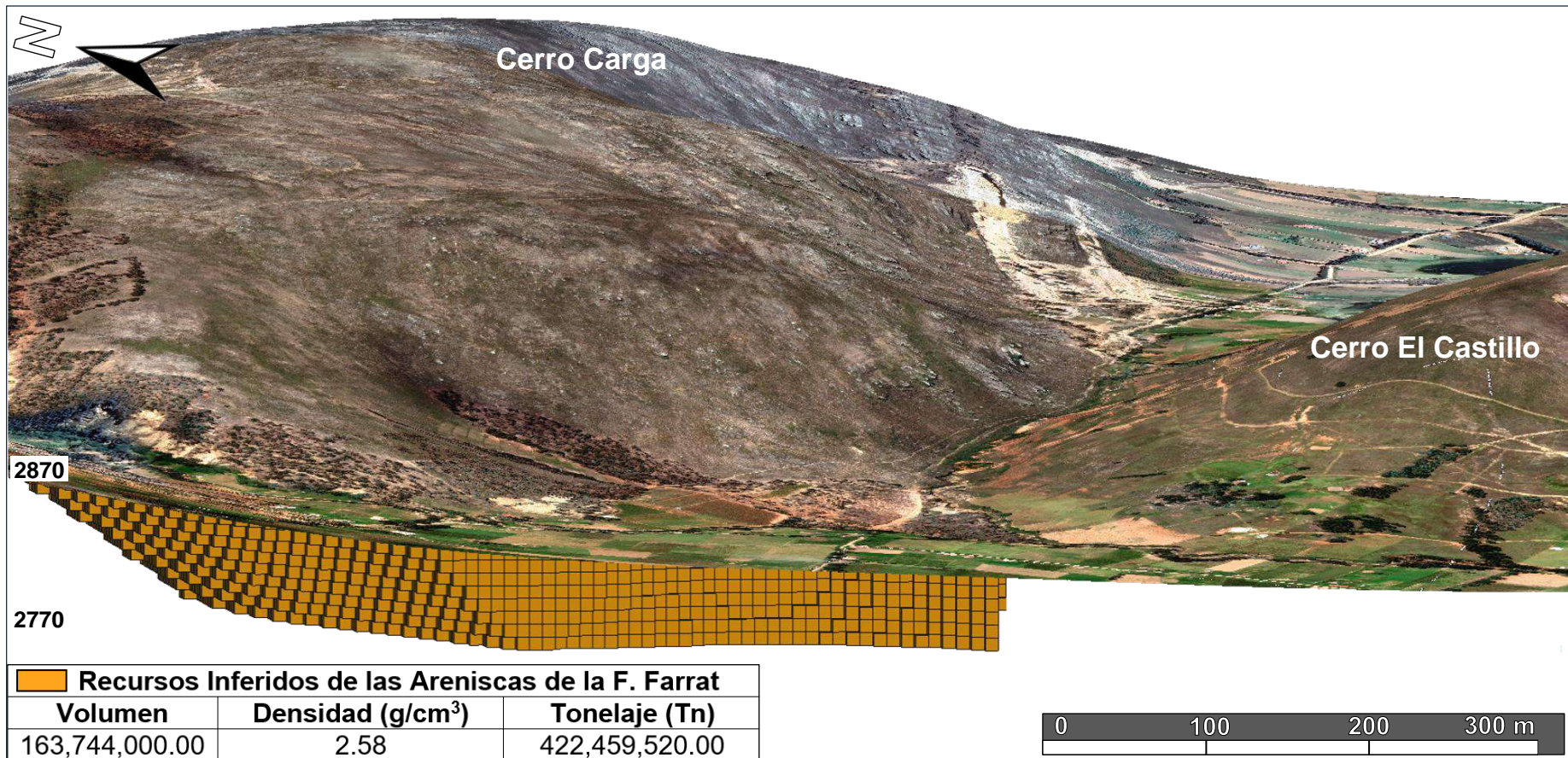


Figura 71. Vista en 3D de los Recursos Inferidos y tonelaje de los bloques de las Areniscas de la F. Farrat en el Cerro Carga generados con Leapfrog Geo 2023.2.3.

4.4.6.2. Tonelaje de Recursos Inferidos de Limolitas de la Formación Farrat

-El modelo de bloques reportó 18,380,740 Tn de Recursos Inferidos de los bloques de limolitas de la Formación Farrat por debajo de la superficie en las proyecciones del nivel 2870 al 2770, tal como se aprecia:

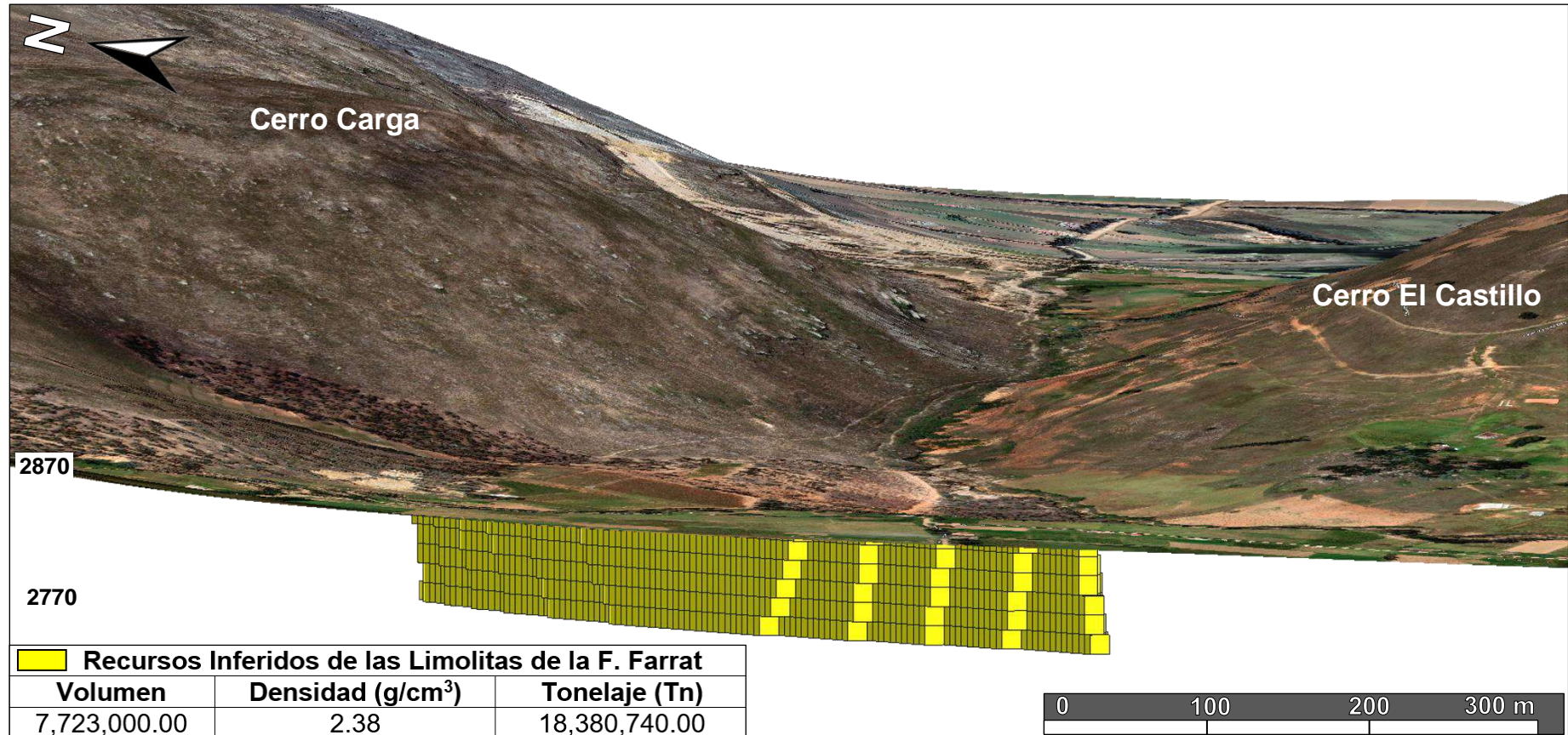


Figura 72. Vista en 3D de los Recursos Inferidos y tonelaje de los bloques de las Limolitas de la F. Farrat en las proyecciones por debajo del Cerro Carga en los niveles 2870 al 2770 generados con Leapfrog Geo 2023.2.3.

4.4.6.3. Tonelaje de Recursos Inferidos de Areniscas Arcillosas de la Formación Farrat

-El modelo de bloques reportó 192,660 Tn de Recursos Inferidos de los bloques de areniscas arcillosas de la Formación Farrat por debajo de la superficie en las proyecciones del nivel 2870 al 2770, tal como se aprecia:

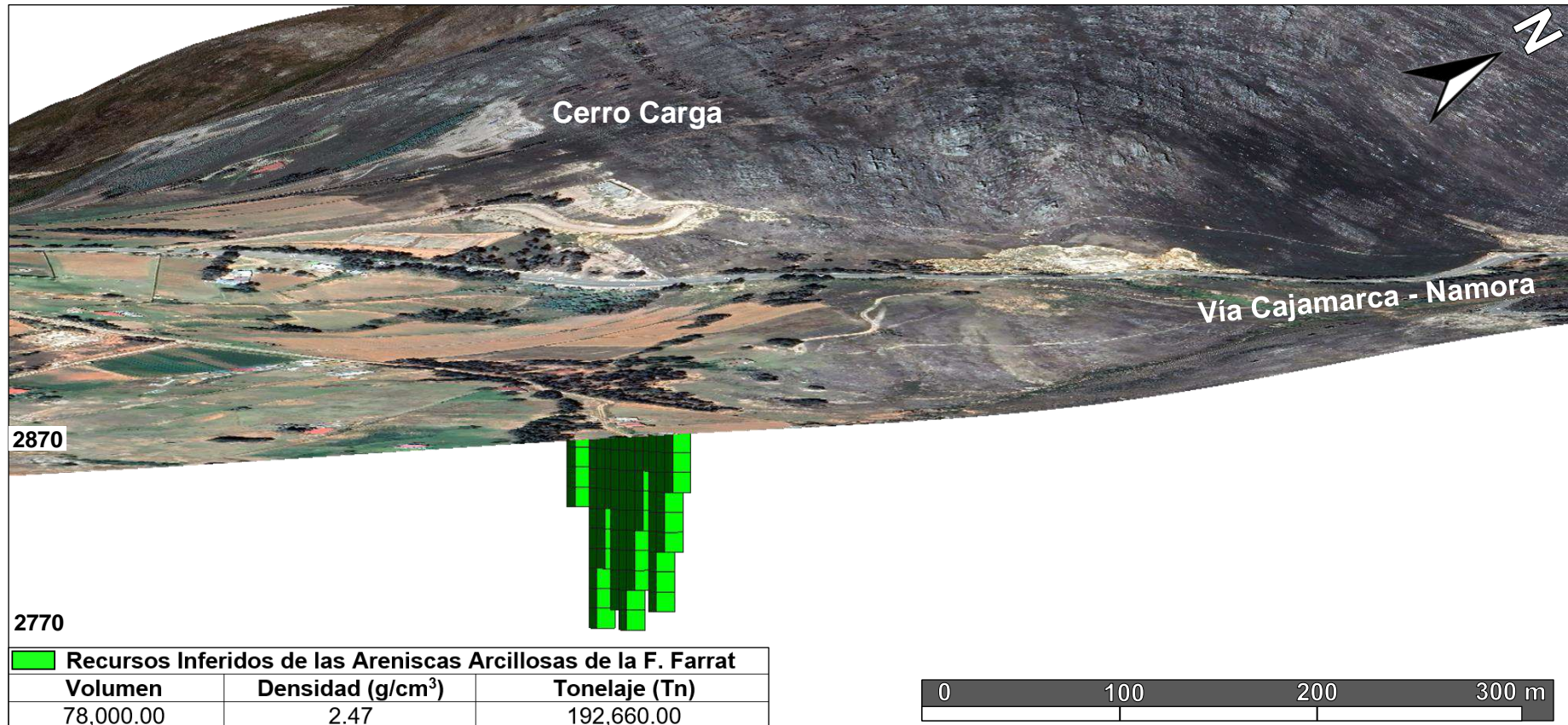


Figura 73. Vista en 3D de los Recursos Inferidos y tonelaje de los bloques de las Areniscas Arcillosas de la F. Farrat en las proyecciones por debajo del Cerro Carga en los niveles 2870 al 2770 generados con Leapfrog Geo 2023.2.3.

Tabla 15. Resumen de la estimación de Reservas de las areniscas, limolitas y areniscas arcillosas de la Formación Farrat en el Cerro Carga.

Tipo de Roca	Densidad Promedio (Tn/m ³)	VOLUMEN (m ³)		TONELAJE (Tn)	
		Reservas Probables: Recursos Indicados	Recursos Inferidos	Reservas Probables: Recursos Indicados	Recursos Inferidos
Areniscas	2.58	343,667,000	163,744,000	886,660,860	422,459,520
Limolitas	2.38	6,908,000	7,723,000	16,441,040	18,380,740
Areniscas arcillosas	2.47	399,000	78,000	985,530	192,660
TOTAL		350,974,000	171,545,000	904,087,430	441,032,920

Tabla 16. Promedio de la composición principal de minerales de las areniscas, limolitas y areniscas arcillosas de la Formación Farrat en el Cerro Carga.

Tipo de Roca	Cuarzo (SiO ₂) %	Caolinita%	Montmorillonita %	Illita%
Areniscas	93.06	-	-	-
Limolitas	12.28	33.56	11.46	14.87
Areniscas arcillosas	40.2	16.26	2.6	7.83

Fuente: Laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L

Finalmente, las areniscas de la Formación Farrat se clasificaron como cuarzoarenitas con un promedio de 93.06 % de cuarzo, obteniendo como reservas probables (recursos indicados) 886,660,860 Tn y 422,459,520 Tn como recursos inferidos. Las limolitas de la Formación Farrat se reportaron con dominio de 33.56 % de caolinita en promedio, obteniendo como reservas probables (recursos indicados) 16,441,040 Tn y 18,380,740 Tn como recursos inferidos, y las areniscas arcillosas de la Formación Farrat tuvieron en promedio 40.2 % de cuarzo con dominio de 16.26 % de caolinita, se obtuvo como reservas probables (recursos indicados) 985,530 Tn y 192,660 Tn como recursos inferidos.

Es importante recalcar que los cálculos de los tonelajes realizados en la presente tesis son de carácter académico e ilustrativo a partir de los volúmenes y tonelajes reportados por el modelo de bloques generado en Leapfrog Geo 2023.2.3 con datos de cartografiado geológico y muestreo de superficie, y que para una explotación de minas de estas reservas probables se tendría que primeramente aumentar la confiabilidad de estas reservas probables (recursos indicados) a reservas probadas (recursos medidos) a partir de mayores trabajos de muestreo (perforaciones diamantinas, calicatas, trincheras), cartografiado, actualización de modelo de bloques, trabajos de planeamiento de minas (diseño de método de explotación, costos operativos, etc.) que aumentarán la confiabilidad y sincerarán los cálculos obtenidos.

4.5. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

4.5.1. General

A partir de los resultados mostrados en la presente investigación se demostró que el modelamiento geológico usando software Leapfrog Geo, permitió la estimación de reservas de las areniscas y arcillas de la Formación Farrat, donde las areniscas de la Formación Farrat se clasificaron como cuarzoarenitas con un promedio de 93.06 % de cuarzo, obteniendo como reservas probables (recursos indicados) un total de 886,660,860 Tn además de 422,459,520 Tn como recursos inferidos. Las arcillas se encontraron estratificadas y consolidadas como limolitas con un promedio de 12.28 % de cuarzo, y dominio de 33.56 % de caolinita, obteniendo como reservas probables (recursos indicados) un total de 16,441,040 Tn además de 18,380,740 Tn como recursos inferidos y para las areniscas arcillosas se reportó un promedio de 40.2 % de cuarzo con dominio de 16.26 % de caolinita, obteniendo como reservas probables (recursos indicados) un total de 985,530 Tn además de 192,660 Tn como recursos inferidos, teniendo así un gran potencial de reservas probables (recursos indicados) y de recursos inferidos en profundidad.

Además, con estos modelos geológico y de bloques en 3D las empresas ahora podrán realizar una mejor evaluación económica, diseño óptimo y planeamiento de minas siguiendo protocolos de seguridad, ya que se cuenta con la distribución espacial y bloques en 3D de las areniscas y limolitas. Así mismo, con el modelo geológico 3D generado, al conocer la distribución espacial 3D de las areniscas y limolitas, las empresas locales pueden dar continuidad exploratoria y obtener mayores reservas con una mejor categorización, y como aporte de la presente investigación al modelar los estratos de limolita, se identificaron 2 zonas interesantes: La zona 1 al Norte siguiendo la continuidad al Oeste del Cuerpo Limolitas 4, y la zona 2 a lo largo de la interpolación de los cuerpos Limolitas 2 y 3.

4.5.2. Específica

La interpretación geológica a partir del cartografiado geológico y posterior modelamiento geológico y de bloques usando software Leapfrog Geo, uso de densidad y composición química nos indican que existe mayor tonelaje de las areniscas que el de las limolitas, siendo para las areniscas 886,660,860 Tn de reservas probables (recursos indicados) y 422,459,520 Tn de recursos inferidos con 93.06 % de cuarzo Vs. los 16,441,040 Tn de reservas probables

(recursos indicados) y 18,380,740 Tn de recursos inferidos con 12.28 % de cuarzo y dominio de 33.56 % de caolinita para las limolitas de la Formación Farrat del Cerro Carga.

Los estratos de limolitas en el cerro Carga no serían producto de la meteorización de las areniscas ya que, a partir del cartografiado superficial e interpretación geológica con el modelo 3D generado se concluyó que nos encontramos a 6 km al Este en la continuación del flanco derecho del anticlinal de los Baños del Inca formado por areniscas y limolitas de la Formación Farrat en una estructura de flor positiva generada por la falla inversa regional Cajamarca en contacto con la Formación Santa y Carhuaz, y que además la sedimentación de estas rocas guardarían relación con el estudio realizado en Llacanora por Bazán y Caja (2016) en su artículo: “Análisis de Litofacies Silíceo-Clásticas de la Formación Farrat en el Distrito de Llacanora – Cajamarca”, donde indican que las areniscas y limolitas de la Formación Farrat sedimentaron en un ambiente litoral – deltaico, con 3 asociaciones de litofacies secuenciales: Litofacies de llanura deltaica inferior a nivel de foreshore: Donde se depositaron las areniscas, luego sedimentación en el frente deltaico dentro del shoreface: Donde la cuenca sufrió una subsidencia a nivel de lagoon epicontinental, sedimentando areniscas con intercalaciones de lutitas y arcillas, ya que el ambiente fue rico en flora con carácter pantanoso, y seguido por un levantamiento brusco del continente depositando areniscas de la Litofacies de llanura deltaica superior a nivel del backshore.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se cartografió a escala 1: 5,000 la distribución geológica de las areniscas y rocas arcillosas estratificadas como limolitas de la Formación Farrat en el Cerro Carga, con un total de 43 estaciones, colectando 43 muestras para densidad (25 areniscas, 15 limolitas y 3 areniscas arcillosas) y 10 muestras para pruebas de composición química (4 areniscas, 5 limolitas y 1 arenisca arcillosa).

El modelamiento geológico 3D usando Leapfrog Geo en el Cerro Carga, mostró la distribución espacial 3D de las areniscas, limolitas y areniscas arcillosas de la Formación Farrat en una estructura de flor positiva generada por la falla inversa regional Cajamarca, en contacto con la Formación Santa y Carhuaz en la continuación a 6 km al Este del flanco derecho del anticlinal de los Baños del Inca, que sedimentaron en ambiente litoral-deltaico.

Con el modelamiento geológico y de bloques 3D generados con Leapfrog Geo, se calculó para las areniscas, limolitas y areniscas arcillosas como tonelajes de reservas probables (recursos indicados): 886,660,860 Tn, 16,441,040 Tn y 985,530 Tn y como tonelajes de recursos inferidos: 422,459,520 Tn, 18,380,740 Tn y 192,660 Tn respectivamente.

A partir de los resultados de composición química del laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L se determinó que las areniscas son cuarzoarenitas con 93.06 % de cuarzo, las limolitas poseen un dominio de 33.56 % de caolinita y las areniscas arcillosas poseen 40.2 % de cuarzo y 16.26 % de caolinita en promedio.

A partir de los resultados de densidad del laboratorio INGEOCYS PERÚ E.I.R.L. se determinó como densidad promedio 2.58 g/cm³ para las areniscas, 2.38 g/cm³ para las limolitas y 2.47 g/cm³ para las areniscas arcillosas.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda a instituciones como el INGEMMET, investigadores, empresas locales e interesados realizar estudios petromineralógicos, granulométricos y muestreos sistemáticos para sincerar la caracterización y composición de las areniscas y limolitas de la Formación Farrat en el Cerro Carga.

Se recomienda a investigadores de la línea de geología estructural puedan complementar con estudios a detalle de la influencia de la falla inversa Cajamarca en el Cerro Carga.

A la empresa local las Camelias S.A. se recomienda continuar con trabajos exploratorios en las 2 zonas identificadas para dar continuidad a las limolitas e incrementar las reservas en el Cerro Carga, además de realizar la evaluación económica, diseño y mejorar su plan de minado tomando como referencia el modelo geológico y de bloques 3D generado con Leapfrog Geo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, R., & Díaz, C. (2020). Estimación de Reserva de Arcilla Tipo Caolinita Para La Vida Útil de la Concesión Minera Fernández, Tres Tomas – Ferreñafe. Chiclayo-Perú.
- Aguirre, K. (2021). Densidad aparente y porosidad mediante el método de inmersión en parafina. Guayaquil-Ecuador.
- Ayala, L. (2023). Metodología de trabajo para un mapeo geológico adecuado. Obtenido de Explorock Soluciones Geológicas: <https://www.explorock.com/metodologia-de-trabajo-mapeo-geologico/>
- Ayay, D. (2024). Evaluación económica para la explotación de manganeso en la concesión San Jorge de Chuchun, Namora-Cajamarca. Cajamarca-Perú.
- Bazán, O., & Caja, C. (2016). Análisis de Litofacies Silíceo-Clásticas de la Formación Farrat en el Distrito de Llacanora - Cajamarca. Sociedad Geológica del Perú, 3.
- Bazán, O., & Cerdán, J. (2012). Caracterización Morfoestructural del Anticlinal "Baños del Inca" - Cajamarca. Cajamarca.
- Blas, C., & Damián, Z. (2021). Evaluación geológica para el cálculo de reservas y estimación de recursos minerales del prospecto minero Calmar. Huancayo-Perú.
- Calua, A. (2024). Evaluación de reservas de las calizas del cretácico superior para la obtención de óxido de calcio (CaO) Pampa de la Culebra - La Encañada. Cajamarca-Perú.
- Carrión, D. (2022). Caracterización Estratigráfica de Secuencias de la Formación Santa en los Distritos de Llacanora y Namora. Cajamarca.
- Cueva, E. (2023). Modelamiento geológico y cálculo de reservas minerales de la veta Lucerito – mina Nueva Esperanza Nivel 2 – Algamarca – Cajabamba. Cajamarca-Perú.
- CWC A&C. (18 de Marzo de 2023). Métodos de estimación de reservas de mineral: tutorial. Obtenido de <https://mineria.space/metodos-de-estimacion-de-reservas-de-mineral-tutorial/>
- Dávila, J. (2011). Diccionario Geológico. Lima-Perú: Arth Grouting S.A.C.
- Del Ramo, A., & Guillén, F. (2021). Regmurcia Integra digital. Obtenido de Las Rocas: Arenisca: https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,108&r=ReP-8165-detalle_reportajesabuelo
- Díaz, L., & Torrecillas, R. (2002). Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. Oviedo-España: Instituto Nacional del Carbón (CSIC).

- Echeveste, H. (2013). Métodos De Mapeo Geológico. La Plata-Buenos Aires-Argentina.
- Equipos y Laboratorio de Colombia S.A.S. (2022). Artículos de análisis gravimétrico. Obtenido de Artículos de análisis gravimétrico: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/analisis-gravimetrico>
- Geologiaestructural. (2020). Análisis estructural- Fracturas: fallas. Obtenido de <https://www.geologiaestructural.com/fallas/>
- Geosolutions Consulting. (2022). Modelos de Elevación Digital. Obtenido de <https://www.geosolutionsconsulting.com/modelos-de-elevacion-digital/>
- Hernández, H. (30 de Abril de 2022). Introducción al Modelamiento Geológico Implícito. Obtenido de nubeminera: <https://nubeminera.cl/modelamiento-implicito/>
- Herrera, C. (2016). Diseño del sistema de explotación de materiales de construcción existentes en la cantera “Mina 2”, ubicada en la parroquia Cangahua, Cantón Cayambe, provincia de Pichincha. Quito-Ecuador.
- JORC. (2012). Código de Australasia para la presentación de informes de resultados de exploración, recursos minerales y Reservas de Mineral. Australia.
- Kindler, P., Godefroid, F., Curran, A., Dupraz, C., Mylroie, J., Strasser, A., & Verrecchia, E. (2011). Modern and Quaternary Carbonate Environments. San Salvador - Bahamas.
- KINTEK Solution for researching. (20 de Junio de 2024). ¿Qué Es La Calcinación Con Ejemplo? Obtenido de ¿Qué Es La Calcinación Con Ejemplo?: <https://es.kindle-tech.com/faqs/what-is-calcination-with-example>
- Martín, P. (2018). Estudio de la litología y estratigrafía para la factibilidad de la realización de un proyecto de Ingeniería Civil. Yucatán-México.
- Maza, Y. (2017). Estimación de reservas minerales de oro y plata en la veta Karina - Los Pircos, Santa Cruz – Cajamarca. Cajamarca-Perú.
- Méndez, D. (2023). Aportes al Cálculo de Recursos Utilizando Modelamiento Geológico Digital en la Cantera Agregados El Vínculo, Soacha Cundinamarca. Santander-Colombia.
- Montijo, A. (2020). Petrología de rocas Detríticas. Obtenido de Petrología de rocas Detríticas: <http://marina.geologia.uson.mx/academicos/amontijo/detríticas/arcosa.htm>
- Naranjo, O. (2017). Modelamiento geológico y estimación de recursos, yacimiento la Niña, Tongoy, Cementos Melón SA. Santiago de Chile.

- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and Stratigraphy*. Reino Unido: Wiley-BlackWell.
- Ortega, P. (2012). *Diseño para la explotación de la cantera de arcilla, barrio Cera- cantón Loja*. Loja-Ecuador.
- Panalytical, M. (2024). Malvern Panalytical Ltd a Spectris Company. Obtenido de Calcinación y gravimetría: <https://www.malvernpanalytical.com/es/products/technology/xray-analysis/gravimetric#:~:text=La%20difracci%C3%B3n%20de%20rayos%20X%20es%20la%20C3%BAnica%20t%C3%A9cnica,el%20espesor%20de%20las%20capas>.
- Pérez, F., Orozco, M., & González, M. (2012). *Especificaciones para la digitalización de la Cartografía Geológica MAGNA en formato digital*. España: Planeta de la Tierra para la Sociedad.
- Pettijohn. (1975). The Pettijohn classification of sandstones, often referred to as a ‘Toblerone plot’.
- Reyes, L. (1980). Boletín N° 031: Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Lima: INGEMMET.
- Saavedra, M. (2019). *Estratigrafía de las Formaciones Santa, Carhuaz y Farrat en el Caserío de Shaullo Chico del Distrito de Baños del Inca*. Cajamarca.
- Salazar, F., & Alarcón, D. (2016). *Evaluación económica para explotación de arcillas tipo caolinita en la concesión minera Rumicucho, centro poblado Huayrapongo, distrito de Llacanora, provincia y departamento de Cajamarca*. Cajamarca-Perú.
- Sánchez, C. (2023). *Comportamiento geomecánico de la roca con la arcilla del derecho minero Horjes, distrito de Namora (Sulluscocha) - cajamarca*. Cajamarca-Perú.
- Seequent. (12 de Agosto de 2024). Leapfrog Geo. Obtenido de <https://www.seequent.com/es/productos-y-soluciones/leapfrog-geo/>
- Serrano, F. (2017). *Estudio Estratigráfico secuencial de la Formación Farrat en Shaullo y Puyllucana*. Cajamarca.
- Servicio Geológico Colombiano. (2015). *Suceptibilidad por Geología*. Santander-Colombia.
- Van Der Pluijm, B., & Marshak, S. (2004). *Earth Structure An Introduction to Structural Geology and Tectonics*. Michigan: Norton & Company, Inc.
- Vargas, J. (2018). *Estudio de la Influencia microtectónica de la Falla Cajamarca en la Zona Noroeste del Distrito de Llacanora*. Cajamarca - Perú.
- Vergara, B. (2015). *Estimación de reservas probables de yacimientos no metálicos en arcillas del distrito de Llacanora Cajamarca, Perú – 2015*. Cajamarca-Perú.

ANEXOS

1. ÁLBUM DE FOTOS
2. Resultados de composición química reportados por el laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L
3. Resultados de densidad reportados por el laboratorio INGEOCYS PERÚ E.I.R.L.
4. Activación de Licencia Académica Leapfrog Geo 2023.2.3
5. Plano de Ubicación.
6. Plano de Cartografiado Geológico.
7. Plano Estructural Interpretado.
8. Plano Geológico por Litologías.
9. Plano Geológico por Formaciones.
10. Sección NW por Litologías.
11. Sección NW por Formaciones.
12. Modelo 3D Litológico y Estructural del Cerro Carga.
13. Modelo 3D Formacional y Estructural del Cerro Carga.
14. Modelo 3D mostrando muestra colectadas en el Cerro Carga.
15. Modelo de bloques 3D mostrando bloques y cálculo de tonelajes de las areniscas, limolitas y areniscas arcillosas de la Formación Farrat del Cerro Carga.

ÁLBUM DE FOTOS

ESTACIONES DE CARTOGRAFIADO

Estación 3 (E3):



Foto 87. Vista WE en afloramiento de la Estación 3, observándose areniscas de la Formación Farrat con fracturamiento con Az 330°, Dip -40°. Con las siguientes coordenadas: Norte: 9205007.40, Este: 789717.61, Elevación: 3106.76.

Estación 4 (E4):



Foto 88. Vista NW-SE en afloramiento de la Estación 4, areniscas de la Formación Farrat insitu en piso y bloques rodados. Con las siguientes coordenadas: Norte: 9205294.37, Este: 789907.75, Elevación: 3120.63.

Estación 9 (E9):



Foto 89. En (A) y (B) se muestran vistas NW-SE en afloramientos de arenisca en corte de carretera en Estación 9, con Az 80°, Dip -40°. Con las coordenadas: Norte: 9205351.49, Este: 790160.90, Elevación: 3108.21.

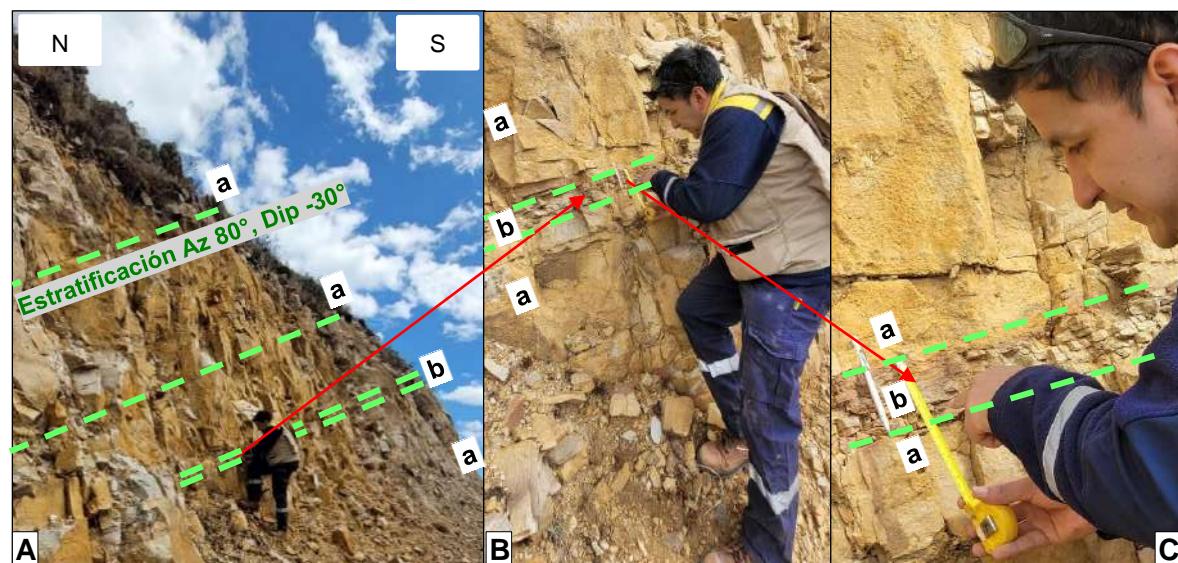


Foto 90. (A), (B) y (C) muestran intercalación de afloramiento de “a”: areniscas y “b”: pequeño estrato de limolitas de 8.5 cm de potencia en Estación 9, con Az 80° y Dip -30° pertenecientes a la Formación Farrat (Kif). Con las coordenadas: Norte: 9205354.93, Este: 790084.31, Elevación: 3109.41.

Estación 26 (E26):

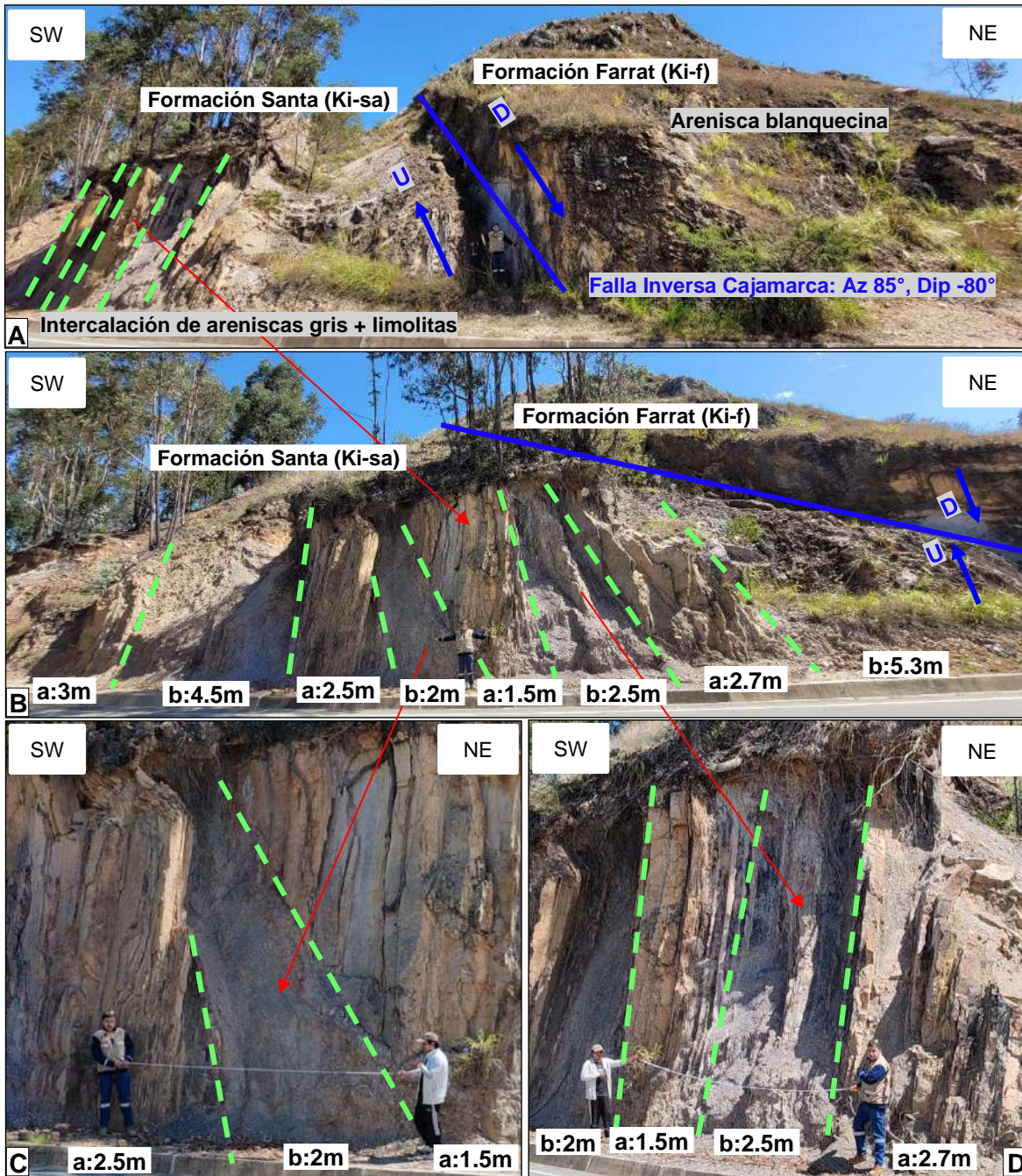


Foto 91. Afloramientos de Estación 26 con coordenadas: Norte: 9204321.45, Este: 791032.93, Elevación: 2948.83. En (A) se observa con intercalaciones de areniscas gris y limolitas pertenecientes a la Formación Santa en contacto con areniscas de la Formación Farrat (Ki-f), debido a presencia de Falla Inversa Cajamarca con Az 85°, Dip -80°, en el plano de falla de color azul se indica U: Up bloque de la Formación Santa subió y D: Down bloque de la Formación Farrat que bajó hasta estar al mismo nivel, en (B), (C) y (D) se aprecia con letra “a” a las areniscas grises y limolitas, con letra “b” a las limolitas con sus potencias respectivas, en (C) y (D) mayor detalle de medición de potencia realizada por tesista y asistente.

Estación 27 (E27):



Foto 92. Afloramientos de la Estación 27 con coordenadas Norte: 9204380.88, Este: 790927.54, Elevación: 2986.07. (A) muestra areniscas cuarzosas blancas, areniscas arcillosas y limolitas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), se observa estratificación con Az 110°, Dip -75° en las areniscas cuarzosas blancas de la parte superior del Cerro Carga y Az 280° con Dip -75° en las areniscas, areniscas arcillosas y limolitas de la parte inferior además de brecha de falla, el cambio de dirección de buzamiento se interpreta debido a fallamiento que flexiona ligeramente los estratos. En (B) se observa mayor detalle de las limolitas en la parte trasera de infraestructura perteneciente al colegio de abogados de Cajamarca.

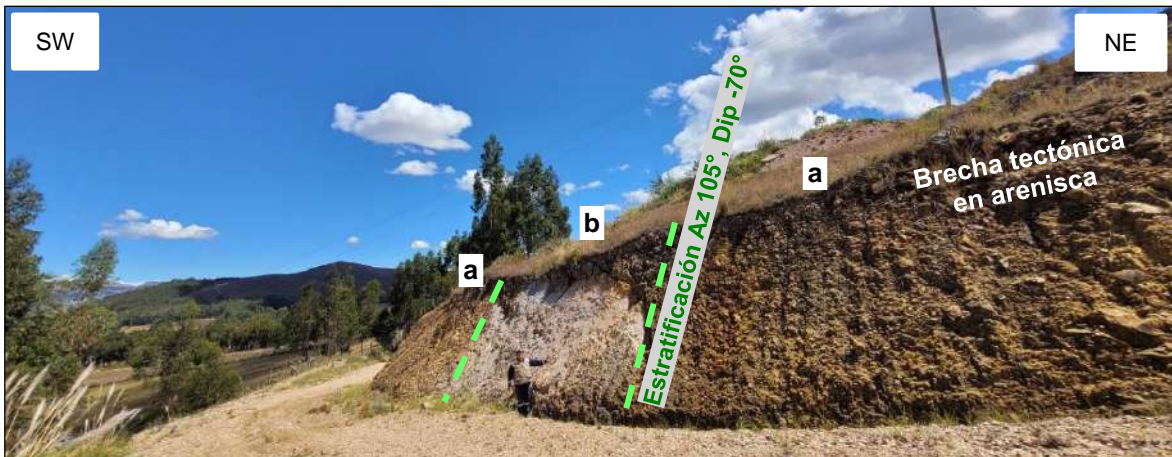


Foto 93. Vista SW-NE en corte de carretera de Estación 27 con coordenadas Norte: 9204364.70, Este: 790966.52, Elevación: 2974.04, se observa taludes con intercalaciones de “a”: areniscas y “b”: limolitas de 6 m. pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) con dirección Az 105°, Dip -70°, las areniscas presentan textura brechada.



Foto 94. En (A) y (B) se aprecia depósitos cuaternarios inconsolidados compuestos por niveles de arenas finas y conglomerados con matriz arenácea y fragmentos de areniscas con las siguientes coordenadas: Norte: 9204271.75, Este: 790899.57, Elevación: 2968.74.

Estación 29 (E29):



Foto 95. Tesista realizando medición de potencia en Estación 29 de afloramiento de limolitas, de acuerdo a las características mineralógicas de dureza, color, raya y textura a la lupa, se identificaron caolín, illita y montmorillonita, con las siguientes coordenadas: Norte: 9204446.87, Este: 790577.69, Elevación: 3017.52.

Estación 31 (E31):



Foto 96. En la Estación 31 se identificó instalaciones de cantera artesanal para extracción de Caolín, así mismo se puede apreciar contacto entre arenisca y limolitas con Az 105° y Dip -80°. Coordenadas: Norte: 9204525.02, Este: 790035.45, Elevación: 3006.99



Foto 97. En (A) se observa contacto con Az 100° y Dip -80° entre areniscas y limolitas pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f), en (B) se puede apreciar al tesista realizando identificación de arcillas en las limolitas soportado de las propiedades mineralógicas de dureza, color, raya y textura identificando caolín y montmorillonita (colores blanquecinos) con menores contenidos de illita (colores grisáceos) y óxidos de hierro (hematita) como pátinas. Coordenadas: Norte: 9204513.59, Este: 790090.96, Elevación: 3006.81

Estación 33 (E33):

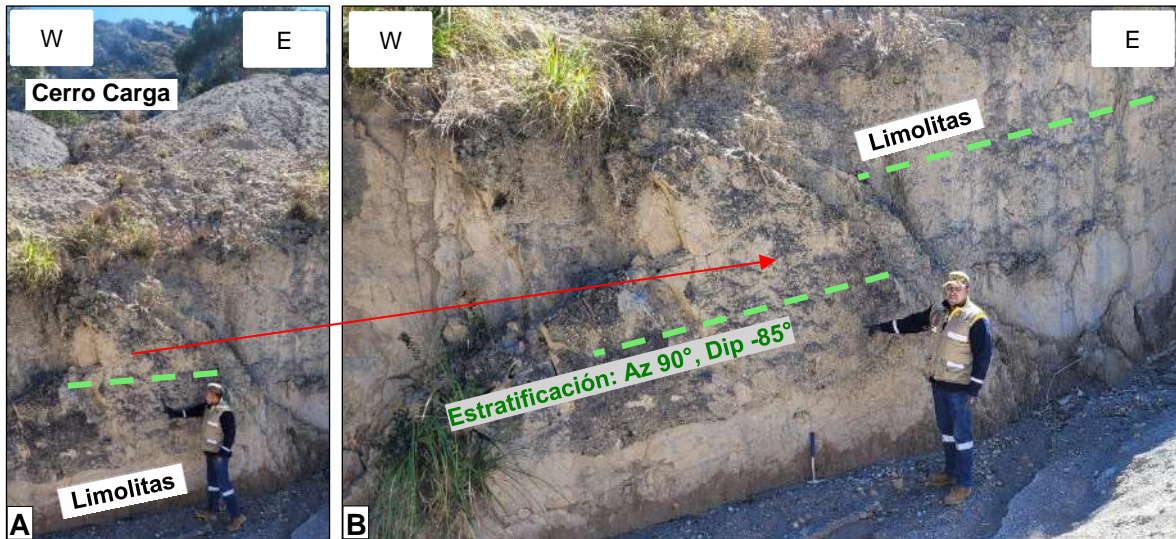


Foto 98. En (A) y (B) se observa afloramientos de limolitas de la Estación 33, pertenecientes a la Formación Farrat (Ki-f) con Az 90°/ Dip -85° en parte baja del Cerro Carga. Coordenadas: Norte: 9204532.19, Este: 789676.73, Elevación: 2972.17

Estación 34 (E33):



Foto 99. Fotografía con vista SW-NE en las faldas SW del Cerro Carga donde se observa afloramientos de arenisca de la Formación Farrat (Ki-f) con fracturamiento Az 330°/ Dip -50°. Coordenadas: Norte: 9204613.49, Este: 789308.65, Elevación: 2948.95

Estación 35 (E35):

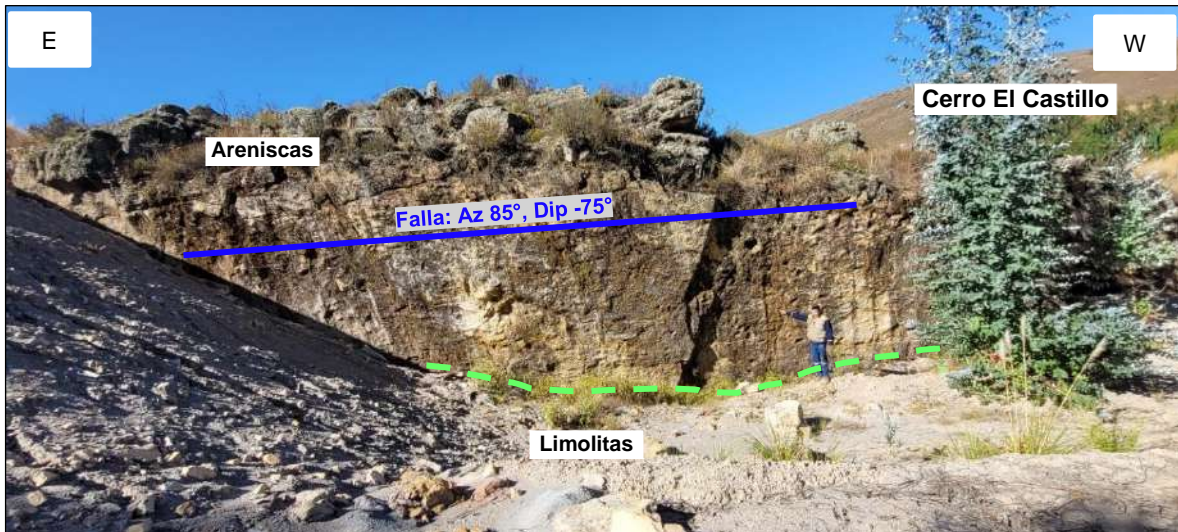


Foto 100. En la fotografía se observa afloramientos de areniscas y limolitas de la Formación Farrat con presencia de Falla contacto con Az 85°/ Dip -75°, en la parte posterior derecha se observa el Cerro El Castillo. Coordenadas: Norte: 9204576.31, Este: 789538.37, Elevación: 2966.71.

Estación 38 (E38):

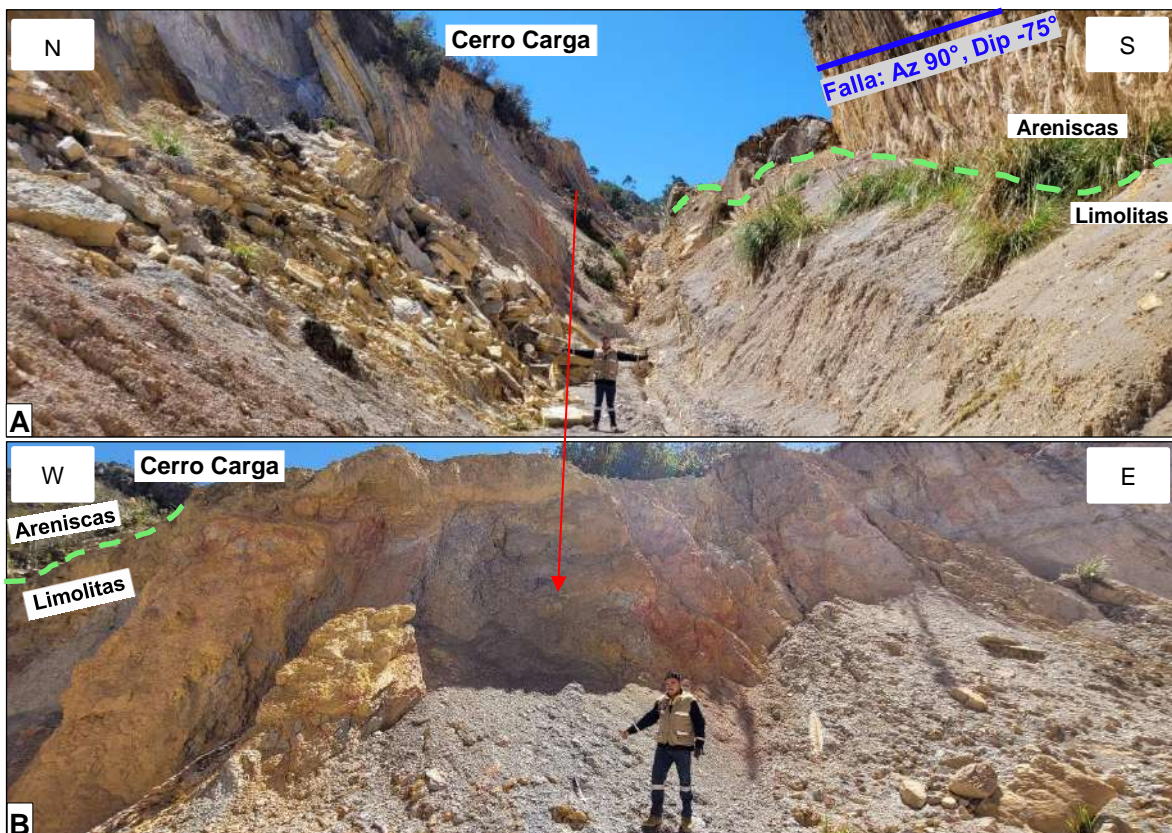


Foto 101. En (A) se observa Falla con Az 90°/ Dip -75° en el contacto entre areniscas y limolitas, minadas artesanalmente y observándose continuidad en el piso, en (B) se identificó caolín y montmorillonita (colores blanquecinos), illita (colores grisáceos) y pátinas con Ox de Fe (colores amarillentos y rojizos). coordenadas: Norte: 9204590.83, Este: 789916.74, Elevación: 3008.72.

Estación 43 (E43):

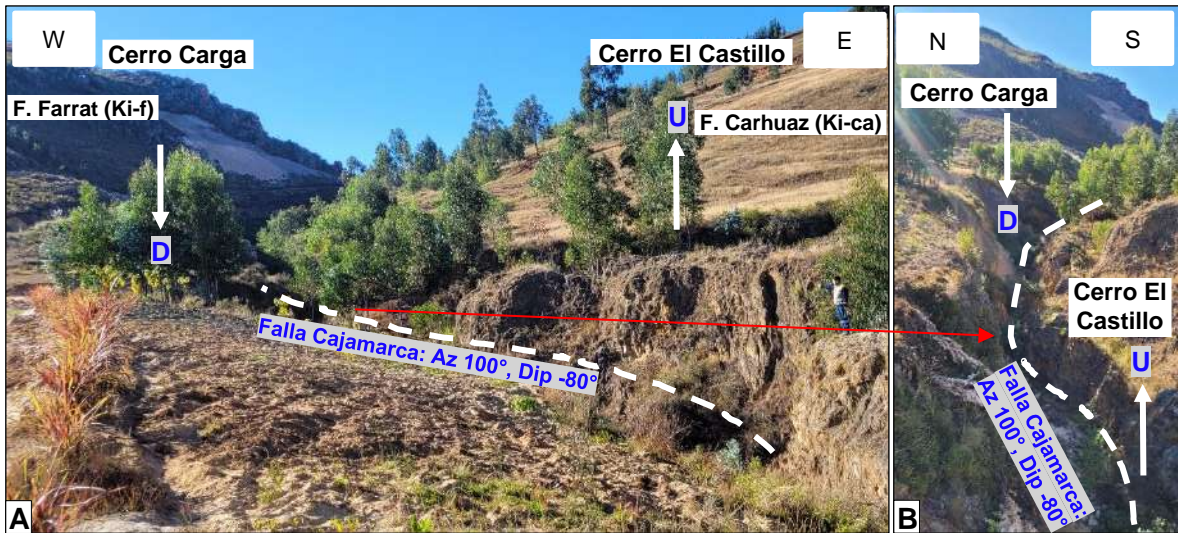


Foto 102. En (A) y (B) se observa Falla Inversa Cajamarca con Az 100°/ Dip -80° inferida en eje de quebrada que separa al Cerro Carga (Formación Farrat (Ki-f)) del Cerro el Castillo (Formación Carhuaz (Ki-ca)).
Coordenadas: Norte: 9204773.31, Este: 788834.97, Elevación: 2873.85.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químico de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ARENISCAS

TESIS : MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA-DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA.

TESISTA : BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ

DNI : 48075377

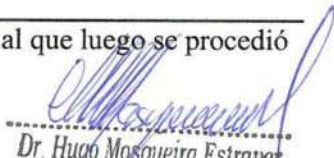
MUESTRA : CA - 01

FECHA : 16/09/2024

RESULTADO DEL ANÁLISIS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)
Cuarzo (Dióxido de Silicio - SiO ₂)	92.4%
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	-
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	-
Óxidos de Hierro	4.8%
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	<0.1%
Montmorillonita (Na, Ca) _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂)	-
Óxido de Magnesio (MgO)	-
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	<0.1%
Feldespatos (XAlSi ₃ O ₈)	1.23%
Otros	1.37%

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.


Dr. Hugo Mosqueira Estraver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químico de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ARENISCAS

TESIS : MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA-DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA.

TESISTA : BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ

DNI : 48075377

MUESTRA : CAA-01

FECHA : 16/09/2024

RESULTADO DEL ANÁLISIS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)
Cuarzo (Dióxido de Silicio - SiO ₂)	40.2%
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	7.48%
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	-
Óxidos de Hierro	3.1%
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	3.4%
Montmorillonita (Na, Ca) _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂)	2.6%
Óxido de Magnesio (MgO)	5.1%
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	<0.1%
Feldespatos (XAlSi ₃ O ₈)	12.43%
Illita ((K,H ₃ O)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ ,(H ₂ O)][1])	7.83%
Caolinita (Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄)	16.26%
Otros	1.5%

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.


Dr. Hugo Mosquera Estraper
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químico de Minerales y Agua.
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
 PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
 RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ARENISCAS

TESIS : MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA-DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA.

TESISTA : BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ

DNI : 48075377

MUESTRA : CA - 02

FECHA : 16/09/2024

RESULTADO DEL ANÁLISIS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)
Cuarzo (Dióxido de Silicio - SiO ₂)	91.82%
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	-
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	<0.1%
Óxidos de Hierro	0.5%
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	<0.1%
Montmorillonita (Na, Ca) _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂)	-
Óxido de Magnesio (MgO)	-
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	-
Feldespatos (XAlSi ₃ O ₈)	2.1%
Otros	5.48%

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.


 Dr. Hugo Mosqueira Estraver
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químico de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ARENISCAS

TESIS : MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA-DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA.

TESISTA : BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ

DNI : 48075377

MUESTRA : CA - 03

FECHA : 16/09/2024

RESULTADO DEL ANÁLISIS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)
Cuarzo (Dióxido de Silicio - SiO ₂)	92.18%
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	-
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	-
Óxidos de Hierro	0.8%
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	<0.1%
Montmorillonita (Na, Ca) _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂)	-
Óxido de Magnesio (MgO)	-
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	-
Feldespatos (XAlSi ₃ O ₈)	3.81%
Otros	3.11%

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.


Dr. Hugo Masqueira Estraver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químico de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ARENISCAS

TESIS : MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA-DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA.

TESISTA : BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ

DNI : 48075377

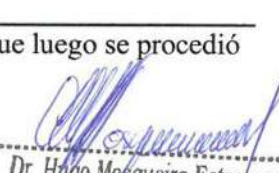
MUESTRA : CA -04

FECHA : 16/09/2024

RESULTADO DEL ANÁLISIS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)
Cuarzo (Dióxido de Silicio - SiO ₂)	95.83%
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	-
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	-
Óxidos de Hierro	2%
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	<0.1%
Montmorillonita (Na, Ca) _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂)	-
Óxido de Magnesio (MgO)	-
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	<0.1%
Feldespatos (XAlSi ₃ O ₈)	-
Otros	1.97%

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.



Dr. Hugo Mosqueira Estraber
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

ANÁLISIS QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ARCILLA

TESIS : MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA-DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA.

TESISTA : BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ

DNI : 48075377

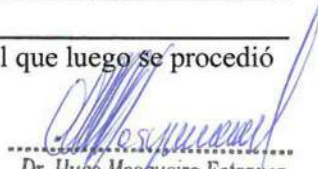
MUESTRA : CL-01

FECHA : 16/09/2024

RESULTADO DEL ANÁLISIS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)
Cuarzo (Dióxido de Silicio - SiO ₂)	15.9%
Caolinita (Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄)	5.05%
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	-
Óxidos de Hierro	6.3%
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	1.6%
Montmorillonita (Na, Ca) _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂)	16.54%
Óxido de Magnesio (MgO)	5.2%
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	0.12%
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	16.83%
Illita ((K,H ₃ O)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ ,(H ₂ O)][1])	27.91%
Otros	4.55%

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.


Dr. Hugo Mosqueira Estraver
JEFÉ DE LABORATORIO
CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químico de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ARCILLA

TESIS : MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA-DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA.

TESISTA : BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ

DNI : 48075377

MUESTRA : CL-02

FECHA : 16/09/2024

RESULTADO DEL ANÁLISIS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)
Cuarzo (Dióxido de Silicio - SiO ₂)	11.10%
Caolinita (Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄)	10.0%
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	-
Óxidos de Hierro	12.2%
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	3.7%
Montmorillonita (Na, Ca) _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂)	17.76%
Óxido de Magnesio (MgO)	4.1%
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	<0.1%
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	18.37%
Illita ((K,H ₃ O)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ ,(H ₂ O)][1])	17.30%
Otros	5.27%

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.


Dr. Hugo Mosquera Estraver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químico de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ARCILLA

TESIS : MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA-DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA.

TESISTA : BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ

DNI : 48075377

MUESTRA : CL-03

FECHA : 16/09/2024

RESULTADO DEL ANÁLISIS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)
Cuarzo (Dióxido de Silicio - SiO ₂)	12.35%
Caolinita (Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄)	51.29%
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	-
Óxidos de Hierro	8.46%
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	3.24%
Montmorillonita (Na, Ca) _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂)	4.56%
Óxido de Magnesio (MgO)	2.75%
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	<0.1%
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	7.94%
Illita ((K,H ₃ O)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ ,(H ₂ O)][1])	5.1%
Otros	4.30%

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.


Dr. Hugo Mosqueira Estraper
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químico de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ARCILLA

TESIS : MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA-DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA.

TESISTA : BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ

DNI : 48075377

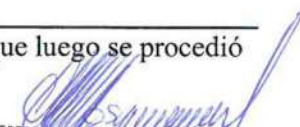
MUESTRA : CL-04

FECHA : 16/09/2024

RESULTADO DEL ANÁLISIS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)
Cuarzo (Dióxido de Silicio - SiO ₂)	12.05%
Caolinita (Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄)	47.24%
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	-
Óxidos de Hierro	6.2%
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	2.7%
Montmorillonita (Na, Ca) _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂)	4.29%
Óxido de Magnesio (MgO)	3.1%
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	<0.1%
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	2.12%
Illita ((K,H ₃ O)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ ,(H ₂ O)] [1])	20.10%
Otros	2.10%

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.


Dr. Hugo Mosqueira Estráver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químico de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ARCILLA

TESIS : MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA-DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA.

TESISTA : BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ

DNI : 48075377

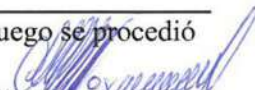
MUESTRA : CL-05

FECHA : 16/09/2024

RESULTADO DEL ANÁLISIS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)
Cuarzo (Dióxido de Silicio - SiO ₂)	9.99%
Caolinita (Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄)	54.21%
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	-
Óxidos de Hierro	6.20%
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	2.89%
Montmorillonita (Na, Ca) _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂)	14.15%
Óxido de Magnesio (MgO)	3.8%
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	<0.1%
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	2.16%
Illita ((K,H ₃ O)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ ,(H ₂ O)][1])	3.96%
Otros	2.54

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.


Dr. Hugo Mosquera Estraver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664



INFORME DE ENSAYOS DE DENSIDAD EN ROCA INTACTA SEGÚN LA NORMA ASTM D-4892

TESIS:

“MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA”

SOLICITA:

BACH. BRAYEAN PAÚL SILVA SÁNCHEZ

UBICACIÓN:



DISTRITO: LLACANORA Y NAMORA
PROVINCIA: CAJAMARCA
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

RESPONSABLE:

ROBERT SOBERON ESPINOZA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
CIP: 226318

Cajamarca, 15 de agosto del 2024



 INGEOCYS PERÚ E.I.R.L.

Ing. Robert Soberón Espinoza
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
Reg. CP. 226318



INGEOCYS PERÚ

Geotécnia & Cimentaciones



INGEOCYS PERÚ E.I.R.L

RUC

20605552022

DENSIDAD Y PESO UNITARIO - MÉTODO DE DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA

INDECOPI N°

012690-2020

Formato

F-PUF - 001 IGC

CONSULTORIA EN GEOTECNIA - ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD

Registro N°

IGC24-LEM-204

02/13

PROYECTO : "MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA"

SOLICITANTE : Bach. Brayean Silva Sánchez **MUESTREADO POR** : Solicitante

UBICACIÓN : Llacanora - Namora - Cajamarca **ENSAYADO POR** : R. Soberon

MATERIAL : Terreno Natural **FECHA DE ENSAYO** : 15/08/2024

DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE PARTICULAS INALTERADAS E IRREGULARES - METODO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA SEGÚN ASTM D-4892

Muestra - Estrato	M-01	M-02	M-03	M-04
Tipo de muestra	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta
Clasificación visual - manual ASTM D-2488	Arenisca	Arenisca	Arenisca	Arenisca
Coordenada Este	789157.81	789841.63	789853.19	789486.04
Coordenada Norte	9204993.33	9205015.24	9205221.22	9205162.51
Elevación / Profundidad de muestreo, m	3007.11	3128.71	3126.33	3093.24
Estación Geomecánica	E1	E3	E4	E5

Numero de ensayo de cada muestra (ID)	1.00	2.00	3.00	4.00
Masa de la muestra húmeda [g]	415.00	216.00	328.00	361.00
Masa de la muestra húmeda + parafina [g]	436.00	224.00	337.00	378.00
Masa de la muestra húmeda + parafina sumergida [g]	249.70	133.20	198.00	215.03
Densidad de la parafina [g/cm3]	0.87	0.87	0.87	0.87
Masa de la parafina utilizada [g]	21.00	8.00	9.00	17.00
Volúmen de la parafina utilizada [cm3]	24.14	9.20	10.34	19.54
Volúmen desplazado (suelo + parafina) [cm3]	186.30	90.80	139.00	162.97
Volúmen del suelo [cm3]	162.16	81.60	128.66	143.43
Temperatura del agua en el ensayo [°C]	18.50	18.50	18.50	18.50
Corrección de temperatura, K [Adimensional]	1.00030	1.00030	1.00030	1.00030
Densidad húmeda [g/cm3]	2.56	2.65	2.55	2.52
Densidad húmeda corregida [g/cm3]	2.56	2.65	2.55	2.52
Peso unitario húmedo [kN/m3]	25.11	25.97	25.02	24.70


Observaciones:

* Muestra provista e identificada por el solicitante

* Prohibida su reproducción total o parcial (INDECOPI). Derechos reservados RQ - Ingeocys Perú Eirl.

INGEOCYS PERÚ EIRL

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:		A:		A:

 INGEOCYS PERÚ Geotecnia & cimentaciones	INGEOCYS PERÚ E.I.R.L		RUC	20605552022
	DENSIDAD Y PESO UNITARIO - MÉTODO DE DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA		INDECOPI N°	012690-2020
			Formato	F-PUF - 001 IGC
	CONSULTORIA EN GEOTECNIA - ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD		Registro N°	IGC24-LEM-204

PROYECTO	: "MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA"		
SOLICITANTE	: Bach. Brayean Silva Sánchez	MUESTREADO POR	: Solicitante
UBICACIÓN	: Llacanora - Namora - Cajamarca	ENSAYADO POR	: R, Soberon
MATERIAL	: Terreno Natural	FECHA DE ENSAYO	: 15/08/2024

DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE PARTICULAS INALTERADAS E IRREGULARES - METODO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA SEGÚN ASTM D-4892



Muestra - Estrato	M-05	M-06	M-07	M-08
Tipo de muestra	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta
Clasificación visual - manual ASTM D-2488	Arenisca	Arenisca	Arenisca	Arenisca
Coordenada Este	789263.77	789582.24	790083.98	790242.81
Coordenada Norte	9205246.22	9205561.36	9205354.33	9205351.28
Elevación / Profundidad de muestreo, m	3052.71	3111.28	3109.62	3103.92
Estación Geomecánica	E6	E8	E9	E10
Numero de ensayo de cada muestra (ID)	5.00	6.00	7.00	8.00
Masa de la muestra húmeda [g]	264.00	319.00	196.00	233.00
Masa de la muestra húmeda + parafina [g]	272.00	326.00	214.00	248.00
Masa de la muestra húmeda + parafina sumergida [g]	161.70	194.00	117.50	140.40
Densidad de la parafina [g/cm ³]	0.87	0.87	0.87	0.87
Masa de la parafina utilizada [g]	8.00	7.00	18.00	15.00
Volúmen de la parafina utilizada [cm ³]	9.20	8.05	20.69	17.24
Volúmen desplazado (suelo + parafina) [cm ³]	110.30	132.00	96.50	107.60
Volúmen del suelo [cm ³]	101.10	123.95	75.81	90.36
Temperatura del agua en el ensayo [°C]	18.50	18.50	18.50	18.50
Corrección de temperatura, K [Adimensional]	1.00030	1.00030	1.00030	1.00030
Densidad húmeda [g/cm ³]	2.61	2.57	2.59	2.58
Densidad húmeda corregida [g/cm³]	2.61	2.57	2.59	2.58
Peso unitario húmedo [kN/m³]	25.62	25.25	25.37	25.30


Observaciones:

* Muestra provista e identificada por el solicitante

* Prohibida su reproducción total o parcial (INDECOPI). Derechos reservados RQ - Ingeocys Perú Eirl.

INGEOCYS PERÚ EIRL

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Ing. Robert Soberón Espinoza ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Reg. CP. 226318	A:		A:

	INGEOCYS PERÚ E.I.R.L		RUC	20605552022
	DENSIDAD Y PESO UNITARIO - MÉTODO DE DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA		INDECOPI N°	012690-2020
			Formato	F-PUF - 001 IGC
	CONSULTORIA EN GEOTECNIA - ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD		Registro N°	IGC24-LEM-204

PROYECTO	: "MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA"		
SOLICITANTE	: Bach. Brayean Silva Sánchez	MUESTREADO POR	: Solicitante
UBICACIÓN	: Llacanora - Namora - Cajamarca	ENSAYADO POR	: R. Soberon
MATERIAL	: Terreno Natural	FECHA DE ENSAYO	: 15/08/2024

DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE PARTICULAS INALTERADAS E IRREGULARES - METODO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA SEGÚN ASTM D-4892

Muestra - Estrato	M-09	M-10	M-11	M-12
Tipo de muestra	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta
Clasificación visual - manual ASTM D-2488	Arenisca	Arenisca	Arenisca	Arenisca
Coordenada Este	790536.56	790868.52	790738.69	790512.44
Coordenada Norte	9205424.21	9205288.78	9205146.61	9205156.45
Elevación / Profundidad de muestreo, m	3043.44	3024.42	3006.98	3048.29
Estación Geomecánica	E11	E13	E14	E15
Numero de ensayo de cada muestra (ID)	9.00	10.00	11.00	12.00
Masa de la muestra húmeda [g]	402.00	257.00	318.00	186.00
Masa de la muestra húmeda + parafina [g]	421.00	269.00	328.00	213.00
Masa de la muestra húmeda + parafina sumergida [g]	245.60	157.00	195.00	107.30
Densidad de la parafina [g/cm ³]	0.87	0.87	0.87	0.87
Masa de la parafina utilizada [g]	19.00	12.00	10.00	27.00
Volúmen de la parafina utilizada [cm ³]	21.84	13.79	11.49	31.03
Volúmen desplazado (suelo + parafina) [cm ³]	175.40	112.00	133.00	105.70
Volúmen del suelo [cm ³]	153.56	98.21	121.51	74.67
Temperatura del agua en el ensayo [°C]	18.50	18.50	18.50	18.50
Corrección de temperatura, K [Adimensional]	1.00030	1.00030	1.00030	1.00030
Densidad húmeda [g/cm ³]	2.62	2.62	2.62	2.49
Densidad húmeda corregida [g/cm³]	2.62	2.62	2.62	2.49
Peso unitario húmedo [kN/m³]	25.69	25.68	25.68	24.45


Observaciones:

* Muestra provista e identificada por el solicitante

* Prohibida su reproducción total o parcial (INDECOPI). Derechos reservados RQ - Ingeocys Perú Eirl.

INGEOCYS PERÚ EIRL

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Ing. Robert Soberón Espinoza ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Reg. CP. 226318	A:		A:

 <p>INGEOCYS PERÚ Geotecnia & cimentaciones</p>	INGEOCYS PERÚ E.I.R.L		RUC	20605552022
	DENSIDAD Y PESO UNITARIO - MÉTODO DE DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA		INDECOPI N°	012690-2020
			Formato	F-PUF - 001 IGC
	CONSULTORIA EN GEOTECNIA - ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD		Registro N°	IGC24-LEM-204

PROYECTO	: "MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA"		
SOLICITANTE	: Bach. Brayean Silva Sánchez	MUESTREADO POR	: Solicitante
UBICACIÓN	: Llacanora - Namora - Cajamarca	ENSAYADO POR	: R, Soberon
MATERIAL	: Terreno Natural	FECHA DE ENSAYO	: 15/08/2024

DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE PARTICULAS INALTERADAS E IRREGULARES - METODO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA SEGÚN ASTM D-4892


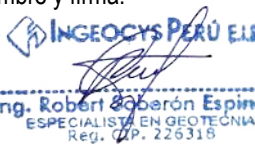
Muestra - Estrato	M-13	M-14	M-15	M-16
Tipo de muestra	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta
Clasificación visual - manual ASTM D-2488	Arenisca	Arenisca	Arenisca	Arenisca
Coordenada Este	790049.26	790193.18	790527.48	790922.33
Coordenada Norte	9205211.75	9205088.92	9205054.43	9204862.24
Elevación / Profundidad de muestreo, m	3148.64	3150.28	3060.95	2963.75
Estación Geomecánica	E16	E17	E18	E19
Numero de ensayo de cada muestra (ID)	13.00	14.00	15.00	16.00
Masa de la muestra húmeda [g]	217.00	302.00	255.00	267.00
Masa de la muestra húmeda + parafina [g]	231.00	315.00	267.00	281.00
Masa de la muestra húmeda + parafina sumergida [g]	128.00	183.30	156.00	161.50
Densidad de la parafina [g/cm ³]	0.87	0.87	0.87	0.87
Masa de la parafina utilizada [g]	14.00	13.00	12.00	14.00
Volúmen de la parafina utilizada [cm ³]	16.09	14.94	13.79	16.09
Volúmen desplazado (suelo + parafina) [cm ³]	103.00	131.70	111.00	119.50
Volúmen del suelo [cm ³]	86.91	116.76	97.21	103.41
Temperatura del agua en el ensayo [°C]	18.50	18.50	18.50	18.50
Corrección de temperatura, K [Adimensional]	1.00030	1.00030	1.00030	1.00030
Densidad húmeda [g/cm ³]	2.50	2.59	2.62	2.58
Densidad húmeda corregida [g/cm³]	2.50	2.59	2.62	2.58
Peso unitario húmedo [kN/m³]	24.50	25.38	25.74	25.34

Observaciones:

* Muestra provista e identificada por el solicitante

* Prohibida su reproducción total o parcial (INDECOPI). Derechos reservados RQ - Ingeocys Perú Eirl.

INGEOCYS PERÚ EIRL

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Ing. Robert Soberón Espinoza ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Reg. N° P. 226318	A:		A:



INGEOCYS PERÚ E.I.R.L

RUC

20605552022

06/13

DENSIDAD Y PESO UNITARIO - MÉTODO DE DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA

INDECOPI N°

012690-2020

Formato

F-PUF - 001 IGC

CONSULTORIA EN GEOTECNIA - ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD

Registro N°

IGC24-LEM-204

PROYECTO : "MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA"

SOLICITANTE : Bach. Brayean Silva Sánchez **MUESTREADO POR** : Solicitante

UBICACIÓN : Llacanora - Namora - Cajamarca **ENSAYADO POR** : R, Soberon

MATERIAL : Terreno Natural **FECHA DE ENSAYO** : 15/08/2024

DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE PARTICULAS INALTERADAS E IRREGULARES - METODO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA SEGÚN ASTM D-4892

Muestra - Estrato	M-17	M-18	M-19	M-20
Tipo de muestra	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta
Clasificación visual - manual ASTM D-2488	Arenisca	Arenisca	Arenisca	Arenisca
Coordenada Este	790593.56	790242.77	790203.71	790857.84
Coordenada Norte	9204811.12	9204908.15	9204711.04	9204641.32
Elevación / Profundidad de muestreo, m	3097.92	3145.66	3073.20	3036.38
Estación Geomecánica	E20	E21	E22	E24

Numero de ensayo de cada muestra (ID)	17.00	18.00	19.00	20.00
Masa de la muestra húmeda [g]	325.00	411.00	267.00	318.00
Masa de la muestra húmeda + parafina [g]	340.00	426.00	285.00	328.00
Masa de la muestra húmeda + parafina sumergida [g]	197.60	249.70	160.80	195.00
Densidad de la parafina [g/cm3]	0.87	0.87	0.87	0.87
Masa de la parafina utilizada [g]	15.00	15.00	18.00	10.00
Volúmen de la parafina utilizada [cm3]	17.24	17.24	20.69	11.49
Volúmen desplazado (suelo + parafina) [cm3]	142.40	176.30	124.20	133.00
Volúmen del suelo [cm3]	125.16	159.06	103.51	121.51
Temperatura del agua en el ensayo [°C]	18.50	18.50	18.50	18.50
Corrección de temperatura, K [Adimensional]	1.00030	1.00030	1.00030	1.00030
Densidad húmeda [g/cm3]	2.60	2.58	2.58	2.62
Densidad húmeda corregida [g/cm3]	2.60	2.58	2.58	2.62
Peso unitario húmedo [kN/m3]	25.48	25.36	25.31	25.68

Observaciones:

* Muestra provista e identificada por el solicitante

* Prohibida su reproducción total o parcial (INDECOPI). Derechos reservados RQ - Ingeocys Perú Eirl.


INGEOCYS PERÚ EIRL

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:		A:		A:

Pro. Av Perú Mz D-5 - Cajamarca

Cel: 952642456

Email: rsoberone90@ingecocysperu.com

 INGEOCYS PERÚ Geotecnia & cimentaciones	INGEOCYS PERÚ E.I.R.L		RUC	20605552022
	DENSIDAD Y PESO UNITARIO - MÉTODO DE DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA		INDECOPI N°	012690-2020
			Formato	F-PUF - 001 IGC
	CONSULTORIA EN GEOTECNIA - ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD		Registro N°	IGC24-LEM-204

PROYECTO	: "MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA"		
SOLICITANTE	: Bach. Brayean Silva Sánchez	MUESTREADO POR	: Solicitante
UBICACIÓN	: Llacanora - Namora - Cajamarca	ENSAYADO POR	: R. Soberon
MATERIAL	: Terreno Natural	FECHA DE ENSAYO	: 15/08/2024

DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE PARTICULAS INALTERADAS E IRREGULARES - METODO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA SEGÚN ASTM D-4892


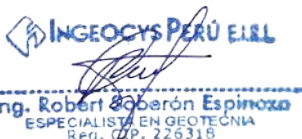
Muestra - Estrato	M-21	M-22	M-23	M-24
Tipo de muestra	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta
Clasificación visual - manual ASTM D-2488	Arenisca	Arenisca	Arenisca	Arenisca
Coordenada Este	790712.14	789845.71	789476.19	789196.14
Coordenada Norte	9204530.83	9204715.36	9204783.28	9204680.53
Elevación / Profundidad de muestreo, m	3039.35	3050.48	3016.75	2941.57
Estación Geomecánica	E28	E39	E40	E41
Numero de ensayo de cada muestra (ID)	21.00	22.00	23.00	24.00
Masa de la muestra húmeda [g]	268.00	375.00	276.00	408.00
Masa de la muestra húmeda + parafina [g]	274.00	382.00	288.00	419.00
Masa de la muestra húmeda + parafina sumergida [g]	162.40	228.60	168.30	247.30
Densidad de la parafina [g/cm ³]	0.87	0.87	0.87	0.87
Masa de la parafina utilizada [g]	6.00	7.00	12.00	11.00
Volúmen de la parafina utilizada [cm ³]	6.90	8.05	13.79	12.64
Volúmen desplazado (suelo + parafina) [cm ³]	111.60	153.40	119.70	171.70
Volúmen del suelo [cm ³]	104.70	145.35	105.91	159.06
Temperatura del agua en el ensayo [°C]	18.50	18.50	18.50	18.50
Corrección de temperatura, K [Adimensional]	1.00030	1.00030	1.00030	1.00030
Densidad húmeda [g/cm ³]	2.56	2.58	2.61	2.57
Densidad húmeda corregida [g/cm³]	2.56	2.58	2.61	2.57
Peso unitario húmedo [kN/m³]	25.12	25.32	25.57	25.17


Observaciones:

* Muestra provista e identificada por el solicitante

* Prohibida su reproducción total o parcial (INDECOPI). Derechos reservados RQ - Ingeocys Perú Eirl.

INGEOCYS PERÚ EIRL

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Ing. Robert Soberón Espinoza ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Reg. C.P. 226318	A:		A:

	INGEOCYS PERÚ E.I.R.L		RUC	20605552022
	DENSIDAD Y PESO UNITARIO - MÉTODO DE DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA		INDECOPI N°	012690-2020
			Formato	F-PUF - 001 IGC
	CONSULTORIA EN GEOTECNIA - ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD		Registro N°	IGC24-LEM-204

PROYECTO	: "MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA"		
SOLICITANTE	: Bach. Brayean Silva Sánchez	MUESTREADO POR	: Solicitante
UBICACIÓN	: Llacanora - Namora - Cajamarca	ENSAYADO POR	: R, Soberon
MATERIAL	: Terreno Natural	FECHA DE ENSAYO	: 15/08/2024

DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE PARTICULAS INALTERADAS E IRREGULARES - METODO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA SEGÚN ASTM D-4892

Muestra - Estrato	M-25
Tipo de muestra	Roca intacta
Clasificación visual - manual ASTM D-2488	Arenisca
Coordenada Este	789316.92
Coordenada Norte	9204811.85
Elevación / Profundidad de muestreo, m	3028.60
Estación Geomecánica	E42



Numero de ensayo de cada muestra (ID)	25.00
Masa de la muestra húmeda [g]	416.00
Masa de la muestra húmeda + parafina [g]	429.00
Masa de la muestra húmeda + parafina sumergida [g]	252.00
Densidad de la parafina [g/cm ³]	0.87
Masa de la parafina utilizada [g]	13.00
Volúmen de la parafina utilizada [cm ³]	14.94
Volúmen desplazado (suelo + parafina) [cm ³]	177.00
Volúmen del suelo [cm ³]	162.06
Temperatura del agua en el ensayo [°C]	18.50
Corrección de temperatura, K [Adimensional]	1.00030
Densidad húmeda [g/cm ³]	2.57
Densidad húmeda corregida [g/cm³]	2.57
Peso unitario húmedo [kN/m³]	25.19


Observaciones:

* Muestra provista e identificada por el solicitante

* Prohibida su reproducción total o parcial (INDECOPI). Derechos reservados RQ - Ingeocys Perú Eirl.

INGEOCYS PERÚ EIRL

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Ing. Robert Soberón Espinoza ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Reg. QP. 226316	A:		A:

	INGEOCYS PERÚ E.I.R.L		RUC	20605552022
	DENSIDAD Y PESO UNITARIO - MÉTODO DE DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA		INDECOPI N°	012690-2020
			Formato	F-PUF - 001 IGC
	CONSULTORIA EN GEOTECNIA - ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD		Registro N°	IGC24-LEM-204

PROYECTO : "MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA"

SOLICITANTE : Bach. Brayean Silva Sánchez **MUESTREADO POR** : Solicitante
UBICACIÓN : Llacanora - Namora - Cajamarca **ENSAYADO POR** : R. Soberon
MATERIAL : Terreno Natural **FECHA DE ENSAYO** : 15/08/2024

DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE PARTICULAS INALTERADAS E IRREGULARES - METODO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA SEGÚN ASTM D-4892

Muestra - Estrato	M-01	M-02	M-03	M-04
Tipo de muestra	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta
Clasificación visual - manual ASTM D-2488	Arcillita	Arcillita	Arcillita	Arcillita
Coordenada Este	790631.72	790603.75	790537.26	790516.04
Coordenada Norte	9204444.65	9204450.76	9204468.67	9204475.83
Elevación / Profundidad de muestreo, m	3016.27	3018.71	3023.95	3026.17
Estación Geomecánica	E29	E29	E29	E29



Numero de ensayo de cada muestra (ID)	1.00	2.00	3.00	4.00
Masa de la muestra húmeda [g]	312.00	200.00	284.00	249.00
Masa de la muestra húmeda + parafina [g]	333.00	210.00	316.00	268.00
Masa de la muestra húmeda + parafina sumergida [g]	183.00	120.00	156.50	143.40
Densidad de la parafina [g/cm ³]	0.87	0.87	0.87	0.87
Masa de la parafina utilizada [g]	21.00	10.00	32.00	19.00
Volúmen de la parafina utilizada [cm ³]	24.14	11.49	36.78	21.84
Volúmen desplazado (suelo + parafina) [cm ³]	150.00	90.00	159.50	124.60
Volúmen del suelo [cm ³]	125.86	78.51	122.72	102.76
Temperatura del agua en el ensayo [°C]	18.50	18.50	18.50	18.50
Corrección de temperatura, K [Adimensional]	1.00030	1.00030	1.00030	1.00030
Densidad húmeda [g/cm ³]	2.48	2.55	2.31	2.42
Densidad húmeda corregida [g/cm³]	2.48	2.55	2.31	2.42
Peso unitario húmedo [kN/m³]	24.33	25.00	22.71	23.78


Observaciones:

* Muestra provista e identificada por el solicitante

* Prohibida su reproducción total o parcial (INDECOPI). Derechos reservados RQ - Ingeocys Perú Eirl.

INGEOCYS PERÚ EIRL

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Ing. Robert Soberón Espinoza ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Reg. ZP. 225315	A:		A:

	INGEOCYS PERÚ E.I.R.L		RUC	20605552022
	DENSIDAD Y PESO UNITARIO - MÉTODO DE DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA		INDECOPI N°	012690-2020
			Formato	F-PUF - 001 IGC
	CONSULTORIA EN GEOTECNIA - ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD		Registro N°	IGC24-LEM-204

PROYECTO	: "MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA"		
SOLICITANTE	: Bach. Brayean Silva Sánchez	MUESTREADO POR	: Solicitante
UBICACIÓN	: Llacanora - Namora - Cajamarca	ENSAYADO POR	: R. Soberon
MATERIAL	: Terreno Natural	FECHA DE ENSAYO	: 15/08/2024

DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE PARTICULAS INALTERADAS E IRREGULARES - METODO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA SEGÚN ASTM D-4892


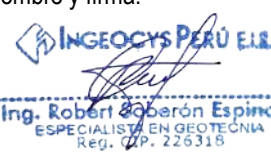
Muestra - Estrato	M-05	M-06	M-07	M-08
Tipo de muestra	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta
Clasificación visual - manual ASTM D-2488	Arcillita	Arcillita	Arcillita	Arcillita
Coordenada Este	790104.91	790121.60	789984.34	789696.53
Coordenada Norte	9204516.25	9204579.24	9204601.30	9204518.11
Elevación / Profundidad de muestreo, m	3009.85	3031.28	3021.83	2972.91
Estación Geomecánica	E31	E31	E31	E33
Numero de ensayo de cada muestra (ID)	5.00	6.00	7.00	8.00
Masa de la muestra húmeda [g]	356.00	180.00	410.00	268.00
Masa de la muestra húmeda + parafina [g]	368.00	190.00	440.00	286.00
Masa de la muestra húmeda + parafina sumergida [g]	210.70	100.00	220.00	150.00
Densidad de la parafina [g/cm ³]	0.87	0.87	0.87	0.87
Masa de la parafina utilizada [g]	12.00	10.00	30.00	18.00
Volúmen de la parafina utilizada [cm ³]	13.79	11.49	34.48	20.69
Volúmen desplazado (suelo + parafina) [cm ³]	157.30	90.00	220.00	136.00
Volúmen del suelo [cm ³]	143.51	78.51	185.52	115.31
Temperatura del agua en el ensayo [°C]	18.50	18.50	18.50	18.50
Corrección de temperatura, K [Adimensional]	1.00030	1.00030	1.00030	1.00030
Densidad húmeda [g/cm ³]	2.48	2.29	2.21	2.32
Densidad húmeda corregida [g/cm³]	2.48	2.29	2.21	2.32
Peso unitario húmedo [kN/m³]	24.34	22.50	21.69	22.81


Observaciones:

* Muestra provista e identificada por el solicitante

* Prohibida su reproducción total o parcial (INDECOPI). Derechos reservados RQ - Ingeocys Perú Eirl.

INGEOCYS PERÚ EIRL

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Ing. Robert Soberón Espinoza ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Reg. N° 226315	A:		A:

 INGEOCYS PERÚ Geotecnia & cimentaciones	INGEOCYS PERÚ E.I.R.L		RUC	20605552022
	DENSIDAD Y PESO UNITARIO - MÉTODO DE DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA		INDECOPI N°	012690-2020
			Formato	F-PUF - 001 IGC
	CONSULTORIA EN GEOTECNIA - ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD		Registro N°	IGC24-LEM-204

PROYECTO	: "MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA"		
SOLICITANTE	: Bach. Brayean Silva Sánchez	MUESTREADO POR	: Solicitante
UBICACIÓN	: Llacanora - Namora - Cajamarca	ENSAYADO POR	: R. Soberon
MATERIAL	: Terreno Natural	FECHA DE ENSAYO	: 15/08/2024

DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE PARTICULAS INALTERADAS E IRREGULARES - METODO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA SEGÚN ASTM D-4892


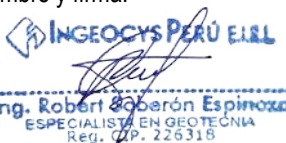
Muestra - Estrato	M-09	M-10	M-11	M-12
Tipo de muestra	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta
Clasificación visual - manual ASTM D-2488	Arcillita	Arcillita	Arcillita	Arcillita
Coordenada Este	789676.82	789541.12	789632.76	789799.46
Coordenada Norte	9204531.91	9204584.45	9204598.02	9204603.38
Elevación / Profundidad de muestreo, m	2972.17	2967.16	2972.86	2992.02
Estación Geomecánica	E33	E35	E36	E37
Numero de ensayo de cada muestra (ID)	9.00	10.00	11.00	12.00
Masa de la muestra húmeda [g]	274.00	305.00	267.00	301.00
Masa de la muestra húmeda + parafina [g]	302.00	316.00	279.00	318.00
Masa de la muestra húmeda + parafina sumergida [g]	154.70	173.36	153.00	172.00
Densidad de la parafina [g/cm ³]	0.87	0.87	0.87	0.87
Masa de la parafina utilizada [g]	28.00	11.00	12.00	17.00
Volúmen de la parafina utilizada [cm ³]	32.18	12.64	13.79	19.54
Volúmen desplazado (suelo + parafina) [cm ³]	147.30	142.64	126.00	146.00
Volúmen del suelo [cm ³]	115.12	130.00	112.21	126.46
Temperatura del agua en el ensayo [°C]	18.50	18.50	18.50	18.50
Corrección de temperatura, K [Adimensional]	1.00030	1.00030	1.00030	1.00030
Densidad húmeda [g/cm ³]	2.38	2.35	2.38	2.38
Densidad húmeda corregida [g/cm³]	2.38	2.35	2.38	2.38
Peso unitario húmedo [kN/m³]	23.36	23.02	23.35	23.36


Observaciones:

* Muestra provista e identificada por el solicitante

* Prohibida su reproducción total o parcial (INDECOPI). Derechos reservados RQ - Ingeocys Perú Eirl.

INGEOCYS PERÚ EIRL

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Ing. Robert Soberón Espinoza ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Reg. CP. 226318	A:		A:

	INGEOCYS PERÚ E.I.R.L		RUC	20605552022
	DENSIDAD Y PESO UNITARIO - MÉTODO DE DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA		INDECOPI N°	012690-2020
			Formato	F-PUF - 001 IGC
	CONSULTORIA EN GEOTECNIA - ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD		Registro N°	IGC24-LEM-204

PROYECTO	: "MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA"		
SOLICITANTE	: Bach. Brayean Silva Sánchez	MUESTREADO POR	: Solicitante
UBICACIÓN	: Llacanora - Namora - Cajamarca	ENSAYADO POR	: R, Soberon
MATERIAL	: Terreno Natural	FECHA DE ENSAYO	: 15/08/2024

DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE PARTICULAS INALTERADAS E IRREGULARES - METODO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA SEGÚN ASTM D-4892

Muestra - Estrato	M-13	M-14	M-15
Tipo de muestra	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta
Clasificación visual - manual ASTM D-2488	Arcillita	Arcillita	Arcillita
Coordenada Este	789891.45	789910.09	789934.79
Coordenada Norte	9204609.94	9204609.77	9204596.20
Elevación / Profundidad de muestreo, m	3009.16	3013.18	3013.96
Estación Geomecánica	E38	E38	E38



Numero de ensayo de cada muestra (ID)	13.00	14.00	15.00
Masa de la muestra húmeda [g]	285.40	311.00	324.00
Masa de la muestra húmeda + parafina [g]	294.00	325.00	336.00
Masa de la muestra húmeda + parafina sumergida [g]	165.80	178.60	186.50
Densidad de la parafina [g/cm ³]	0.87	0.87	0.87
Masa de la parafina utilizada [g]	8.60	14.00	12.00
Volúmen de la parafina utilizada [cm ³]	9.89	16.09	13.79
Volúmen desplazado (suelo + parafina) [cm ³]	128.20	146.40	149.50
Volúmen del suelo [cm ³]	118.31	130.31	135.71
Temperatura del agua en el ensayo [°C]	18.50	18.50	18.50
Corrección de temperatura, K [Adimensional]	1.00030	1.00030	1.00030
Densidad húmeda [g/cm ³]	2.41	2.39	2.39
Densidad húmeda corregida [g/cm³]	2.41	2.39	2.39
Peso unitario húmedo [kN/m³]	23.67	23.42	23.43


Observaciones:

* Muestra provista e identificada por el solicitante

* Prohibida su reproducción total o parcial (INDECOPI). Derechos reservados RQ - Ingeocys Perú Eirl.

INGEOCYS PERÚ EIRL

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Ing. Robert Soberón Espinoza ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Reg. ZP. 226318	A:		A:

	INGEOCYS PERÚ E.I.R.L		RUC	20605552022
	DENSIDAD Y PESO UNITARIO - MÉTODO DE DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA		INDECOPI N°	012690-2020
			Formato	F-PUF - 001 IGC
	CONSULTORIA EN GEOTECNIA - ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD		Registro N°	IGC24-LEM-204

PROYECTO	: "MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA"		
SOLICITANTE	: Bach. Brayean Silva Sánchez	MUESTREADO POR	: Solicitante
UBICACIÓN	: Llacanora - Namora - Cajamarca	ENSAYADO POR	: R, Soberon
MATERIAL	: Terreno Natural	FECHA DE ENSAYO	: 15/08/2024

DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE PARTICULAS INALTERADAS E IRREGULARES - METODO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA O PARAFINA SEGÚN ASTM D-4892

Muestra - Estrato	M-01	M-02	M-03
Tipo de muestra	Roca intacta	Roca intacta	Roca intacta
Clasificación visual - manual ASTM D-2488	Arenisca arcillosa		
Coordenada Este	790956.67	790934.60	790880.10
Coordenada Norte	9204378.95	9204388.71	9204374.57
Elevación / Profundidad de muestreo, m	2978.79	2985.77	2994.45
Estación Geomecánica	E27	E27	E27



Numero de ensayo de cada muestra (ID)	16.00	17.00	18.00
Masa de la muestra húmeda [g]	277.00	288.00	236.00
Masa de la muestra húmeda + parafina [g]	294.00	302.00	247.00
Masa de la muestra húmeda + parafina sumergida [g]	158.70	167.40	142.85
Densidad de la parafina [g/cm ³]	0.87	0.87	0.87
Masa de la parafina utilizada [g]	17.00	14.00	11.00
Volúmen de la parafina utilizada [cm ³]	19.54	16.09	12.64
Volúmen desplazado (suelo + parafina) [cm ³]	135.30	134.60	104.15
Volúmen del suelo [cm ³]	115.76	118.51	91.51
Temperatura del agua en el ensayo [°C]	18.50	18.50	18.50
Corrección de temperatura, K [Adimensional]	1.00030	1.00030	1.00030
Densidad húmeda [g/cm ³]	2.39	2.43	2.58
Densidad húmeda corregida [g/cm³]	2.39	2.43	2.58
Peso unitario húmedo [kN/m³]	23.48	23.85	25.31

Observaciones:

* Muestra provista e identificada por el solicitante

* Prohibida su reproducción total o parcial (INDECOPI). Derechos reservados RQ - Ingeocys Perú Eirl.

INGEOCYS PERÚ EIRL

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Ing. Robert Soberón Espinoza ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Reg. GP. 226316	A:		A:

Activación de Licencia Académica Leapfrog Geo 2023.2.3



Brayean Paul Silva Sánchez

Para: Martha Rojas

Responder Responder a todos Reenviar

Lun 24/06/2024 13:45

Martha buenas tardes, muy agradecido con Seequent y con tu persona por tan amable gestión, efectivamente tengo acceso, muchas gracias nuevamente,

Saludos



Martha Rojas <martha.rojas@seequent.com>

Para: Brayean Paul Silva Sánchez

Hola Brayean,

Buenos días. Por favor me puedes confirmar que tu licencia académica ya fue creada.

Quedo atenta a tu pronta respuesta.

Saludos,

Martha Rojas

Office Coordinator

E martha.rojas@seequent.com

T [+511 6409175](tel:+5116409175) C [+51 970983913](tel:+51970983913)



Seequent. The Bentley Subsurface Company



12 June 2024

Cotización: Q-110430

Facturar a:

Universidad Nacional de Cajamarca
Av. Atahualpa N° 1050
Cajamarca
06002
Peru

Enviar a:

Universidad Nacional de Cajamarca
Av. Atahualpa N° 1050
Cajamarca
06002
Peru

Condiciones de pago

Fecha de vencimiento de cotización: 06/Jul/2024

Condiciones de pago: Due on receipt of invoice

Detalles de la cotización

Artículo	Tipo	Plazo (Días)	Cant.	Precio neto (USD)
Leapfrog Geo Research - Academic Bundle	Shared License	183	1	0.00

Total (USD): 0.0

About Leapfrog Geo

About **Permissions** Copyright Disclaimer System Info. OpenGL Extensions

Session Details

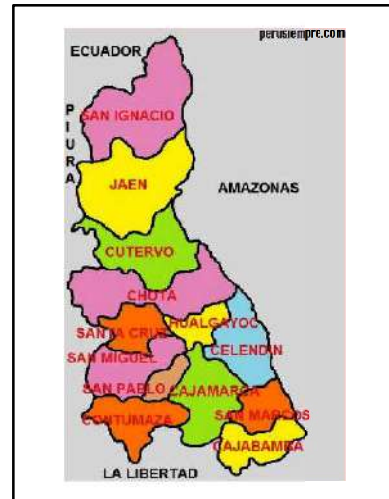
User: Brayean Paul Silva Sánchez
Email: bsilvas@unc.edu.pe
Subscription expires: 23/12/2024 (86 days)
Session expires: 28/09/2024 10:24:33 (3 hours)
Token: 6775be83-61e6-4fcc-b9d6-0c9f76e45c0b
Organisation/Group: Universidad Nacional de Cajamarca : Geo Research 2024

PLANO DE UBICACIÓN

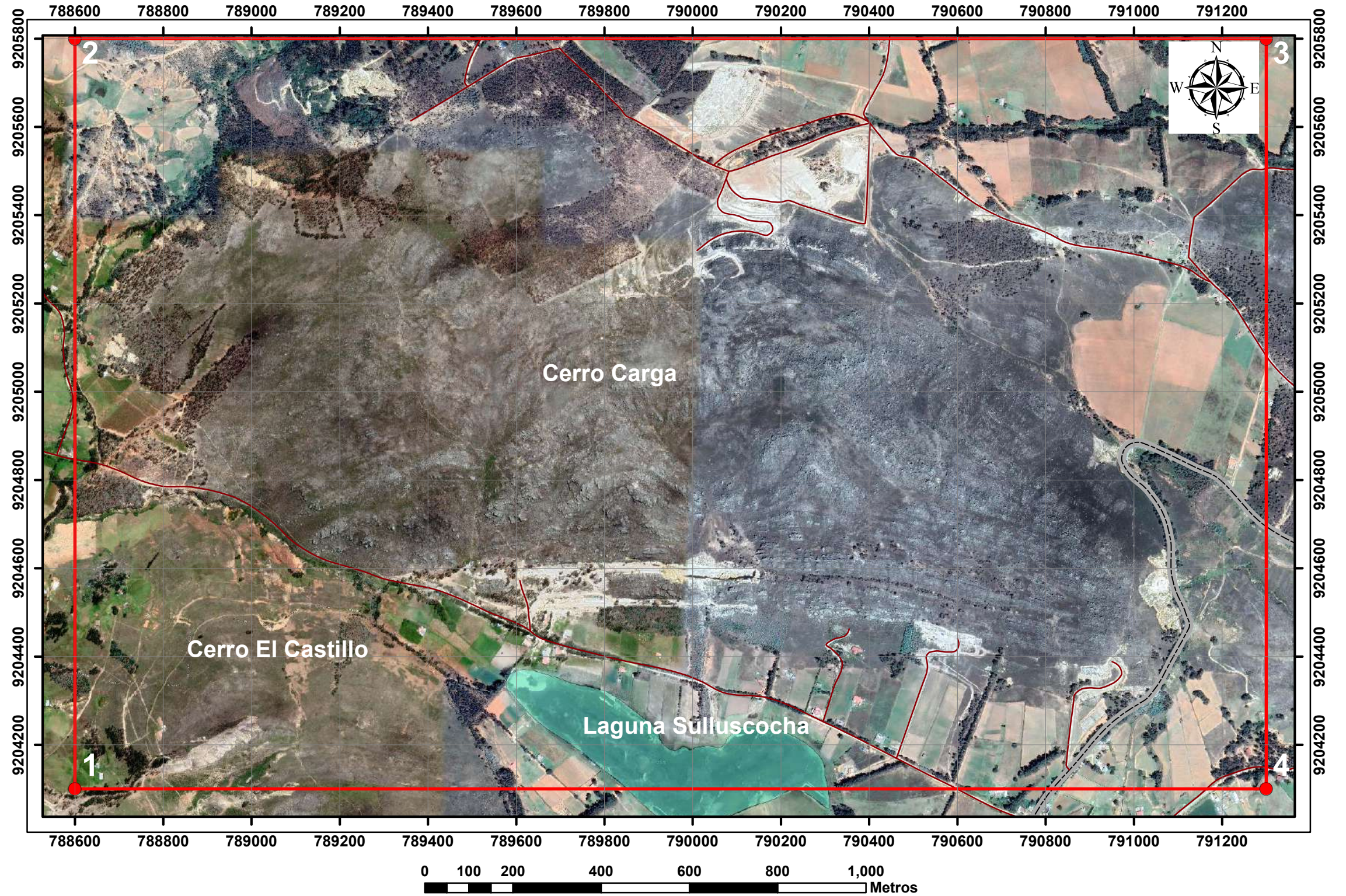
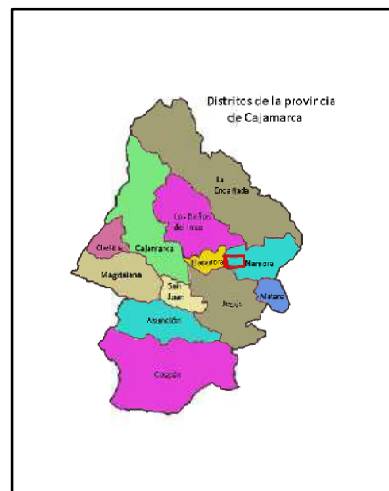
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA



PROVINCIA DE CAJAMARCA



DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA



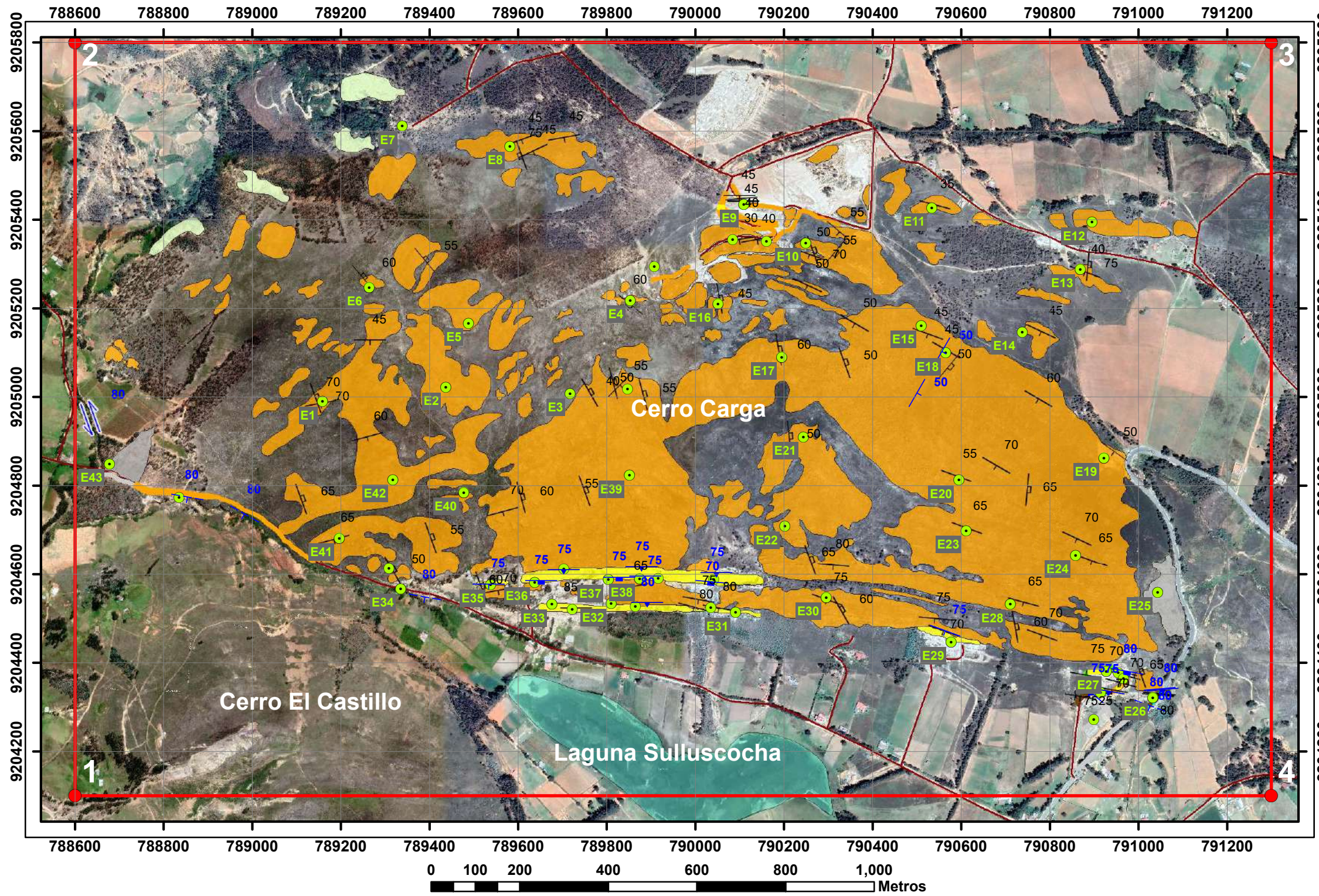
LEYENDA	
●	Vértices
	Área de Trabajo
	Trocha
	Vía Cajamarca-Namora
	Laguna Sulluscocha

VÉRTICE	ESTE	NORTE
1	788600	9204100
2	788600	9205800
3	791300	9205800
4	791300	9204100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		PLANO N°: 01
TESIS: MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA		
PLANO: UBICACIÓN		DATUM: WGS1984 Z17S
TESISTA: Bach. BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ		
ASESOR: M. Cs. Ing. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA		ESCALA: 1/10000
		Fecha: Setiembre, 2024

PLANO DE CARTOGRAFIADO GEOLÓGICO



LITOLOGÍA

Cartografiado Afloramientos

- Areniscas_Formación Farrat
- Arcillas (Limolitas)_Formación Farrat
- Areniscas + Arcillas_Formación Carhuaz
- Depósitos Cuaternarios

Cartografiado Cortes Carreteras

- Areniscas_Formación Farrat
- Arcillas (Limolitas)_Formación Farrat
- Arenisca Arcillosa_Formación Farrat
- Areniscas + Arcillas_Formación Carhuaz
- Arenisca Gris + Limolitas_Formación Santa
- Limolitas_Formación Santa
- Depósitos Cuaternarios

ESTRUCTURAS

- Estratificación
- Fallas
- Falla Sinistral
- Falla Normal
- Falla Inversa
- Falla Inversa Inferida
- Joints

LEYENDA

- Estaciones Cartografiado
- Vértices
- Área de Trabajo
- Laguna Sulluscocha
- Trocha

VÉRTICE	ESTE	NORTE
1	788600	9204100
2	788600	9205800
3	791300	9205800
4	791300	9204100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
TESIS: MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA	
PLANO:	CARTOGRAFIADO GEOLÓGICO
TESISTA:	Bach. BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ
ASESOR:	M. Cs. Ing. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA

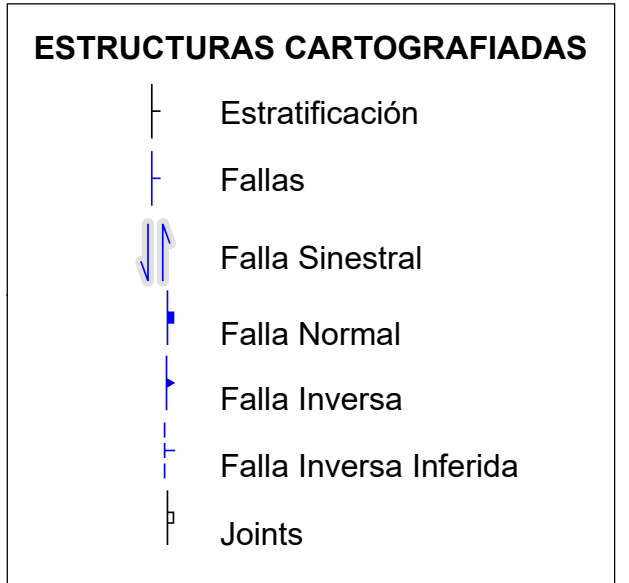
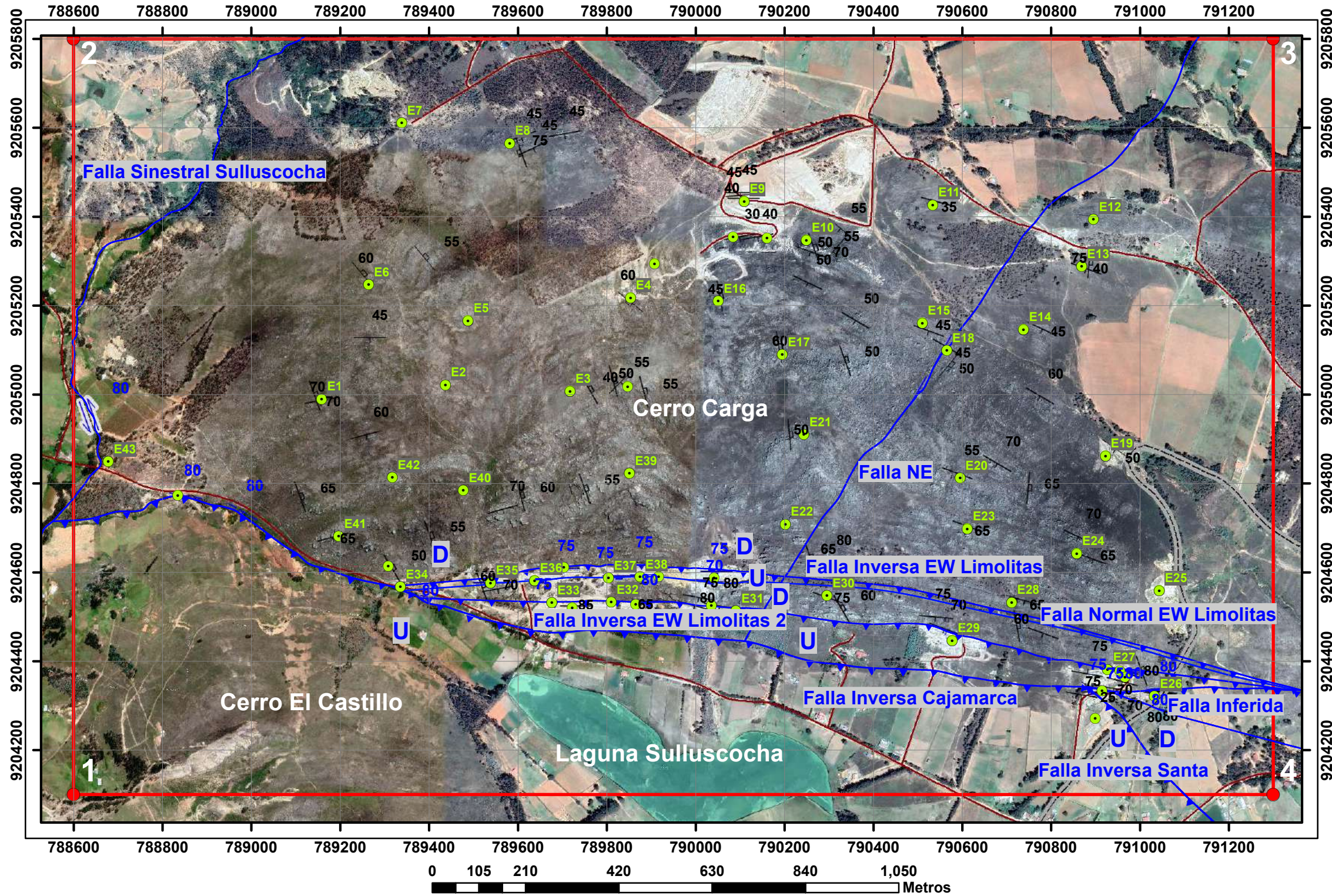
PLANO N°:
02

DATUM:
WGS1984 Z17S

ESCALA: 1/10000

Fecha: Setiembre, 2024

PLANO ESTRUCTURAL INTERPRETADO



LEYENDA

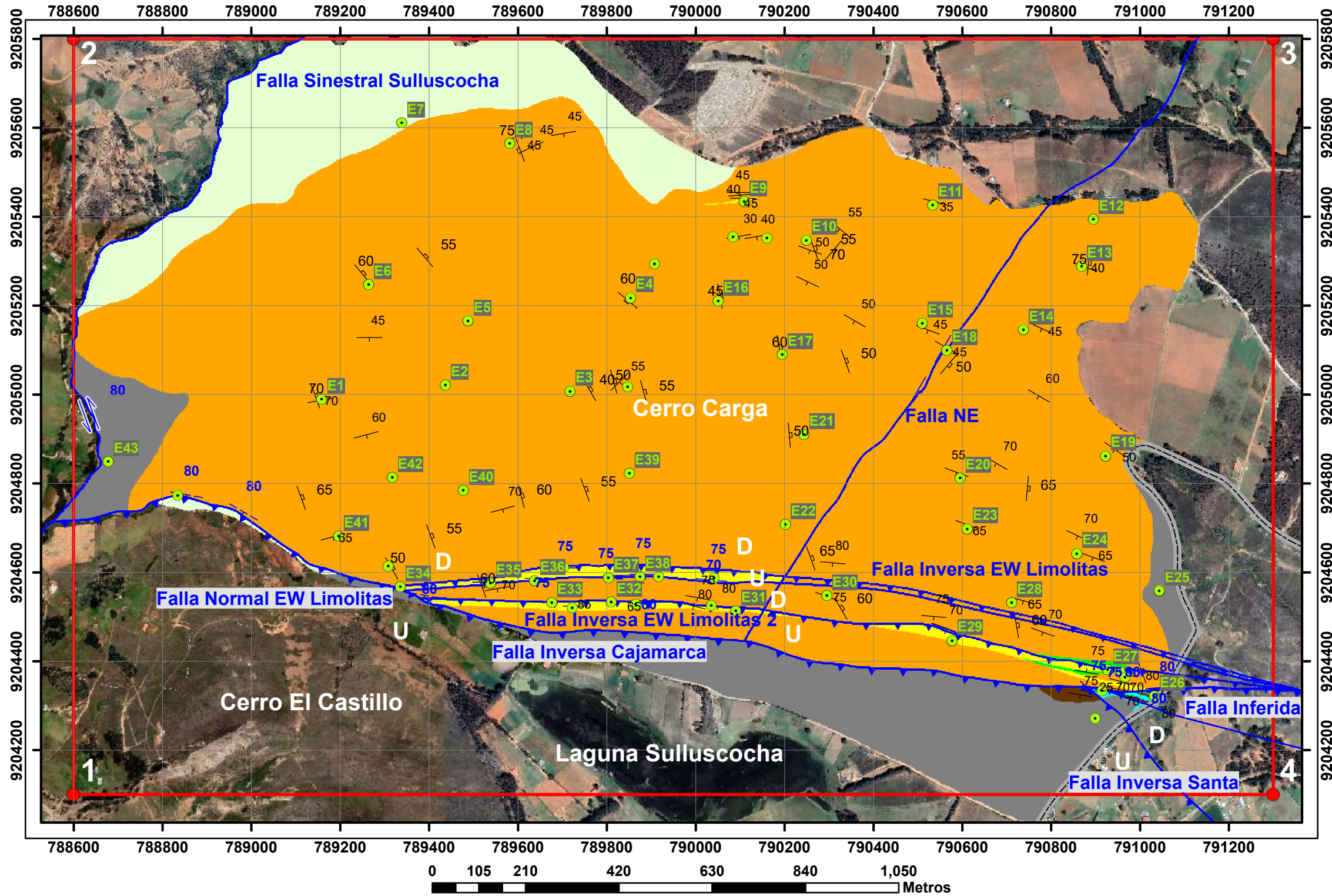
- Estaciones Cartografiado
- Vértices
- Área de Trabajo
- Laguna Sulluscocha
- Vía Cajamarca-Namora
- Trocha

VÉRTICE	ESTE	NORTE
1	788600	9204100
2	788600	9205800
3	791300	9205800
4	791300	9204100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		PLANO N°: 03
TESIS: MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA		
PLANO: ESTRUCTURAL INTERPRETADO		DATUM: WGS1984 Z17S
TESISTA: Bach. BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ		
ASESOR: M. Cs. Ing. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA		ESCALA: 1/10000 Fecha: Setiembre, 2024

PLANO GEOLÓGICO POR LITOLOGÍAS



LITOLOGÍA	
	Depósitos Cuaternarios
	Arcillas (Limolitas)_Formación Farrat
	Areniscas Arcillosas_Formación Farrat
	Areniscas_Formación Farrat
	Areniscas + Arcillas_Formación Carhuaz
	Limolitas_Formación Santa
	Areniscas Grises_Formación Santa

ESTRUCTURAS	
	Estratificación
	Fallas
	Falla Sinistral
	Falla Normal
	Falla Inversa
	Falla Inversa Inferida
	Joints

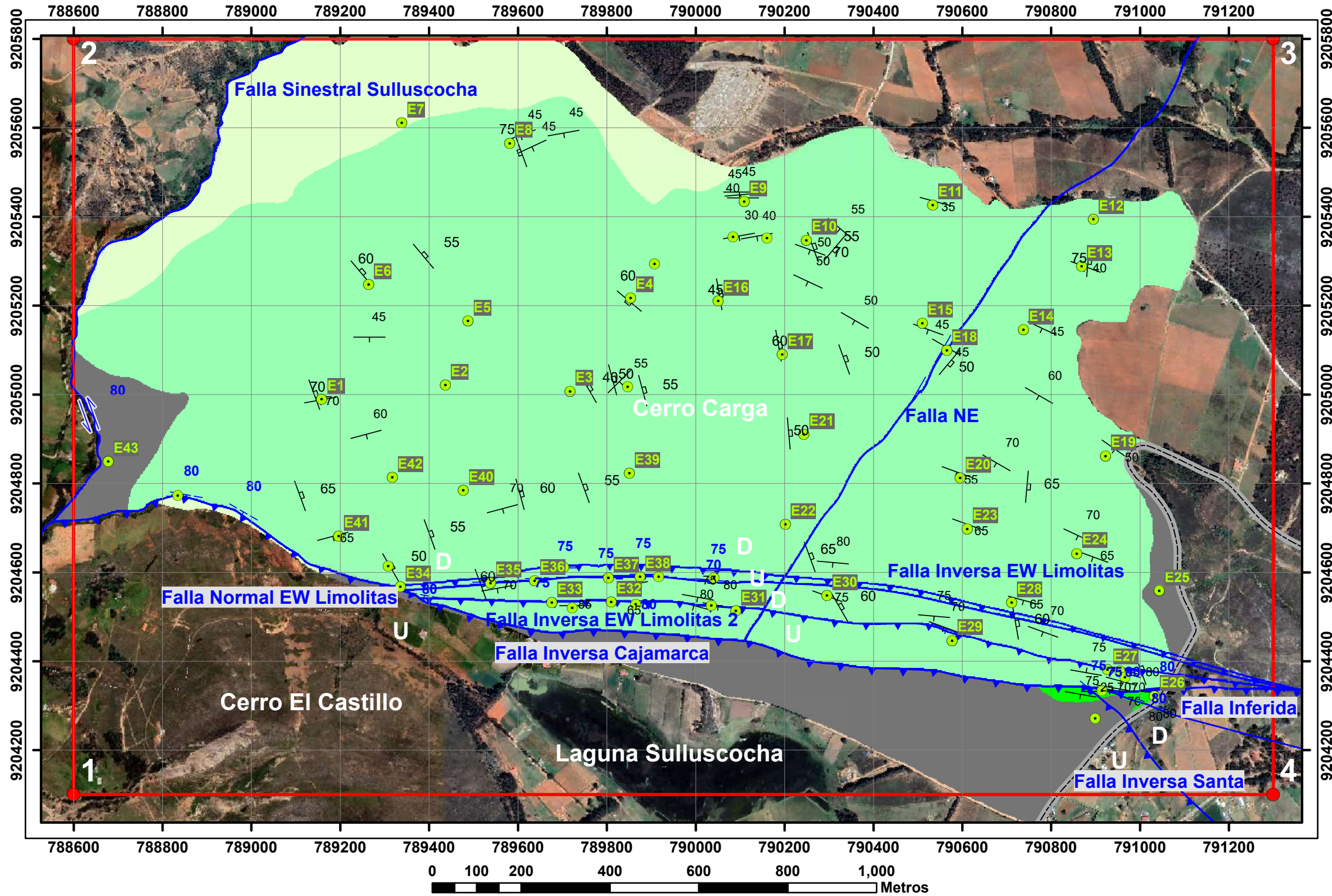
LEYENDA	
	Estaciones Cartografiado
	Vértices
	Falla_Inversa_EW_Limolitas_2
	Área de Trabajo
	Vía Cajamarca-Namora

VÉRTICE	ESTE	NORTE
1	788600	9204100
2	788600	9205800
3	791300	9205800
4	791300	9204100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		PLANO N°: 04
TESIS: MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA		
PLANO: PLANO GEOLÓGICO POR LITOLOGÍAS		DATUM: WGS1984_Z17S
TESISTA: Bach. BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ		
ASESOR: M. Cs. Ing. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA		ESCALA: 1/10000
		Fecha: Setiembre, 2024

PLANO GEOLÓGICO POR FORMACIONES



FORMACIONES GEOLÓGICAS

- Depósitos Cuaternarios
- Formación Farrat (Ki-f)
- Formación Carhuaz (Ki-ca)
- Formación Santa (Ki-sa)

ESTRUCTURAS

- Estratificación
- Fallas
- Falla Sinistral
- Falla Normal
- Falla Inversa
- Falla Inversa Inferida
- Joints

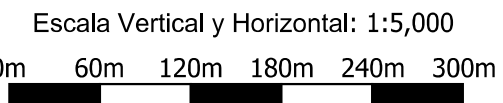
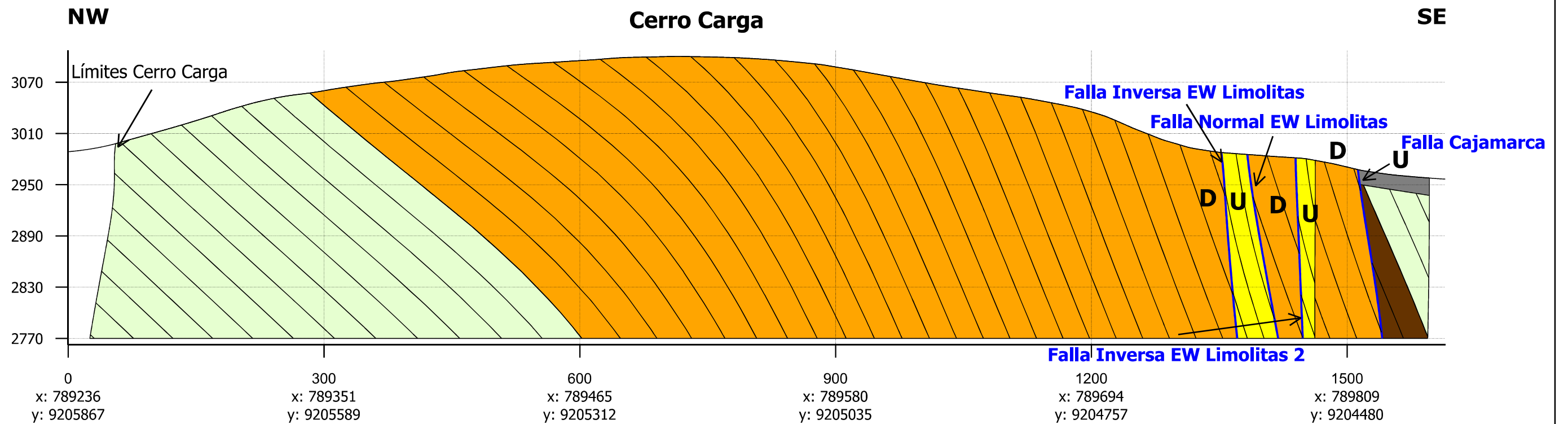
VÉRTICE	ESTE	NORTE
1	788600	9204100
2	788600	9205800
3	791300	9205800
4	791300	9204100

LEYENDA	
	Estaciones Cartografiado
	Vértices
	Área de Trabajo
	Vía Cajamarca-Namora

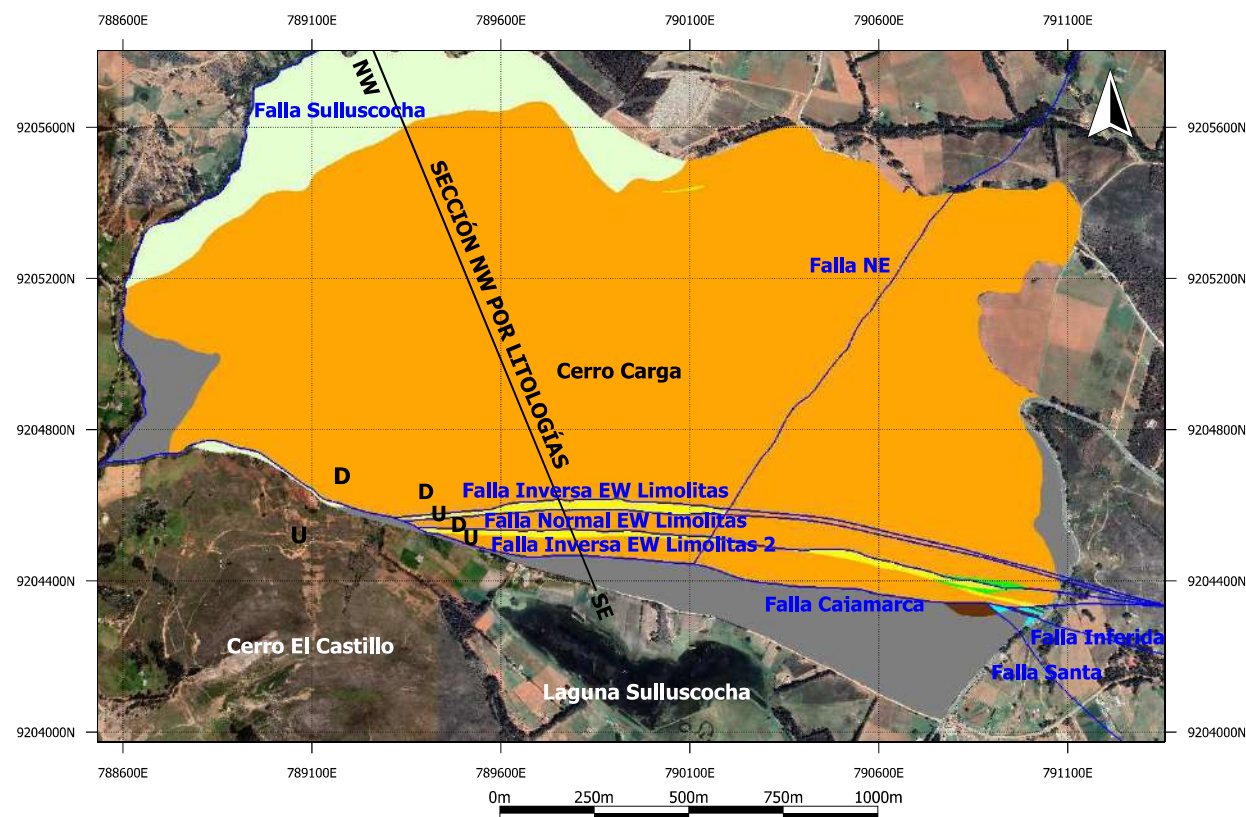


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA		
PLANO:	PLANO GEOLÓGICO POR FORMACIONES	
TESISTA:	Bach. BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ	
ASESOR:	M. Cs. Ing. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA	
		PLANO N°:
		05
		DATUM:
		WGS1984_Z17S
		ESCALA: 1/10000
		Fecha: Setiembre, 2024

SECCIÓN NW POR LITOLOGÍAS



Vista en Planta

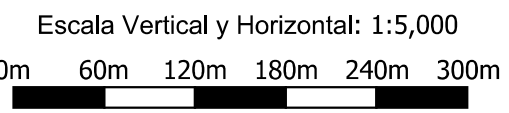
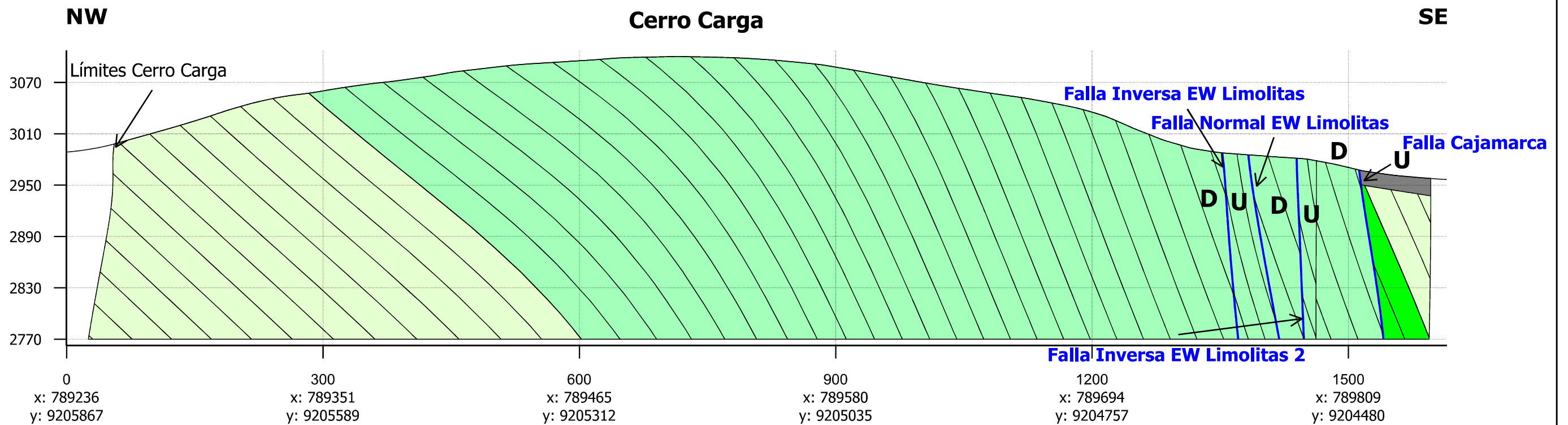


LEYENDA	
Estructuras	U: Up: Bloque que Sube
— Fallas	D: Down: Bloque que Baja
Litología	
■ Depósitos Cuaternarios	■ Areniscas+Arcillas_Carhuaz
■ Arcillas (Limolitas)_Farrat	■ Areniscas_Santa
■ Areniscas_Farrat	

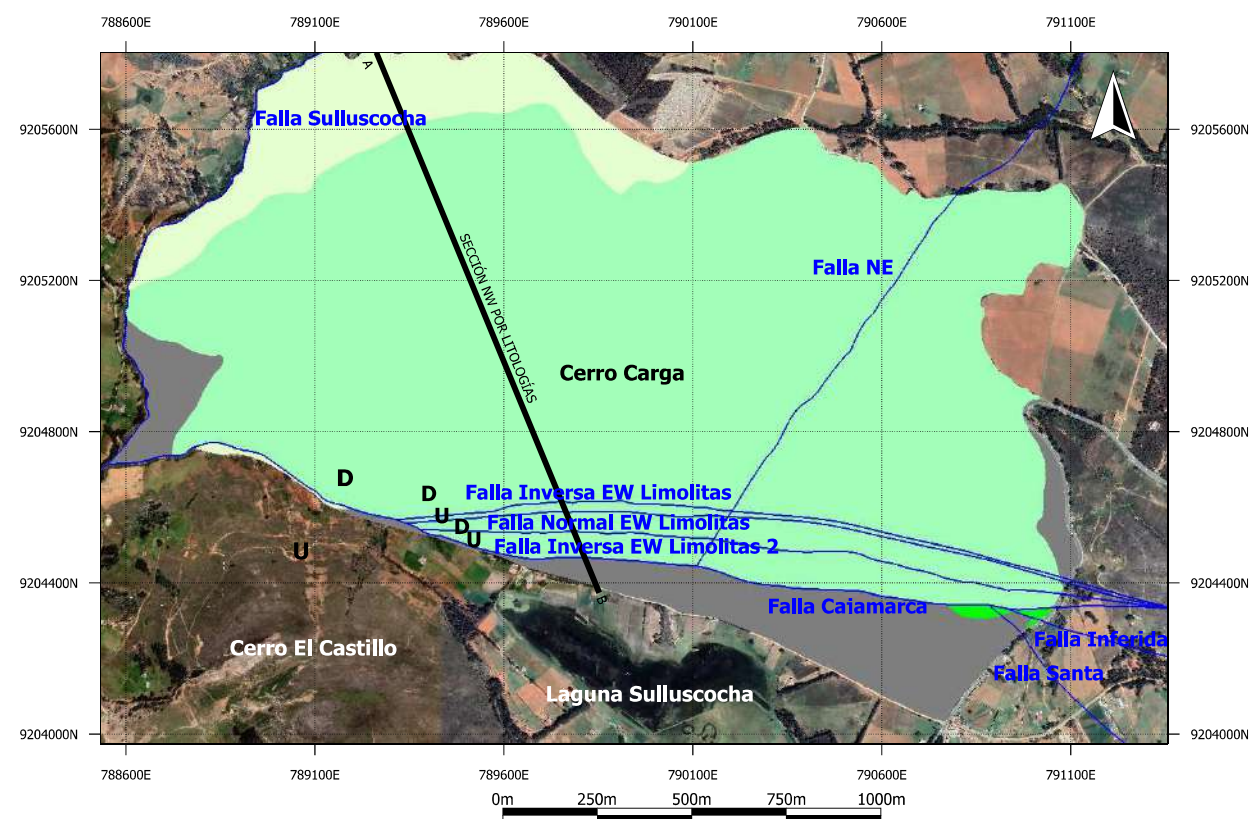


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA		
PLANO:		06
SECCIÓN NW POR LITOLOGÍAS		
TESISTA:		DATUM:
Bach. BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ		WGS1984_Z17S
ASESOR:		ESCALA: 1/5000
M. Cs. Ing. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA		Fecha: Setiembre, 2024

SECCIÓN NW POR FORMACIONES



Vista en Planta



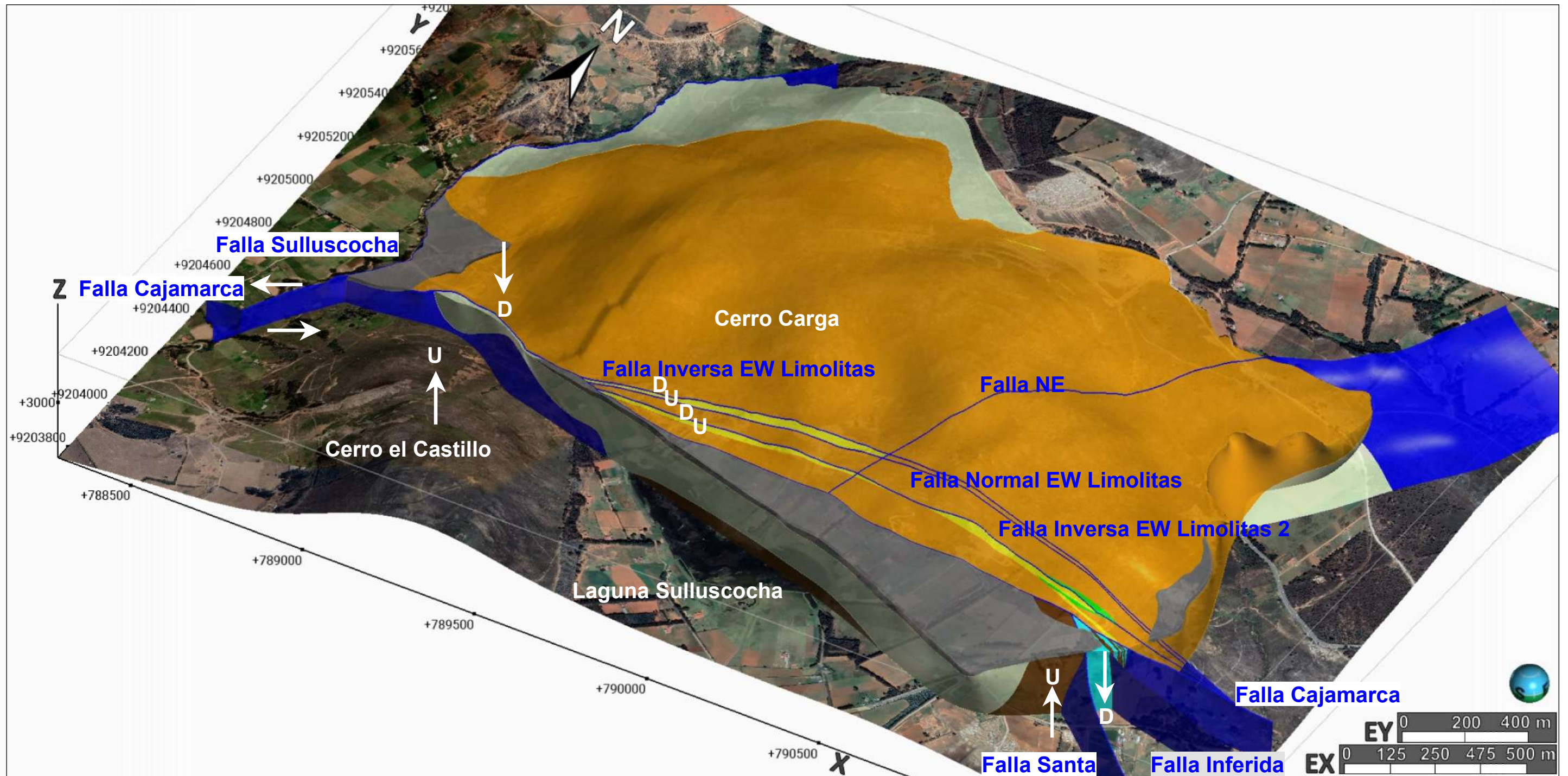
LEYENDA








- Estructuras**
- Fallas
- U:** Up: Bloque que Sube
D: Down: Bloque que Baja
- Formaciones Geológicas**
- Depósitos Cuaternarios
 - Formación Carhuaz (Ki-ca)
 - Formación Farrat (Ki-f)
 - Formación Santa (Ki-sa)




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA		
PLANO: SECCIÓN NW POR FORMACIONES GEOLÓGICAS		PLANO N°: 07
TESISTA: Bach. BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ		DATUM: WGS1984_Z17S
ASESOR: M. Cs. Ing. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA		ESCALA: 1/5000 Fecha: Setiembre, 2024

MODELO 3D LITOLÓGICO Y ESTRUCTURAL DEL CERRO CARGA

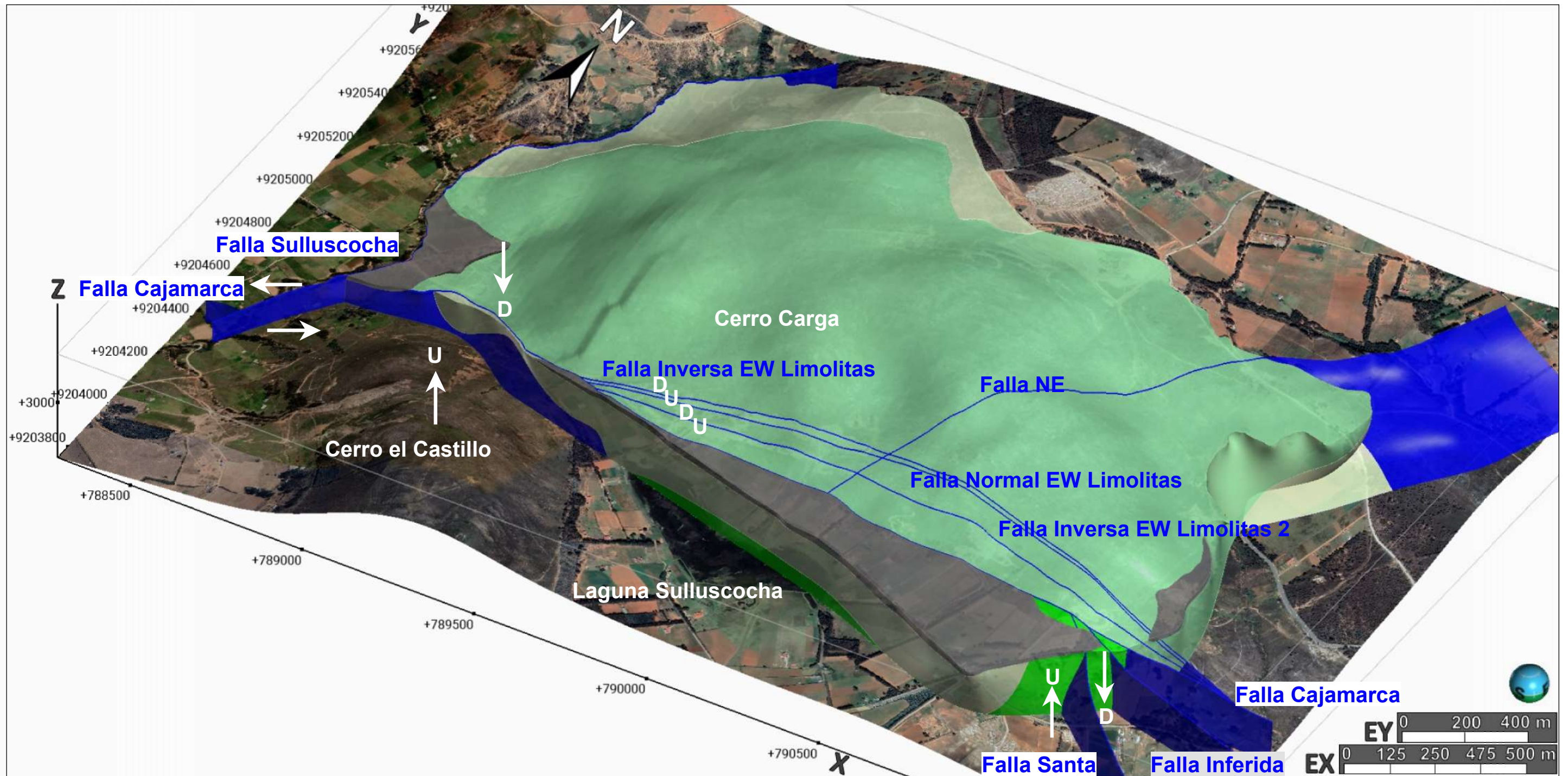


LITOLOGÍA	
	Depósitos Cuaternarios
	Areniscas Formación Farrat
	Areniscas Arcillosas Formación Farrat
	Arcillas (Limolitas) Formación Farrat
	Areniscas + Arcillas Formación Carhuaz
	Areniscas Grises Formación Santa
	Limolitas Formación Santa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		PLANO N°: 08
TESIS: MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA		
PLANO: MODELO 3D LITOLÓGICO Y ESTRUCTURAL DEL CERRO CARGA		DATUM: WGS1984_Z17S
TESISTA: Bach. BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ		
ASESOR: M. Cs. Ing. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA		Fecha: Setiembre, 2024

MODELO 3D FORMACIONAL Y ESTRUCTURAL DEL CERRO CARGA



FORMACIONES GEOLÓGICAS	
	Depósitos Cuaternarios
	Formación Farrat (Ki-f)
	Formación Carhuaz (Ki-ca)
	Formación Santa (Ki-sa)

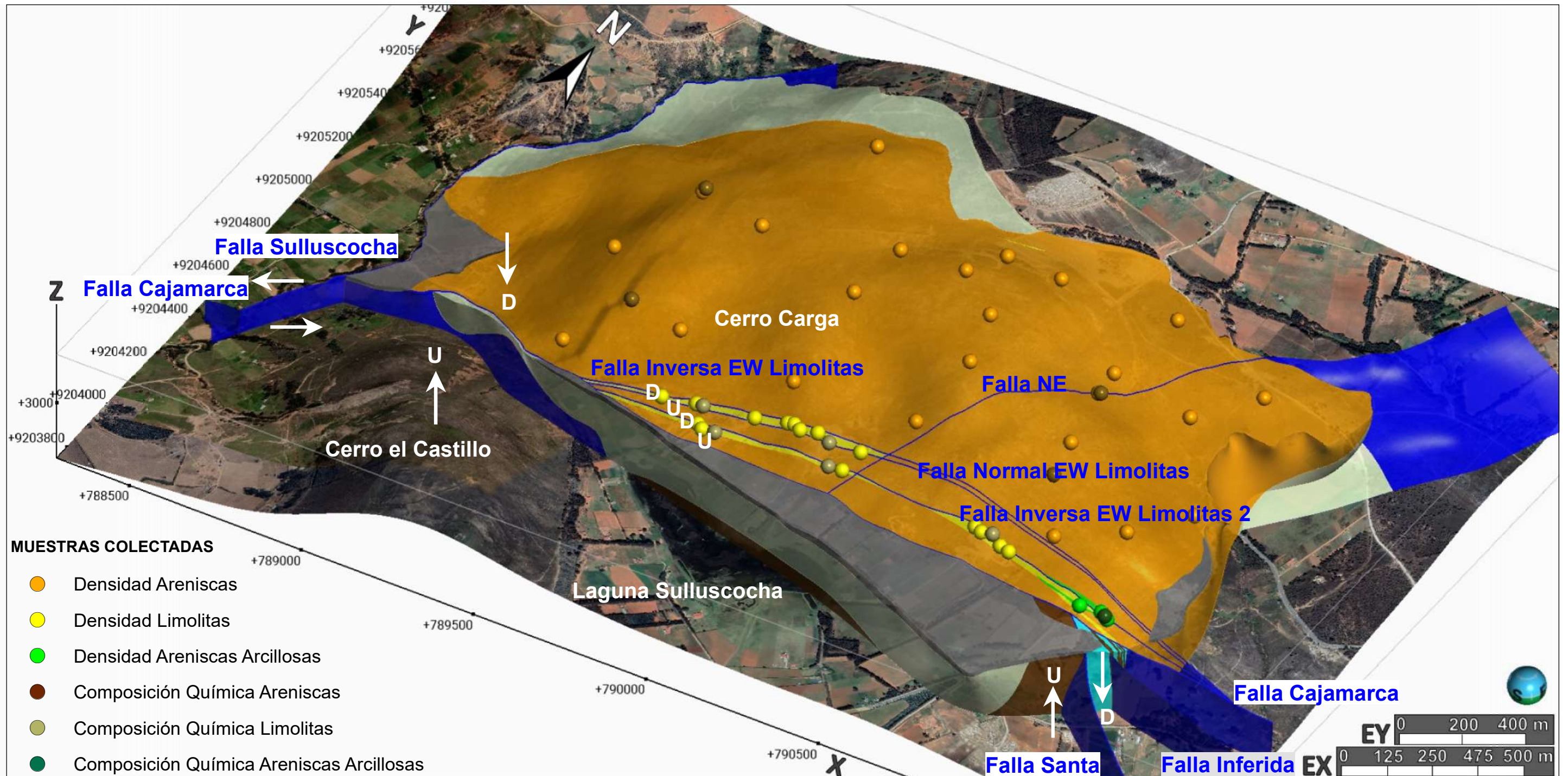


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
TESIS: MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA	
PLANO:	MODELO 3D FORMACIONAL Y ESTRUCTURAL DEL CERRO CARGA
TESISTA:	Bach. BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ
ASESOR:	M. Cs. Ing. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA



PLANO N°:	09
DATUM:	WGS1984_Z17S
Fecha:	Setiembre, 2024

MODELO 3D MOSTRANDO MUESTRAS COLECTADAS EN EL CERRO CARGA



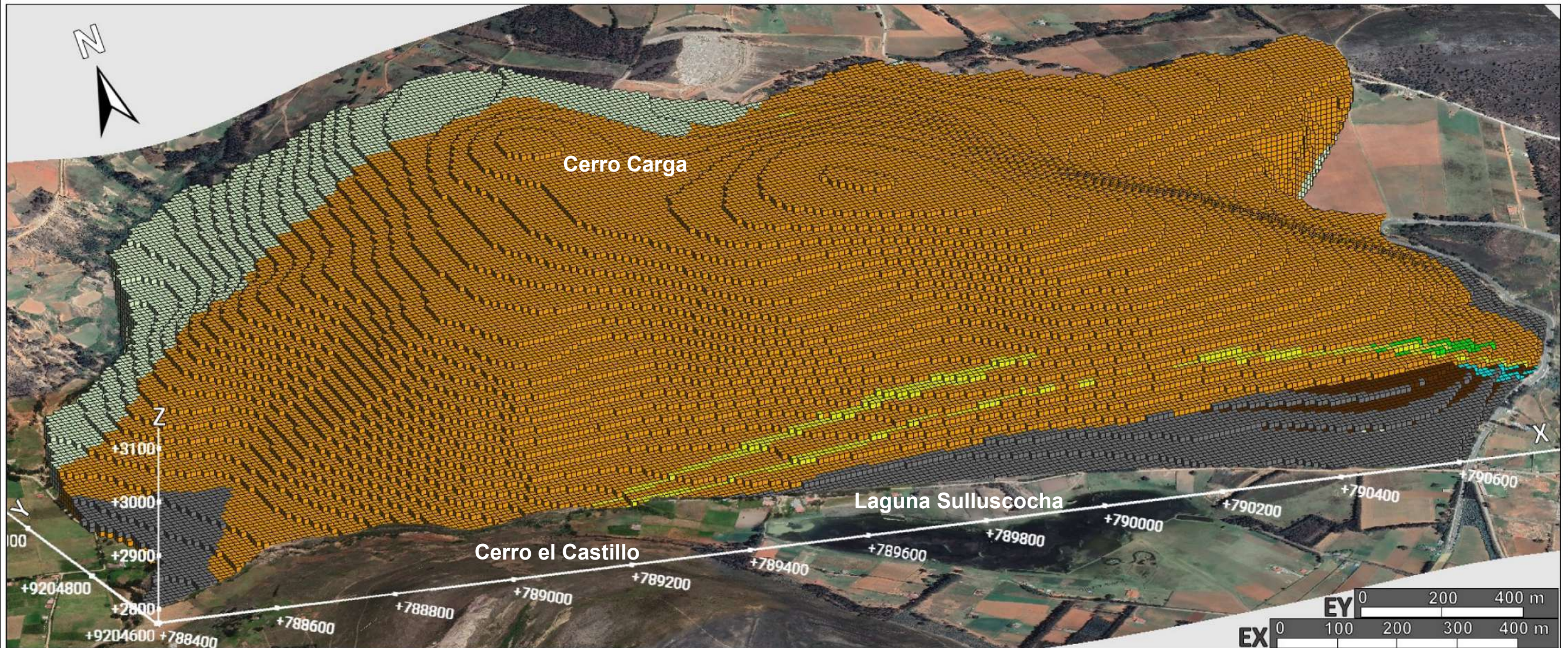
LITOLOGÍA	
	Depósitos Cuaternarios
	Areniscas Formación Farrat
	Areniscas Arcillosas Formación Farrat
	Arcillas (Limolitas) Formación Farrat
	Areniscas + Arcillas Formación Carhuaz
	Areniscas Grises Formación Santa
	Limolitas Formación Santa






UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
TESIS: MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA	
PLANO:	MODELO 3D MOSTRANDO MUESTRAS COLECTADAS EN EL CERRO CARGA
TESISTA:	Bach. BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ
ASESOR:	M. Cs. Ing. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA

PLANO N°:
10
DATUM:
WGS1984_Z17S
Fecha: Setiembre, 2024

MODELO DE BLOQUES 3D POR LITOLOGÍA MOSTRANDO LOS TONELAJES CALCULADOS EN EL CERRO CARGA



BLOQUES	Densidad Promedio (Tn/m ³)	VOLUMEN (m ³)		TONELAJE (Tn)	
		Reservas Probables:	Recursos Inferidos	Reservas Probables:	Recursos Inferidos
 Areniscas	2.58	343,667,000	163,744,000	886,660,860	422,459,520
 Limolitas	2.38	6,908,000	7,723,000	16,441,040	18,380,740
 Areniscas arcillosas	2.47	399,000	78,000	985,530	192,660
TOTAL	-	350,974,000	171,545,000	904,087,430	441,032,920



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
TESIS: MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LAS ARENISCAS Y ARCILLAS DE LA FORMACIÓN FARRAT USANDO SOFTWARE LEAPFROG GEO EN EL CERRO CARGA - DISTRITOS DE LLACANORA Y NAMORA - CAJAMARCA
PLANO: MODELO DE BLOQUES 3D POR LITOLOGÍAS MOSTRANDO TONELAJES
TESISTA: Bach. BRAYEAN PAUL SILVA SÁNCHEZ
ASESOR: M. Cs. Ing. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA



PLANO N°: 11
DATUM: WGS1984_Z17S
Fecha: Setiembre, 2024