

Estimación de los recursos geológicos del manto de carbón #50 de la Fm Los Cuervos en la mina Las Delicias, ubicada en el municipio de Santiago, Norte de Santander perteneciente a la empresa CARBOEXCO mediante la metodología de ECOCARBÓN y el ECRR CRIRSCO para la generación de un mapa de recursos geológico



Brayam Yesid Medina Rodríguez



Universidad de Pamplona

Programa de Geología

Tutor Académico

Msc. Ilich Sebastián Villamizar Solano

Director Empresarial

Jesús Omar Marthey Cepeda

Villa Del Rosario, Norte de Santander

2024

Estimación de los recursos geológicos del manto de carbón #50 de la Fm Los Cuervos en la mina Las Delicias, ubicada en el municipio de Santiago, Norte de Santander perteneciente a la empresa CARBOEXCO mediante la metodología de ECOCARBÓN y el ECRR CRIRSCO para la generación de un mapa de recursos geológico

Director académico

Msc. Ilich Sebastián Villamizar Solano

Director empresarial

Jesús Omar Marthey Cepeda

Trabajo de grado, modalidad práctica empresarial

Presentado como requisito para optar al título de Geólogo

Universidad de Pamplona

Villa del Rosario, Norte de Santander

2024

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre por apoyarme en todo mi proceso, solo con su ejemplo y fortaleza me ha inspirado a nunca rendirme y solo descansar en la cima. A mi familia por respaldarme y apoyarme.

A la Universidad de pamplona y al programa de Geología por permitirme entrar en el maravilloso mundo de la Geología, conjunto al cuerpo docente por los conocimientos brindados, especialmente al docente y director de trabajo de grado Ilich Sebastián Villamizar Solano por su paciencia y asesoría.

Finalmente, a la empresa Carbones de exportación de Colombia (CARBOEXCO) por apoyar el desarrollo de este proyecto y por permitirme adquirir el conocimiento para el desarrollo de mi vida profesional

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	9
2.	Objetivos	11
2.1	Objetivo General.....	11
2.2	Objetivos Específicos.....	11
3.	Generalidades.....	12
3.1	Localización del área de estudio.....	12
4.	Marco Teórico	13
4.1	Marco Geológico.....	13
4.1.1	Geología Regional.....	13
4.1.2	Estratigrafía.....	14
4.2	Tectonica Regional	17
4.2.1	Fallas	17
4.2.2	Pliegues.....	18
4.3	Recursos y Reservas	19
4.3.1	Recurso Mineral	19
4.3.2	Categoría de los Recursos	19
4.3.3	Calculo de los Recursos de Carbón.....	20
4.3.4	Reservas Minerales	23
5.	Metodología	24
5.1	Etapa 1. Recopilación y análisis de la bibliografía existente.....	24
5.2	Etapa 2. Obtención de datos y fase de Campo	25
5.3	Etapa 3. Tratamiento e interpretación de la Información.	26
5.3	Etapa 4. Elaboración y entrega del documento final.....	27
6.	Resultados.....	28
6.1	Geología Local.....	29
6.1.1	Formación Barco (E1b).....	30
6.1.2	Formación Los Cuervos (E1E2c).....	32
6.1.3	Formación Mirador (E2m)	35
6.2	Geología Estructural Local.....	37
6.2.1	Falla Potosí.....	38
6.3	Descripción Del Manto De Carbón	39
6.3.1	Manto Pequeño (Manto #50):	39
6.4	Estimación de los recursos Geológicos del Manto de Carbón #50	41

6.4.1	Traza de afloramiento y contornos Estructurales del Manto de Carbón	41
6.4.2	Mapa De Recursos Geológicos Del Manto De Carbón.....	42
6.4.3	Estimación de los Recursos Geológicos del Manto de Carbón	43
7.	Conclusiones	46
8.	Recomendaciones	47
9.	Referencias Bibliográficas.....	48

Lista De Figuras

Ilustración 1. Mapa de Ubicación del Título 220R. Fuente: Autor	12
Ilustración 2. Ecuación de Estimacion. Fuente: (ECOCARBON,1995)	22
Ilustración 3. Diagrama de Flujo Metodológico. Fuente: Autor.....	24
Ilustración 4. Mapa de la Geología Local. Fuente: Autor	29
Ilustración 5. Secuencia de areniscas de Grano Medio de la Fm. Barco . Fuente: Autor.	31
Ilustración 6. Intercalación de areniscas con Concreciones de Hierro. Fuente: Autor	32
Ilustración 7. Secuencia de lodolitas, arcillolitas y areniscas .Fuente: Autor.....	34
Ilustración 8. Afloramiento fallado con presencia de la falla Potosí. Fuente Autor	38
Ilustración 9. Apique #1 del Manto #50. Fuente: Autor	40
Ilustración 10. Apique #2 del Manto #50. Fuente: Autor	40
Ilustración 11. Mapa de Traza y Contornos Estructurales del Manto #50. Fuente: Autor	41
Ilustración 12. Mapa de Recursos Geológicos del Manto#50. Fuente: Autor	42
Ilustración 13. Puntos de Control para la estimación de los Recursos. Fuente: Autor	43
Ilustración 14. Valores Para La Estimación De Los Recursos. Fuente: Autor	44
Ilustración 15. Estimación de los Recursos Inferidos. Fuente: Autor	44
Ilustración 16. Estimación de los Recursos Indicados. Fuente: Autor	44
Ilustración 17. Estimación de los Recursos Medidos. Fuente: Autor	45
Ilustración 18. Recursos Geológicos Totales del Manto de Carbón #50. Fuente: Autor .	45

Resumen

El presente trabajo tiene como propósito la estimación de los recursos del manto de carbón #50 de la Formación Los Cuervos de la mina Las Delicias, ubicada en el municipio de Santiago, Norte de Santander perteneciente a la empresa CARBOEXCO. La actividad se realiza para conocer de manera certera la cantidad de recursos explotables en el proyecto minero, a su vez de obtener información actualizada de la geología local del predio.

Para el éxito de este proyecto se realiza una sucesión de fases en las que destaca la fase de campo consistiendo en la obtención de datos litológicos y estructurales relevantes de las 41 estaciones de campo y la fase de oficina basándose en la elaboración de cinco mapas y la estimación de los recursos en base a la metodología de ECOCARBÓN para mantos de carbón con inclinación y el Estándar Colombiano para el reporte público de resultados de exploración, recursos y reservas minerales (ECRR).

Como resultados principales se observa el mapa geológico local de la mina Las Delicias, el mapa de recursos geológicos del manto de carbón #50 y su correspondiente estimación. Observamos tres formaciones geológicas aflorantes en la zona, como lo son la Fm Los Cuervos, la Fm Barco y la Fm Mirador, estimándose una cantidad de recursos totales cercana a 1.386.059 para el manto de carbón #50 (Manto Pequeño).

Palabras Claves: Formación Los Cuervos, Estimación de Recursos, Carbón.

Abstract

The purpose of this work is to estimate the resources of coal seam #50 of Los Cuervos Formation of Las Delicias mine, located in the municipality of Santiago, Norte de Santander, belonging to CARBOEXCO company. The activity was carried out to know the amount of exploitable resources in the mining project, as well as to obtain updated information on the local geology of the property.

For the success of this project, a succession of phases was carried out in which the field phase consisted of obtaining relevant lithological and structural data from the 41 field stations and the office phase based on the elaboration of five maps and the estimation of the resources based on the ECOCARBON methodology for coal seams with inclination and the Colombian Standard for the public reporting of exploration results, resources and mineral reserves (ECRR).

As main results we found the local geological map of Las Delicias mine, the geological resource map of coal seam #50 and its corresponding estimation. Observing three geological formations outcropping in the area, such as Los Cuervos Fm, Barco Fm and Mirador Fm, estimating a total amount of resources close to 1,386,059 for coal seam #50 (Manto Pequeño).

Key words: Los Cuervos Formation, Resource Estimation, Coal.

1. Introducción

La estimación de recursos geológicos desempeña un papel importante en la actividad e inversión económica de cualquier proyecto minero, mejorando la comprensión y aprovechamiento del yacimiento a explotar (US Geological Survey, 2003). Por ende se realiza un trabajo investigativo en la mina Las Delicias, ubicada en el municipio de Santiago, Norte de Santander, dicho documento tiene como principal objetivo realizar la estimación de los recursos geológicos del manto de carbón # 50 de la Fm Los Cuervos, a su vez de elaborar la cartografía geológica superficial a escala 1:5.000 y la recopilación de la información geológica.

El título se encuentra dividido en dos bloques mineros, el bloque Norte o Delicias y el bloque Sur o San José, siendo su frontera o línea divisoria la quebrada Potosí. Para el presente trabajo se trabajará el bloque Delicias producto de la titularidad de las tierras por parte de la empresa, en la actualidad no se presentan labores mineras activas.

Para esta labor se realizaron diferentes etapas en las que destaca la fase de campo en donde se toman todos los datos geológicos relevantes de los diferentes afloramientos y apiques, ubicándolos geográficamente, tomando espesores del manto de carbón, datos estructurales y la descripción de los respaldos, posteriormente la fase de oficina destacando la elaboración de los contornos estructurales con el método geométrico de la traza y se finaliza con la estimación de los recursos geológicos con la metodología de ECOCARBÓN y la normativa establecida en el Estándar Colombiano para el reporte público de resultados de exploración, recursos y reservas minerales (ECRR).

La importancia de este tipo de trabajos investigativos inicia desde el enriquecimiento de la base de la información geológica local y regional necesaria para toda empresa minera que

desee comprender mejor la complejidad del yacimiento mineral, direccionando trabajos de prospección, exploración y explotación de los recursos en futuros procesos, a su vez este tipo de trabajos estima y cuantifica las cantidades cercanas al recurso real mediante metodologías ya establecidas, sirviendo como base para la toma de decisiones y planteamientos económicos a futuras inversiones para la empresa minera titular, finalmente este tipo de trabajos realizan un aporte científico a una zona carente de ello o con información limitada y privada, influyendo en futuras investigaciones de carácter similar.

2. Objetivos

A continuación, se exponen los objetivos postulados para el desarrollo del proyecto.

2.1 Objetivo General

Determinar los recursos geológicos del manto de carbón #50 de la Fm Los Cuervos en la mina Las Delicias, ubicada en el municipio de Santiago, Norte de Santander perteneciente a la empresa CARBOEXCO mediante la metodología de ECOCARBON y el ECRR CRIRSCO para la generación de un mapa de recursos geológicos

2.2 Objetivos Específicos

- Establecer un marco geológico preliminar de las unidades litoestratigráficas aflorantes en la mina Las Delicias ubicada en el municipio de Santiago, Norte de Santander.
- Generar la cartografía geológica superficial del área de interés a escala 1:5000.
- Establecer la distribución de los recursos geológicos del manto de carbón #50 del título minero Las Delicias en el municipio de Santiago, Norte de Santander como insumo para la elaboración de un mapa de recursos geológicos.

3. Generalidades

3.1 Localización del área de estudio

El área de estudio se encuentra localizada en la vereda la Amarilla del municipio de Santiago en el departamento del Norte de Santander, específicamente en los linderos de la mina las Delicias. El título minero posee un área aproximada de 1193846.5 m². Delimitado por el polígono observable en la ilustración 1.

Santiago se ubica en una zona montañosa específicamente en el flanco este de la cordillera oriental, este municipio limita al norte con los municipios de Gramalote y El Zulia, al sur con el municipio de Salazar, al este con los municipios de San Cayetano y Durania y al oeste con el municipio de Gramalote. (Alcaldía Municipal de Santiago Norte de Santander, 2023).

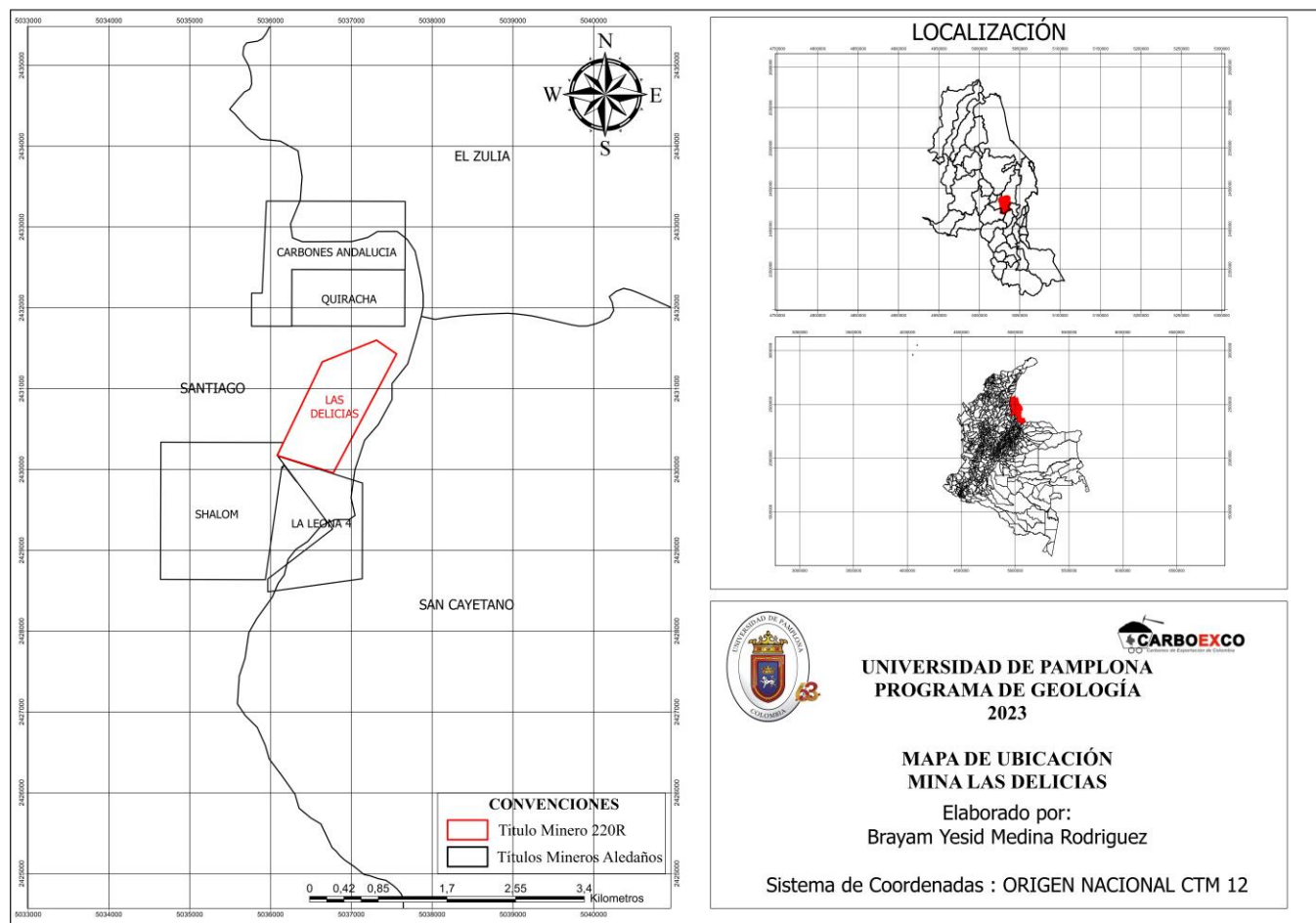


Ilustración 1. Mapa de Ubicación del Título 220R. Fuente: Autor

4. Marco Teórico

4.1 Marco Geológico

4.1.1 Geología Regional

El área de interés corresponde al margen este de la cordillera oriental, La zona se encuentra geológicamente ubicada a nivel regional en el flanco derecho del Anticlinal de los Compadres, al Suroeste del sinclinal del Zulia y al Este del sistema de fallas Aguardiente y el anticlinal Gramalote, cubriendo a su vez el sector oeste de la Cuenca Sedimentaria del Catatumbo (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2016). En la zona afloran diversidad de litologías tanto rocas metamórficas, rocas ígneas y rocas sedimentarias, siendo este último grupo el de mayor presencia en el área, con registro de edad que va desde el Precámbrico hasta los Depósitos Cuaternarios (SGC, 2016).

El área presenta una tectónica compleja producto del margen tectónico compresivo generado por la subducción de la Placa de Nazca y Placa del Caribe bajo la Placa de Suramérica, (Kellogg, (1984) y Clavijo, (1994) pero no tan extrema como para impedir la acumulación de sedimentos.

Las rocas sedimentarias de las formaciones Catatumbo, los Cuervos, Mirador y Carbonera se encuentran en la zona. Estas formaciones pertenecen a la parte sur de la cuenca del Catatumbo, y estratigráficamente a la cuenca de Maracaibo en Venezuela (SGC, 2016).

4.1.2 Estratigrafia

4.1.2.1 Formación Catatumbo

Formacion definida por Notestein et al. (1944) como una sucesion de lodolitas grises , areniscas lodosas y presencia importante de material organico y carbón, dicha formacion es nombrada por el rio Catatumbo especificamente por sus afloramientos entre Barrancabermeja y Puerto Salado no obstante no se obtiene una buena representacion, se plantea al pozo Oro N° 3 del Campo Río de Oro como representación de la Formación Catatumbo.

Se establece una edad del Cretácica tardía según Notestein et al. (1944), para Sutton (1946) la Formación presenta una edad cercana al Maastrichtiano Tardío y en trabajos más recientes relacionados a la palinología establecen una edad cercana al Maastrichtiano Tardío, posiblemente Paleoceno Inferior (Royer, 2001).

La formacion Catatumbo presenta espesores que varian entre los 106 metros a los 208 metros estas mediciones fueron tomadas cercanas a los pozos aledaños a los anticlinales de Tibu y Sardinata, cercana a la concesión Barco se presentan afloramientos entre los 245 a 270 metros (Notestein *et al.*, 1944). Para el area de Sardinata se observan espesores de dicha formacion entre los 600 metros (SGC, 2016).

4.1.2.1 Formación Barco

Formacion definida por Notestein et al. (1944) como una serie de areniscas duras intercaladas con shales y arcillolitas comunmenten grises a grises oscuras, dicha formacion es nombrada por el flanco este del anticlinal Petrolera en la Sierra Barco, Norte de Santander. La formacion se caracteriza por presentarse topograficamente en grandes escarpes, crestas con rumbo o altas pendientes.

Se establece una edad cercana al Eoceno Temprano según Notestein *et al.* (1944) pero para Van Der Hammen (1958) establece una edad cercana al Paleoceno Temprano al igual que González *et al.* (1980).

La formacion Barco presenta espesores que varían entre los 150 a 278 metros observables en 12 afloramientos, cercano a la conseccion Barco se observan espesores de 194 metros Notestein *et al.* (1944). Según el Servicio Geologico Colombiano (2016) afirma la presencia de espesores de aproximadamente 200 metros aledaños a la zona de la plancha 87 Sardinata.

4.1.2.3 Formación los Cuervos

Formacion definida por Notestein *et al.* (1944) como una sucesion de arcillolitas y shales con mantos competentes de carbón (aproximadamente 8 mantos de carbon con espesores entre 0.1 y 2.5 metros siendo este de carácter entre lignito a bituminoso) y capas de areniscas blancas a grises de grano fino. Esta formacion se caracteriza por estar asociada a problemas de deslizamientos y movimientos en masa (SGC, 2016). dicha formacion es nombrada por la quebrada Los Cuervos en el sector norte de la Concesión Barco Notestein *et al.* (1944).

Se establece una edad cercana al Paleoceno según, Trump y Salvador (1964) pero para Van Der Hammen (1958), la Fm los Cuervos comprende del Paleoceno Medio al Eoceno Temprano.

La formacion Los Cuervos presenta espesores que varían entre los 345 metros a 490 metros (Notestein *et al.*, 1944; Sutton, 1946). Según el Servicio Geologico Colombiano (2016) afirma la presencia de espesores de aproximadamente 300 metros aledaños a la zona de la plancha 87 Sardinata.

4.1.2.4 Formación Mirador

Formacion definida por Notestein *et al.* (1944) como una secuencia predominantemente por areniscas de color blanca a beige palido con características como masiva, limpia, de grano fino a medio y en parte conglomeratico. dicha formacion es nombrada por el cerro Mirador situado en el anticlinal de Tarra, Zulia Venezuela Notestein *et al.* (1944).

Se establece una edad cercana a Eocénica Temprana y Eocénica Media según Van Der Hammen (1958) basado en analisis palinológicas.

La formacion Mirador presenta espesores que varian entre los 160 a los 400 metros en afloramiento cercanos a la concesion Barco, según donde se tome el dato varia la competencia de la Formacion , como en el anticlinal del Sardinata que varia entre 323 y 342, el anticlinal de Tibu se observan espesores cercanos a los 347 metros y en el anticlinal Socuavó se presentan espesores que varian entre 370 a 480 metros (Notestein *et al.* 1944).

4.1.2.5 Formación Carbonera

Formacion definida por Notestein *et al.* (1944) como una sucesion de capas de arcillolitas y varios mantos de areniscas, en algunas secciones se presentan mantos de carbon de carácter lignitico especificamente se pueden observar en la parte inferior y superior de la Formacion. Dicha formacion es nombrada por la quebrada Carbonera, tributaria del río Zulia en el flanco oriental del anticlinal La Petrolera (Notestein *et al.* 1944).

Se establece una edad cercana al Eoceno Tardío a Oligoceno Medio según datos palinológicos (Notestein *et al.* 1944), para Van Der Hammen (1958) se establece una edad

cercana al Eoceno Tardío para la parte inferior y Oligoceno Temprano para la parte superior de la misma.

4.2 Tectonica Regional

El área se encuentra ubicado en una zona con magen tectonico compresivo, enmarcada dentro de la evolución de la Cordillera Oriental, la que generó procesos tectónicos que afectaron a las diferentes litologías presentes. Como resultado de estos procesos geológicos se presentan estructuras a nivel regional como lo son el sistemas de fallas del Zulia y el sistema de fallas Aguardiente; estructuras tipo pligues denominados el anticlinal de los Compadres y el sinclinal del Zulia (SGC, 2016).

4.2.1 Fallas

El area esta influenciada por dos sistema de fallas de cubrimiento regional, atravesando la zona en sentido norte-sur, levantando el bloque oriental de la secuencia del terciario, una de ellas es el sistema de fallas Aguardiente representadas por las fallas Aguardiente e Icuparena y el segundo es el sistema de fallas del Zulia.

Falla Aguardiente:

Falla de carácter inversa con predominio al SE, tiene una longitud aproximada de 60 km. Las quebradas Cuperena, Las Micas y La Carbonera se encuentran a lo largo de la Falla Aguardiente. Esta alineación sugiere que las quebradas han tenido un impacto estructural. El bloque levantado coincide con la topografía de la Serranía de Aguardiente (SGC, 2016). Según Clavijo (1994) el sistema de fallas Aguardiente presenta un carácter inverso y en algunos sectores de tipo cabalgamiento.

Falla Icuparena:

Se encuentra ubicada al oeste de la falla Aguardiente con un rumbo aproximado N40°E de carácter inversa, tiene una longitud aproximada de 39 km que se extiende desde el sector de El Caminito al sur hasta Loma Astilleros al norte donde conecta con el trazo de la Falla Aguardiente, se observa una geometría de tipo cabalgante y facilita el contacto entre las rocas del precámbrico (rocas metamórficas) y las rocas del cratácico inferior perteneciente a la Formación Aguardiente (Oviedo, 2015).

Sistema de Fallas del Zulia

Es una variedad de fallas de carácter vertical a subvertical, aproximadamente de 70° a 85°, a medida que se avanza hacia el noreste, el número de fallas del sistema aumenta, debido a que en esta dirección se encuentra la mayor presión sobre las rocas. Es común encontrar basculamiento en la franja occidental de las terrazas cuaternarias, relacionadas a la actividad del río Zulia, enfocada al sureste del sistema de fallas (Oviedo, 2015).

4.2.2 Pliegues

Anticlinal de los Compadres

Estructura asimétrica, formada a partir de la propagación del sistema de fallas Aguardiente por actividad neotectónica, a su vez este pliegue afecta el flanco occidental del sinclinal de Zulia. (SGC, 2016).

Sinclinal del Zulia

Estructura asimétrica producto de los diferentes niveles compresivos o esfuerzos, conformada por rocas Paleógenas y Neógenas. Dicha estructura presenta variedad de configuraciones respecto a su ubicación espacial específicamente en su flanco occidental

presentandose en dicho flanco verticalización por el sistema de fallas Aguardiente, pliegues apretados con diferentes ángulos y pliegues asimétricos invertidos, es importante resaltar que la estructura mencionada presenta una geometría planimétrica de tipo sinuosa (Oviedo, 2015).

4.3 Recursos y Reservas

4.3.1 Recurso Mineral

Un recurso mineral es una concentración natural de un elemento o compuesto de la corteza terrestre, que puede ser extraído o procesado con los medios tecnológicos disponibles, siempre y cuando exista una eventual extracción del recurso. Para su posible cuantificación se necesitan una serie de datos iniciando con las características del yacimiento, la ubicación, la cantidad, calidad y continuidad de los mantos. Los recursos minerales se dividen dependiendo de las características y confiabilidad geológica, encontrándonos con recursos minerales Inferidos, Indicados y Medidos (Comisión Colombiana de Recursos y Reservas (CCRR), 2018).

4.3.2 Categoría de los Recursos

La elección de la categoría de recurso mineral adecuada depende de la cantidad y calidad de la información disponible. Esta información incluye datos geológicos, geofísicos, geoquímicos y económicos. Una persona competente debe determinar la categoría de recurso mineral adecuada (CCRR, 2018).

4.3.2.1 Recurso Mineral Inferido

Es toda aquella parte o fracción de un recurso mineral explorado en el que no existe la cantidad ni la calidad necesario para ser considerado importante en el proyecto, estos son estimados mediante muestreos y evidencias geológicas limitadas, los estudios geológicos avalan su posible existencia, pero no su continuidad ni su cuantificación exacta (CCRR, 2018). Un

recurso inferido presenta menor confianza geologica y economica que las otras dos categorias, no obstante si se sigue la exploracion geologica aumenta la posibilidad de la recategorizacion de un recurso mineral inferido a un recurso mineral indicado (CCRR, 2018).

4.3.2.2 Recurso Mineral Indicado

Es toda aquella parte o fracción de un recurso mineral explorado en el que existe una mayor confianza geológica respecto a la cantidad, densidad, forma y características del yacimiento. Dichos recursos pueden ser ajustados mediante los factores modificadores para una proyección de la planeación minera y un plan económico viable (CCRR, 2018). Un recurso mineral indicado presenta menor confianza geologica y economica que un Recurso Mineral Medido pero a su vez presenta mayor confianza que un recurso mineral inferido (CCRR, 2018). Cualquier deposito mineral se puede considerar y clasificar como Recurso Mineral Indicado cuando la naturaleza, cantidad, calidad y variedad de informacion, es tal que permite realizar una interpretacion segura de la estructura y la continuidad del manto de interes (CCRR, 2018).

4.3.2.3 Recurso Mineral Medido

Es toda aquella parte o fracción de un recurso mineral explorado en el que existe la máxima confianza geológica posible respecto a la cantidad, densidad, forma y características del yacimiento, dicha confianza facilita el ajuste de los recursos mediante los factores modificadores para la generación de reservas probadas (CCRR, 2018).

4.3.3 Calculo de los Recursos de Carbón

El sistema de clasificación para los recursos de carbón tiene como objetivo cuantificar la cantidad de carbón disponible en el suelo, tanto antes como después de la extracción. También tiene como objetivo cuantificar la cantidad de carbón que se conoce y la cantidad que aún no se

ha descubierto (Wood *et al*, 1993). La clasificación del carbón en recursos y reservas básicas depende del grado de certeza geológica sobre su existencia y de la seguridad técnico-económica para su explotación (Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química, (INGEOMINAS), 2010). Para una correcta aplicación del sistema de clasificación de recursos y reservas se debe tener claridad y seguir las instrucciones, parámetros y criterios establecidos por las diferentes guías bases como la clasificación emitida por el Servicio Geológico de Estados Unidos publicado en 1993 por medio de la circular 891 y la guía de clasificación de recursos y reservas publicada por ECOCARBON en 1995, de estas metodologías se destaca los siguientes parámetros fundamentales para la clasificación: Clasificación por rango de los carbones, Distribución de los mantos de carbón en relación con su espesor, Análisis de los valores límites, Calidad, Desnivel, Distancia desde los puntos de medición, Espesor de los mantos de carbón, Intercalaciones de estériles, Profundidad (*sensu stricto*) y la Guía para la evaluación de recursos de carbón (INGEOMINAS, 2010).

La clasificación de los recursos y reservas de carbón no solo debe basarse en aspectos geológicos e ingenieriles, sino también en factores económicos, sociales y ambientales. Además, los cambios en las regulaciones y leyes pueden afectar la clasificación, por lo que es importante contar con guías generales para categorizar los recursos y reservas de carbón de manera adecuada (USGS, 2003). Una vez definidos el área carbonífera, el espesor promedio de un manto y la densidad del carbón, se procede al cálculo de los recursos por medio de la siguiente fórmula:

$$A \times E \times D / \cos \theta = T$$

Ilustración 2. Ecuación para la estimación de Recursos Geológicos. Fuente: Sistema de Clasificación de Recursos y Reservas de Carbón (ECOCARBON,1995)

Donde:

A: Área

E: Espesor Promedio Ponderado Del Manto De Carbón

D: Densidad Del Carbón (Gravedad Especifica Verdadera)

Θ: Inclinación Del Manto

T: Toneladas

La realización y publicación de las estimaciones y cuantificaciones de los recursos no son cálculos precisos, depende de múltiples factores técnicos y no técnicos, destacando principalmente la interpretación de la información obtenida en el área (geometría, características geológicas y estructurales y disposición del manto mineralizado). Es importante recalcar que es una estimación probable basada en datos técnicos y geológicos y la interpretación de una persona competente, por ende, puede ser imprecisa y en el momento de realizar el reporte se debe referir como una estimación (CCRR, 2018).

4.3.4 Reservas Minerales

Una reserva mineral es un recurso mineral que se ha evaluado y se ha determinado que es económicamente viable extraer (US Geological Survey, 2003). Dependiendo de la confianza geológica estas se dividen en orden ascendente en reservas probables y reservas probadas (CCRR, 2018).

4.3.4.1 Reservas Minerales Probadas:

Una Reserva Mineral Probada es una parte de un depósito mineral que es económicamente viable de extraer. Se basa en datos geológicos e información económica que han sido verificados directamente. Esto significa que los datos son confiables y que la Reserva Mineral Probada es probable que sea precisa (CCRR, 2018).

4.3.4.2 Reservas Minerales Probables:

Una Reserva Mineral Probable es una parte de un depósito mineral que se cree que es económicamente viable de extraer. Se basa en datos geológicos e información económica, pero la confianza en estos datos es menor que para una Reserva Mineral Probada. Esto se debe a que la Reserva Mineral Probable puede incluir datos que no han sido verificados directamente, pero su confianza es suficiente para la toma de decisiones en todo proyecto minero nuevo o ya establecido (CCRR, 2018).

5. Metodología

Para el presente trabajo la metodología se realizó mediante cuatro etapas específicas y bien diferenciadas, ejecutadas de manera paulatina, alcanzando a dividir las actividades por tiempos estipulados que cumplan con los propósitos principales y secundarios del trabajo de grado, dichas etapas se detallaran a continuación.

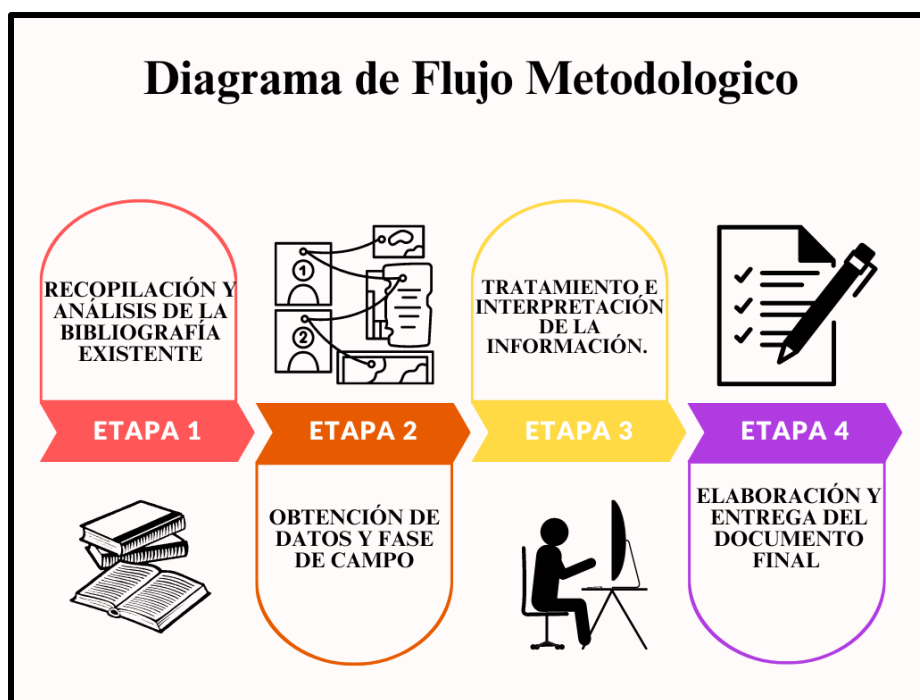


Ilustración 3. Diagrama de Flujo Metodológico. Fuente: Autor

5.1 Etapa 1. Recopilación y análisis de la bibliografía existente

Periodo de tiempo que consta de la búsqueda, selección y análisis de la información de interés existente y confiable, para este trabajo en concreto se usaran diferentes informes, revistas científicas, publicaciones científicas, trabajos de pregrado y postgrado de diferentes bibliotecas universitarias, datos de organizaciones públicas y privadas como lo son el Servicio Geológico Colombiano (SGC), el instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la Agencia Nacional de

Minería (ANM), Empresa Colombiana de Carbones (ECOCARBON), Comisión Colombiana de Recursos y Reservas (CCRR) y Carbones de Exportación de Colombia (CARBOEXCO) como insumos usados podemos destacar los Mapas geológicos de la plancha 87 Sardinata y plancha 98 Durania a escala 1:100.000. Toda esta fase tiene como principal objetivo realizar un reconocimiento previo de la geología del área y las características generales de la zona.

5.2 Etapa 2. Obtención de datos y fase de Campo

En esta etapa se realizara un cronograma de actividades y visitas a campo en donde se iniciara con una delimitación y revisión del área por medio de imágenes satelitales mediante los software Google Earth Pro y ArcGIS Desktop ayudándonos a localizar los linderos del título, vías de accesos, vegetación y accidentes geográficos, posteriormente realizaremos un reconocimiento geológico superficial de las características litológicas y estructurales del área del título minero a su vez se revisaran los diferentes apiques y afloramientos del carbón comprobando las características litológicas de los respaldos, los espesores, geometrías y la disposición estratigráfica y estructural, comprendiendo la toma de datos estructurales en zonas o puntos estratégicos tanto en afloramientos como en los apiques, las actividades mencionadas se ejecutaron con la ayuda de múltiples herramientas como lo son la brújula geológica tipo Brunton para la medición de los datos estructurales, un flexómetro para medir distancias y espesores del manto de carbón de interés, un GPS para la toma exacta de las coordenadas de las estaciones de campo y el martillo geológico para la obtención de muestras de las diferentes litologías como del manto de carbón . Finalmente se procede a anotar toda la información relevante en la libreta de campo.

5.3 Etapa 3. Tratamiento e interpretación de la Información.

Gracias a las fases anteriores se obtiene un volumen importante de información geológica que se recopila, compara e interpreta en un documento Excel con la información de cada estación, dicha información es plasmada en el mapa topográfico suministrado por la empresa CARBOEXO, agregando las ubicaciones exactas de las estaciones conjunto a la información litológica y estructural (dato estructural y descripción), esto con el fin de desarrollar el mapa geológico local de la mina Las Delicias, dicha actividad se realiza en el software ArcGIS Pro.

Continuamos con la elaboración del mapa de trazas del manto de carbón #50 y sus correspondientes contornos estructurales, para esta actividad utilizaremos como punto de inicio la ubicación del apique #2 y el promedio de los datos estructurales de las estaciones, posteriormente se busca la separación paralela que debe tener las líneas con una misma dirección en áreas con márgenes estructurales similares, ubicando la traza en el contacto de los contornos con las curvas de nivel, esta actividad se realiza bajo el método de las trazas a partir de sus contornos estructurales.

Conociendo la geología del área, la traza, veracidad y comportamiento estructural del yacimiento continuaremos con la elaboración del mapa de los recursos geológicos del manto de carbón y su estimación. Para el mapa de recursos utilizaremos de base el mapa topográfico y el mapa de contornos, ubicando los puntos de control que serán todas aquellas estaciones con información relevante del manto de carbón y del comportamiento estructural, procediendo con la digitalización de las áreas de certeza geológica siendo las zonas cuadradas carboníferas circunscritos a los círculos de influencia de cada punto de información, dibujándose paralelas al rumbo de los estratos y la traza del manto de acuerdo a las distancias de la categoría del recurso

y su identificación, veracidad y complejidad estructural. Se finaliza esta fase con la estimación de los recursos según su categoría y área carbonífera a la vez que de datos como el espesor, densidad del carbón y el buzamiento del manto, para esto se implementaran la formula establecida por el sistema de clasificación de recursos y reservas de ECOCARBON relatada en el marco teórico y la terminología indicada en el Estándar Colombiano de Recursos y Reservas ECRR para los Reportes Públicos relacionados con Resultados de Exploración, Recursos Minerales o Reservas Minerales.

5.3 Etapa 4. Elaboración y entrega del documento final

Fase que culmina el presente trabajo investigativo, en donde se contempla la redacción de un documento elaborado con normas APA 7a edición, plasmando la información geológica detallada, información básica del área, observaciones, conclusiones y diferentes insumos a partir del análisis y evaluación de las fases anteriores, concluyendo con la entrega y ponencia de dicho informe en la Universidad de Pamplona.

6. Resultados

El presente ítem relatara e ilustrara la geología local y la estimación de los recursos geológicos correspondientes al manto de carbón #50 (Manto Pequeño) de la mina Las Delicias perteneciente a la empresa CARBOEXCO. El estudio se basa en un total de 41 estaciones de campo observando tres formaciones geológicas en donde resalta la presencia de la formación Los Cuervos y la identificación del manto de carbón #50 en diversidad de afloramientos y apiques realizados para esta labor. A continuación, se presenta el mapa de estaciones con sus identificaciones distribuidas en Afloramientos, Apiques, Cruzadas y diferentes puntos de control.

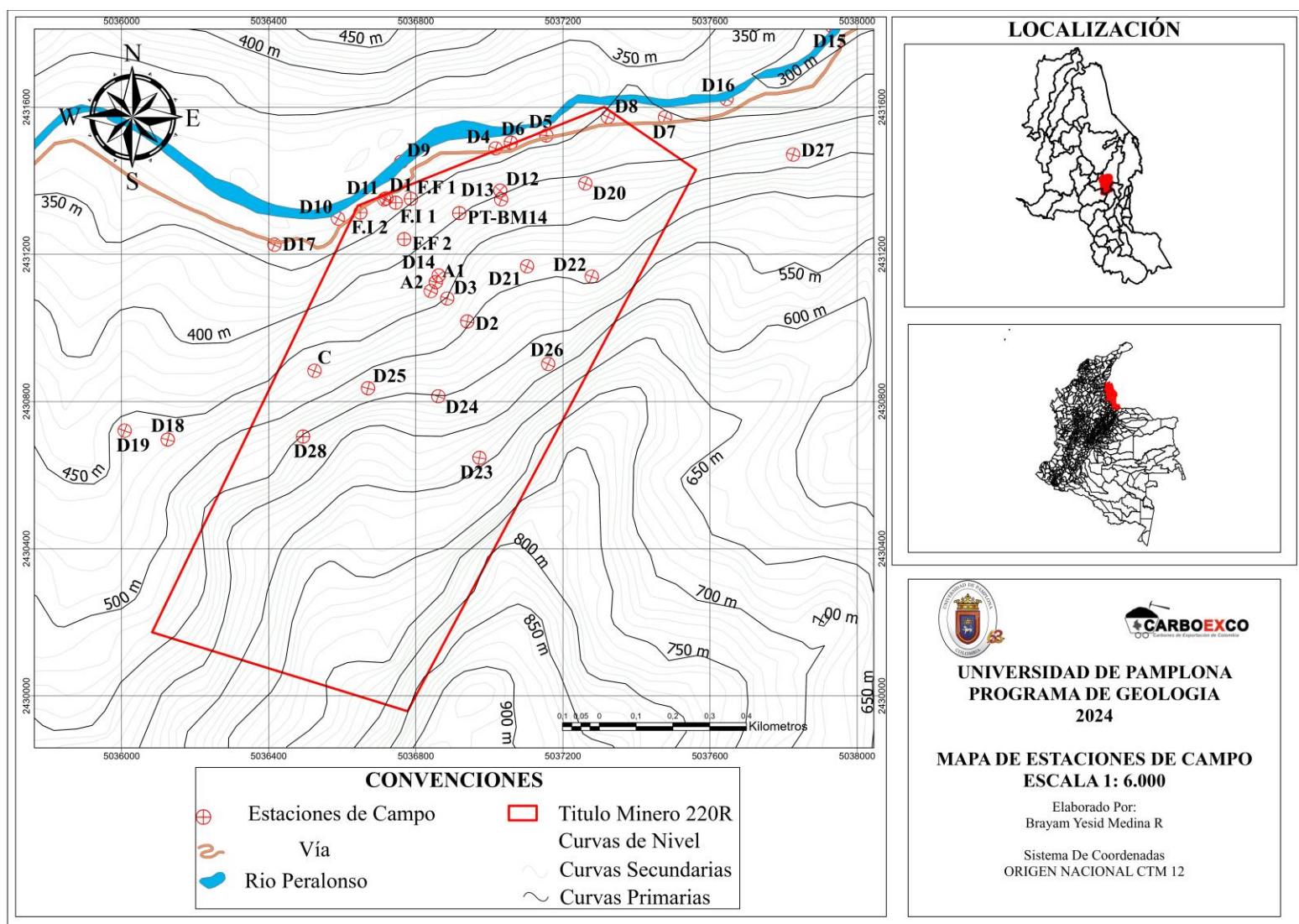


Ilustración 4. Mapa de Estaciones de Campo. Fuente: Autor

6.1 Geología Local

Se realizó el tratamiento y caracterización de la información geológica de las estaciones de campo distribuidos entre el bloque minero Delicias y la vía Zulia - Santiago, posteriormente se elabora el mapa geológico a escala 1: 5.000, encontrando tres formaciones geológicas desde la más antigua a la más joven siendo la formación Barco, formación Los Cuervos y la formación Mirador.

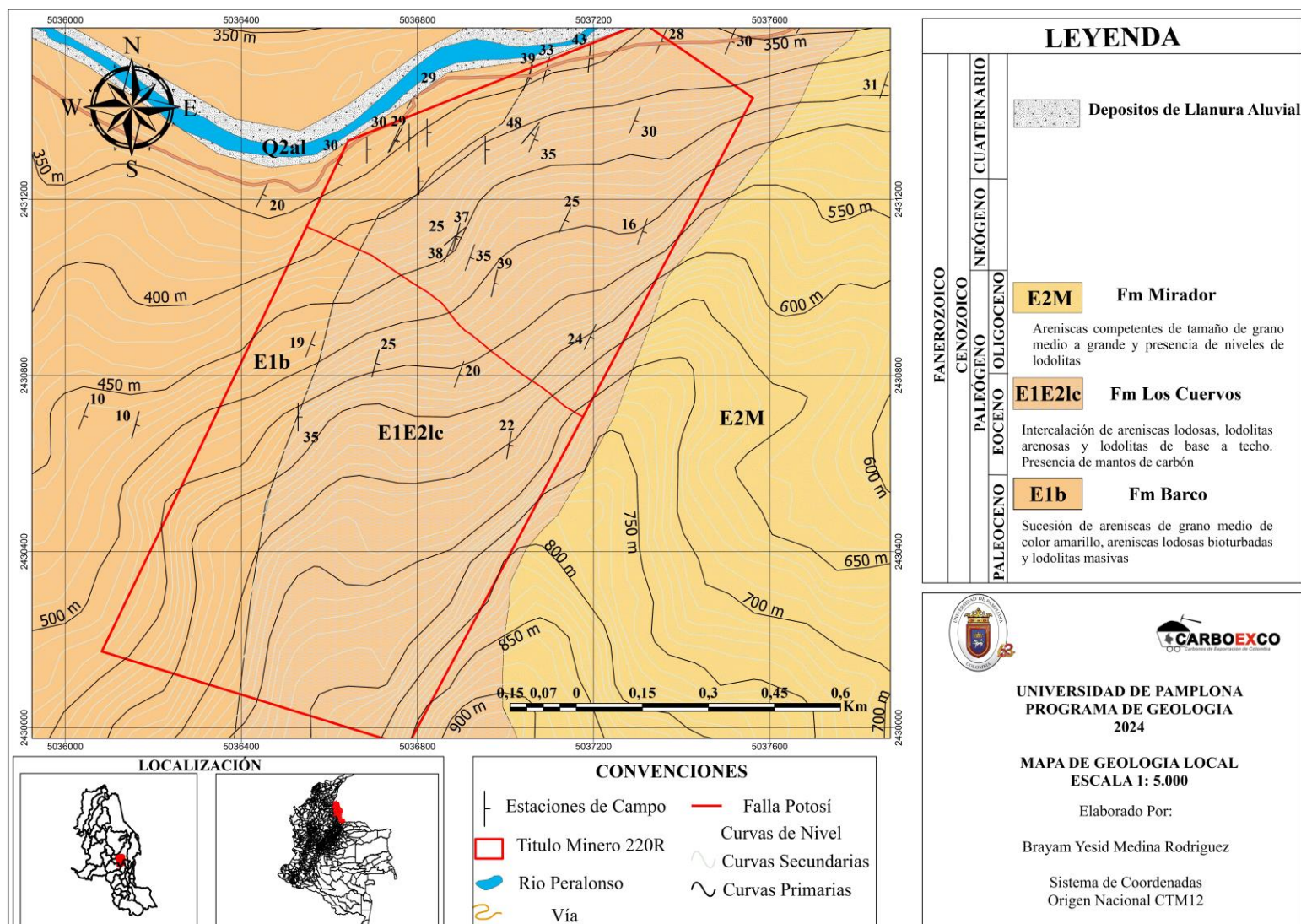


Ilustración 5. Mapa de la Geología Local. Fuente: Autor

6.1.1 Formación Barco (E1b)

Formación Geológica con depositación al oeste del título minero, siendo la más antigua de las formaciones presentes en la zona de estudio, se presenta con variedad de afloramientos distribuidos al margen oeste entre la Vía San Cayetano – Santiago y por el carreteable de la mina sector delicias con la siguiente descripción litológica:

Afloramientos moderadamente diaclasados y en algunos casos fallados y plegados, topográficamente resaltan los afloramientos por presentarse con alta pendiente y escarpados.

Litológicamente se observa en la base y en la parte intermedia del afloramiento una sucesión de areniscas lodosas bioturbadas y lodolitas masivas, las areniscas se observan de color amarillo en muestra fresca y con color naranja con tonalidad oscura en muestra meteorizada, con competencia de capas que van de capas medias a gruesas, moderadamente seleccionadas, subredondeadas y las lodolitas se observan de color gris en muestra fresca y gris con tonalidad oscura en muestra meteorizada, con competencia de capas que van de capas delgadas a medias, muy bien seleccionadas y redondeadas. Esta intercalación de capas presenta una estratificación plana paralela, cintas o vestigios de carbón específicamente cercano a las lodolitas, nódulos ferruginosos en las capas de areniscas y mineralógicamente podemos mencionar la presencia de cristales de cuarzo y mica.

Para la parte superior o techo de la formación se encuentra una sucesión de capas de areniscas con estructura interna masiva de tamaño de grano fino a medio, color amarillo claro en muestra fresca y en algunos casos verdes y naranjas con tonalidad oscura en muestra meteorizada, con espesores de capa que van desde capas medias a capas muy gruesas moderadamente seleccionadas, subredondeadas y subangulares. Esta litología presenta una

estratificación tabular con sectores fuertemente basculados, mineralógicamente se compone de cristales de cuarzo, moscovitas y presencia de fragmentos líticos de color negro (posiblemente cherts).



Ilustración 6. Secuencia de areniscas de Grano Medio perteneciente a la Fm. Barco. Fuente: Autor



Ilustración 7. Intercalación de areniscas y arcillolitas con presencia de Concreciones de Hierro. Fuente: Autor

6.1.2 Formación Los Cuervos (E1E2c)

Formación Geológica con depósito en la zona centro y este del título minero, siendo esta la de mayor proporción en el lindero del título y mayor interés económico producto de la presencia de variedad de mantos de carbón, dicha formación se presenta con variedad de afloramientos distribuidos al margen central, este y oeste por el antiguo carretable de la mina Las Delicias, con la siguiente descripción litológica:

Afloramientos moderadamente diaclasados y en algunos casos fallados y plegados.

Litológicamente se observa una intercalación de areniscas lodosas, lodolitas arenosas y lodolitas

de base a techo. En algunos sectores se presentan mantos y cintas de carbón con espesores considerables, específicamente en los miembros inferior e intermedio de la Formación.

areniscas masivas bioturbadas de color amarillo con tonalidad clara en muestra fresca y colores verdes a naranjas con tonalidad oscura en muestra meteorizada con espesores de capa que van desde capas medias a capas muy gruesas, moderadamente seleccionadas y subredondeadas. Las lodolitas arenosas se presentan de color gris con tonalidad clara en muestra fresca y color gris y marrón con tonalidad oscura en muestra meteorizada que van desde capas finas a capas medias, bien seleccionadas y subredondeadas a redondeadas, por ultimo observamos las lodolitas de color gris oscuro con tonalidad clara en muestra fresca y negra en muestra meteorizada, su color es producto probablemente de una mayor acumulación de material orgánico, las lodolitas presentan un espesor de capa de muy finas a medias, están muy bien seleccionadas y redondeadas. Por lo general esta formación se manifiesta con una estratificación plano paralela para el material fino y tabular para las areniscas.

El manto de carbón #50 (Pequeño) y cintas de carbón se localizan en los niveles inferiores y medios de la formación, donde se identifican varias manifestaciones con espesores que oscilan entre 0.3 y 1.2 metros, distribuidos en una secuencia estratigráfica que oscila entre 30 y 40 m.

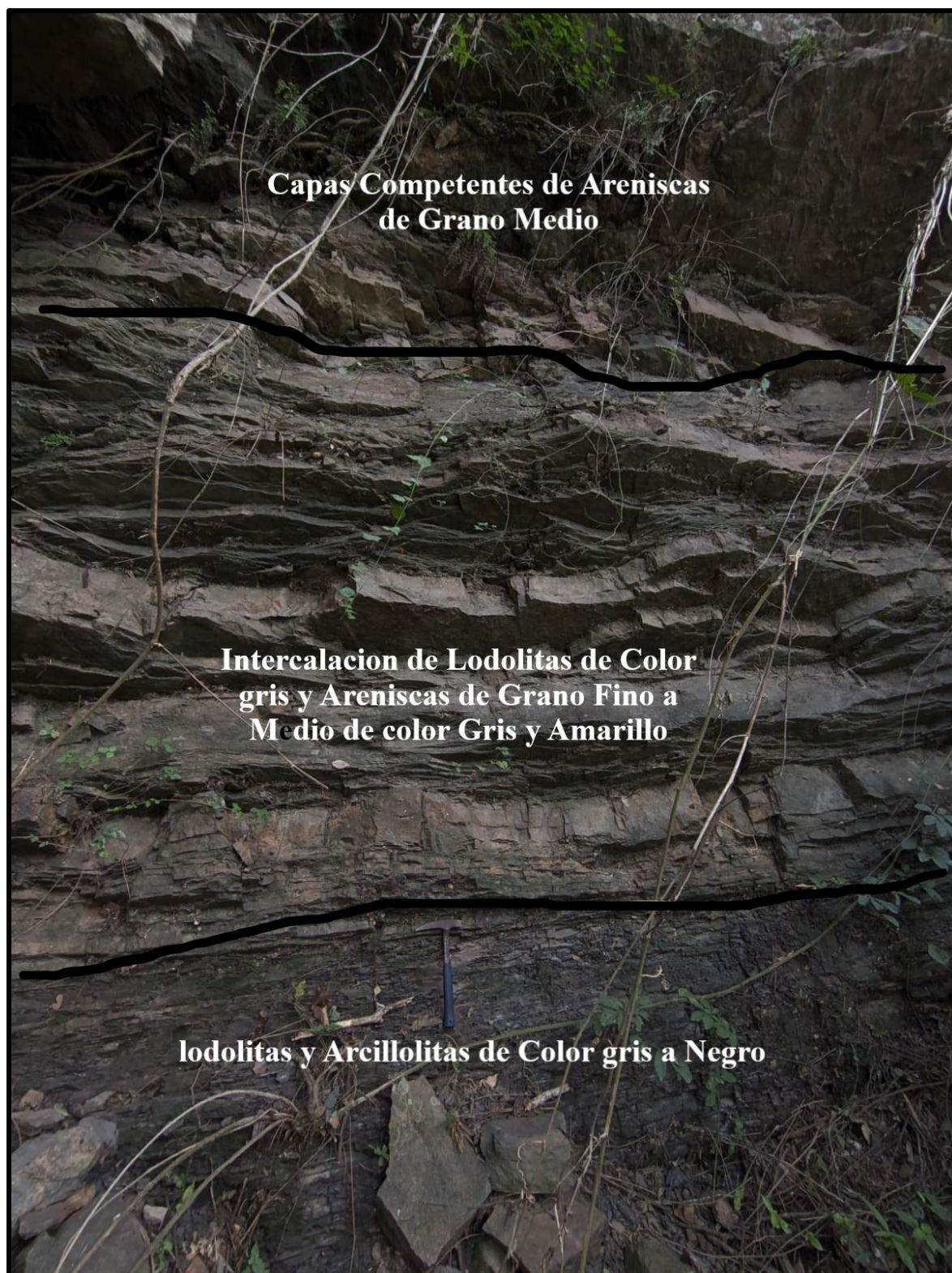


Ilustración 8. Secuencia de lodolitas y arcillolitas negras con presencia de areniscas de grano medio de color amarillo perteneciente a la Fm. Barco. Fuente: Autor

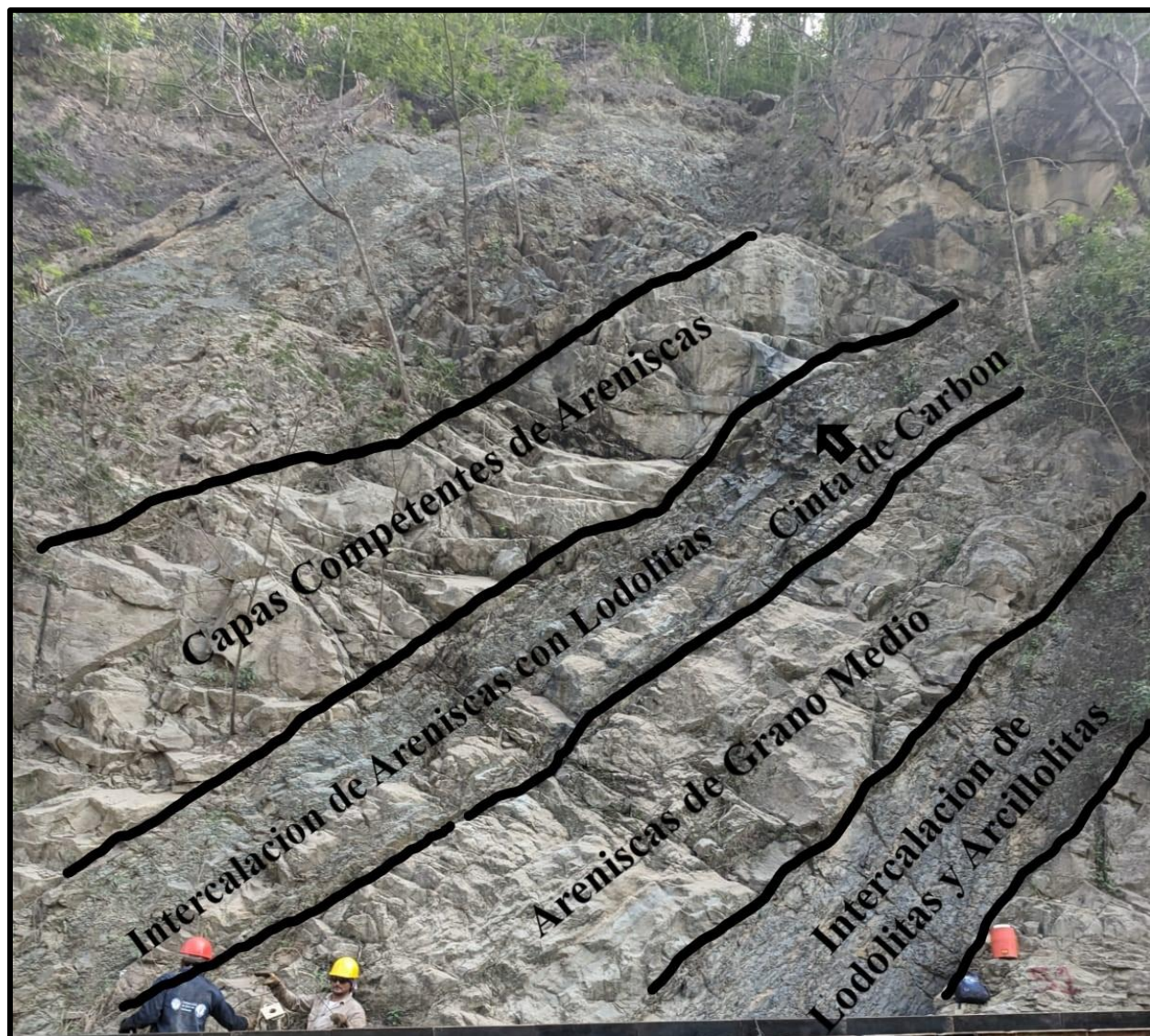


Ilustración 9. Sucesión de capas de Areniscas, Lodolitas y Arcillolitas. Fuente: Autor

6.1.3 Formación Mirador (E2m)

Formación Geológica con presencia al este del título minero, siendo la más joven de las formaciones presentes en la zona de interés, se presenta con variedad de afloramientos distribuidos al margen este entre la Vía San Cayetano – Santiago y por el carretable de la mina sector delicias con la siguiente descripción litológica:

Afloramientos moderadamente diaclasados y en algunos casos fallados y plegados, topográficamente resaltan los afloramientos por presentarse con alta pendiente y escarpados.

Litológicamente se observa una sucesión de base a techo de areniscas masivas de color naranja y blanca en muestra fresca y naranja con tonalidad parda y gris en muestra meteorizada, de tamaño de grano fino a medio, subredondeadas, y una selección moderada, con espesores de capa que van de capas medias a grandes, se observa una estratificación tabular. En la parte superior de la formación se presentan algunos niveles conglomeráticos polimicticos. Mineralógicamente se presentan cristales de cuarzo y algunos óxidos de hierro en la parte intermedia e inferior de la formación.



Ilustración 10. Afloramiento de areniscas de grano medio de color amarilla y blanca y en la parte intermedia lodolitas y arcillolitas. Fuente: Autor

6.2 Geología Estructural Local

Estructuralmente se describe un régimen estructural compresivo siendo afectados por variedad de plegamientos, fallamientos de carácter normal y diaclasamientos en la mayoría de afloramientos observados. Según lo observado en imágenes satelitales y los afloramientos revisados en campo se presenta un comportamiento estructural con dirección hacia el Norte – Este variando entre los 15° hasta los 50 ° en algunos escenarios, aunque promediado presenta un Rumbo de 24° deduciendo que en los sectores que aumenta el rumbo es producto de plegamientos locales y la cercanía que presente el título al oeste respecto al anticlinal de los Compadres a su vez se presentan inclinaciones o buzamientos constantes que varían de 25° hasta los 48° de magnitud, pero con un promedio de 34° de magnitud, siendo algunos sectores en donde cambia drásticamente el buzamiento de las capas de rocas producto de su cercanía a zonas de fallas como la falla local Potosí o fallas de carácter satélite. Como resultado de estas estructuras y el margen tectónico local el área presenta un paisaje variado representado por escarpes, lomas y filos.

Al centro del contrato 220R hay una falla de tipo rumbo, la cual se define como Falla Potosí, se cuenta con poca información de la zona después de la falla, sin embargo, se tiene información de labores antiguas en el área poco explorada, lo que nos ratifica la existencia del paquete de Mantos de carbón.

6.2.1 Falla Potosí

La Falla Potosí es una falla de rumbo dextral con componente de inversión tectónica, se encuentra ubicada en la zona central del contrato 220R con una orientación N 45° W – S 45° E, esta falla marca un rango de incertidumbre en sus desplazamientos, ya que se carece de estudios adicionales que logren corroborar con exactitud la distancia desplazada. Pero se encuentra representada e identificada en superficie por el cuerpo de agua simple que lleva por nombre Quebrada Potosí y en labores antiguas en donde se encontraba una disminución del manto de carbón significativa y en otro caso la desaparición y desplazamiento de los mantos de carbón.



Ilustración 11. Afloramiento con caída de roca relacionado a la falla Potosí y fallas satélites. Fuente Autor



Ilustración 12. Quebrada Potosí, representación de la falla Potosí. Fuente: Autor

6.3 Descripción Del Manto De Carbón

6.3.1 Manto Pequeño (Manto #50):

Manto de carbón con una competencia promedio de un metro (1 m) sin intercalaciones, medible a través de actividades de exploración superficial (apiques y afloramientos con el manto de carbón) y por reconocimiento subterráneo en labores antiguas (actualmente derrumbadas). Estructuralmente se presenta una orientación que varía entre 15° a 28° con dirección Noreste y una inclinación o buzamiento con magnitud de 37° a 38° y una dirección Sureste.

El manto de Carbón se identifica como un carbón poco desarrollado concluido por la presencia de estructuras vegetales (raíces, hojas y troncos pequeños) no obstante a medida que avanza la labor minera, el carbón se vuelve más compacto y de muchísima más calidad, competencia promedio de un metro aunque tiende a variar dependiendo de la depositación y comportamiento estructural de la zona, como características podemos mencionar un brillo opaco, comportamiento friable en el frente del apique pero a medida que avanza la labor aumenta su dureza, fractura concoidea e irregular. Como respaldos encontramos para el techo una arenisca lodosa masiva de color amarilla altamente competente y para la base o piso se observa una intercalación de lodolita arenosa color gris en muestra fresca y amarilla con tonalidad oscura en muestra meteorizada y una lodolita de color gris en muestra fresca y gris con tonalidad negra en muestra meteorizada, esta intercalación se considera moderadamente competente.



Ilustración 13. Apique #1 del Manto #50. Fuente: Autor

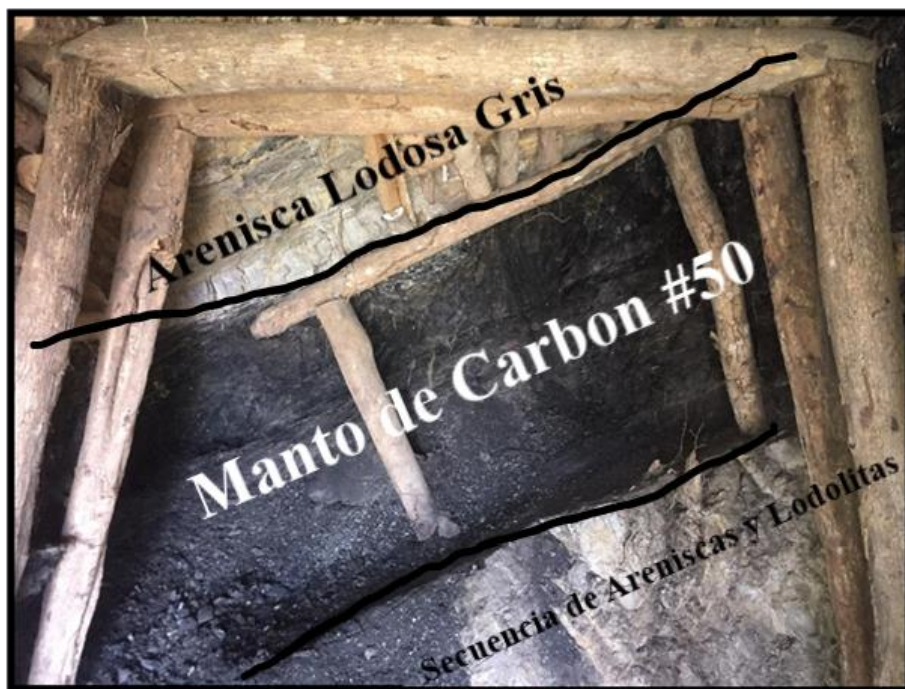


Ilustración 14. Apique #2 del Manto #50. Fuente: Autor

6.4 Estimación de los recursos Geológicos del Manto de Carbón #50

6.4.1 Traza de afloramiento y contornos Estructurales del Manto de Carbón

En base a los datos litológicos y estructurales obtenidos de las 41 estaciones que abarcan diversidad de afloramientos de las formaciones previamente mencionadas y manifestaciones del manto de carbón #50, se elabora el mapa de trazas y contornos estructurales para posteriormente utilizarlo como base para el mapa de recursos geológicos con sus respectivas áreas carboníferas del título minero. Dicho lo anterior se presenta a continuación el mapa de la Traza de Afloramiento y los Contornos Estructurales.

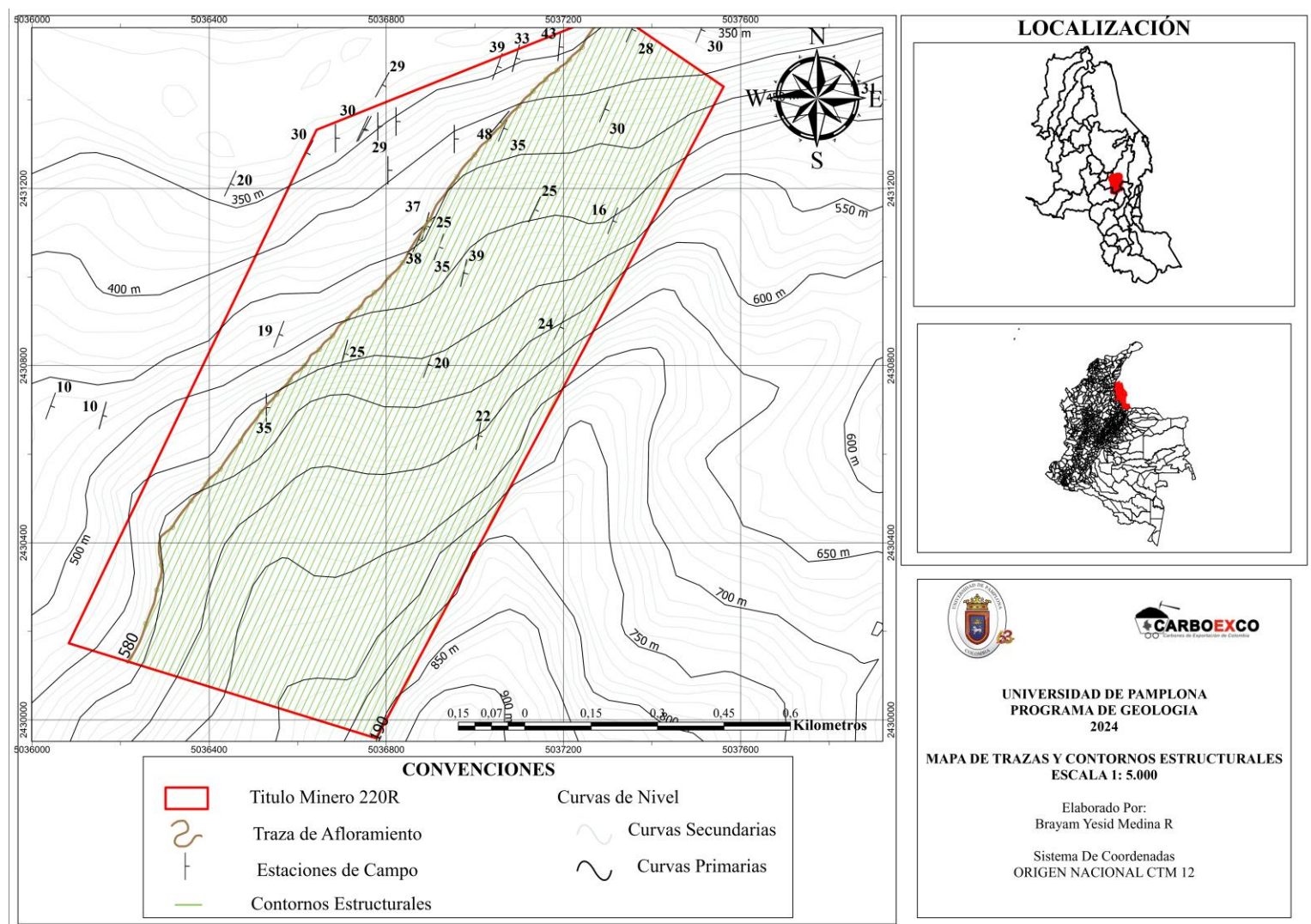


Ilustración 15. Mapa de Traza y Contornos Estructurales del Manto #50. Fuente: Autor

6.4.2 Mapa De Recursos Geológicos Del Manto De Carbón

Conociendo el comportamiento y disposición estructural del manto de carbón gracias a su traza de afloramiento y los contornos estructurales, se definen las áreas de interés económica y sus categorías respecto a las distancias de los puntos de control, el comportamiento estructural del paquete de rocas y su veracidad en campo, dicho lo anterior podremos visualizar el mapa de recursos del manto de carbón #50 (Manto Pequeño) a continuación.

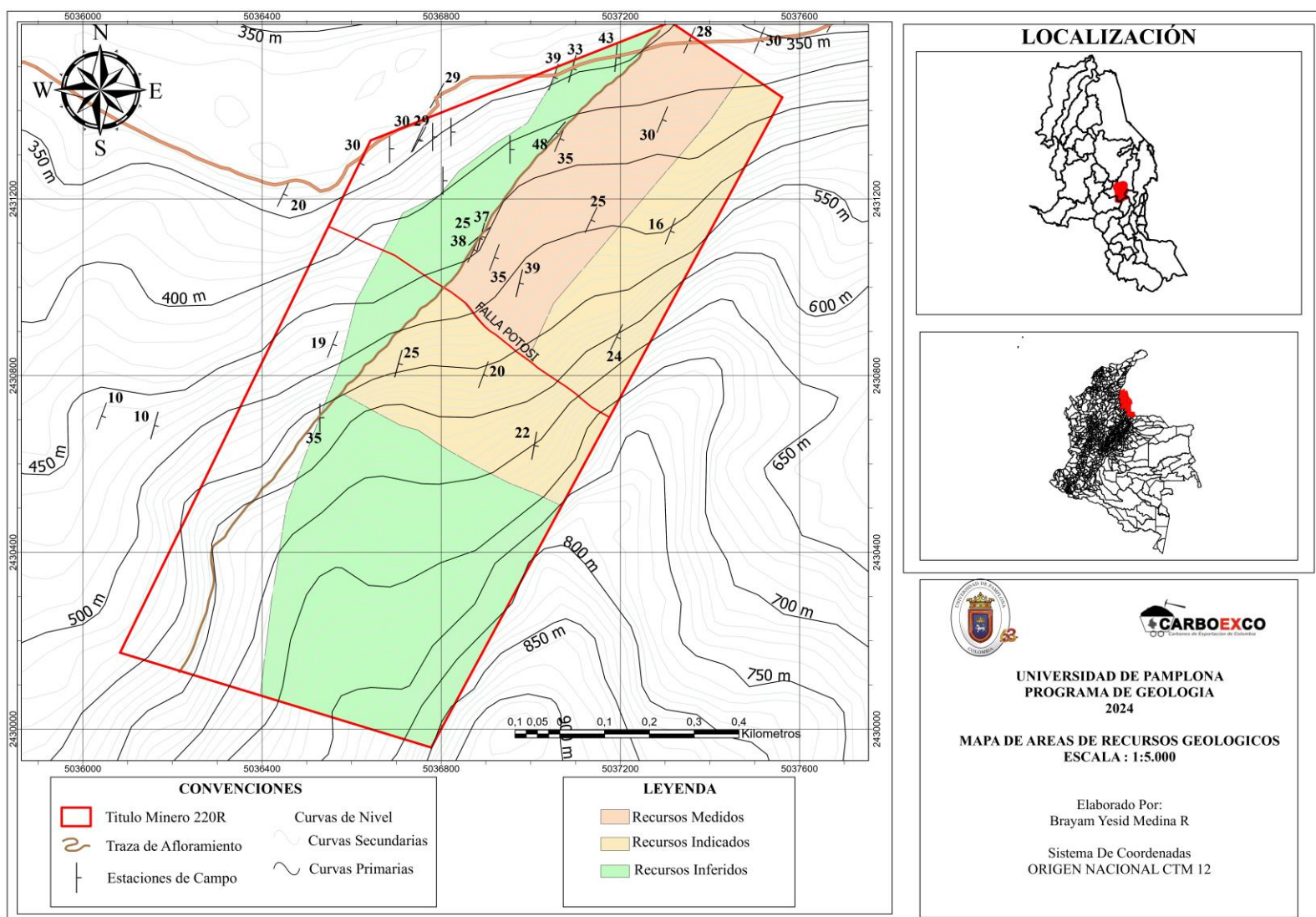


Ilustración 16. Mapa de las áreas de los Recursos Geológicos del Manto#50. Fuente: Autor

6.4.3 Estimación de los Recursos Geológicos del Manto de Carbón

La estimación de los recursos geológicos es una actividad que comprende los procesos anteriormente logrados, como lo son la elaboración de la traza de afloramiento, los contornos estructurales y la definición de las áreas económicas, con lo anterior se idealiza el control estructural subterráneo y superficial del manto de carbón; los puntos de control seleccionados verificarán y aportarán evidencias geológicas para la estimación.

Para esta actividad se seleccionaron las estaciones de campo más representativas, específicamente en donde se manifiesta el manto de carbón y afloramientos aledaños, de estos puntos de control se registran datos fundamentales como lo son el espesor promedio del manto, la magnitud del buzamiento, la densidad del carbón y el área proyectada en planta; Con los datos de interés se realiza la cuantificación de toneladas de carbón existentes mediante la ecuación presente en la sección de cuantificación de recursos de carbón del marco teórico (ecuación de estimación de recursos y reservas de carbón).

Observamos los siguientes datos a utilizar en la fórmula.

ID Estación	Coordenadas		Espesor Promedio	Densidad	Rumbo	Buzamiento
	X	Y				
A1	5036893,000	2431114,000	1,3 m	1,25 g/cm ³	N 15° E	37° SE
A2	5036877,000	2431083,000	1,4 m	1,25 g/cm ³	N 25° E	38° SE
D8	5037358,655	2431557,197	0,6 m	1,25 g/cm ³	N 24° E	35° SE
D25	5036708,934	2430825,863	0,8 m	1,25 g/cm ³	N 21° E	32° SE
D28	5036533,690	2430704,770	0,7 m	1,25 g/cm ³	N 28° E	31° SE

Ilustración 17. Puntos de Control para la estimación de los Recursos del Manto de Carbón #50. Fuente: Autor

Promediando los valores anteriores, obtendremos los datos a utilizar para la estimación de los recursos geológicos del manto de carbón #50.

Estimación de los Recursos			
Manto	Espesor Promedio	Densidad	Buzamiento
#50 (M. Pequeño)	1,0 m	1,25 g/cm ³	35 °

Ilustración 18. Valores Promediados Para La Estimación De Los Recursos. Fuente: Autor

6.4.3.1 Recursos Inferidos

Un Recurso Mineral Inferido hace referencia a toda aquella parte de un yacimiento mineral que no cuenta con la información y veracidad geológica suficiente para una estimación correcta. Para los recursos inferidos se definió un área de 443.505 m², conociendo lo anterior se rempazan los valores en la fórmula establecida, obteniendo la siguiente estimación.

Cálculo de Recursos Manto 50 - Contrato 220R						
Recursos y Reservas	Área Horizontal m2	Área Inclínada m2	Buzamiento	Cos (&)	Espesor m (Promedio)	Densidad T/m
Recurso Inferido	443.505	540860,1083	35°	0,82	1	1,25
	Total Recurso Inferido			676075,1354		

Ilustración 19. Estimación de los Recursos Inferidos. Fuente: Autor

6.4.3.2 Recursos Indicados

Un Recurso Mineral Indicado hace referencia a toda aquella parte de un yacimiento mineral que cuenta con una cantidad considerable de información y confianza geológica para su cuantificación, representando un potencial de extracción a futuro. Para los recursos indicados se definió un área de 282.229 m², conociendo lo anterior se rempazan los valores en la fórmula establecida, obteniendo la siguiente estimación.

Cálculo de Recursos Manto 50 - Contrato 220R						
Recursos y Reservas	Área Horizontal m2	Área Inclínada m2	Buzamiento	Cos (&)	Espesor m (Promedio)	Densidad T/m
Recurso Indicado	282.229	344538,5466	35°	0,82	1	1,25
	Total Recurso Indicado			430673,1832		

Ilustración 20. Estimación de los Recursos Indicados. Fuente: Autor

6.4.3.3 Recursos Medidos

Un Recurso Mineral Medido hace referencia a toda aquella parte de un yacimiento mineral que cuenta con una extensa cantidad de información y la suficiente confianza geológica para una estimación de recursos más segura y verídica. Afirmandose una cantidad de recursos existente respecto a las evidencias encontradas en campo. Para los recursos Medidos se definió un área de 183.228 m², conociendo lo anterior se rempazan los valores en la fórmula establecida, obteniendo la siguiente estimación.

Cálculo de Recursos 50 - Contrato 220R						
Recursos y Reservas	Área Horizontal m2	Área Inclínada m2	Buzamiento	Cos (&)	Espesor m (Promedio)	Densidad T/m
Recurso Medido	183,228	223448,3475	35°	0,82	1	1,25
	Total Recurso Medido			279310,4344		

Ilustración 21. Estimación de los Recursos Medidos. Fuente: Autor

6.4.3.4 Recursos Geológicos Totales

Se procede a realizar la suma de los recursos geológicos totales del manto de carbón #50 (Manto pequeño) de la Formación Los Cuervos en la mina Las Delicias, encontrando la siguiente cantidad:

TOTAL DE RECURSOS	
Total Recurso Indicado	430673,1832
Total Recurso Inferido	676075,1354
Total Recurso Medido	279310,4344
Total Recursos Manto 30	1.386.058,753

Ilustración 22. Recursos Geológicos Totales del Manto de Carbón #50. Fuente: Autor

7. Conclusiones

En la mina Las Delicias afloran tres formaciones geológicas, encontrando la Fm Barco, Fm Los Cuervos y la Fm Mirador, siendo la Fm Los Cuervos la de mayor interés económico ya que es la portadora del manto de carbón #50 (Manto Pequeño).

En el título minero se presenta una falla de rumbo dextral, conocida como falla Potosí, dicha estructura geológica delimita el bloque minero en dos, conocidos como bloque Norte o bloque Delicias y el bloque Sur.

La Formación geológica Los Cuervos es la de mayor interés económico siendo este el portado de varios mantos y cintas de carbón explotables, con espesores que van desde los pocos centímetros hasta los 1.4 metros, caracterizada en campo como una secuencia sedimentaria de areniscas lodosas de color amarillo y tamaño de grano fino a medio, lodolitas arenosas de color gris y lodolitas de color gris a negro de base a techo, con algunos niveles de arcillolitas de tonos grises a negros y shales en la parte inferior de la Formación.

La minería adyacente del título 220R, complementa la veracidad de la existencia de los mantos de carbón, observando diferentes minas como lo son La Leona, La esmeralda, La Quiracha y Shalom, a su vez el título anteriormente contaba con 14 bocaminas.

Los recursos mineros totales estimados para el manto #50 de la formación los cuervos de la mina Las Delicias usando la metodología de ECOCARBON y la nomenclatura de la ECRR corresponden a 1.386.059 toneladas para la zona de estudio.

Los recursos medidos corresponden al 20,15 %, los recursos indicados representan el 31,07% y los recursos inferidos representan el 48.78%.

8. Recomendaciones

- Realizar labores de exploración en el bloque minero San José de la mina Las Delicias, comprendiendo el comportamiento y espesor del manto de carbón en dicha zona.
- Producto de la tectónica moderada del área, es fundamental una mayor cantidad y calidad de datos que brinden una mayor certeza geológica en la estimación de los recursos, aumentando el interés económico en el proyecto minero.
- Realizar muestreos de calidad al manto de carbón de interés, comprendiendo sus propiedades físico químicas para así dar un criterio económico, evaluando una posible inversión al proyecto minero dependiendo del mercado nacional e internacional.
- Realizar labores de exploración geológica para los otros dos mantos de carbón (Manto 60 y Manto 70) explotados con anterioridad en labores mineras antiguas y en las minas aledañas.

9. Referencias Bibliográficas

Agencia Nacional de Minería (2023) Catastro Minero ANM. Consultado el 30 de octubre de

2023. <https://www.anm.gov.co/?q=historico-cmc>

Agencia Nacional Minera. (2017). Código colombiano para el reporte público de resultados de exploración, estimación y clasificación de recursos minerales y reservas mineras. Bogotá, DC.: vicepresidencia de seguimiento, control y seguridad minera.

Alcaldía Municipal de Santiago en Norte de Santander. (2023). Nuestro Municipio. Consultado el 23 de octubre de 2023.

<http://www.santiago-nortedesantander.gov.co>

Alvernia, C., & Amaya, G. (2017). *Modelado estructural 3D para la estimación de recursos mineros y CBM (Coal Bed Methane) para el manto 30 de carbón de la Formación Los Cuervos en el sinclinal la Vieja y parte sur del sinclinal de Sardinata, entre los municipios de Sardinata y el Zulia.*

Clavijo, C., Y González, J. (2014). *Geología Del Departamento De Norte De Santander. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional De Colombia.*

Comisión Colombiana de Recursos y Reservas Minerales. (2018). *Estándar Colombiano Para El Reporte Público De Resultados De Exploración, Recursos Y Reservas Minerales. Agencia Nacional De Minería.*

Geological Society of Australia. (2001). *Guidelines For The Estimation And Reporting Of*

Australian Black Coal Resources And Reserves.

Instituto Colombiano de Geología Y minería. (2010). *El Carbón: Muestreo, Análisis Y Clasificación De Recursos Y Reservas. Imprenta Nacional De Colombia.*

Mejía Umaña, Luis Jorge. (2012). *El Carbón: Origen, Atributos, Extracción Y Usos Actuales En Colombia.*

Notestein, F., Hubman, C., & Bowler, J. (1944). *Geology of the Barco Concession.* Bulletin of Geological Society of America. Vol55.

Oviedo Reyes, J. (2015). *Geomorfología Tectónica del Sistema de Fallas del Zulia en el flanco occidental del Sinclinal del Zulia, Norte de Santander – Colombia.*

Rincón, Marco Antonio, Hernán Gómez Y William O. Monroy. (2005). *El Carbón Colombiano: Recursos, Reservas Y Calidad. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.*

Servicio Geológico Colombiano. (2012). *El Carbón Colombiano, Recursos, Reservas Y Calidad (Segunda Ed.). Imprenta Nacional De Colombia.*

Servicio Geológico Colombiano. (2016). *Cartografía Geológica De La Plancha 87 –Sardinata.* Servicio Geológico Colombiano – Dirección De Geociencias Básicas.

Wood, G. H. (1993). *Coal Resource Classification System Of The U.S.* Geological Survey. U.S. Geological Survey Circular 891

Anexos

Se presentan los productos obtenidos durante el proceso de la Estimación de los recursos geológicos del manto de carbón #50 de la Fm Los Cuervos en la mina Las Delicias, ubicada en el municipio de Santiago, Norte de Santander perteneciente a la empresa CARBOEXCO mediante la metodología de ECOCARBÓN y el ECRR CRIRSCO para la generación de un mapa de recursos geológico.

Anexo 1. Mapa de Ubicación de la Mina Las Delicias.

Anexo 2. Mapa de Estaciones de Campo.

Anexo 3. Mapa Geológico Local.

Anexo 4. Mapa de Traza y Contornos Estructurales.

Anexo 5. Mapa de Áreas de Recursos Geológicos