

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
NÚCLEO DE BOLÍVAR
COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS**



**CUANTIFICACION DE LOS RECURSOS MINERALES,
APLICANDO EL SOFTWARE RECMIN. CERRO LA PALOMA,
KM 50 CARRETERA CIUDAD BOLÍVAR-PUERTO ORDAZ.
VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES JOSE DANIEL
YEPEZ Y JOSE ALEJANDRO
GÓMEZ PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO DE
MINAS.**

CIUDAD BOLÍVAR, DICIEMBRE 2023

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, intitulado **CUANTIFICACION DE LOS RECURSOS MINERALES, APLICANDO EL SOFTWARE RECMIN. CERRO LA PALOMA, KM 50 CARRETERA CIUDAD BOLÍVAR-PUERTO ORDAZ. VENEZUELA**, presentado por los bachilleres **JOSÉ DANIEL YEPEZ Y JOSÉ ALEJANDRO GÓMEZ**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:

Firma:

(Asesor)

(Jurado)

(Jurado)

Jefe del Departamento de Ingeniería de Minas

Ciudad Bolívar ____ de _____ 2023.

DEDICATORIA

Principalmente a Dios por darnos la oportunidad de realizar este trabajo y guiarnos en todo momento a lo largo de nuestras vidas y por estar presente en todo momento.

A mi madre Ana Rivas por estar conmigo en todo momento y siempre darme el apoyo necesario para seguir adelante y por ese aprendizaje tan bonito de siempre luchar por nuestros sueños y de no rendirme nunca a pesar de todos los obstáculos que se presenten y a mi padre Daniel Yépez por enseñarme esa gran fortaleza y que nunca es tarde para realizar nuestros sueños.

A mis hermanas Laura Yépez y Daniela Yépez por su apoyo incondicional y su enseñanza que en la vida hay que luchar hasta el final y nunca rendirse.

A mi tutor académico Víctor González por su gran apoyo y su valiosa colaboración para realizar la tesis de grado.

A toda mi familia por siempre estar presente a lo largo de mis estudios y darme ese apoyo indispensable y su amor incondicional.

A todos mis amigos por ayudarme a seguir adelante y a esas personas q siempre han estado a mi lado apoyándome y ayudándome a seguir adelante.

JOSÉ DANIEL YEPEZ

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por permitirme alcanzar mis sueños, brindándome la dicha de tener vida y salud, cada día que me levanto. Por renovar mis fuerzas y darme impulso en los momentos de aflicción.

A mis padres Maglys Xiomara Flores de Gómez y Rafael Antonio Gómez Valdez, por apoyarme incondicionalmente en toda la trayectoria de mi carrera e inculcado los valores y principios fundamentales para mi desarrollo y desenvolvimiento como profesional.

A mi hermana Maria Laura Gómez Flores, por estar e incentivar me en todo momento.

A toda mi familia en general por sus mensajes, conversaciones y momentos de aconseja de aprendizaje y consejos vitales para el impulso de la vida, tanto académico como ser humano.

A mis amigos por sus palabras, y momentos compartidos en los cuales me nutrieron de sus enseñanzas personales. Sus acompañamientos en todo momento de la trayectoria de la carrera y motivación.

JOSÉ ALEJANDRO GÓMEZ

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por habernos guiado y darnos la fuerza y valor de continuar en todo momento

A la Universidad De Oriente, nuestra casa de estudios la cual nos dio la gran oportunidad de formarnos como futuros ingenieros de este país tan maravilloso como lo es Venezuela y a todos los profesores que laboran en esta universidad tan maravillosa los cuales nos brindaron sus conocimientos para seguir exponiéndolos a lo largo de nuestras carreras.

A nuestro tutor académico por guiarnos y prestarnos su apoyo para la culminación de nuestro trabajo de grado, por su amistad y enseñanza todo este tiempo, por sus consejos y dedicar su tiempo para poder obtener nuestro título como Ingeniero De Minas

A nuestros compañeros por su apoyo y estar pendiente en todo momento de nuestros avances y a todas esas personas que de una u otra forma colaboraron para que alcanzáramos esta meta tan anhelada.

José Daniel Yépez y José Alejandro Gómez

RESUMEN

El área de estudio se encuentra al norte del estado Bolívar por la carretera vieja que comunica Ciudad Bolívar y Puerto Ordaz, a la altura del km 50, está localizada una finca donde se desarrolla el proyecto Costa Atlántica, que de acuerdo a los mapas de cartografía nacional, se sitúa el cerro conocido con el nombre de La Paloma. La finca cubre una superficie de 200 hectáreas y está delimitada por polígonos según las coordenadas UTM. El propósito de esta investigación consta en generar un modelo geológico de manera de categorizar los recursos en función de las leyes de oro (Au) presente en la zona. Para ello se realizaron análisis químico elemental para oro (Au) a las muestras provenientes de diecisiete (17) calicatas profundizadas a tres (03) metros, se organizaron los datos de coordenadas y elevaciones de las calicatas. El perfil de las calicatas muestra que la superficie está cubierta por bloques (< 10 cm de diámetro) de cuarzo residual, denominado “cuarzo flotante”, de forma irregular, con pátina de oxidación. Visualmente, se aprecia, que debajo de la capa de cuarzo que, el perfil del suelo, corresponde a una saprolita- o laterita muy oxidada de color marrón oscuro, pero se hace más claro hasta alcanzar los tres metros de profundidad. La forma cóncava, sugiere la presencia de un cuerpo intrusivo, en cuyas fases de bordes se desarrollan los filones de rocas pegmatíticas, simple o complejas, las cuales son potenciales portadoras de mineralizaciones de interés geoeconómico. Finalmente se utilizó el software minero RecMin Free con el visor 3D para obtener el modelo geológico y la categorización de los recursos. Los análisis de las muestras tomadas en campo arrojaron un tenor promedio de oro (Au) de 2,09g/t, los recursos medidos llegan alcanzar 7 millones de toneladas a una potencia de tres (03) metros, con 500.000 oz de oro (Au) antes del proceso metalúrgico, pudiendo desarrollarse en esta zona una actividad potencial de mediana minería aurífera. Considerando cuatro (04) metros más de mineral inferido se estiman 850.000 oz de oro con una vida de la explotación alrededor de los 20 años.

CONTENIDO

	Página.
HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABLAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.	1
CAPITULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento Del Problema.....	3
1.2 Objetivos de la investigación	6
1.2.1 Objetivo General	6
1.2.2 Objetivo específicos	6
1.3 Justificación de la investigación.	6
1.4 Alcance de la investigación.	7
CAPITULO II	8
GENERALIDADES	8
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.	8
2.2 Acceso del area de estudio.	9
2.3 Características físico naturales del área de estudio.....	9
2.3.1 Clasificación climática.	9
2.3.2 Precipitación.....	10
2.3.3 Evaporación.....	11
2.3.4 Temperatura	12
2.3.5 Presión atmosférica	12
2.3.6 Insolación	13

2.3.7 Humedad relativa	14
2.3.8 Vientos	15
2.3.9 Clasificación climática según Köppen	15
2.4 Geomorfología	15
2.4.1 Lomeríos	16
2.4.2 Peniplanicies	17
2.5 Vegetación	17
2.6 Suelos	18
2.7 Geología regional	19
2.7.1 Fisiográficamente en el Escudo de Guayana	19
2.8 Provincia Geológica de Imataca	21
2.9 Faja de la Encrucijada	22
2.10 Faja de Ciudad Bolívar	23
CAPITULO III	24
MARCO TEÓRICO	24
3.1 Fundamentos teóricos	24
3.1.1 Rocas ígneas	24
3.1.2 Textura de las rocas ígneas	27
3.1.3 Clasificación de las rocas ígneas	29
3.1.4 Metamorfismo y las rocas metamórficas.	30
3.1.5 Ambientes y tipos de metamorfismo.	30
3.1.6 Metamorfismo térmico o de contacto	31
3.1.7 Metamorfismo hidrotermal	32
3.1.8 Metamorfismo regional	33
3.1.9 Otros tipos de metamorfismo	35
3.1.10 Metamorfismo de enterramiento	35
3.1.11 Metamorfismo dinámico	35
3.1.12 Metamorfismo de impacto	37
3.1.13 Texturas metamórficas.	37
3.2 Minería de superficie	38
3.2.1 Minas De Cielo Abierto	39

3.2.2 Explotaciones al descubierto.....	40
3.2.3 Canteras.....	41
3.2.4 Minas de placer.	41
3.3. Clasificación o tipos de minería de oro en Venezuela.....	42
3.3.1 Minería artesanal.....	42
3.3.2 Pequeña minería.....	43
3.3.3 Mediana minería.....	44
3.3.4 Gran minería.....	44
3.4 Categorías de la escala de la actividad minera de oro en Venezuela.....	44
3.4.1 Yacimientos minerales.	45
3.4.2 Clasificación de los tipos de yacimientos.....	46
3.4.3 Clasificación por su forma.....	46
3.4.4 Clasificación por el relieve del terreno original.....	47
3.4.5 Clasificación por su proximidad a la superficie.....	47
3.4.6 Clasificación por su inclinación.....	48
3.4.7 Clasificación por su complejidad o número de mineralizaciones.....	49
3.4.8 Clasificación por distribución de la calidad del mineral en el yacimiento	50
3.4.9 Clasificación por el tipo de roca dominante.....	50
3.5 Definición de Términos básicos.....	51
3.5.1 Análisis químico.	51
3.5.2 Ley o tenor.	51
3.5.3 Mineral.....	52
3.5.4 Minería.....	52
3.5.5 Modelo geológico.....	53
3.5.6 Muestra.....	53
3.5.7 Muestreo.....	53
3.5.8 Oro.....	54
3.5.9 Secciones geológicas.....	54
3.5.10 Sondeo.....	54
3.6 Softwares mineros.....	55
3.6.1 Maptek Vulcan.....	55

3.6.2 Data Mine.....	55
3.6.3 Hexagon (HxGN) Mine Plan.....	56
3.6.4 Solmine RecMin.....	57
CAPITULO IV	59
METODOLOGÍA DE TRABAJO	59
4.1 Nivel de la investigación.....	59
4.2 Diseño de la investigación	59
4.3 Población.....	59
4.4 Muestra.....	60
4.5 Flujograma de la metodología empleada	61
4.5.1. Recopilación de infoermacion.	62
4.5.2 Reconocimiento del área de estudio	62
4.5.2.1 Observación macroscópica de las calicatas	62
4.5.2.2 Recolección de muestras representativas de las calicatas.....	63
4.5.2.3. Caracterización química, física y mineralógica de las muestras.....	63
4.5.3 Organización de los datos obtenidos en campo laboratorio.....	64
4.5.3.1 Revisión depuración de la data.....	64
4.5.3.2 Utilización del software RecMin para modelamiento.....	64
4.5.3.3 Cálculo de los recursos auríferos de la zona.....	65
CAPITULO V	66
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	66
5.1 Reconocimiento geológico macroscópico de la zona de estudio.....	66
5.1.2 Marco geológico regional.....	Error! Bookmark not defined.
5.1.3 Geología local de la parcela costa mágica ..	Error! Bookmark not defined.
5.2 Modelización de la zona con el software RecMin.....	Error! Bookmark not defined.
5.2.1 Obtención de la topografía de la zona de estudio.....	76

5.2.2 Generación del modelo geológico	Error! Bookmark not defined.
5.2.3 Generación del modelo de bloques	88
5.2.4 Calculo del tonelaje de los recursos medidos e inferidos.....	97
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
Conclusiones	99
Recomendaciones	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
APÉNDICE A Analisis de laboratorio. Resultados	106
APENDICE B Generación de curvas topográficas con Google Earth RecMin.....	119
APENDICE C Generación del modelo geologico.....	130
APENDICE D Generación del modelo de bloques.....	146
APENDICE E Calculo de la categorización de recursos.....	160
APENDICE F Cálculo de recursos medidos.....	181

LISTA DE FIGURAS

	Página.
Figura 2.1 Ubicación relativa del área de estudio. (Google maps. 2022)	9
Figura 2.2 Ubicación del área de estudio. (Google maps. 2022).....	9
Figura 2.3 Provincia geológica del Estado Bolívar (Mendoza, V. 2012).	22
Figura 2.4 Complejo de Imataca en los alrededores de Cerro Bolívar (Mendoza, V. 2012).....	23
Figura 3.2 Textura de las rocas ígneas (Tarbuck, E., y Lutgens, F. 2005).	28
Figura 3.3 Clasificación de los principales grupos de rocas ígneas según su composición, mineral y su textura. (Tarbuck, E., y Lutgens, F. 2005).....	29
Figura 3.4 Emplazamiento de un cuerpo (Metamorfismo de contacto) (Tarbuck, E.,y Lutgens,F. 2005).....	32
Figura 3.5 Emplazamiento de un cuerpo (Metamorfismo hidrotermal) (Tarbuck, E., y Lutgens, F. 2005).....	33
Figura 3.6 Emplazamiento de un cuerpo (Metamorfismo regional) (Tarbuck, E., y Lutgens, F. 2005).....	34
Figura 3.7 Emplazamiento de un cuerpo (Metamorfismo dinámico) (Tarbuck, E., y Lutgens, F. 2005).....	36
Figura 3.8 Minería artesanal.....	43
Figura 4.1 Cerro La Paloma.(Fuente. Google Earth).....	60
Figura 4.2 Flujograma de la metodología empleada.	61
Figura 5.1 Calicata N° 1	69
Figura 5.2 Calicata N° 2.....	69
Figura 5.3 Calicata N° 3.....	70

Figura 5.4 Calicata N° 4.....	70
Figura 5.5 Calicata N° 5.....	71
Figura 5.6 Calicata N° 9.....	71
Figura 5.7 Calicata N° 10.....	72
Figura 5.8 Calicata N° 12.....	72
Figura 5.9 Calicata N° 14.....	73
Figura 5.10 Plano general proyecto Costa Atlántica.....	77
Figura 5.11 Imagen de Google Earth. Zona proyecto Costa Atlántica	Error!
Bookmark not defined.	
Figura 5.12 Topografía generada con la nube de puntos en RecMin. Zona proyecto Costa Atlántica.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 5.13 Distribución de las calicatas en la topografía. Costa Atlántica.....	82
Figura 5.14 Vista Norte-Elevación (NZ) de los Sondeos (Calicatas). Costa Atlántica.....	83
Figura 5.15 Vista de planta. Secciones verticales establecidas en dirección Noreste. Costa Atlántica.....	84
Figura 5.16 Sección vertical con trazado de zona mineralizada (Roja) e inferida (Verde). Costa Atlántica.....	84
Figura 5.17 Secciones verticales general con trazado de zona mineralizada (Roja) e inferida (Verde). Costa Atlántica.....	85
Figura 5.18 Generación del solido de la zona mineralizada (MINAu). Costa Atlántica.....	85
Figura 5.19 Solido generado de la zona mineralizada (MINAu). Costa Atlántica.....	86
Figura 5.20 Modelo geológico. Zona mineralizada (MINAu-Dorado) y zona inferida (INFAu-Verde). Costa Atlántica.....	87

Figura 5.21 Vista de planta y vertical de la delimitación general del solido de bloques.....	89
Figura 5.22 Vista de planta y 3D del modelo general del solido de bloques.....	90
Figura 5.23 Solido de bloques ajustado a la topografía.....	91
Figura 5.24 Modelo final de bloques para las litologías MINAu(Dorado) y INF Au(Verde).....	92
Figura 5.25 Parámetros previos. Calculo con bloques. Modulo Yacimientos.....	93
Figura 5.26 Parámetros previos para el cálculo con el inverso de la Distancia al cuadrado.....	94
Figura 5.27 Parámetros previos para el cálculo con el inverso de la distancia al cuadrado y elipsoide de búsqueda.....	95
Figura 5.28 Modelo final de bloques para la litología MINAu con distribución de los tenores (Leyes) de oro (Au).....	96
Figura 5.29. Numero de bloques correspondiente al intervalo de 3 a 3.5 gAu/t.....	98

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1 Precipitación máxima y mínima (mm) ((Inameh, 2006).....	10
Tabla 2.2 Evaporación (mm) (Inameh, 2006).....	11
Tabla 2.3 Temperatura máxima y mínima (mm) (Inameh, 2006).....	12
Tabla 2.4 Presión atmosférica (MB) (Inameh, 2006).	13
Tabla 2.5 Insolación (Hrs) (Inameh, 2006).....	14
Tabla 3.1 Textura de las rocas ígneas en base a su granularidad o tamaño del grano	28
Tabla 3.2 Categorías de la escala de la actividad minera.....	45
Tabla 4.1 Coordenadas UTM de las calicatas.....	64
Tabla 5.1 Tenores de oro (Au) Costa Atlántica	75
Tabla 5.2 Coordenadas UTM. Botalones parcela proyecto Costa Atlántica.....	77
Tabla 5.3 Coordenadas UTM Calicatas Costa Atlántica.	79
Tabla 5.4 Desviaciones. Calicatas Costa Atlántica.....	80
Tabla 5.5 Litología. Calicatas Costa Atlántica.....	80
Tabla 5.6 Muestras. Calicatas Costa Atlántica.....	81
Tabla 5.7 Delimitación del bloque general de solidos.....	88

Tabla 5.8. Calculo de los recursos medidos e inferidos del proyecto Costa Mágica..**Error! Bookmark not defined.**

INTRODUCCIÓN.

A nivel mundial la explotación de recursos minerales del subsuelo remonta desde hace varios siglos, específicamente la explotación de oro como material estratégico de intercambio, que en lo actual, se torna en la economía como parte de las reservas financieras de muchos países, por ende, se mantiene la explotación de este preciado metal. En Venezuela, específicamente al sur (estado Bolívar), se encuentra el Escudo de Guayana, este forma parte del Cratón Amazónico del Precámbrico de Suramérica y se encuentra al sur del río Orinoco, conformado por rocas arqueozoicas y proterozoicas de diversas litologías. De aquí, se compone cuatro provincias geológicas; Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima, las cuales tienen un alto potencial en recursos minerales, tales como casiterita, coltan, oro, entre otros de los cuales hay indicios, pero no han sido explorados.

Así como al sur del estado Bolívar desde hace varias décadas se inició la explotación de oro, ha varias zona no tan al sur de estado bolívar y más hacia el norte que han reportado presencia de material mineralizado con el metal oro, los cual tienen un tenor de medio a bajo promediando 2 g/t.

Por la carretera vieja Ciudad Bolívar- Puerto Ordaz se han prospectado evidencias de zonas donde se consiguen material arenoso contentivo de tenores de oro que pueden ser objeto de estudios y caracterización más profunda a fin de establecer parcelar que puedan ser potencialmente explotables.

A la altura del Km 50 de la carretera vieja Ciudad Bolívar- Puerto Ordaz se encuentra una finca de aproximadamente 200 hectáreas con una morfología de la superficie bastante peculiar, la cual reporto en unos análisis prospectivos de sedimentos tenores de oro que promediaron 1,8 g/t. Posteriormente, se realizaron

calicatas de ubicación aleatoria por parte de los dueños en gran parte de la extensión de la zona en estudio, con el objeto de conocer más a profundidad los tenores de oro en toda la extensión y realizar una evaluación de la zona mineralizada, conocida como cerro La Paloma.

El trabajo realizado constó de una recolección sistemática en la zona, de muestras representativas del material extraído en las calicatas, para posteriormente realizarles análisis químico para la determinación de oro, y finalmente evaluar la cantidad de material aurífero con la utilización del Software minero libre RecMin, de manera de obtener las proyecciones tanto bidimensionales como tridimensionales de la masa mineralizada y la modelización de los bloques explotables indicando el comportamiento isovalórico de los tenores de oro.

CAPITULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento Del Problema

Los yacimientos de oro más grandes de América Latina se encuentran en un territorio selvático al este de Venezuela, conocido como la Reserva Forestal de Imataca. Es un territorio que además de ser rico en oro, también lo es en diamantes, hierro, bauxita, manganeso, cobre, agua y energía. Es una de las principales herencias naturales de generaciones futuras de venezolanos.

Con la caída de los precios del barril de petróleo y la baja producción de la industria petrolera el gobierno nacional, a finales del 2015 pone en marcha 14 motores para el incremento de las exportaciones no petroleras. El motor minero es el octavo de estos, creado para incentivar la producción nacional e impulsar la minería de forma legal y ordenada con el objetivo de generar divisas para el país. Años antes en 2011 se comienza a delinear el Arco Minero del Orinoco y se publica en Gaceta Oficial N° 39.759, el Decreto No. 8.413, con Rango Valor y Fuerza de Ley Orgánica, que reserva al Estado las actividades de exploración y explotación del oro, enmarcado en un Plan de Desarrollo Minero Ecológico, generar empleos, y la participación equilibrada de todos los actores vinculados al aprovechamiento responsable y eficiente de los recursos minerales existentes en el Arco Minero del Orinoco. Años después se promulga el 24 de febrero del 2016 el Decreto No. 2.248, Gaceta Oficial No. 40.855, que crea la Zona de Desarrollo Estratégico Nacional Arco Minero del Orinoco y que contempla el aprovechamiento de los recursos minerales que posee esta área de 111.800 kilómetros cuadrados de minerales como oro, hierro, bauxita, coltán, diamante, manganeso y granito. El desarrollo previsto se realiza bajo la figura

de Empresas Mixtas, donde se espera que la Nación obtenga un mínimo de 55% de ganancias, 13% de regalías, y pago del Impuesto Sobre la Renta (ISRL) para invertir las en el desarrollo social.

Sin embargo, para la mayoría de los emprendedores resulta poco apreciable el explotar lugares que ya han sido minados y muy pocas veces hay quienes van por estos a pesar de que, y según testimonios de pequeñas compañías mineras que han apostado por viejos asentamientos, han tenido resultados beneficiosos pudiendo obtener resultados económicos viables, buenas ganancias.

El Arco Minero del Orinoco (AMO), creado oficialmente el 24 de febrero de 2016 como Zona de Desarrollo Estratégico Nacional Arco Minero del Orinoco, es un área rica en recursos minerales que la República de Venezuela explota desde el 2017; ocupa mayoritariamente el norte del estado Bolívar y en menor proporción el noreste del estado Amazonas y parte del estado Delta Amacuro. Cuenta toneladas de reservas de oro, cobre, diamante, coltán, hierro, bauxita y otros minerales.

Las rocas que afloran en la Provincia Geológica de Imataca, genéticamente son favorables para la concentración de depósitos y yacimientos de hierro, asociados a las formaciones bandeadas de hierro, manganeso, mármol dolomítico y minerales radioactivos como uranio y torio asociados a las rocas ígneo-metamórficas tipo gneis, migmatitas y pegmatitas en las facies de bordes de los cuerpos graníticos jóvenes. Igualmente, estas rocas son pocos favorables para la concentración de metales nobles como oro, plata o elementos del grupo del platino.

Al norte del estado bolívar se encuentra la carretera vieja que comunica ciudad bolívar y puerto Ordaz, a la altura del km 50 se localiza una finca donde se desarrolla el proyecto Costa Atlántica, que de acuerdo a los mapas de cartografía

nacional, se sitúa el Cerro conocido con el nombre de La Paloma. La finca cubre una superficie de 200 hectáreas y está delimitada por polígonos según las coordenadas UTM. La apreciación se hizo de manera cualitativa, basado en el conocimiento sobre las potencialidades metalogenéticas de las rocas de esa zona, enmarcada en la Provincia Geológica de Imataca y los suelos productos de su meteorización, expuestos en el área visitada. El relieve del centro del área a estudiar, presenta un cuerpo circular, que topográficamente tiene forma dómica, lo que sugiere la presencia de un cuerpo intrusivo, en cuyas fases de bordes se desarrollan los filones de rocas pegmatíticas, simple o complejas, las cuales son potenciales portadores de mineralizaciones de interés geoeconómico; y de existirlos serán de baja concentración y de volúmenes limitados el cual sería económicamente rentable a partir de la explotación minera a pequeña escala.

La actividad primaria en el cerro la Paloma es la extracción de cuarzo, y a partir de un estudio geológico realizado en la zona, se sospecha de un mineral adicional de interés económico como lo es el Oro (Au). Con lo anteriormente dicho se plantea que, a través de los estudios del material extraído del área determinada de dicho cerro, se quiere establecer la potencialidad de la zona para la extracción de oro.

En tal sentido, se plantean las siguientes interrogantes: ¿Será más factible seguir con la explotación de cuarzo o iniciar con las explotaciones oro? ¿Cuál es el tenor promedio de oro en la zona a explotar? ¿Cuántas onzas de oro pueden ser extraíbles económicamente a nivel superficial? ¿Cómo será el tenor a una profundidad mayor a tres (3) metros desde la superficie? A todas estas interrogantes el primer paso y objeto de este estudio, es la realización de una modelización de los recursos explotables en la zona a poca profundidad, con la ayuda de un software minero llamado RecMin.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo General

Cuantificar los recursos minerales, a través del diseño del modelo tridimensional de la zona mineralizada del Cerro la Paloma en función del elemento oro (Au), mediante la aplicación del software minero RecMin.

1.2.2 Objetivo específicos

1. Determinar los valores químicos elemental de oro (Au) del material de la zona proveniente de cada calicata con el método de absorción atómica.
2. Realizar una caracterización macroscópica cualitativa de la geología local por observación directa y simple de las calicatas
3. Realizar el modelamiento geológico y de bloques del recurso mineralizado con la aplicación del software RecMin Free.
4. Cuantificar y categorizar los recursos auríferos de la zona evaluada, con el método del Inverso de la distancia al cuadrado mediante el software RecMin.

1.3 Justificación de la investigación.

En la actualidad, específicamente de manera puntal, en la universidad de Oriente el estudiantado de ingeniería de minas no cuenta con una sala, ni licencia de software mineros, para la enseñanza aprendizaje de este tipo de herramienta, que resultara muy útil para la profesión, ya que, en muchas de las empresas mineras utilizan estos software para las distintas planificaciones de explotación, diseños de

explotación, cuantificación de los recursos minerales, etc. Actualmente la adquisición de una licencia para uso de un software minero es muy costosa, y limita su enseñanza en los espacios universitarios.

En la actualidad, existe el software minero RecMin, el cual es de uso libre y de licencia gratuita para las universidades que lo soliciten. En tal sentido, será de mucho provecho la realización de este trabajo de grado, ya que en el mismo se explicara el paso a paso, el uso de este software para la realización de los modelos geológicos y modelos de bloques de un proyecto, de manera que sirva de base para los estudiantes de la carrera de ingeniería de minas y afines, que deseen incursionar en el uso de esta herramienta que están siendo usadas actualmente en las empresas mineras.

1.4 Alcance de la investigación.

La finalidad de este trabajo es aprender a manejar el software RecMin en una primera etapa básica, que abarca desde la generación de topografías, pasando por la preparación de la base de datos, tanto de coordenadas, sondeos y litologías, generación de cuerpos sólidos y modelización de bloques como recursos medidos, de manera que, sirva de apoyo para los futuros tesisistas que quieran trabajar con esta herramienta.

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.

La finca donde se desarrolla el proyecto Costa Atlántica se localiza al norte del Estado Bolívar a la altura del km 50 de la carretera vieja que comunica ciudad bolívar y puerto Ordaz, que de acuerdo a los mapas de cartografía nacional, se sitúa en el Cerro conocido con el nombre de La Paloma. La finca cubre una superficie de 200 hectáreas con las coordenadas latitud norte $8^{\circ}11'$ y una longitud oeste $63^{\circ}11'$ (Figura 2.1)

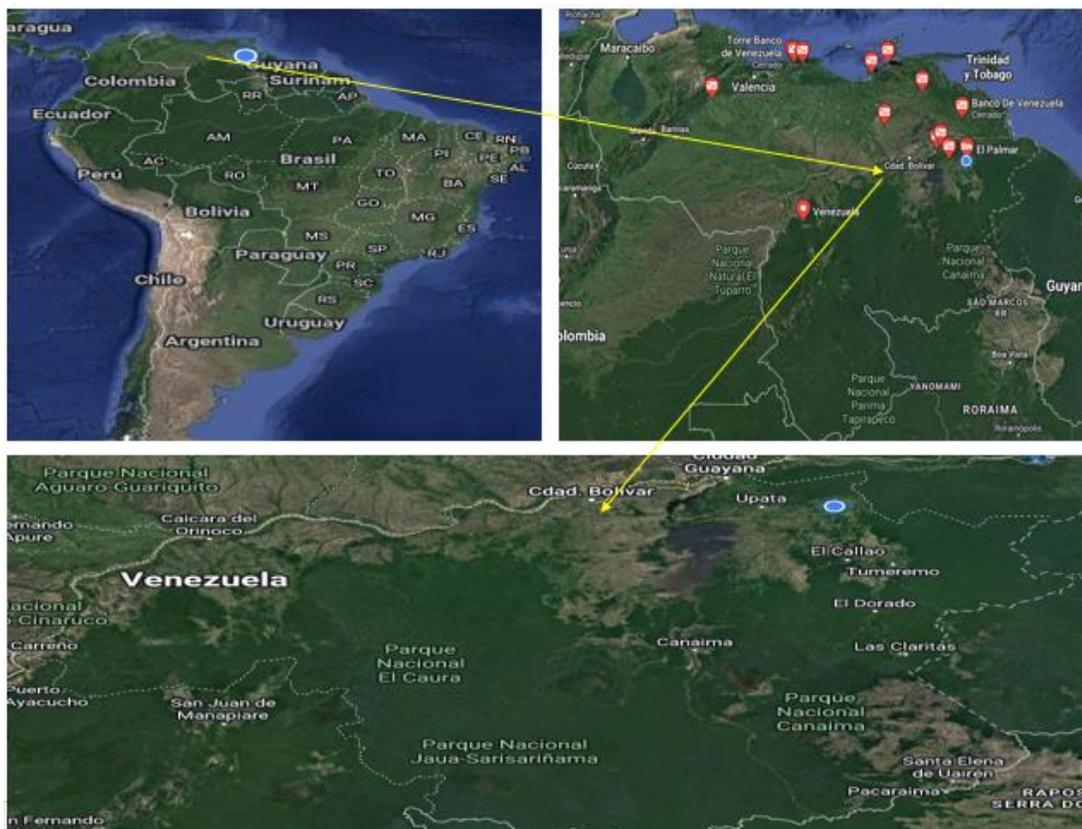


Figura 2.1 Ubicación relativa del área de estudio (google maps. 2022)

2.2 Acceso del area de estudio.

El acceso al area se realiza por via terrestre a travez de la carretera vieja que va de ciudad bolivar a puerto ordaz en el km 50 con un desvio de aproximadamente 970 metros hasta llegar al cerro La Paloma. (Figura 2.2).



Figura 2.2 Ubicación del área de estudio. (Google maps. 2022)

2.3 Características físico naturales del área de estudio.

2.3.1 Clasificación climática.

Se describen las siguientes variables climatológicas que fueron registrados en el año 2005, y que se evaluaron a través de la estación meteorológica de Ciudad Bolívar, por ser la más cercana al área de estudio.

2.3.2 Precipitación

En el área de estudio la precipitación promedio anual, se registró en 1.362,10 mm, mientras que el valor máximo de precipitación se obtuvo en el mes de Agosto con una pluviosidad de 453,60 mm y el valor mínimo en el mes de Marzo con una pluviosidad de 0,8 mm.

Por otra parte en el Estado Bolívar el periodo de lluvias está comprendido entre los meses de Mayo a Octubre y la estación seca abarca los meses de Noviembre a Abril, esto es lo que indica los valores de la precipitación en el año 2006 (Inameh, 2006) (Tabla 2.1).

El régimen pluviométrico, medio anual, se caracteriza por ser de tipo unimodal; es decir se presenta un solo máximo durante el año.

Tabla 0.1 Precipitación máxima y mínima (mm) ((Inameh, 2006).

Meses	Valor máximo	Valor medio	Valor mínimo
Enero	223,6	72,6	1,2
Febrero	141	55,7	5,4
Marzo	49,7	22,7	0,8
Abril	104,2	40,2	16
Mayo	298,5	138,6	37,8
Junio	417,2	219,6	66,2
Julio	379,2	223,4	138,2
Agosto	453,6	220,4	59
Septiembre	172,8	104,1	15
Octubre	136,6	89,8	60,1
Noviembre	185,3	1,3	8,4
Diciembre	151	84	54,2
Anual	2.714,50	1.362,10	462,30

2.3.3 Evaporación

La evaporación media anual en el periodo del año 2005, se ubicó en 1.051,20 mm. Los valores máximos, medios y mínimos de la evaporación en la estación de Ciudad Bolívar (Inameh, 2006).

De igual manera en la tabla 2.2 se observa que el valor máximo de evaporación se localiza en el mes de Marzo con 156,10 mm y el valor mínimo se obtuvo en julio con 58,90 mm (Inameh, 2006). Tabla 2.2

Tabla 0.2 Evaporación (mm) (Inameh, 2006).

Meses	Valor máximo	Valor medio	Valor mínimo
Enero	125,2	75,4	51,2
Febrero	131,5	82,8	70,1
Marzo	156,1	102,9	81,5
Abril	149,3	105,9	86,2
Mayo	143,0	106,1	95,0
Junio	101,9	77,9	75,2
Julio	109,8	82,0	58,9
Agosto	120,8	85,8	75,2
Septiembre	120,6	87,3	83,2
Octubre	127,1	89,1	65,1
Noviembre	110,0	77,7	65,3
Diciembre	116,0	78,4	70,8
Anual	1.511,90	1.051,70	877,80

2.3.4 Temperatura

En la caracterización de esta variable, se obtuvo que la temperatura total media de la zona de 29,5 °C aproximadamente, con una aplicación térmica anual alrededor de 1,8 °C. Asimismo los periodos de máxima temperatura se ubicaron en los meses de Marzo, Abril y Mayo con 35,30 °C y el menor en el mes de Julio con 24,10 °C. (Tabla 2.3)

Tabla 0.3 Temperatura máxima y mínima (mm) (Inameh, 2006).

Meses	Valor máximo	Valor medio	Valor mínimo
Enero	33,0	28,4	26,3
Febrero	34,3	29,5	24,3
Marzo	35,3	30,4	24,4
Abril	35,3	30,1	25,4
Mayo	35,3	30,0	25,2
Junio	33,3	28,9	25,2
Julio	32,5	28,0	24,1
Agosto	32,3	28,2	24,4
Septiembre	34,5	29,7	24,6
Octubre	34,7	30,1	25,3
Noviembre	33,5	30,2	25,7
Diciembre	35,2	30,5	25,7
Anual	34,1	29,5	20,0

2.3.5 Presión atmosférica

Los valores reflejaron registros en la estación meteorológica Ciudad Bolívar, observándose de esta manera, que la presión atmosférica promedio anual fue de

1.009,80 mbar. Los valores de la presión atmosférica correspondiente al año 2005 (Inameh, 2006) (Tabla 2.4).

De acuerdo a lo reflejado en la tabla 2.5, se obtiene que el valor máximo de la presión atmosférica se registrara en el mes de Julio de 1.012,40 mbar y el valor mínimo en el mes de Noviembre, con 1.008,10 mbar.

Tabla 0.4 Presión atmosférica (mbar) (Inameh, 2006).

Meses	Valor medio
Enero	1009,70
Febrero	1010,10
Marzo	1010,50
Abril	1008,90
Mayo	1008,60
Junio	1010,00
Julio	1012,40
Agosto	1011,20
Septiembre	1010,20
Octubre	1008,10
Noviembre	1008,10
Diciembre	1010,00
Promedio Anual	1009,80

2.3.6 Insolación

El estudio de esta variable se realizó en la estación meteorológica Ciudad Bolívar, de acuerdo a la información recopilada en el periodo 2005. Los valores de insolación media mensual, de la estación antes mencionada, se observan en la tabla 2.5 (Inameh, 2006).

De la información plasmada en la tabla anterior, es importante resaltar que la insolación media reflejada meteorológica Ciudad Bolívar es de 231,30 horas, asimismo que el valor máximo de insolación se refleja en el mes de Diciembre con 333,00 horas y su valor mínimo es en el mes de Febrero con 195, 10 horas (Inameh, 2006).

Tabla 2.5 Insolación (Hrs) (Inameh, 2006)

Meses	Valor medio
Enero	210,4
Febrero	195,1
Marzo	221,8
Abril	223,2
Mayo	214,5
Junio	203,2
Julio	228,3
Agosto	238,3
Septiembre	242,6
Octubre	239,9
Noviembre	224,7
Diciembre	333,0
Promedio anual	231,3

2.3.7 Humedad relativa

El estudio de esta variable climática se realizó en la estación meteorológica Ciudad Bolívar, de acuerdo a la información recopilada en el periodo 2005 (Inameh, 2006).

Los valores de la humedad relativa media mensual es de 75.2%; de igual modo, el valor máximo de esta se refleja en el mes de Junio con 82,30% y su valor mínimo en el mes de Marzo con 63,10%, de los valores medios de la humedad relativo.

2.3.8 Vientos

Según el informe de avance de la hoja NC_20_14, publicado por la empresa Corporación Venezolana de Guayana Técnica Minera (CVG-TECMIN C.A., 1991); el régimen de vientos, en el área está determinado por los alisios, la convergencia intertropical y los efectos orográficos locales. La velocidad media anual es de 11KM/h aproximadamente, con una dirección prevaleciente E (este) y ESE (este-sureste).

Los valores más altos de velocidad del viento se observan en la época a Mayo, siendo Marzo el mes que registra el valor más alto (15,5 Km/h), a partir de Junio hasta Septiembre, la velocidad del viento disminuye, ocurriendo el menor valor (8,4 Km/h) en este último mes; luego la velocidad vuelve a aumentar en la temporada de Octubre a Diciembre (Inameh, 2006).

2.3.9 Clasificación climática según Köppen

El área cubierta por la hoja NC-20-14 tiene un clima tropical de sabana. Este tipo climático se caracteriza por presentar una estación lluviosa que tiene su máximo en el verano astronómico (Junio, Julio, Agosto) y el invierno es seco o con poca precipitación es decir, la precipitación media mensual en dichos meses es menor de 60 mm. (Informe de avance de la hoja NC-20-14, Clima, Geología, Vegetación y Suelos (CVG-TECMIN C.A. 1991).

2.4 Geomorfología

En el área de estudio se puede visualizar que la geomorfología predominante es la planicies representada en su mayoría por la Formación Mesa, y en menos

proporciones peniplanicies, con presencia de lomeríos, la cual coincide con la información suministradas por CVG-TECMIN C.A. (1991) donde se caracteriza por la presencia de planicies y peniplanicies bajas, suavemente onduladas hacia el norte y hacia el sur por un paisaje de lomeríos de alturas y pendientes variables. Las planicies son los paisajes de mayor uniformidad; y las hay de origen deposicional, residual y combinando ambos factores, los más predominantes son los de tipo deposicional correspondientes a la formación Mesa.

El modelo de estos paisajes, tiene como punto de partida los procesos endógenos y exógenos ocurridos sobre las rocas pertenecientes a la provincia geológica de Imataca, Pastora, y Cuchivero. La evolución de los paisajes elevados, plateaux, montañas y lomeríos, responden a movimientos orogénicos ocurridos en el precámbrico. Durante el mesozoico, se produjeron largos periodos de profundas erosión, exhumando el proceso de tectonismo, mientras que el cenozoico se caracterizó por levantamientos que resultaron en diferencias altimétricas en el escudo, dando lugar, a varias superficies de planación.

2.4.1 Lomeríos

Esta unidad taxonómica está distribuida en la mayor parte del área que representa la hoja de radar NC-20-14. Representa un paisaje de disección en la cual los procesos erosivos han actuado de manera intensa, conformando un relieve escarpado, intermedio entre paisajes más conservados, como las montañas y las altiplanicies; las causas de esta pueden estar relacionadas a variaciones de carácter litológico debidas a un diaclasamiento más intenso de las rocas (CVG-TECMIN C.A. 1991).

2.4.2 Peniplanicies

Es un paisaje profundamente denudado, casi plano, proveniente de la alteración por procesos físicos y químicos de la roca original. Las variaciones que sufre la peniplanicie, en consecuencia, depende de su ubicación, su litología, su génesis y sus condiciones topográficas (CVG-TECMIN C.A 1991).

2.5 Vegetación

La vegetación existente en esta unidad suele ser un tanto heterogénea, donde se asientan bosques medios o bajos en altura y medios o ralos en densidad de cobertura, además de haber arbustales y herbazales (CVG-TECMIN C.A. 1991).

En el área de la hoja NC-20-14, están representadas dos zonas bioclimáticas, estas son: la Zona Tropófila Macrotérmica y la Zona Ombrófila Macrotérmica.

La formación dominante en la zona, de Biocliama Tropófila Macrotérmica, es la sabana gramínea arbustiva; la matriz del componente herbáceo lo constituye la especie *Trachypogon* (Chaparro), *Roupala Complicata*, peniplanicies y lomeríos (CVG-TECMIN.C.A 1991).

En la zona Bioclimática Ombrófila Macrotérmica, la formación dominante está constituida por bosques de media-baja y cobertura variable. Estas formaciones presentan un carácter siempre verde, producto de la distribución regular de las lluvias, presentan una compleja composición florística, debido a su compleja dinámica, y ocupan paisajes de plateaux y lomeríos (CVG-TECMIN.C.A 1991).

2.6 Suelos

En líneas generales la masa rocosa se encuentra desprovista de suelos, en tal sentido, para la caracterización de los mismos se consideran los suelos desarrollados en las áreas aledañas. Estos suelos son el resultado de los procesos de meteorización y erosión de las rocas graníticas que conforman el basamento ígneo metamórfico de la región (CVG-TECMIN.C.A 1991).

En el área se observa la formación de suelos pocos profundos en los topes de las lomas y profundos en la base de las vertientes. Los principales suelos, de acuerdo a la Taxonomía de Suelos Norteamericanos (Soil Survey Staff, 1992) son los Ultisoles que pertenecen al Orden Ultisoles, específicamente a los Sub – grupos Arenic y Grossarenic Kandistults (suelos arcillosos y ácidos con bajo contenido de bases intercambiables, por lo que su fertilidad y permeabilidad es escasa), asociados a afloramientos rocosos, lo que va a sustentar una vegetación herbácea o arbustiva, (CVG-TECMIN.C.A 1991).

Estos suelos se desarrollan desde muy superficiales (menos de 10 cm.), hasta niveles un poco más profundos (1,5 metros). Poseen horizontes A (3–40 cm.) cuyos colores en húmedos varían desde negro y marrón grisáceo muy oscuro hasta marrón amarillento. Este horizonte, generalmente, suprayace los estratos rocosos o al horizonte C, el cual ocurre a profundidades variables (4–50 cm.) con colores que varían desde marrón a amarillo (CVG-TECMIN.C.A 1991).

En relación al uso potencial de estas tierras, ellas exhiben un cuadro de limitaciones que restringen su uso agropecuario y/o forestal derivados esencialmente a la presencia de afloramientos rocosos, los cuales disminuyen el área útil y los altos niveles de acidez que bajan fertilidad natural de los suelos; así como también, la poca profundidad de la capa orgánica efectiva. Por consiguiente su uso debe basarse en

cultivos de árboles frutales con capacidad de adaptación a las condiciones agroclimáticas de la zona, siendo necesario un proceso constante de tratamiento de la tierra (CVG-TECMIN.C.A 1991).

2.7 Geología regional

El área de estudio se encuentra enmarcada en el Escudo de Guayana, el cual se extiende al sur del Río Orinoco y limita al oeste con Colombia por los Ríos Orinoco, Atabapo, y Guainía - Negro; al sur con Brasil en Cocuy - Neblina, que son las cabeceras de los Ríos Orinoco - Ventuari y la Gran Sabana con la Sierra Pacaraima, y al este con la zona en Reclamación con los Ríos Venamo y Cuyuní, cubriendo casi el 50 % de la superficie de Venezuela (Mendoza, V. 2012).

2.7.1 Diferencia Fisiográfica de provincias del Escudo de Guayana

La provincia norte con la cobertura Cuaternaria de la Formación Mesa que bordea todo el curso norte del Río Orinoco hasta la zona Deltana, con altura por debajo de los 150 m.s.n.m (Mendoza, V. 2012).

La Provincia Geológica de Imataca, caracterizada por filas alargadas de Cuarzitas Ferruginosas, tipo Cerro Bolívar y Gneises Cuarzo - Feldespático, Anfibolítico y Granulítico, Migmatitas, Charnockitas, y algunos Mármoles Dolomíticos del Complejo de Imataca, que ocupa zona montañosa con alturas superiores a los 400 m.s.n.m (Mendoza, V. 2012).

Luego se encuentra la Provincia Geológica de Pastora, con sabanas largas ocupadas por Granitos del Complejo de Supamo, y filas largas y estrechas con altura

por debajo de los 500 m.s.n.m. , tipo cinturones verdes del Súper Grupo Pastora, y de filas más anchas y más bajas de cinturones verdes, más jóvenes del Grupo Botanamo, las mayores alturas se localiza en pequeños plateaux de diabasas, con núcleos de rocas graníticas como en el dique Anular de Nuría, con alturas superiores a los 500 m.s.n.m (Mendoza, V. 2012).

La Provincia Geológica de Roraima, al sur de la cabecera del Rio Cuyuní, alcanza grandes áreas planas altas; la cual se denomina Gran Sabana, formada por arenisca feldespática del Mesoproterozoico con alturas de 1500 a 950 m.s.n.m., desde el Luepa hasta Santa Elena del Uairén, culminado por tepuys o mesa altas ortocuarcitas sedimentarias del Grupo Roraima, con innumerables y bellos tepuys como el Roraima, Auyantepuy, Chimantá, y hacia Amazonas los tepuys de El Pañuelo, Cuao, Autana, Parú, Duida y Marahuaca entre otros, con alturas que van en Roraima por el orden de hasta 2000 m.s.n.m., y en la Marahuaca hasta los 3400 m.s.n.m (Mendoza, V. 2012).

En la parte oeste del Estado Bolívar y Amazonas, predominan las rocas riolíticas y granitos que forman filas alargadas como la de Caicara - Santa Inés y grandes batolitos como la de Santa Rosalía, el Parguaza, Parú, etc. Particular fisiografía muestra la Provincia del Casiquiare, en Amazonas, casi planas con alturas por debajo de los 200 m.s.n.m., constituidas por rocas graníticas similares a las del Complejo del Supamo de la parte Oriental del Escudo, excepto por algunos granitos intrusivos como de Solano, San Carlos y Cocuy, tipo granitos Rapakivi o anarogénicos y rocas gabroides tectonizadas (Mendoza, V. 2012).

2.8 Provincia Geológica de Imataca

El Complejo Geológico de Imataca se extiende en dirección SW-NE, desde las proximidades del Rio Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección NW-SE, aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Gurí por unos 550 km a 80 km respectivamente (Mendoza, V. 2012).

Litológicamente la provincia de Imataca está formada por gneis graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitas máficas y hasta ultramáficas (15% a 20%) y cantidades menores y complementarias de Formaciones Bandeadas de Hierro (BIF), dolomitas, charnoskitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menor grado metamórfico y más jóvenes CRV – TTG gnéisicos (El Torno – Real Corona). El metamorfismo registrado en estas rocas decrece desde la Mina de hierro de El Pao, con granulitas de dos piroxenos en charnockitas, anortositas y granulitas máficas y hasta ultramáficas (que sugieren temperaturas de 750°C - 850°C y moderadas a elevadas presiones de 8 a 8.5 Kbs, equivalentemente a menos de 30 Kilómetros de presión de roca), hacia la zona de Gurí, con anfibolitas, granulitas y migmatitas, rocas graníticas con granate-cordierita-sillimanita (que implican temperaturas de 650°C - 700°C y presiones de 4 a 7 Kbs, o sea menores de 20 Kilómetros de espesor de rocas) (Mendoza, V. 2012).

Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan como evolucionadas primitivos CRV y complejos graníticos, potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamórfizados hasta alcanzar las facies anfibolitas y granulitas en la colisión de microcontinentes y sufrir luego parcialmente metamorfismo retrógrado, registrando toda la historia evolutiva del escudo. La provincia de Imataca registra seis o más dominios tectónicos, separados entre sí por grandes fallas tipo corrimientos. Internamente el plegamiento es Isoclinal con replegamiento más abierto. En la parte Norte, los pliegues tienen rumbos NW mientras que en la parte sur

la tendencia dominante de los pliegues es N60-70E que es la que predomina regionalmente, es decir aproximadamente paralelas a la Falla de Gurí (Mendoza, V. 1975). Ascanio, G. (1975) postulo que parte, al menos, del Complejo de Imataca está formado por varias fajas tectónicas que representan micro continentes que por deriva chocaron unos con otros con obducción, quedando separados entre sí por grandes corrimientos. Ascanio denominó a estas fajas como la de La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar (Figura 2.3).

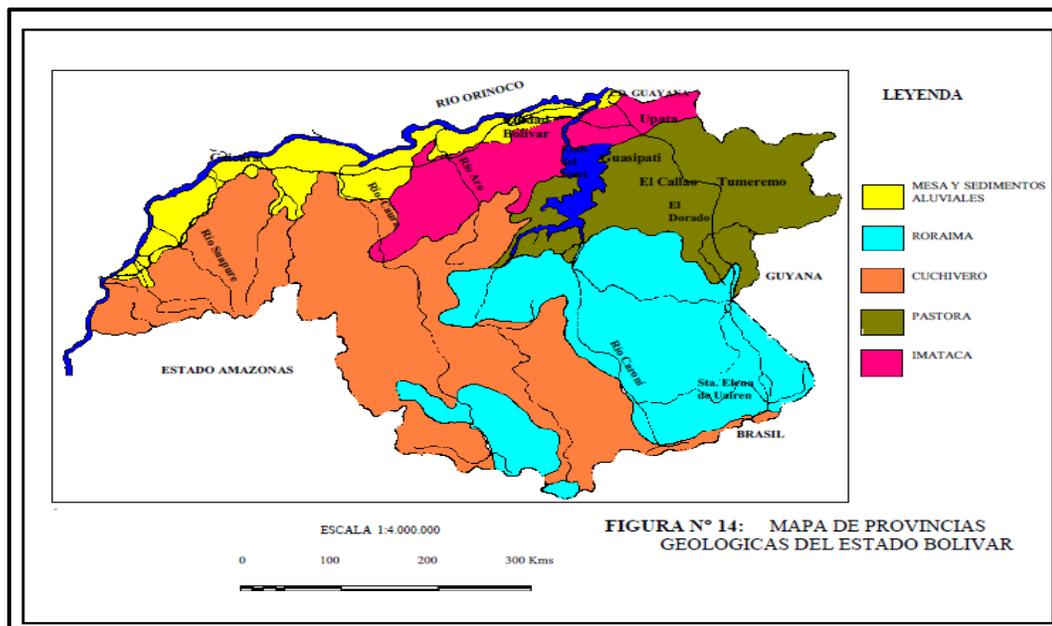


Figura 0.3 Provincia geológica del Estado Bolívar (Mendoza, V. 2012).

2.9 Faja de la Encrucijada

Conformada principalmente por gneis piroxénicos y monzogranitos de colores verdes, grises y rosados, con textura de grano medio a grueso, se presentan bandeados, a veces granulares y en ocasiones porfídicos y dentro de los cuales se han emplazado sienitas cuarcíferas y los Granitos de la Encrucijada (Ascanio, G. 1975).

2.10 Faja de Ciudad Bolívar

Constituida por gneis cuarzo-feldespáticos de grano grueso generalmente granatíferos, intercalados con esquistos y anfibolitas. Contiene Formaciones de hierro de grano medio, entre los cuales el de mayor importancia es el Cerro María Luisa. Las estructuras presentan un rumbo general $N60^{\circ}W$. Al norte del Cerro María Luisa y hacia el sur de la Serranía de Buenos aires y María Luisa, se presenta el desarrollo de gneises monzograníticos, sienograníticos y granodioríticos con textura de grano grueso, de color rosado, dentro de los cuales se observa la presencia de restos de gneises anfibólitos (Ascanio, G. 1975) (Figura 2.4).

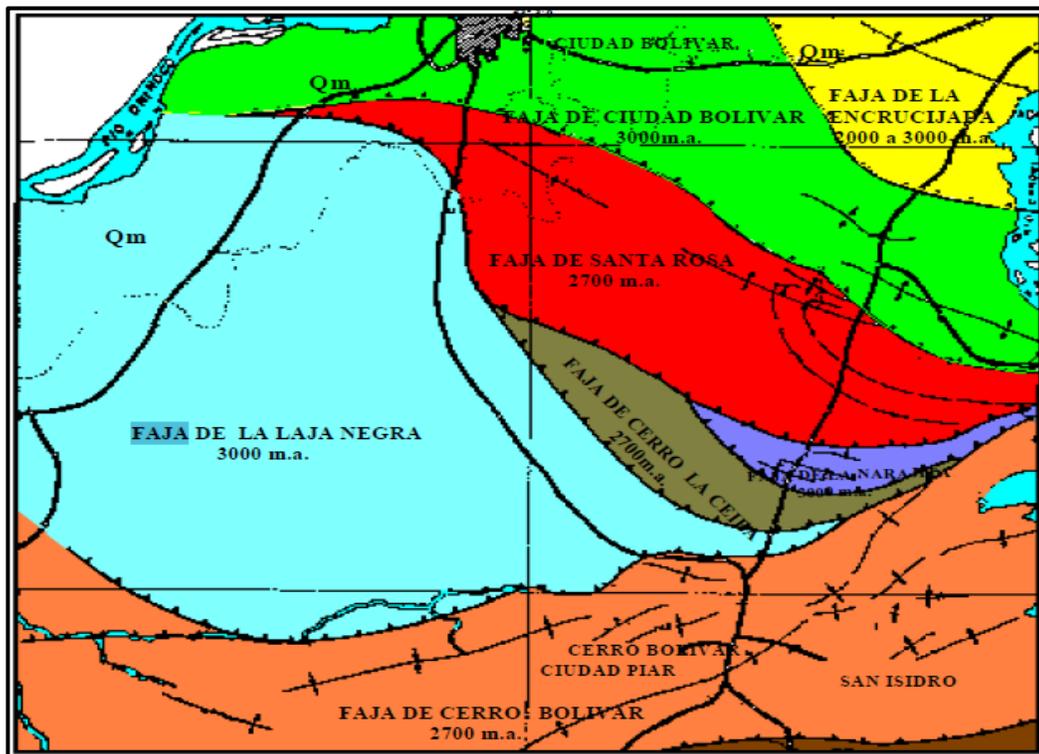


Figura 0.4 Complejo de Imataca en los alrededores de Cerro Bolívar (Mendoza, V. 2012).

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Fundamentos teóricos

3.1.1 Rocas ígneas

Las rocas son agregados naturales compuestos de uno o más minerales, cristalinos o amorfos, que presentan características homogéneas y constituyen sobre la tierra cuerpos geológicamente independiente. Las rocas se dividen según su modo de formación en tres grupos: ígneas o magmáticas, sedimentarias y metamórficas. (Bertorelli, J. et., 2003).

Las rocas ígneas o magmáticas son aquellas que se han formado por solidificación del material rocoso caliente y móvil llamado magma. El magma se define generalmente como materia rocosa fundida, es decir, roca en esta de fusión de composición principalmente silíceo. Sin embargo, esta definición omite el hecho de que el magma contiene componentes volátiles que se pierden al solidificarse. La solidificación del magma no tiene lugar a una temperatura definida, sino que generalmente es prolongada en el tiempo y en el lugar por la cristalización fraccionaria, proceso por el cual gradualmente progresa la separación del líquido y los cristales. (Betorelli, J. et.al, Op. Cit.).

El magma se encuentra en zonas profundas de la corteza terrestre, al ascender y llegar a la superficie produce las rocas de carácter extrusivo o al quedar aprisionado en el camino por movimientos tectónicos, produce las rocas de carácter intrusivo.

Según los diferentes tipos de yacimientos, las rocas ígneas pueden ser intrusivas y extrusivas. (Bertorelli, j. et. Al., Op. Cit.).

1) Intrusivas: las rocas ígneas formadas por la cristalización lenta del magma debajo de la superficie de la Tierra reciben colectivamente el nombre de intrusivas. En este grupo se distinguen las grandes masas que cristalizan a profundidad, llamadas abisales o plutónicas, y las que cristalizan bajo condiciones intermedias, es decir, entre gran profundidad y la superficie son denominadas hipoabisales. (Bertorelli, j. et. Al., Op. Cit.).

a. Abisales o plutónicas: las masas de rocas plutónicas o abisales varían enormemente en forma y extensión. Los batolitos son cuerpos intrusivos gigantes con paredes de inclinación muy acentuada y sin ningún piso visible.

Los batolitos se componen típicamente de rocas ácidas: granitos o dioritas. A veces sus afloramientos se extienden sobre varios miles de kilómetros cuadrados. Los lacolitos son masas de rocas plutónicas de forma plana convexa (cúpula o domo), concordante con las rocas que encajan. Muchos lacolitos pasan en forma gradual a sills. Los lacolitos suelen ser de dimensiones más reducidas que los batolitos, no hay muchos lacolitos cuyo diámetro sobrepase de unos cuantos kilómetros.

Los lapolitos son masas de rocas plutónicas intercaladas entre los estratos de una serie sedimentaria, concordantes con la estratificación general del terreno y con frecuencia deprimida en el centro (forma plana cóncava). Su espesor es variable, pudiendo alcanzar más de un kilómetro y su extensión superficial es considerable, pudiendo ser varias decenas de kilómetros. (Bertorelli, j. et. Al., Op. Cit.).

b. Hipoabisales: cuando los magmas formados a profundidad ascienden hacia la superficie terrestre por las fracturas, grietas o fallas existentes en las rocas, forman las estructuras de las rocas ígneas hipoabisales.

Estas pueden ocurrir como diques, extensiones tabulares o fuertemente inclinadas que atraviesan la dirección de la roca encajante; como diques circulares inclinados con afloramiento arqueados o anulares, formados por la ascensión del magma a lo largo de grandes fracturas conicas o cilíndricas, algunas veces con varios kilómetros de diámetros; o como sills, que son masas tabulares concordantes con la estructura principal.

Las rocas hipoabisales no pueden separarse claramente ni de las rocas abisales ni de las volcánicas, ya que presentan características más o menos intermedias entre los dos tipos. Se distinguen de las abisales en que se presentan en forma de diques o sills, y tienen estructuras características resultantes de un enfriamiento más rápido. El reconocimiento de este grupo, por lo tanto, es quizás el mayor valor en los estudios sobre el terreno (donde se conoce el yacimiento) más que en el laboratorio. (Bertorelli, j. et. Al., Op. Cit.).

2) Extrusivas o volcánicas: las rocas extrusivas o volcánicas provienen de un volcán o de una grieta, o sea, de una abertura de la corteza terrestre por la cual el magma procedente de las profundidades es lanzado a la superficie en forma de lava, o de proyección de lava, fragmentos de rocas, cenizas y gas. Al llegar a la superficie a través de las fisuras, la lava se extiende por las comarcas vecinas, rellenando la topografía. Los materiales sólidos lanzado al aire se precipitan a diversos lugares en la cercanía del cráter del volcán. Las rocas que se originan de estas actividades extrusivas corresponden a rocas volcánicas propiamente dichas, formadas al solidificarse la lava expulsadas por las grietas o por el volcán, y a rocas

piroclásticas de carácter fragmentarias, formadas por los materiales soldados arrojados por las explosiones del volcán.

3.1.2 Textura de las rocas ígneas

La textura es una característica importante porque revela datos sobre el ambiente en el que se formó la roca. Se utiliza para describir el aspecto general de la roca en función del tamaño, forma y ordenamiento de sus cristales

De esta manera, según el grado de cristalización alcanzado por un magma durante su enfriamiento para convertirse en roca, pueden ser rocas holohialinas (compuesta >90% por vidrio volcánico), hipohialinas o hicrocristalinas (compuesta en parte por vidrio y en parte por cristales) y hholocristalinas (>90% en volumen de cristales, con ausencia de vidrio).

Según el tamaño de los cristales, pueden ser faneríticas para aquellas rocas en las que los cristales pueden reconocerse a simple vista, indicando que las rocas han sufrido un proceso lento de enfriamiento, es decir que han perdido calor de una forma gradual y lenta, típicas de rocas intrusivas (plutónicas); afanítica, se presenta en aquellas rocas en las que los cristales no se pueden reconocer a simple vista y es necesario una lupa o un microscopio. Una textura afanítica siempre indica que el proceso de enfriamiento se produjo de forma más o menos rápida. Esta textura es típica de rocas volcánicas y subvolcánicas.

Según la forma en que se distribuyen los cristales, la textura en las rocas ígneas pueden ser: equigranular, si el tamaño de todos los cristales es similar e, inequigranular cuando en la roca existe una distribución de tamaños de granos muy amplia (tabla 3.1)

Tabla 3.1 Textura de las rocas ígneas en base a su granularidad o tamaño del grano (C. Guilford, 1991).

Tipo de grano	Tamaño de los granos (mm) (ϕ)= Diámetro
Grueso	$\phi > 5$
Medio	$5 > \phi > 1$
Fino	$\phi < 1$ (pero son distinguibles a simple vista)
Afanítico	$\phi < 1$ (no distinguibles a simple vista)

Teniendo en cuenta que la textura, como se indicó anteriormente, depende del lento o rápido enfriamiento del magma, según sea a profundidad o en la superficie, obtendremos, respectivamente la gama de texturas ya estudiadas: pegmatítica, granular-porfídica, fluidal, esferolítica (por su aspecto conchiforme), vítrea y piroclástica. (Figura 3.2).

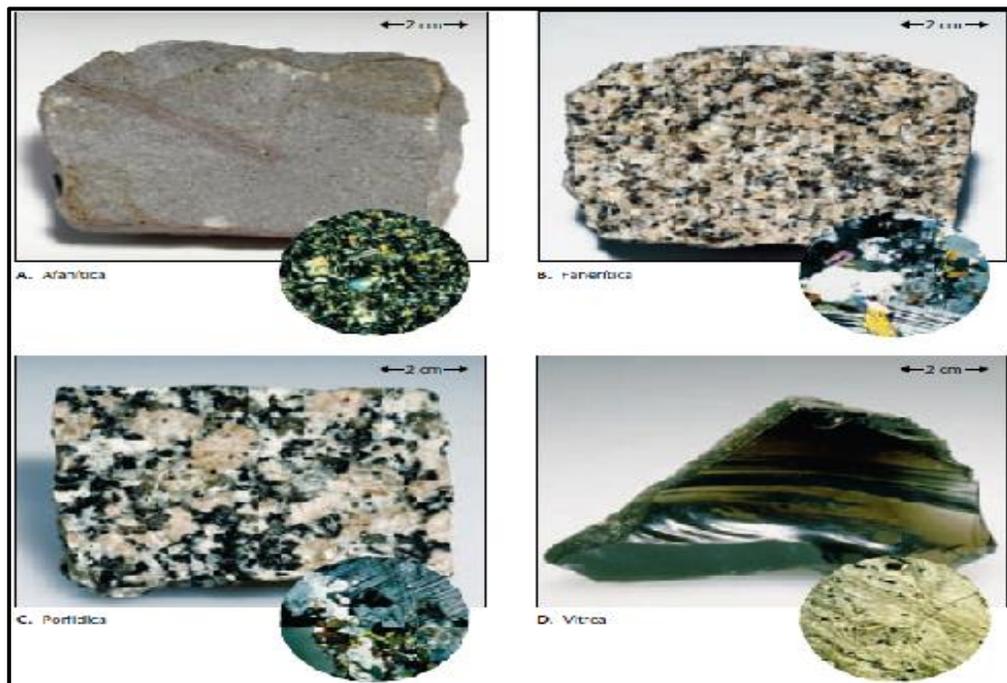


Figura 3.2 Textura de las rocas ígneas (Tarbuck, E., y Lutgens, F. 2005).

3.1.3 Clasificación de las rocas ígneas.

Las rocas ígneas se clasifican en función de su textura y de su composición mineral. Las diferentes texturas ígneas son consecuencia fundamentalmente de distintas historias de enfriamiento, mientras que la composición mineralógica de una roca ígnea es consecuencia del contenido químico de su magma primario. Dado que las rocas ígneas se clasifican en función de su composición mineral y de su textura, dos rocas pueden estar constituidas por los mismos minerales pero con diferentes texturas y por ende nombres diferentes. (Tarbuck, E., y Lutgens, F. 2005). (Figura 3.3)

Composición química		Granítica (félsica)	Andesítica (intermedia)	Basáltica (máfica)	Ultramáfica
Minerales dominantes		Cuarzo Feldespatos potásico Plagioclasa rica en sodio y calcio	Amfibol Plagioclasa rica en sodio y calcio	Piroxeno Plagioclasa rica en calcio	Olivino Piroxeno
Minerales accesorios		Amfibol Moscovita Biotita	Piroxeno Biotita	Amfibol Olivino	Plagioclasa rica en calcio
TEXTURA	Fanerítica (grano grueso)	Granito	Diorita	Gabro	Peridotita
	Afanítica (grano fino)	Riolita	Andesita	Basalto	Komatita (poco común)
	Porfídica	«Porfídico» precede cualquiera de los nombres anteriores siempre que haya fenocristales apreciables			Poco comunes
	Vitrea	Obsidiana (vidrio compacto) Pumita (vidrio vacuolar)			
	Piroclástica (fragmentaria)	Toba (fragmentos de menos de 2 mm) Brecha volcánica (fragmentos de más de 2 mm)			
Color de la roca (basado en el % de minerales oscuro)		0% a 25%	25% a 45%	45% a 85%	85% a 100%

Figura 3.3 Clasificación de los principales grupos de rocas ígneas según su composición, mineral y su textura. (Tarbuck, E., y Lutgens, F. 2005).

3.1.4 Metamorfismo y las rocas metamórficas.

El metamorfismo es una respuesta a los cambios físicos o químicos en el entorno de una roca preexistente, lo que hace referencia, en lo esencial, a variaciones de presión, de temperatura, de esfuerzos o por infiltración de fluidos. Esto implica la recristalización de los minerales preexistentes en otros cristales nuevos y/o la aparición de nuevos minerales, y la descomposición de otros minerales. Los procesos metamórficos se desarrollan, esencialmente, en estado sólido, aunque la masa global de la roca no sea disgregada, es decir, sin experimentar una pérdida completa de cohesión; sin embargo, los fluidos están presentes frecuentemente en una proporción pequeña y pueden desempeñar una importante función catalítica, en el caso de gradientes metamórficos elevados se pueden producir procesos de fusión. (B. W. D. Yardley).

El proceso metamórfico que ha experimentado una roca depende, a la vez, de los cambios físicoquímicos de su ambiente de emplazamiento y de su composición mineralógica, expresados en la historia de su propia cristalización. Los fenómenos metamórficos son complejos y también lo es la tipología de las rocas metamórficas.

3.1.5 Ambientes y tipos de metamorfismo.

Hay algunos ambientes en los que se produce metamorfismo. La mayoría se encuentra en las proximidades de los límites de placa y muchos se asocian con la actividad ígnea.

Consideraremos los siguientes tipos de metamorfismo:

1. Metamorfismo térmico o de contacto.
2. Metamorfismo hidrotermal.
3. Metamorfismo regional.
4. Metamorfismo de enterramiento.
5. Metamorfismo de impacto.
6. Metamorfismo dinámico.

3.1.6 Metamorfismo térmico o de contacto

El metamorfismo térmico o de contacto se produce como consecuencia del aumento de la temperatura cuando un magma invade una roca caja. En este caso se forma una zona de alteración denominada aureola en la roca que rodea el cuerpo magmático. Las intrusiones pequeñas, como diques delgados y sills, tienen aureolas de tan sólo unos pocos centímetros de grosor. Por el contrario, los cuerpos magmáticos que forman los batolitos masivos pueden crear aureolas metamórficas que se extienden a lo largo de varios kilómetros. Además del tamaño del cuerpo magmático, la composición mineral de la roca huésped y la disponibilidad de agua afectan en gran medida al tamaño de la aureola. En rocas químicamente activas, como las calizas, la zona de alteración puede tener 10 kilómetros de grosor.

Estas grandes aureolas suelen tener distintas zonas metamórficas. Cerca del cuerpo magmático, se pueden formar minerales de temperatura elevada como el granate, mientras que los minerales de grado bajo como la clorita se forman en lugares más alejados.

El metamorfismo de contacto se reconoce fácilmente sólo cuando se produce en la superficie o en un ambiente próximo a la superficie, donde el contraste de temperaturas entre el magma y la roca caja es grande.(Figura 3.4)

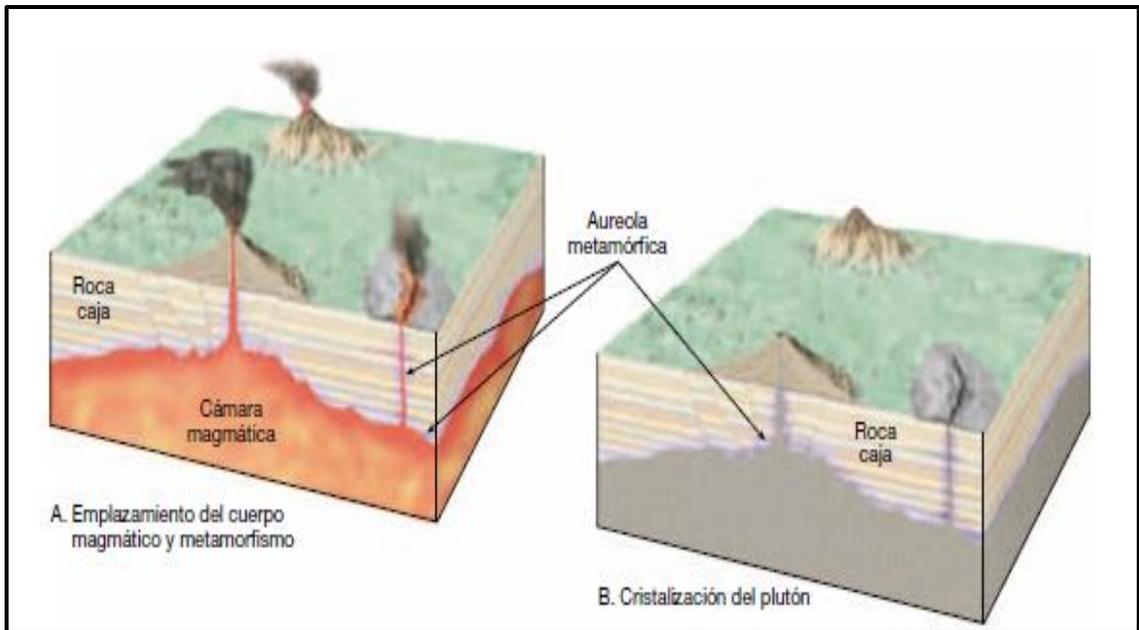


Figura 3.4 Emplazamiento de un cuerpo (Metamorfismo de contacto) (Tarbuck, E., y Lutgens, F. 2005).

3.1.7 Metamorfismo hidrotermal

Una alteración química llamada metamorfismo hidrotermal ocurre cuando los fluidos calientes, ricos en iones circulan a través de las fisuras y las fracturas que se desarrollan en la roca. Este tipo de metamorfismo está estrechamente relacionado con la actividad ígnea, ya que proporciona el calor necesario para hacer circular estas soluciones ricas en iones. Por tanto, el metamorfismo hidrotermal suele producirse en regiones en las que hay grandes plutones. (Figura 3.5)

Conforme estos grandes cuerpos magmáticos se enfrían y se solidifican, se expulsan los iones que no se incorporan a las estructuras cristalinas de los silicatos recién formados, así como los volátiles restantes (agua). Estos fluidos ricos en iones se denominan soluciones hidrotermales. Además de alterar químicamente la roca caja, los iones de las disoluciones hidrotermales a veces precipitan y forman una variedad de depósitos minerales económicamente importantes.

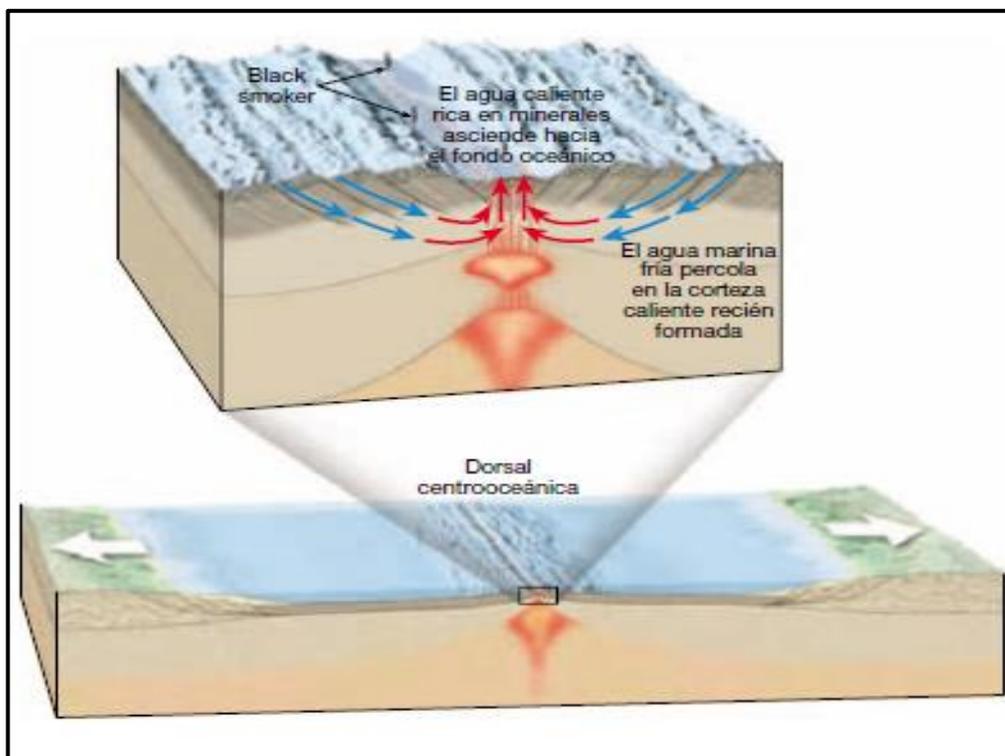


Figura 3.5 Emplazamiento de un cuerpo (Metamorfismo hidrotermal) (Tarbuck, E., y Lutgens, F. 2005).

3.1.8 Metamorfismo regional

La mayoría de rocas metamórficas se forman durante el metamorfismo regional asociado con la formación de montañas. Durante esos acontecimientos dinámicos, se

deforman intensamente grandes segmentos de la corteza terrestre a lo largo de los bordes de placa convergentes. Esta actividad suele tener lugar cuando la litosfera oceánica es subducida y produce arcos insulares o arcos volcánicos continentales y durante las colisiones continentales.(Figura 3.6)

El metamorfismo asociado con las colisiones continentales implica la convergencia de un límite de placa activo con un límite continental pasivo. En general, este tipo de colisiones provoca la deformación intensa de grandes segmentos de la corteza terrestre por las fuerzas compresionales asociadas con el movimiento convergente de las placas. Los sedimentos y las rocas de la corteza que forman los límites de los bloques continentales que colisionan se pliegan y se fracturan, haciendo que estos bloques se acorten y se engrosen como una alfombra arrugada. En este suceso suelen intervenir las rocas cristalinas del basamento continental, así como las partes de la corteza oceánica que antes formaban el fondo de una cuenca oceánica.

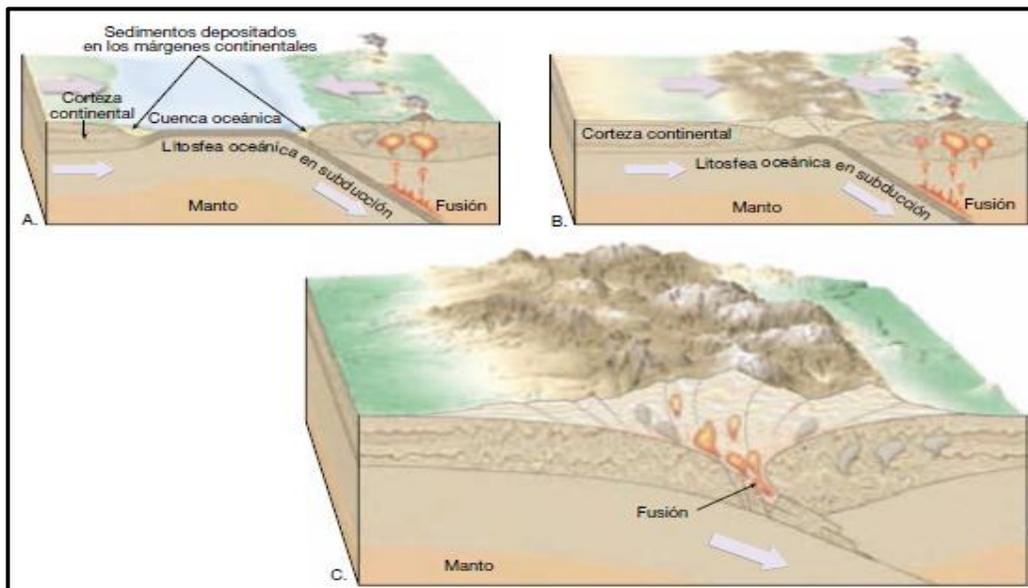


Figura 3.6 Emplazamiento de un cuerpo (Metamorfismo regional) (Tarbuck, E., y Lutgens, F. 2005).

3.1.9 Otros tipos de metamorfismo

Existen otros tipos de metamorfismo que generan cantidades comparativamente menores de rocas metamórficas en concentraciones localizadas.

3.10 Metamorfismo de enterramiento

El metamorfismo de enterramiento se produce en asociación con acumulaciones muy gruesas de estratos sedimentarios en una cuenca subsidente. Aquí se puede alcanzar las condiciones metamórficas de grado bajo en las capas inferiores. La presión de confinamiento y el calor geotérmico provocan la recristalización de los minerales y modifican la textura o la mineralogía de la roca sin deformación apreciable. La profundidad necesaria para el metamorfismo de enterramiento varía de un lugar a otro, según el gradiente geotérmico predominante. El metamorfismo de grado bajo suele empezar a profundidades de alrededor de 8 kilómetros, donde las temperaturas oscilan entre los 100 °C y los 200 °C. No obstante, en las zonas que muestran gradientes geotérmicos elevados, como en las proximidades del mar Salton en California y en la parte septentrional de Nueva Zelanda, las perforaciones han permitido recoger minerales metamórficos a una profundidad de sólo unos pocos kilómetros.

3.1.11 Metamorfismo dinámico

Cerca de la superficie, las rocas se comportan como un sólido frágil. Por consiguiente, el movimiento a lo largo de una zona de falla fractura y pulveriza las rocas. El resultado es una roca poco consistente denominada brecha de falla que está compuesta por fragmentos de roca rotos y aplastados. Los movimientos de la falla de

San Andrés en California han creado una zona de brecha de falla y de otros tipos de roca parecidos de más de 1.000 kilómetros de longitud y con una anchura de hasta 3 kilómetros. (Figura 3.7)

En algunas zonas de falla poco profundas, también se produce un material suave, no cementado, parecido a la arcilla denominado harina de falla. La harina de falla se forma por el triturado y la pulverización del material rocoso durante el movimiento de la falla. El material triturado resultante experimenta una alteración ulterior por el agua subterránea que se infiltra a través de la zona de falla. Gran parte de esa intensa deformación asociada con las zonas de falla se produce a grandes profundidades y, por tanto, a temperaturas elevadas. En ese ambiente, los minerales preexistentes se deforman dúctilmente. Conforme los grandes bloques de roca se mueven en direcciones opuestas, los minerales de la zona de falla tienden a formar granos alargados que dan a la roca un aspecto foliado o lineado. Las rocas que se forman en estas zonas de deformación dúctil intensa se denominan milonitas.

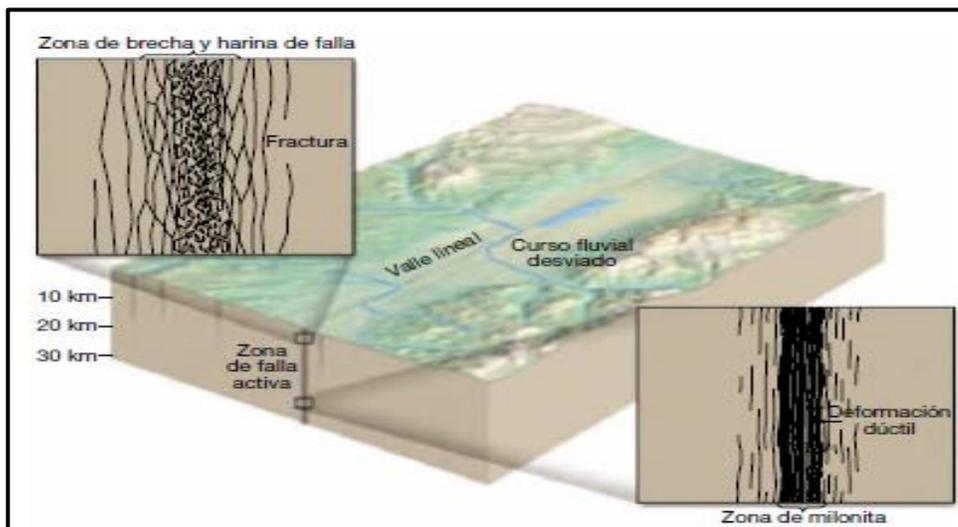


Figura 3.7 Emplazamiento de un cuerpo (Metamorfismo dinámico) (Tarbuck, E., y Lutgens, F. 2005).

3.1.12 Metamorfismo de impacto

El metamorfismo de impacto (o de choque) se produce cuando unos proyectiles de gran velocidad llamados meteoritos (fragmentos de cometas o asteroides) golpean la superficie terrestre. Tras el impacto, la energía cinética del meteorito se transforma en energía térmica y ondas de choque que atraviesan las rocas de alrededor. El resultado es una roca pulverizada, fracturada y a veces fundida. Los productos de estos impactos, llamados eyecta, son mezclas de roca fragmentada y fundida ricas en vidrio parecidas a las bombas volcánicas. En algunos casos, se encuentran una forma muy densa de cuarzo (coesita) y diamantes minúsculos. Estos minerales de alta presión proporcionan pruebas convincentes de que han debido alcanzarse, al menos brevemente, en la superficie de la Tierra, presiones y temperaturas al menos tan elevadas como las existentes en el manto superior.

3.1.13 Texturas metamórficas.

El término textura se utiliza para describir el tamaño, la forma y la distribución de las partículas que constituyen una roca. La mayoría de rocas ígneas y muchas rocas sedimentarias están compuestas de granos minerales que tienen una orientación aleatoria y, por tanto, parecen iguales cuando se observan desde cualquier dirección. Por el contrario, las rocas metamórficas deformadas que contienen minerales con hábito planar (micas) y/o minerales alargados (anfíboles) en general muestran alguna clase de orientación preferente en la que los granos minerales presentan un alineamiento paralelo a subparalelo. Como un puñado de lápices, las rocas que contienen minerales alargados orientados en paralelo unos con respecto a los otros tendrán un aspecto distinto al observarse lateralmente o frontalmente.

Se dice que una roca que muestra una orientación preferente de sus minerales posee foliación, donde la foliación se refiere a cualquier disposición planar (casi plana) de los granos minerales o los rasgos estructurales del interior de una roca. Aunque hay foliación en algunas rocas sedimentarias e incluso en unos pocos tipos de rocas ígneas, es una característica fundamental de las rocas que han experimentado metamorfismo regional, es decir, unidades rocosas que se han plegado y se han deformado enormemente.

Los mecanismos que modifican las formas de los granos individuales son especialmente importantes para el desarrollo de las orientaciones preferentes de las rocas que contienen minerales como el cuarzo, la calcita y el olivino. Cuando la presión actúa sobre estos minerales, desarrollan granos alargados que se alinean en una dirección paralela al aplastamiento máximo. Este tipo de deformación se produce en ambientes con temperaturas elevadas donde predomina la deformación dúctil (en oposición a la fracturación frágil).

3.2 Minería de superficie

La minería de superficie es el sector más amplio de la minería, y se emplea para más del 60% de los materiales extraídos. Puede emplearse para cualquier material. Los distintos tipos de mina de superficie tienen diferentes nombres, y por lo general suelen estar asociados a determinados materiales extraídos. Las minas de cielo abierto suelen ser de metales; en las explotaciones descubiertas suele extraerse carbón; las canteras suelen dedicarse a la extracción de materiales industriales y de construcción y en las minas de placer suelen obtenerse minerales y metales pesados (con frecuencia oro, pero también platino, estaño y otros minerales pesados).

3.2.1 Minas de Cielo Abierto

Son minas de superficie que adoptan la forma de grandes fosas en terraza, cada vez más profundas y anchas. Los ejemplos clásicos de minas de cielo abierto son las minas de diamantes de Suráfrica empleadas para explotar tubos de kimberlita, depósitos de mineral en forma cilíndrica que ascienden por la corteza terrestre. A menudo tienen una forma más o menos circular. La extracción empieza con la perforación y voladura de la roca. Ésta se carga en camiones con grandes palas eléctricas o hidráulicas, o con excavadoras de carga frontal, y se retira del foso. El tamaño de estas máquinas llega a ser tan grande que pueden retirar 50 m³ de rocas de una vez, pero suelen tener una capacidad de entre 5 y 25 m³.

La capacidad de los camiones puede ir desde 35 hasta 220 t. Un avance de la minería moderna consiste en que las palas descarguen directamente en una trituradora móvil, desde la que se saca de la mina la roca triturada en cintas transportadoras.

El material clasificado como mineral se transporta a la planta de recuperación, mientras que el clasificado como desecho se vierte en zonas asignadas para ello. A veces existe una tercera categoría de material de baja calidad que puede almacenarse por si en el futuro pudiera ser rentable su aprovechamiento. Muchas minas empiezan como minas de superficie y, cuando llegan a un punto en que es necesario extraer demasiado material de desecho por cada tonelada de mineral obtenida, empiezan a emplear métodos de minería subterránea.

3.2.2 Explotaciones al descubierto

Las explotaciones al descubierto se emplean con frecuencia, aunque no siempre, para extraer carbón y lignito. En el Reino Unido se obtienen más de 10 millones de toneladas de carbón anuales en explotaciones al descubierto.

La principal diferencia entre estas minas y las de cielo abierto es que el material de desecho extraído para descubrir la veta de carbón, en lugar de transportarse a zonas de vertido lejanas, se vuelve a dejar en la cavidad creada por la explotación reciente. Por tanto, las minas van avanzando poco a poco, rellenando el terreno y devolviendo a la superficie en la medida de lo posible el aspecto que tenía antes de comenzar la extracción. Al contrario que una mina de cielo abierto, que suele hacerse cada vez más grande, una explotación al descubierto alcanza su tamaño máximo en muy poco tiempo. Cuando se completa la explotación, el foso que queda puede convertirse en un lago o rellenarse con el material procedente de la excavación realizada al comenzar la mina.

Parte del equipo empleado en las explotaciones al descubierto es el mismo que el de las minas de cielo abierto, sobre todo el utilizado para extraer el carbón. Para obtener las rocas de desecho situadas por encima, la llamada sobrecarga, se emplean los equipos más grandes de todas las minas. En Alemania existe una excavadora de cangilones que puede extraer 250.000 m³ de material diario. La máquina va montada sobre orugas y es automotriz. Otra máquina de gran tamaño que se emplea sobre todo en explotaciones al descubierto es la excavadora de cuchara de arrastre; una de estas máquinas, empleada en el Reino Unido en el pasado, extraía 50 m³ de sobrecarga cada vez.

3.2.3 Canteras

Las canteras son bastante similares a las minas de cielo abierto, y el equipo empleado es el mismo. La diferencia es que los materiales extraídos suelen ser minerales industriales y materiales de construcción. Por lo general, casi todo el material que se obtiene de la cantera se transforma en algún producto, por lo que hay bastante menos material de desecho. A su vez, esto significa que al final de la vida útil de la cantera queda una gran excavación. No obstante, debido a los bajos precios que suelen tener los productos de la mayoría de las canteras, éstas tienen que estar situadas relativamente cerca de los mercados. Si no fuera así, los gastos de transporte podrían hacer que la cantera no fuera rentable.

Por esta razón muchas se encuentran cerca de aglomeraciones urbanas. También supone que las cavidades creadas por muchas canteras adquieren un cierto valor como vertederos de residuos urbanos. En las cercanías de las grandes ciudades, no es imposible que la excavación creada por la cantera tenga un valor superior al del material extraído. Debido al bajo coste actual del transporte marítimo se están abriendo nuevos tipos de grandes canteras costeras, como la de Glensanda, en Escocia. Estas canteras pueden servir a mercados alejados, porque los gastos de transporte son lo bastante bajos como para que sus productos sigan siendo competitivos.

3.2.4 Minas de placer.

Los placeres son depósitos de partículas minerales mezcladas con arena o grava. Las minas de placer suelen estar situadas en los lechos de los ríos o en sus proximidades, puesto que la mayoría de los placeres son graveras de ríos actuales o graveras fósiles de ríos desaparecidos. No obstante, los depósitos de playas, los

sedimentos del lecho marino y los depósitos de los glaciares también entran en esta categoría. La naturaleza de los procesos de concentración que dan lugar a los placeres hace que en este tipo de minas se obtengan materiales densos y ya liberados de la roca circundante. Eso hace que el proceso de extracción sea relativamente sencillo y se limite al movimiento de tierras y al empleo de sistemas sencillos de recuperación física, no químicos, para recuperar el contenido valioso.

El material extraído puede depositarse en zonas ya explotadas a medida que va avanzando la mina, a la vez que se recupera la superficie. Las minas de placer terrestres emplean equipos similares a los de otras minas de superficie. Sin embargo, muchas minas de placer se explotan mediante dragado.

3.3. Clasificación o tipos de minería de oro en Venezuela

3.3.1 Minería artesanal

Es la escala de producción de la actividad minera realizada por una persona natural o conjunto de personas naturales, que se dedican habitualmente a la explotación y/o beneficio directo de minerales, dentro de un área establecida para uso minero y bajo la regulación jurídica vigente, única y exclusivamente con la utilización de herramientas básicas para las labores primarias de la minería, además de utilizar poca inversión. Figura



Figura 3.8 Minería artesanal

3.3.2 Pequeña minería

Es la escala de producción de la actividad minera realizada por personas naturales, personas jurídicas, cooperativas mineras o brigadas mineras que se dedican habitualmente a la exploración, explotación y/o beneficio directo de minerales, dentro de un área establecida para uso minero y bajo la regulación jurídica vigente, única y exclusivamente con la utilización de máquinas y herramientas para las labores extractivas. Las instalaciones que poseen podrán ser móviles o fijas siempre que se plantee el escalamiento productivo. Restringido única y exclusivamente a la actividad primaria de extracción, secado, trituración y molienda. Quedan excluidas plantas de separación y concentración de mineral y fundiciones.

3.3.3 Mediana minería

Es la escala de producción de la actividad minera, realizada por personas naturales, personas jurídicas, cooperativas mineras o brigadas mineras que se dedican habitualmente a la exploración, explotación y/o beneficio directo de minerales, dentro de un área establecida para uso minero y bajo la regulación jurídica vigente, única y exclusivamente con la utilización de máquinas y herramientas para las labores extractivas, procesamiento y beneficio de mineral. Las instalaciones que poseen podrán ser móviles o fijas, con un volumen de inversión, tecnología y producción superior al generado por la pequeña minería.

3.3.4 Gran minería

Es la escala de producción de la actividad minera, realizada por personas naturales, personas jurídicas, cooperativas mineras o brigadas mineras bajo encadenamiento productivo que se dedican habitualmente a la exploración, explotación y/o beneficio directo de minerales, dentro de un área establecida para uso minero y bajo la regulación jurídica vigente, única y exclusivamente con la utilización de máquinas y herramientas para las labores extractivas, procesamiento y beneficio de mineral, con un volumen de inversión, tecnología y producción superior al generado por la mediana minería.

3.4 Categorías de la escala de la actividad minera de oro en Venezuela

Dichas categorías se clasifican por el número de trabajadores, su producción diaria y el procesamiento total por año; en base a esto se ordenan de la siguiente forma: minería artesanal, pequeña, mediana y gran minería.

Se aplicará una combinación mínima de 2 criterios (trabajadores + otro) para categorizar la escala de la actividad minera, según las combinaciones posibles. Tabla 3.2

Tabla 3.2 Categorías de la escala de la actividad minera

Escala de la actividad minera	Número de trabajadores mineros	Capacidad máxima	
		De producción Toneladas por día Material primario	De procesamiento Toneladas por año
A: Minería artesanal	1-9	-	-
B: Pequeña minería	10-49	Menor a 350	Menor a 130.000
C: Mediana minería	50-249	Entre 350 y 4400	Entre 130.000 y 370.000
D: Gran minería	250 y más	Mayor a 4400	Mayor a 370.000

A: Persona natural o jurídica u organizaciones con laboreo artesanal.

B: Organizaciones de pequeña escala caracterizadas por un uso intensivo de mano de obra.

C: Organizaciones de mediana escala caracterizadas por un mixto de mano de obra y capital.

D: Organizaciones de gran escala caracterizadas por un uso intensivo de capital.

3.4.1 Yacimientos minerales.

Son acumulaciones espaciales aisladas de minerales en la corteza terrestre aisladas de minerales en la corteza terrestre, las cuales por su cantidad y calidad responden a las exigencias actuales de la industria y por su totalidad de condiciones naturales sirven para el uso industrial. Las acumulaciones minerales en la corteza terrestre se convierten en yacimientos solo a condición de que puedan utilizarse en la industria de un modo económico. Los criterios más importantes de su valor industrial son la calidad y cantidad de materia prima en el subsuelo. (Kazhdan, A. 1982).

3.4.2 Clasificación de los tipos de yacimientos

Los yacimientos explotables por minería a cielo abierto pueden clasificarse atendiendo a los siguientes criterios:

- Por su forma
- Por el relieve del terreno original
- Por su proximidad a la superficie
- Por su inclinación
- Por su complejidad o número de mineralizaciones
- Por la distribución de la calidad del mineral en el yacimiento
- Por el tipo de roca dominante

3.4.3 Clasificación por su forma

- **Isométricos:** se extienden en todas direcciones. Depósitos masivos.
- **Estratificados o filonianos:** se presentan según dos direcciones preferentes.
- **Columnares o cilíndricos:** se extienden en una sola dirección.
- **Intermedios o mixtos:** combinan características de dos o más de los grupos anteriores, debido a su propia génesis o a la tectónica que los ha dislocado o replegado.

La morfología de los yacimientos marca acusadamente: La geometría final de las explotaciones, la secuencia de extracción y el método minero más adecuado.

3.4.4 Clasificación por el relieve del terreno original

- **Horizontales o planos:** cuando la superficie es relativamente llana u horizontal.
- **En ladera:** según disposición de masas mineralizadas, pueden ser a favor de talud o contra talud.
- **Montañosos:** cuando el terreno es irregular y se presentan importantes accidentes topográficos.
- **Submarinos y subacuáticos:** cuando están cubiertos por una lámina de agua.

La geometría del terreno determina, en cierta medida, el método de explotación y la aplicabilidad de medios mecánicos para llevar a cabo la extracción de los distintos materiales.

3.4.5 Clasificación por su proximidad a la superficie

- **Superficiales:** cuando no existe material de recubrimiento o este presenta un espesor inferior a los 20 ó 30m.
- **Profundos:** localizados a profundidades mayores, entre los 40 y 250m.
- **Variables:** aquellos en los que una parte es económicamente explotable a cielo abierto y el resto, al ir desarrollándose en profundidad, por minería subterránea o de interior.

La posición de un yacimiento puede ser, con respecto a la superficie, regular o irregular, no pudiéndose clasificar en algunos casos en un único grupo de los indicados, al compartir características propias de varios grupos.

La posición relativa de un yacimiento determina el tamaño de la explotación, tanto en planta como en profundidad, así como los sistemas aplicables, especialmente en lo referente a los medios de transporte.

3.4.6 Clasificación por su inclinación

- **Horizontales:** con ángulos que pueden variar desde los 0° hasta los 10° o 15° sobre el plano horizontal.
- **Tumbados:** con ángulos entre 10° - 15° , hasta los 25° - 35° .
- **Inclinados:** con ángulos que superan los 25° - 35° y llegan hasta los 70° - 80° .
- **Verticales:** con ángulos comprendidos entre los 70° y 90° .

En consecuencia, se puede comprender que el ángulo que presentan las masas mineralizadas:

- Condiciona la elección del método de explotación.
- Condiciona las relaciones de estéril y mineral.
- Afecta la economía de las operaciones.
- Condiciona la probabilidad de rellenar los huecos creados en yacimientos alargados cuando se proceda a la recuperación de los terrenos afectados.

3.4.7 Clasificación por su complejidad o número de mineralizaciones

- **Simples:**

Caracterizados por una estructura homogénea, sin presencia de otros niveles mineralizadores o inclusiones.

Todos los minerales se extraen conjuntamente del yacimiento.

- **Complejos**

Pueden contener, junto con minerales con altas leyes, masas de minerales pobres o esterilizados con contactos claros. La explotación se realiza de forma selectiva para evitar la pérdida o dilución del mineral aprovechable.

En otros casos, son depósitos con diferentes masas o niveles mineralizados, que obligan a una explotación más compleja, aun cuando los contactos con el estéril sean nítidos.

- **Depósitos diseminados**

Pueden tener una complicada estructura y una distribución más o menos aleatoria del contenido recuperable.

Obliga a una fuerte minería selectiva así como a una muy difícil concentración mineralúrgica, tipo stockworks.

3.4.8 Clasificación por la distribución de la calidad del mineral en el yacimiento

- **Uniformes**

La calidad o la ley el mineral es la misma dentro de los límites del yacimiento.

La explotación se lleva a cabo con uno o varios tajos, pero sin proceder a la mezcla de los minerales extraídos.

- **No uniformes**

La mineralización presenta calidades distintas en alguna dirección del yacimiento.

La explotación se efectúa de forma simultánea en varias zonas para, a continuación, proceder a la mezcla y homogeneización de los minerales extraídos.

3.4.9 Clasificación por el tipo de roca dominante

El recubrimiento de estéril y el mineral son rocas compactas, metamórficas o ígneas.

El recubrimiento esta constituidas por rocas ígneas o metamórficas no homogéneas, con alternancia de estériles blandos y duros. El mineral e intrusiones de estériles son rocas compactas o meteorizadas y también de origen ígneo o metamórfico,

Las rocas del estéril de recubrimiento son blandas o densas, con el mineral y rocas de intrusión compacta o meteorizada, de origen ígneo o metamórfico.

Tanto el recubrimiento como la zona mineralizada están constituidas por rocas ígneas o metamórficas meteorizadas.

Las rocas de recubrimiento son blandas y sedimentarias. El mineral no es homogéneo.

El recubrimiento y el mineral son blandos y de origen sedimentario.

3.5 Definición de Términos básicos.

3.5.1 Análisis químico.

Consiste en la determinación del tenor o ley de oro en una muestra de material geológico de interés. El contenido de mineral es expresado en gramos de oro por toneladas de material (gr/ton).

3.5.2 Ley o tenor.

Es una medida que describe el grado de concentración de recursos naturales valiosos como los metales o minerales presentes en una mena, es decir, el porcentaje neto de mineral recuperable. Se utiliza para determinar la viabilidad económica de una operación de explotación minera, el costo de extraer recursos naturales desde su yacimiento se relaciona directamente con su concentración. Por ello el costo de extracción debe ser menor que el valor comercial del material que es extraído para que la operación sea económicamente factible.

3.5.3 Mineral

Son sustancias naturales de origen inorgánico, por lo general sólidos, que poseen una composición química definida, una estructura cristalina y homogénea, y superficies planas en su mayoría.

Los minerales surgen de la unión de elementos químicos simples, como el oro, o de la combinación de varios elementos entre sí, como el cuarzo que está compuesto por silicio y oxígeno. Por esta razón pueden tener diferentes propiedades tanto físicas como químicas.

Los minerales se forman cuando una serie de elementos químicos que conforman una roca fundida, gases o alguna solución caliente se enfrían o evaporan, por lo que estos elementos se reorganizan o cambian y se forman los cristales.

Los minerales poseen una única estructura química. Sus propiedades físicas y químicas son variables a partir del entorno geológico en el cual se formen los minerales, sin embargo, los principales elementos que los componen son: oxígeno, aluminio, hierro, silicio, magnesio, sodio, potasio y calcio.

Existen más de 5000 tipos de minerales registrados y un gran número de estos se pueden encontrar en la superficie de la Tierra en cantidades abundantes, por lo cual son extraídos y aprovechados para diferentes fines.

3.5.4 Minería

Es una actividad económica, perteneciente al sector primario, que consiste en la extracción de minerales y elementos comercializables del interior de la corteza

terrestre. Estos materiales se hallan formando depósitos o yacimientos de miles de años de antigüedad geológica.

3.5.5 Modelo geológico.

Consiste en una representación gráfica bidimensional o tridimensional de un volumen de rocas o arenas, que permite observar la localización y distribución de las estructuras geológicas en el subsuelo. Este puede representar la litología, mineralización, alteración u otro tipo de características geológicas para obtener la estimación de reservas de un depósito mineral. Se construye mediante la correlación de pisos y techos de las estructuras, q al unirlos logra definir su geometría.

3.5.6 Muestra

Es la porción de material obtenido de la acumulación mineral en su estratificación natural o de la acumulación de materia prima mineral extraída, y la cual se utiliza para realizar distintos tipos de ensayos. (Kazhdan, A. 1982).

3.5.7 Muestreo

Consiste en arrancar de la veta una cantidad de mineral en determinada anchura y profundidad a lo largo de la potencia de la propia veta, es decir, la separación entre los dos respaldos. (Robles, R. 1972).

3.5.8 Oro

Mineral de color amarillo y fuerte brillo metálico; su densidad en esta puro es superior a 19 gr/cm³, pero el oro nativo no alcanza su pureza y aun puede bajar hasta 15 gr/cm³, su dureza oscila de 2.5 a 3. Entre sus propiedades físicas lo más notable es la maleabilidad. Su temperatura de fusión es de 1200°C. Inatacable por los ácidos ordinarios, es soluble en el agua regia. El oro natural es siempre bastante impuro, conteniendo sobre todo plata, lo que le baja el color y la densidad, aumentando la dureza. El oro es uno de los metales más estimados, no solo por su belleza y escasez, sino también por las numerosas aplicaciones prácticas que posee. (Cabrera, A. 1972).

3.5.9 Secciones geológicas

Son perfiles geológicos que nos muestran a detalle cada uno de los horizontes, litología y estructuras fácilmente observables en planos verticales.

3.5.10 Sondeo

Son perforaciones que se realizan tanto en superficie como en subterráneo para determinar el comportamiento lateral y en profundidad de las estructuras, permitiéndonos de esta forma cuantificar posibles zonas de interés y que nos permite obtener la muestra del subsuelo a profundidades variables.

3.6 Softwares mineros

Actualmente existen en el mercado una variedad de software relacionado con la minería tanto superficial como subterránea, dirigidos a la cuantificación de reservas así como también a la planificación de la explotación de los recursos minerales. Los más comerciales se listan con una breve descripción de su funcionalidad.

3.6.1 Maptek Vulcan

Es la solución líder mundial de software minero en 3D. Los usuarios de Vulcan pueden validar y transformar los datos mineros a modelos dinámicos en 3D, diseños de minas precisos y planes operativos. Hay paquetes disponibles para cada escenario minero específico y se pueden personalizar con diferentes módulos para todas las etapas del ciclo de vida de la mina, convirtiéndose en la solución total para las empresas mineras de todo el mundo.

Los geólogos pueden administrar, ver y validar datos de sondajes, interpretar estructuras geológicas, modelar con precisión los yacimientos y depósitos y preparar informes de recursos. Tiene herramientas para que los ingenieros mineros diseñen, evalúen y mantengan las operaciones diarias de minas a cielo abierto y minas subterráneas.

3.6.2 Data Mine

El conjunto de tecnología comprobada de Datamine cubre todos los aspectos del proceso de minería. Las soluciones digitales cuentan con el respaldo de un equipo global de más de 700 expertos que brindan servicios de implementación, capacitación profesional y asesoría. Este software permite definir, planificar y operar la mina para maximizar el valor y explotar de forma sostenible. Datamine es un proveedor líder

mundial de la tecnología y los servicios necesarios para planificar y gestionar sin problemas las operaciones mineras tales como, exploración minera, Geología Planificación minera, Operaciones mineras, Medio Ambiente-Social-Fiscalización (ESG por sus siglas en inglés) e Inteligencia minera.

3.6.3 Hexagon (HxGN) Mine Plan

HxGN MinePlan ofrece a geólogos e ingenieros un potente modelado 3D y visualización de datos. Admite flujos de trabajo optimizados, desde la exploración hasta la producción, y está respaldado por más de 50 años de innovación en colaboración con miles de usuarios.

Las minas productivas dependen de poder construir superficies y sólidos geológicos detallados. El análisis estadístico y geoestadístico de datos del proyecto es esencial para los modelos de bloques precisos y de confianza.

El conjunto de Geociencias permite a los geólogos de recursos almacenar, gestionar y analizar los datos de los barrenos. La suite de ingeniería a cielo abierto MinePlan ofrece paquetes de software que le ayudan a mejorar la eficiencia y a tomar decisiones informadas. CAD ofrece soluciones para los retos del diseño subterráneo, incluyendo la visualización 3D y herramientas para el diseño de pilares, y más. MinePlan Survey permite la gestión de datos topográficos a lo largo del ciclo de vida de la minería utilizando una solución de software integral.

3.6.4 Solmine RecMin

Este software consta de 5 módulos más un visor 3D, los cuales se detallan a continuación.

a) RMyac es el módulo de edición de yacimientos, en el cual se puede hacer, entre otras cosas, lo siguiente: añadir, borrar y editar yacimientos, añadir, borrar y editar modelos de bloques, importar y exportar modelos, ficheros DXF, etc., realizar cálculos de interpolación, como invertido, intersecciones, cálculo para capas por el método pentaédrico, editar los permisos de acceso y se puede trabajar en red y con réplicas de las bases de datos.

b) RMedit es el módulo de edición de sondeos, en el cual se puede: editar toda la información de los sondeos en lo referente a coordenadas del collar, medidas de desviaciones, litologías, datos de análisis, intersecciones con cuerpos minerales, etc, ver gráficos de datos de muestras, calcular intersecciones según cutoff, exportar información y se pueden tener varias tablas de datos de litologías y de muestras.

c) RMdraw es el módulo de dibujo con formato gráfico, se trabaja en 3D y en él se puede: abrir y editar sondeos, superficies, líneas, modelos de bloques, triangulaciones, notas de texto, etc, trabajar en multi-ventana y se pueden ver en 3D los objetos, generar superficies, líneas, mallados, etc, hacer secciones, hacer giros y traslaciones, preparar impresiones, realizar cálculos de áreas, volúmenes, etc, y preparar información para cálculos (método pentaédrico) y trabajar con capas.

d) RM3d es el módulo de renderizado en 3d, en el cual se puede: ver en render 3D los objetos que seleccionemos, con opción de hacer zoom, girar, mover, desplazar objetos y cambiar la dirección de la luz, abrir ficheros *.RMR, guardados desde el

módulo de dibujo con los objetos que hemos seleccionado, arrancar el programa desde el módulo de dibujo para ver los objetos que tengamos activos en ese momento, ver en modo automático presentaciones, preparar vuelos recorriendo sobre una línea los objetos abiertos.

e) RMseg es el módulo de copias de seguridad y compactación de bases de datos, en el cual se puede: programar semanalmente las copias de seguridad de ficheros, conjuntos de ficheros o carpetas, seleccionar el hacer segundas copias BAK, en el caso de las bases de datos que utiliza el programa, se pueden compactar a la vez que se realizan las copias de seguridad, dejando para las horas que no son de trabajo las labores que llevan más tiempo y se genera paralelamente un fichero de incidencias.

Existe un nuevo 3D denominada RM visor 3D, el cual se complementa con el RM3d. Ambos son para visualizar los fichero RMR del programa pero, aunque tienen muchas opciones comunes, se diferencia en ciertas partes.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Nivel de la investigación

El nivel de investigación a realizar es de tipo descriptivo ya que se busca obtener información geológica en lo que respecta a litología, mineralogía y principales características del área en estudio, mediante mediciones en el área y análisis de muestras para así realizar un modelamiento geológico.

En función a los objetivos se considera también un nivel de investigación proyectiva, ya que basados en la información obtenida del laboratorio se obtendrá un diseño del posible yacimiento aurífero para en un futuro poder planificar su extracción.

4.2 Diseño de la investigación

La investigación que se realizó para este proyecto será de tipo documental debido a que se analizaron datos geológicos obtenidos del laboratorio, además una investigación de campo ya que consistió en la recolección de muestras a partir de levantamientos geológicos en las calicatas realizadas en la zona de estudio la cual debido a su contenido se obtendrá el tamaño y distribución del material aurífero la cual podrá permitir localizar el área de mayor interés.

4.3 Población

La población comprende toda la extensión que abarca el afloramiento, la cual es de aproximadamente 200 hectáreas. (Figura 4.1)



Figura 4.1 Cerro La Paloma.(Fuente. Google Earth).

4.4 Muestra

La muestra comprende el material extraído de las calicatas, cuyas dimensiones son 3x1,5x3m. De estas calicatas se tomaron muestras representativas cada metro de profundidad. Cada muestra tenía un peso aproximado de 12 kilogramos. En total fueron 36 kilogramos por cada calicata aproximadamente. Son 17 Calicatas, para un total general de 612 kilogramos de muestras.

4.5 Flujograma de la metodología empleada

La metodología empleada está definida por un flujograma que enmarca de manera general las actividades a seguir para la elaboración de este proyecto; la cual consta de varias etapas y actividades específicas. (Figura 4.2)

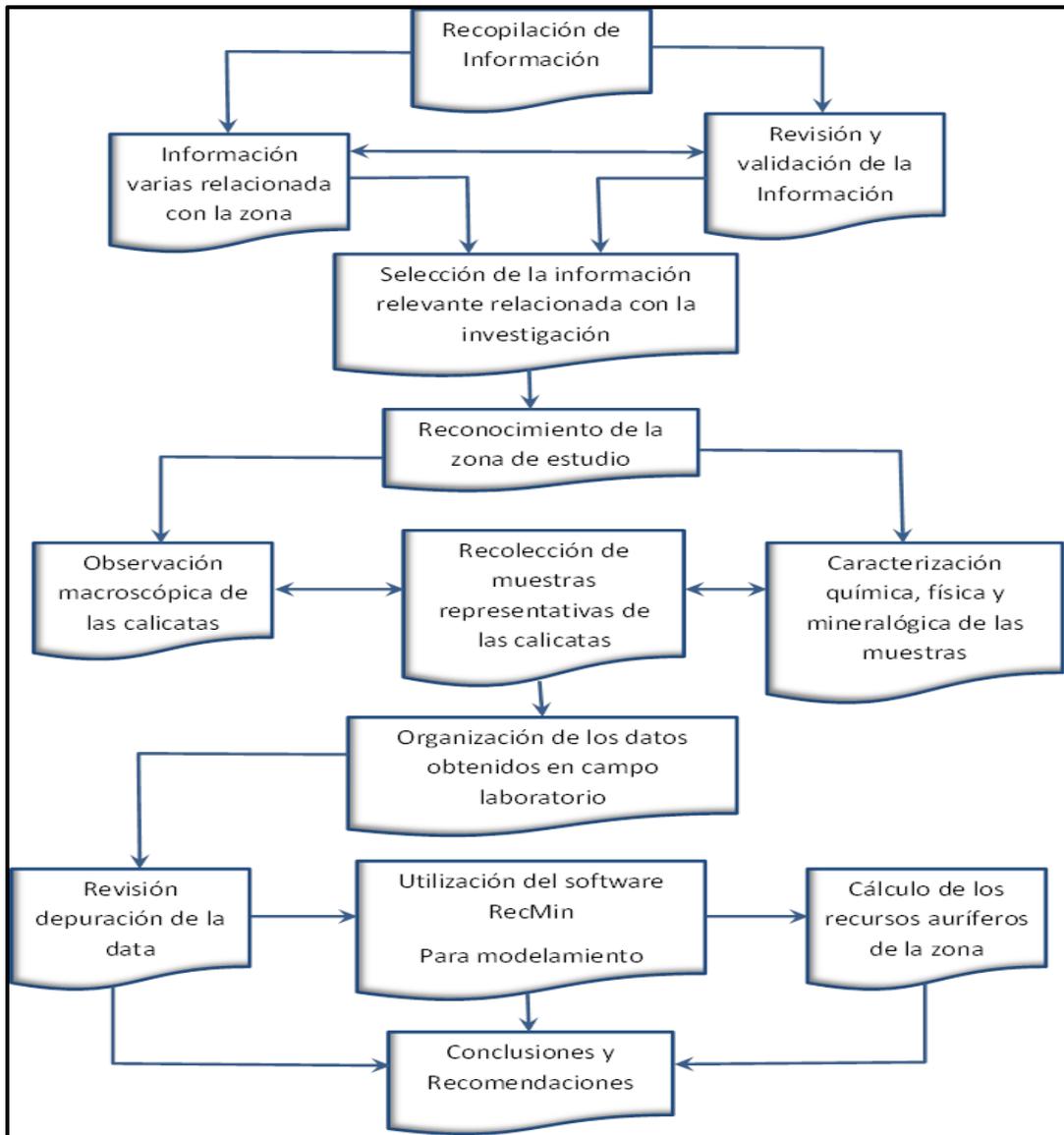


Figura 4.2 Flujograma de actividades de la metodología empleada.

4.5.1. Recopilación de información.

4.5.1.1 Información varias relacionada con la zona: En una primera etapa, se trabaja sobre la caracterización geológica de la zona de estudio, para ello, se parte de una información básica basada en la documentación geológica y geotécnica existente sobre la zona.

La búsqueda fue realizada a través de informes geológicos de la zona y organismos tales como el Instituto Autónomo Minas de Bolívar (IAMIB). Otros textos relacionados a la investigación, con temas que hacen mención al modelamiento de masas mineralizadas con el software Recmin.

4.5.1.2 Revisión y validación de la Información: Consistió en la búsqueda de algunos textos de geología, textos de ingeniería de minas y trabajos de grado, ascenso e investigación que brindaron información referente a la zona de estudio, geología, clima, suelos, hidrografía, entre otros. Una vez recopilada la información se procedió a seleccionar el material que sería destinado como base teórica del trabajo.

4.5.2 Reconocimiento del área de estudio

4.5.2.1 Observación macroscópica de las calicatas: Se efectuaron visitas a la finca donde se desarrolla el proyecto Costa Mágica, que de acuerdo a los mapas de cartografía nacional, se localiza el cerro conocido con el nombre de La Paloma ubicada en el centro de la parcela. La finca cubre una superficie de 200 hectáreas y está ubicada a la altura del km cincuenta, carretera nacional (carretera vieja), Ciudad Bolívar-Puerto Ordaz.

La apreciación de las calicatas se hizo de manera macroscópica cualitativa con el apoyo del profesor Edixon Salazar, basado en el conocimiento de las potencialidades metalogénicas de las rocas de esa zona, enmarcada en la Provincia Geológica de Imataca y los suelos productos de su meteorización, expuestos en el área visitada.

En la primera visita, se realizó un recorrido y reconocimiento del área, para identificar las características geomorfológicas, sobre todo las formas de relieve; el tipo de vegetación y el drenaje. Igualmente, identificar los diferentes tipos de rocas y su estado de conservación. Se hicieron observaciones sobre las varias calicatas, trincheras y frentes de explotación previamente abierto, para el aprovechamiento del cuarzo flotante, disperso en forma de bloque de diferentes tamaños.

4.5.2.2 Recolección de muestras representativas de las calicatas: Durante la segunda visita, se efectuó un reconocimiento más detallado y en mayor número de calicatas, se tomaron muestras de todo el perfil en las calicatas, comenzando desde la superficie y bajando metro a metro hasta una profundidad de tres (3) metros en cada calicata, con el propósito de analizar el comportamiento químico elemental en cada metro de profundización. En la tala 4.1 se presentan las coordenadas UTM la elevación de las diecisiete (17) calicatas.

4.5.2.3. Caracterización química, física y mineralógica de las muestras: Las muestras se cuartearon, se tamizaron pasante malla 100 serie ASTM, se prepararon e identificaron para cada calicata, posteriormente se enviaron a SERVOLAB para la determinación de los valores químicos elementales específicamente oro (Au). (Apéndice A).

Tabla 4.1 Coordenadas UTM de las calicatas

COORDENADAS UTM			
CALICATA	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN DEL TERRENO
CAL 1	896.733,939	487.173,757	174,493
CAL 2	896.840,247	486.897,973	173,930
CAL 3	896.910,747	486.840,559	172,586
CAL 4	897.209,397	486.488,080	171,444
CAL 5	897.332,417	486.873,418	173,272
CAL 6	897.565,934	486.621,990	175,913
CAL 7	897.369,249	486.975,455	171,834
CAL 8	897.792,125	487.012,968	177,427
CAL 9	897.605,057	487.193,725	193,552
CAL 10	897.535,375	487.423,591	183,206
CAL 11	897.439,443	487.647,455	186,955
CAL 12	897.340,636	487.732,800	161,214
CAL 13	897.078,213	487.406,160	171,338
CAL 14	897.023,430	487,499,663	170,337
CAL 15	897.003,056	487.635,737	167,411
CAL 16	897.135,009	487.945,897	177,627
CAL 17	897.016,818	487.993,107	173,301

4.5.3 Organización de los datos obtenidos en campo laboratorio

4.5.3.1 Revisión depuración de la data: Una vez obtenidos los datos tanto de laboratorio como de campo, se procedió a organizar depurar la información con la ayuda de la hoja de cálculo de Excel. Al mismo tiempo se organizaron los datos con la estructura y formatos (txt ó cvs) que se requieren para la lectura de los mismos en el software RecMin.

4.5.3.2 Utilización del software RecMin para modelamiento: En esta actividad se procedió a crear el proyecto y generar una carpeta para la base de datos. Posteriormente se cargaron todos los datos de sondeos, topografía, desviaciones

litologías. Para la parte de topografía, al no contar con una topografía completa de la zona de estudio, se utilizó Google Earth y GPS Visualizer, para generar una nube de puntos con coordenadas y elevación, de manera de utilizar esta información para generar la topografía de la zona con el software RecMin. Posterior a esto, se procedió a ejecutar los módulos correspondientes del software para generar los sólidos, secciones, modelo geológico, modelo de bloques y cálculo de recursos minerales. Para realizar todas estas actividades con el software se tuvo que aplicar en un curso para el manejo del software RecMin. Para tener una mejor visualización de los modelos que se generaran con el software, la profundidad de cada calicata se multiplico por 10, quedando la profundidad en 30 metros ficticios, el tenor fue modificado cada 10 metros para cada calicata (promediando el tenor arrojado en laboratorio), denominando este tramo como litología MINAu (Mineral aurífero). También se infirió 40 metros más, inmediatamente debajo de MINAu, asignándole un tenor cada 10 metros de 1g/t en cada calicata, denominando este tramo como litología INF Au (Mineral aurífero inferido). Al final todos los resultados deberán dividirse entre 10, así obtener los resultados reales.

4.5.3.3 Cálculo de los recursos auríferos de la zona: una vez generado el modelo de bloques se procedió a extraer los datos de volumen tenores del modelo, y con la ayuda de Microsoft Excel se realizaron los cálculos del tonelaje como recurso medido.

4.5.4 Conclusiones Recomendaciones: En base a las observaciones realizadas en campo, los cálculos realizados con el software RecMin y los cálculos con Microsoft Excel, se arrojaron las distintas conclusiones recomendaciones, enmarcadas en los objetivos planteados para la investigación.

CAPITULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Reconocimiento geológico macroscópico de la zona de estudio.

La apreciación se hizo de manera macroscópica y cualitativa, basado en el conocimiento sobre las potencialidades metalogénicas de las rocas de esa zona, enmarcada en la Provincia Geológica de Imataca y los suelos productos de su meteorización, expuestos en el área visitada. No se hizo un verdadero levantamiento geológico del área, ni tampoco hay resultado de las muestras recolectadas.

Se realizó un recorrido y reconocimiento del cincuenta por ciento del área, para identificar las características geomorfológicas, sobre todo las formas de relieve; el tipo de vegetación y el drenaje. Igualmente, identificar los diferentes tipos de rocas y su estado de conservación. Se hicieron observaciones sobre las varias calicatas, trincheras y frentes de explotación previamente abierto, para el aprovechamiento del cuarzo flotante, disperso en forma de bloque de diferentes tamaños.

5.1.2 Marco geológico regional

El área que corresponde al Proyecto Ciudad Mágica, se encuentra ubicado en la Provincia Geológica de Imataca, la cual es la más antigua de las cuatro que conforman la Guayana Venezolana, que de acuerdo a Mendoza V, (2012), y según varios eventos y orogénesis desde la Guriensis (3.7-3.4 Ga) a la Aroensis (2.7-2.6 Ga), formaron rocas ígneas intrusivas, que alcanzaron alto grado metamórfico como gneisis graníticos y granulitas félsicas y máficas (60%-70%) hasta ultramáficas (15%-

20%), migmatitas y cantidades menores de formaciones bandeadas de hierro (BIF), conocidas también como cuarcitas ferruginosas, dolomitas, charnockitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y algunos remanentes erosionales cinturones de rocas verdes, menos metamorfizados (CRV-TTG).

Las rocas que aflora en la Provincia Geológica de Imataca, genéticamente son favorables para la concentración de depósitos y yacimientos de hierro, asociados a las formaciones bandeadas de hierro, manganeso, mármol dolomítico y minerales radioactivos como uranio y torio asociados a las rocas ígneo-metamórficas tipo gneisis, migmatitas y pegmatitas en las facies de bordes de los cuerpos graníticos jóvenes. Igualmente, estas rocas son pocos favorables para la concentración de metales nobles como oro, plata o elementos del grupo del platino; y de existirlos serán de baja concentración y de volúmenes limitados.

5.1.3 Geología local de la parcela costa mágica

El reconocimiento se efectuó mediante la ubicación del área de estudio en una imagen satelital, donde se reconocen las líneas del drenaje superficial y los límites del polígono de la parcela objeto de la visita; luego se efectuó el recorrido por los frentes de explotación de donde se extrae el cuarzo como mineral no metálico. Igualmente, se efectuó el reconocimiento de una serie de calicatas, enumeradas en forma progresiva de la 1 hasta 17, una trinchera (denominada Rio Lento) y una zona en explotación denominado Anfiteatro. Las calicatas con una profundidad mínima de tres metros fueron abiertas con anterioridad, en las partes topográficamente más elevadas, lo que permitió visualizar cualitativa y cuantitativamente parte del perfil de meteorización, ya que el área visitada no tiene rocas frescas expuestas; es decir, no tiene verdaderos afloramientos. Las muestras tomadas corresponden a suelos típicamente lateríticos dentro la zona de oxidación, que son característicos de climas cálidos; estos suelos en

todas las calicatas se presentan bastante uniformes, pero no homogéneos. Estas lateritas, se presentan extremadamente complejas, que para entender su naturaleza es necesario realizar estudios geoquímicos, mineralógicos y petrográficos.

5.1.3.1. Calicata N° 1: Esta calicata se ubica en una loma y tiene una profundidad de tres metros aproximadamente, de forma rectangular y más de un metro de ancho. Toda la superficie alrededor de la calicata está cubierta por bloques (< 10 cm de diámetro), de cuarzo residual, denominado “cuarzo flotante”, de forma irregular, con pátina de oxidación. Visualmente, se aprecia, que debajo de la “capa” de cuarzo, el perfil del suelo, corresponde a una saprolita- o laterita muy oxidada de color marrón oscuro, pero se hace más claro hasta alcanzar los tres metros. A simple vista, ni con la lupa se pueden reconocer los minerales (Figura 5.1)

5.1.3.2 Calicatas N° 2, 3, 4, 5, 9, 10, 12, 14: Las calicatas de la 2 a la 10, (Figuras 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7) son muy similares en cuanto al perfil de meteorización; tienen todas la misma profundidad y están situadas en las lomas, que constituyen un elemento predominante, como forma de relieve, superficialmente el suelo está cubierto por concreciones ferruginosas y fragmentos de cuarzo oxidado, luego profundizando le sigue, un suelo saprolítico - laterítico de color marrón oscuro, lo que indica su alto nivel de oxidación. En particular en las calicatas 9 y 10 aumentan visiblemente la proporción de cuarzo, con respecto al resto del material; y en la calicata 12 se presenta una foliación gnéissica en forma de bandas horizontales, (Figuras 5.8).



Figura 5.1 Calicata N° 1



Figura 5.2 Calicata N° 2



Figura 5.3 Calicata N° 3



Figura 5.4 Calicata N° 4



Figura 5.5 Calicata N° 5



Figura 5.6 Calicata N° 9



Figura 5.7 Calicata N° 10



Figura 5.8 Calicata N° 12

La calicata número 14 (Figura 5.9), también de tres metros de profundidad, presenta características similares a la trinchera, denominada Rio Lento, con cavidades (similares a perforaciones) verticales, cuyos bordes tienen oquedades llena de óxidos; en general, el perfil de meteorización, tiene o presenta alternancia de material, de color marrón oscuro, con muchos óxidos de textura terrosa y material marrón claro a amarillento más arcilloso. Es necesario señalar, que estos perfiles lateríticos se presentan extremadamente complejos, que para su caracterización se hace necesario efectuar un levantamiento geológico, completo y detallado, con toma de muestras; a las cuales se hagan sus respectivos análisis químicos y mineralógicos y luego una correcta interpretación.



Figura 5.9 Calicata N° 14

Lo observado en la imagen satelital, sobre el área de la parcela, y el reconocimiento geológico realizado con las dos breves visitas de campo, permiten hacer algunas consideraciones sobre el marco geológico del área y sus potencialidades metalogenéticas, sin que estas constituyan algo conclusivo, por cuanto no se efectuó un levantamiento geológico ni geoquímico. De cuanto dicho anteriormente, geomorfológicamente, el área presenta un relieve de lomeríos, con una escasa vegetación arbustiva, el resto solo por gramíneas. La superficie del terreno está cubierta por cuarzo fragmentado de forma irregular y de diferentes tamaños, denominado cuarzo flotante, también en gran parte del área se observan concreciones ferruginosas (pisolita), lo que marca un largo periodo de intemperismo y de las condiciones de clima cálido. En la imagen de satélite y considerando los aspectos geomorfológicos en el mapa topográfico, así como el drenaje superficial que dentro del área nacen en forma radial, por otra parte, la forma lineal de esas líneas de drenajes y sus cambios de direcciones de noventa grado indica un control estructural, por fallas o fracturas. Igualmente, en la imagen de satélite y la forma del relieve el centro del área se presenta como un cuerpo circular, que topográficamente tiene forma cóncava, lo que sugiere la presencia de un cuerpo intrusivo, en cuyas fases de bordes se desarrollan los filones de rocas pegmatíticas, simple o complejas, las cuales son potenciales portadoras de mineralizaciones de interés geoeconómico, que de ser metálicos, siempre serán de baja concentración y de volúmenes limitados, tal como se muestra en la tabla 5.1 donde se presentan los tenores de oro (Au) en cada calicata, pudiendo observarse un tenor máximo de oro de 3,80 g/t un mínimo de 1,32 g/t. Este tipo de intrusiones dentro de la Provincia Geológica de Imataca, generalmente son más jóvenes, son de carácter potásico, que al meteorizarse generan arcillas caoliníticas, donde, de haber metales nobles tipo oro, que por sus bajas concentraciones, y poco volumen, como fue dicho anteriormente, serían aprovechables en una explotación minera a pequeña escala.

Tabla 5.1 Tenores de oro (Au) Costa Atlántica

CALICATA	Au (g/t)	CALICATA	Au (g/t)
CAL 1.1	1.54	CAL 9.3	1.44
CAL 1.2	1.45	CAL 10.1	1.88
CAL 1.3	1.65	CAL 10.2	1.90
CAL 2.1	1.57	CAL 10.3	1.82
CAL 2.2	1.65	CAL 11.1	1.65
CAL 2.3	1.32	CAL 11.2	1.67
CAL 3.1	2.06	CAL 11.3	1.56
CAL 3.2	2.10	CAL 12.1	1.70
CAL 3.3	1,98	CAL 12.2	1.76
CAL 4.1	1.61	CAL 12.3	1.67
CAL 4.2	1.45	CAL 13.1	1.45
CAL 4.3	1,69	CAL 13.2	1.34
CAL 5.1	2.52	CAL 13.3	1.48
CAL 5.2	2,70	CAL 14.1	1.88
CAL 5.3	2,45	CAL 14.2	1.90
CAL 6.1	2.10	CAL 14.3	1.86
CAL 6.2	2.03	CAL 15.1	2.00
CAL 6.3	2,15	CAL 15.2	1.54
CAL 7.1	3.50	CAL 15.3	1.38
CAL 7.2	3.80	CAL 16.1	1.67
CAL 7.3	3.35	CAL 16.2	1.76
CAL 8.1	2.85	CAL 16.3	1.76
CAL 8.2	2.90	CAL 17.1	1.78
CAL 8.3	2.73	CAL 17.2	1.80
CAL 9.1	1.64	CAL 17.3	1.75
CAL 9.2	1.73		

La presencia del “cuarzo flotante”, y la ausencia de otro tipo de roca fresca, además de la forma y tamaño de los fragmentos de cuarzo, me indica que es de tipo residual, que por dureza, y el tipo de enlace entre los elementos que lo forman, lo hacen más resistente al intemperismo y consecuentemente a la meteorización y que formó parte de vetas. Estas vetas están expuestas como rocas frescas, o como cuarzo oxidado, en las calicatas y en las paredes de las trincheras abiertas. En ninguna de las muestras del cuarzo extraído se observó a simple vista o con ayuda de la lupa

binocular la presencia de sulfuros, o incluso de algún elemento metálico nativo. La naturaleza compleja de la laterita hace difícil, en este primer reconocimiento, determinar el origen de la misma; pero la presencia de pegmatitas y de gneis pegmatítico indica que está relacionada con ese tipo rocas. Pero de acuerdo a las relaciones de campo, se puede considerar también que el protolito de estas lateritas también puede tener un componente sedimentario, como se observa en el sitio denominado el Anfiteatro. Lo que implicaría ser realmente de naturaleza poligénica. En la pared, de este frente de explotación, está expuesto el contacto entre las rocas de origen pegmatítico, con prevalencia de vetas de cuarzo y unas rocas de aparente origen sedimentario. En efecto, se distingue bien un marcado contacto mediante una superficie de intemperismo entre la roca ígneo metamórfico y la de origen sedimentario.

5.2 Modelización de la zona con el software RecMin

5.2.1 Obtención de la topografía de la zona de estudio

En la figura 5.10 se muestra un plano del proyecto Costa Atlántica donde se puede apreciar que las curvas topográficas del plano solo cubre aproximadamente un tercio de toda la zona de estudio la cual está enmarcada por un polígono cuyos botalones se muestran en la tabla 5.2. Con la ayuda de Google Earth se ubicó la zona de estudio (Figura 5.11), se generó una nube de puntos, los cuales se utilizaron para obtener las curvas topográficas correspondientes a la zona dentro del polígono con el software RecMin (Apendice B) (figura 5.12). Como se puede observar la figura anterior tiene gran similitud en relieve con la imagen de Google Earth correspondiente a la figura 5.11, donde se destaca una zona donde oscilan elevaciones que van desde los 143msnm hasta los 194 msnm, resultando una zona de relieves bajos.

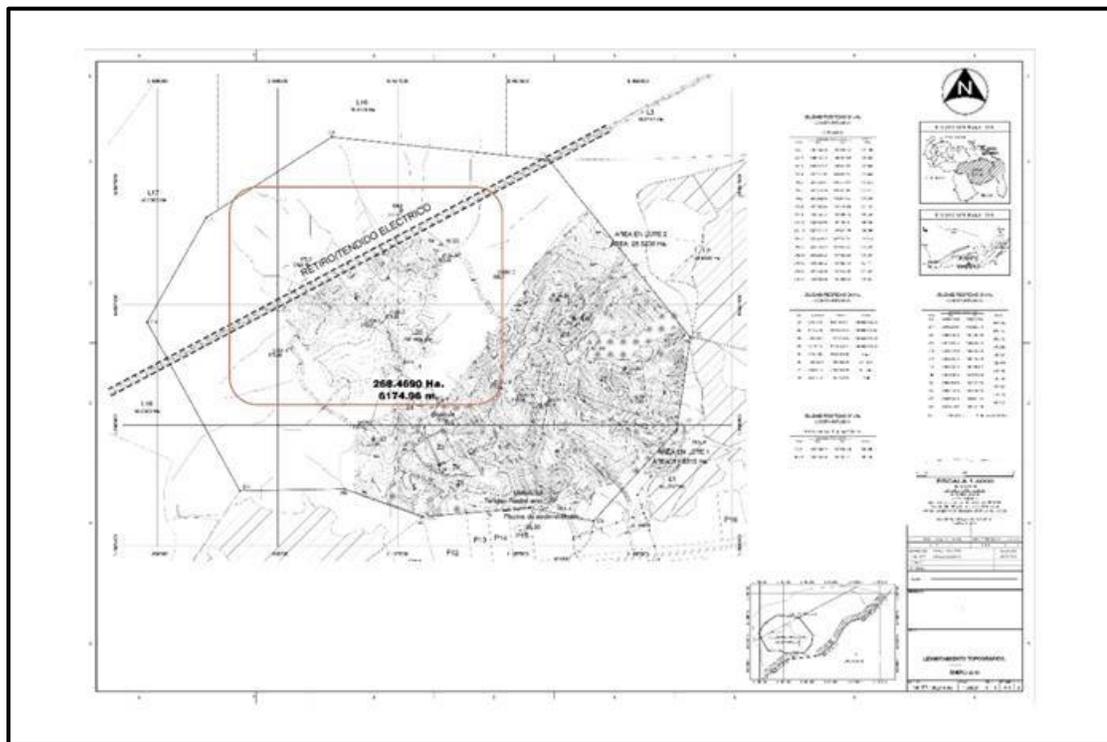


Figura 5.10 Plano general proyecto Costa Atlántica

Tabla 5.2 Coordenadas UTM. Botalones parcela proyecto Costa Atlántica

Botalon	UTM	
	Este	Norte
180	488,217.43	897,264.46
217	487,628.58	898,002.89
207	486,724.80	898,097.96
210	486,202.37	897,763.08
213	485,956.38	897,327.50
214	486,342.54	896,626.65
216	486,778.15	896,633.95
88	487,102.34	896,518.87
87	487,547.29	896,518.87
87a	487,814.00	896,501.00
179	488,160.43	896,879.65
180	488,217.43	897,264.46

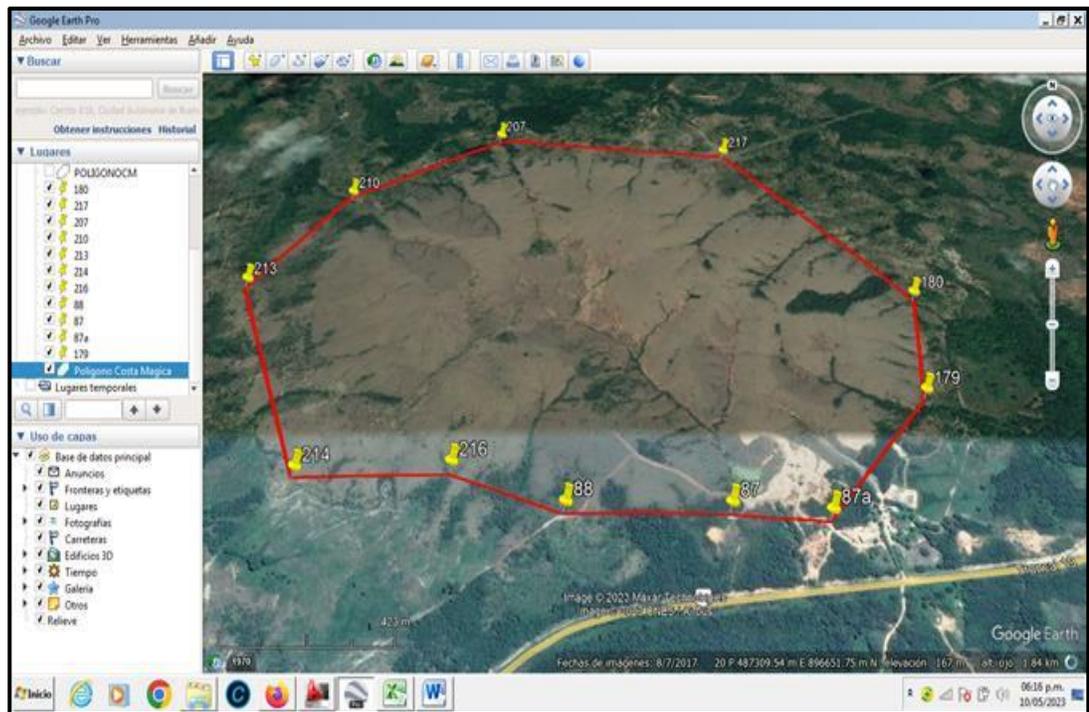


Figura 5.11 Imagen de Google Earth. Zona proyecto Costa Atlántica

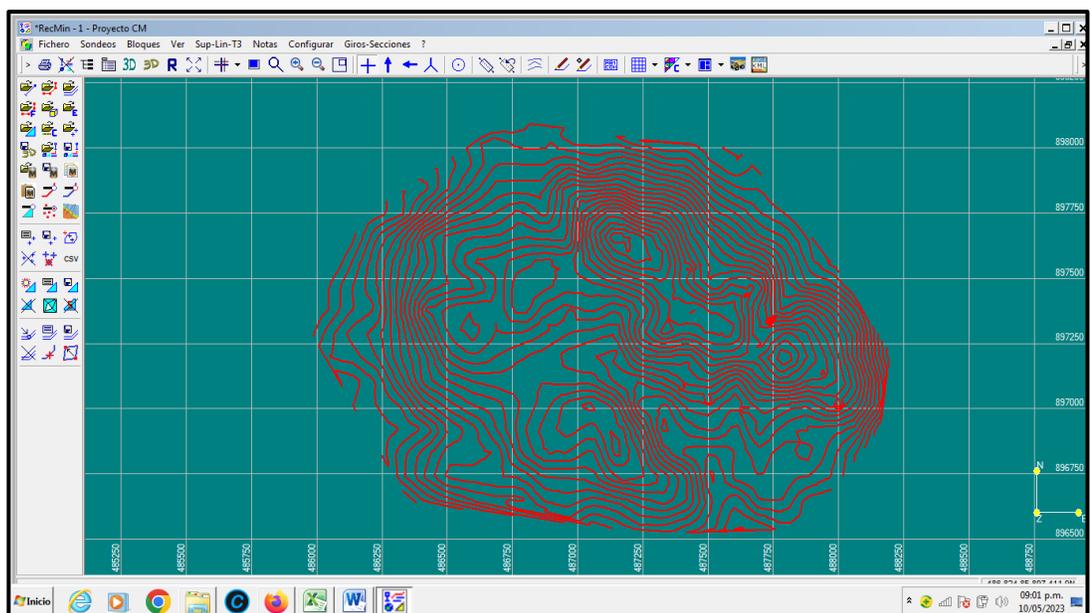


Figura 5.12 Topografía generada con la nube de puntos en RecMin. Zona proyecto Costa Atlántica

5.2.2 Generación del modelo geológico

Una vez obtenida la topografía, se procedió a cargar la base de datos de sondeos, donde se incorporaron las coordenadas de los sondeos, desviaciones, tenores (muestras) y litología. Para ello, se organizaron los datos en Excel, luego se guardaron como archivos de texto para poder importarlos a RecMin. Los valores de los datos organizados se muestran en las tablas 5.3, 5.4, 5.5 y 5.6. Se puede observar que las calicatas fueron abiertas en zonas con elevación superior a los 160 m.s.n.m, quedando las partes bajas de la topografía sin datos de muestras. Las calicatas fueron asumidas como sondeos completamente vertical con dirección cero (0). Por otro lado, los tenores más altos se posicionan casi en el centro de la zona en dirección Noreste, a elevaciones entre los 171 y 177 m.s.n.m.

Tabla 5.3 Coordenadas UTM Calicatas Costa Atlántica

CALICATA	UTM		m.s.n.m
	ESTE	NORTE	ELEVACION
CAL 1	487,173.757	896,733.939	174.493
CAL 2	486,897.973	896,840.247	173.930
CAL 3	486,840.559	896,910.747	172.586
CAL 4	486,488.080	897,209.397	171.444
CAL 5	486,873.418	897,332.417	173.272
CAL 6	486,621.990	897,565.934	175.913
CAL 7	486,975.455	897,369.249	171.834
CAL 8	487,012.968	897,792.125	177.427
CAL 9	487,193.725	897,605.057	193.552
CAL 10	487,423.591	897,535.375	183.206
CAL 11	487,647.455	897,439.443	186.955
CAL 12	487,732.800	897,340.636	161.214
CAL 13	487,406.160	897,078.213	171.338
CAL 14	487,499.663	897,023.430	170.337
CAL 15	487,635.737	897,003.056	167.411
CAL 16	487,945.897	897,135.009	177.627
CAL 17	487,993.107	897,016.818	173.301

Tabla 5.4 Desviaciones. Calicatas Costa Atlántica

CALICATA	Profundidad (m)	Dirección	Dip	CALICATA	Profundidad (m)	Dirección	Dip
CAL 1	0	0	-90	CAL 11	0	0	-90
CAL 1	70	0	-90	CAL 11	70	0	-90
CAL 2	0	0	-90	CAL 12	0	0	-90
CAL 2	70	0	-90	CAL 12	70	0	-90
CAL 3	0	0	-90	CAL 13	0	0	-90
CAL 3	70	0	-90	CAL 13	70	0	-90
CAL 4	0	0	-90	CAL 14	0	0	-90
CAL 4	70	0	-90	CAL 14	70	0	-90
CAL 5	0	0	-90	CAL 15	0	0	-90
CAL 5	70	0	-90	CAL 15	70	0	-90
CAL 6	0	0	-90	CAL 16	0	0	-90
CAL 6	70	0	-90	CAL 16	70	0	-90
CAL 7	0	0	-90	CAL 17	0	0	-90
CAL 7	70	0	-90	CAL 17	70	0	-90
CAL 8	0	0	-90				
CAL 8	70	0	-90				
CAL 9	0	0	-90				
CAL 9	70	0	-90				
CAL 10	0	0	-90				
CAL 10	70	0	-90				

Tabla 5.5 Litología. Calicatas Costa Atlántica

CALICATA	Desde (m)	Hasta (m)	LITOLOGIA	CALICATA	Desde (m)	Hasta (m)	LITOLOGIA
CAL 1	0	30	MINAu	CAL 10	0	30	MINAu
CAL 1	30	70	INFAu	CAL 10	30	70	INFAu
CAL 2	0	30	MINAu	CAL 11	0	30	MINAu
CAL 2	30	70	INFAu	CAL 11	30	70	INFAu
CAL 3	0	30	MINAu	CAL 12	0	30	MINAu
CAL 3	30	70	INFAu	CAL 12	30	70	INFAu
CAL 4	0	30	MINAu	CAL 13	0	30	MINAu
CAL 4	30	70	INFAu	CAL 13	30	70	INFAu
CAL 5	0	30	MINAu	CAL 14	0	30	MINAu
CAL 5	30	70	INFAu	CAL 14	30	70	INFAu
CAL 6	0	30	MINAu	CAL 15	0	30	MINAu
CAL 6	30	70	INFAu	CAL 15	30	70	INFAu
CAL 7	0	30	MINAu	CAL 16	0	30	MINAu
CAL 7	30	70	INFAu	CAL 16	30	70	INFAu
CAL 8	0	30	MINAu	CAL 17	0	30	MINAu
CAL 8	30	70	INFAu	CAL 17	30	70	INFAu
CAL 9	0	30	MINAu				
CAL 9	30	70	INFAu				

Tabla 5.6 Muestras. Calicatas Costa Atlántica

CALICATA	Desde (m)	Hasta (m)	Au (g/t)	CALICATA	Desde (m)	Hasta (m)	Au (g/t)
CAL 1	0	10	1.54	CAL 9	40	50	1.00
CAL 1	10	20	1.45	CAL 9	50	60	1.00
CAL 1	20	30	1.65	CAL 9	60	70	1.00
CAL 1	30	40	1.00	CAL 10	0	10	1.88
CAL 1	40	50	1.00	CAL 10	10	20	1.90
CAL 1	50	60	1.00	CAL 10	20	30	1.82
CAL 1	60	70	1.00	CAL 10	30	40	1.00
CAL 2	0	10	1.57	CAL 10	40	50	1.00
CAL 2	10	20	1.65	CAL 10	50	60	1.00
CAL 2	20	30	1.32	CAL 10	60	70	1.00
CAL 2	30	40	1.00	CAL 11	0	10	1.65
CAL 2	40	50	1.00	CAL 11	10	20	1.67
CAL 2	50	60	1.00	CAL 11	20	30	1.56
CAL 2	60	70	1.00	CAL 11	30	40	1.00
CAL 3	0	10	2.06	CAL 11	40	50	1.00
CAL 3	10	20	2.10	CAL 11	50	60	1.00
CAL 3	20	30	1.98	CAL 11	60	70	1.00
CAL 3	30	40	1.00	CAL 12	0	10	1.70
CAL 3	40	50	1.00	CAL 12	10	20	1.76
CAL 3	50	60	1.00	CAL 12	20	30	1.67
CAL 3	60	70	1.00	CAL 12	30	40	1.00
CAL 4	0	10	1.61	CAL 12	40	50	1.00
CAL 4	10	20	1.45	CAL 12	50	60	1.00
CAL 4	20	30	1.69	CAL 12	60	70	1.00
CAL 4	30	40	1.00	CAL 13	0	10	1.45
CAL 4	40	50	1.00	CAL 13	10	20	1.34
CAL 4	50	60	1.00	CAL 13	20	30	1.48
CAL 4	60	70	1.00	CAL 13	30	40	1.00
CAL 5	0	10	2.52	CAL 13	40	50	1.00
CAL 5	10	20	2.70	CAL 13	50	60	1.00
CAL 5	20	30	2.45	CAL 13	60	70	1.00
CAL 5	30	40	1.00	CAL 14	0	10	1.88
CAL 5	40	50	1.00	CAL 14	10	20	1.90
CAL 5	50	60	1.00	CAL 14	20	30	1.86
CAL 5	60	70	1.00	CAL 14	30	40	1.00
CAL 6	0	10	2.10	CAL 14	40	50	1.00
CAL 6	10	20	2.03	CAL 14	50	60	1.00
CAL 6	20	30	2.15	CAL 14	60	70	1.00
CAL 6	30	40	1.00	CAL 15	0	10	2.00
CAL 6	40	50	1.00	CAL 15	10	20	1.54
CAL 6	50	60	1.00	CAL 15	20	30	1.38
CAL 6	60	70	1.00	CAL 15	30	40	1.00
CAL 7	0	10	3.50	CAL 15	40	50	1.00
CAL 7	10	20	3.80	CAL 15	50	60	1.00
CAL 7	20	30	3.35	CAL 15	60	70	1.00
CAL 7	30	40	1.00	CAL 16	0	10	1.67
CAL 7	40	50	1.00	CAL 16	10	20	1.76
CAL 7	50	60	1.00	CAL 16	20	30	1.76
CAL 7	60	70	1.00	CAL 16	30	40	1.00
CAL 8	0	10	2.85	CAL 16	40	50	1.00
CAL 8	10	20	2.90	CAL 16	50	60	1.00
CAL 8	20	30	2.73	CAL 16	60	70	1.00
CAL 8	30	40	1.00	CAL 17	0	10	1.78
CAL 8	40	50	1.00	CAL 17	10	20	1.80
CAL 8	50	60	1.00	CAL 17	20	30	1.75
CAL 8	60	70	1.00	CAL 17	30	40	1.00
CAL 9	0	10	1.64	CAL 17	40	50	1.00
CAL 9	10	20	1.73	CAL 17	50	60	1.00
CAL 9	20	30	1.44	CAL 17	60	70	1.00
CAL 9	30	40	1.00				

Una vez importados los archivos, cargada la base de datos, se ingresó al módulo de dibujo para desplegar los sondeos (Calicatas). En la figura 5.13 se observa la distribución de los sondeos acompañado de la topografía de la zona. Se destaca que la distribución de las calicatas responde a un mallado irregular, las mismas se concentran en la zona más elevadas de la topografía. En la figura 5.14 se presenta la vista Norte- Elevación (NZ), donde se aprecia el detalle de los sondeos cargados y se identifican las litologías establecidas, donde la franja azul corresponde al mineral aurífero (MINAu) y la franja verde corresponde al mineral aurífero inferido (INFAu), así como también se observan los tenores correspondientes donde el naranja intenso es el tenor más alto y degradando hacia amarillo los tenores más bajos. En la calicata 7 y 8 es donde se tienen los tenores más altos de la zona. (Apendice C)

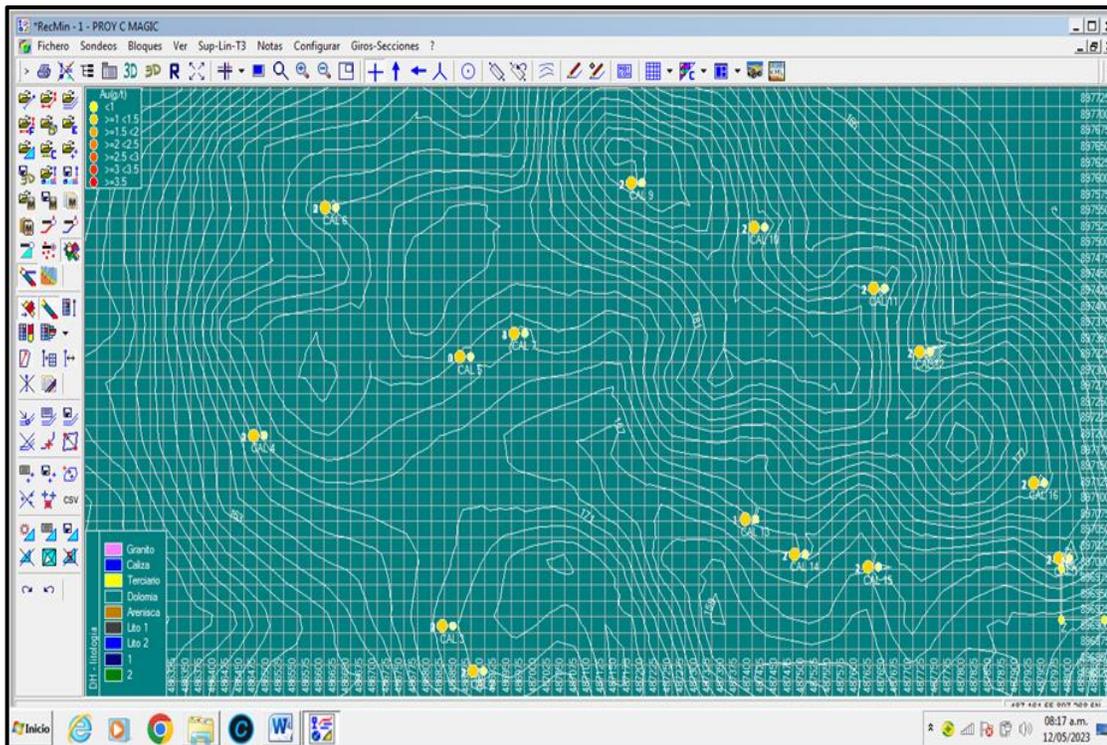


Figura 5.13 Distribución de las calicatas en la topografía. Costa Atlántica

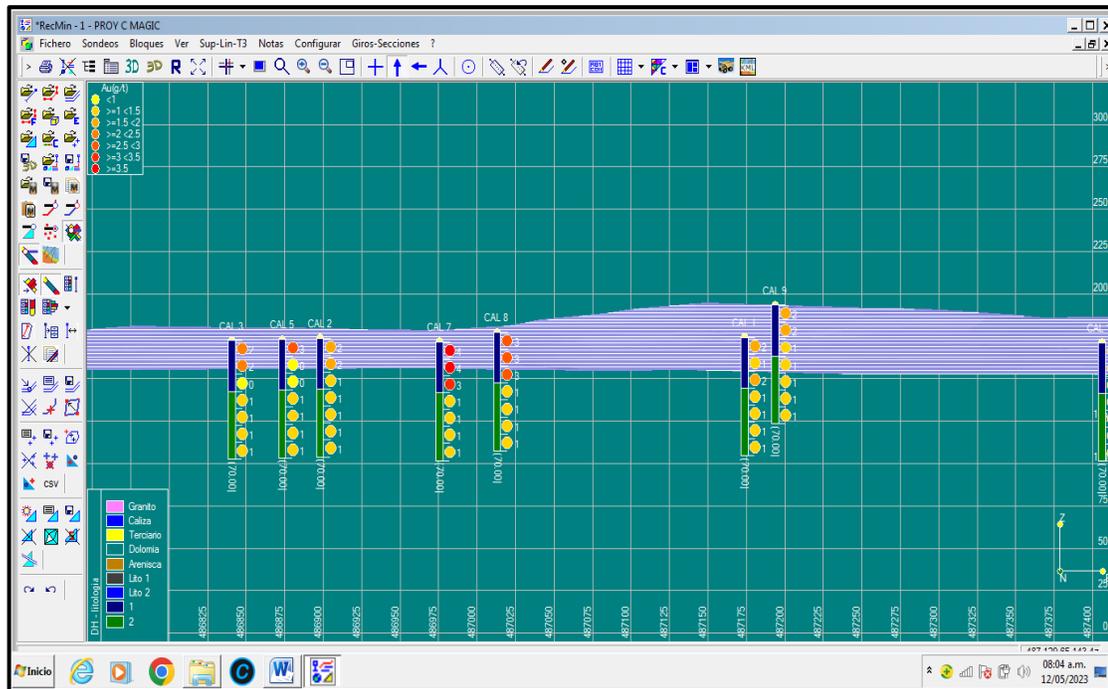


Figura 5.14 Vista Norte-Elevación (NZ) de los Sondeos (Calicatas). Costa Atlántica.

Para generar el sólido del modelo geológico fue necesario realizar secciones. Para ello, se escogió la dirección que mejor se adaptara a los sondeos de manera que el mayor número de sondeos quedara sobre o lo más cercano posible de la sección, tomando de esta manera la dirección noreste (Figura 5.15). Se realizaron las secciones y se trazó el área de cada litología en cada sección, tanto de MINAu como de INF Au (Figura 5.16 y 5.17), para luego generar el sólido de cada litología (Figura 5.18 y 5.19), y de esta manera obtener el modelo geológico de la zona. (Figura 5.20) (Apendice C)

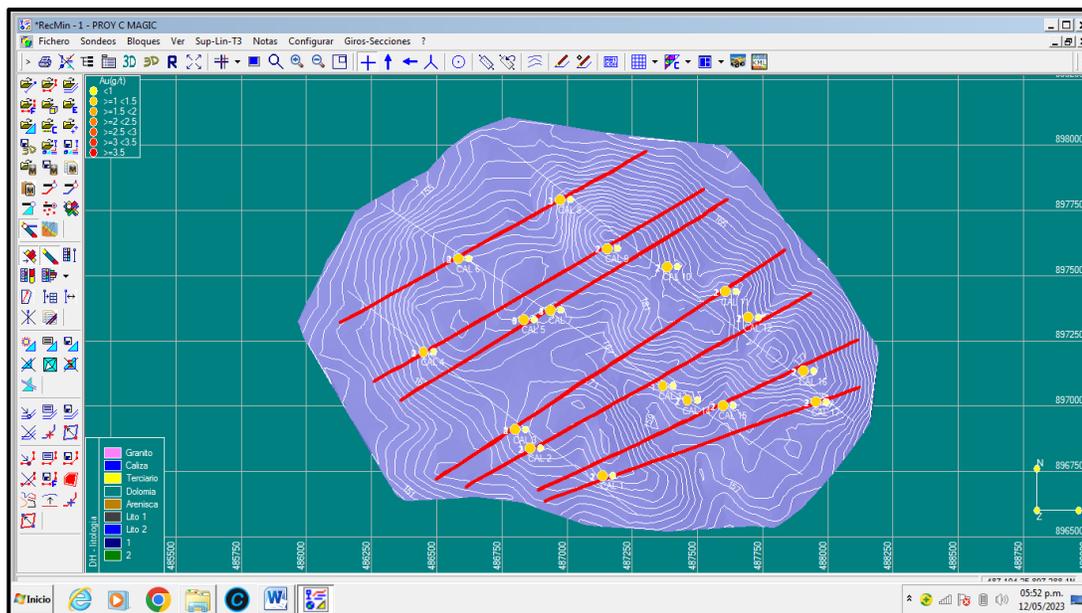


Figura 5.15 Vista de planta. Secciones verticales establecidas en dirección Noreste.
Costa Atlántica

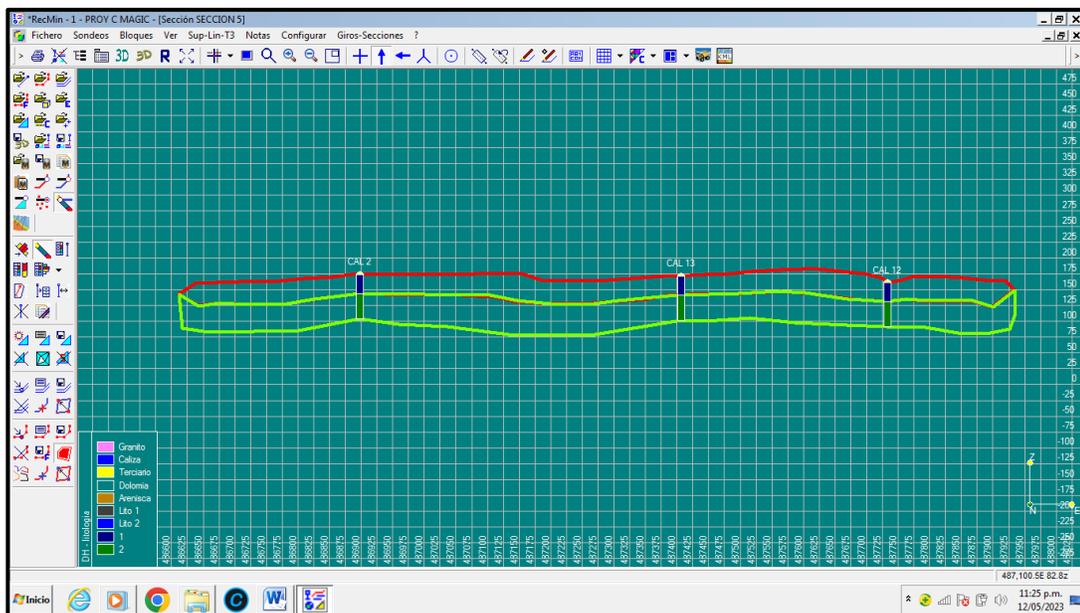


Figura 5.16 Sección vertical con trazado de zona mineralizada (Roja) e inferida
(Verde). Costa Atlántica.

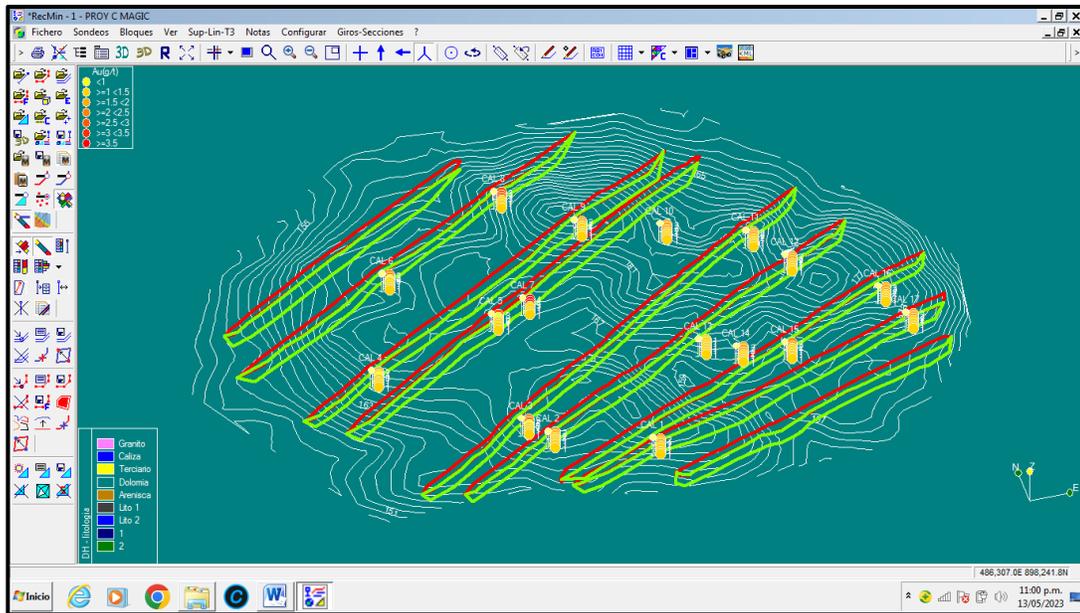


Figura 5.17 Secciones verticales general con trazado de zona mineralizada (Roja) e inferida (Verde). Costa Atlántica

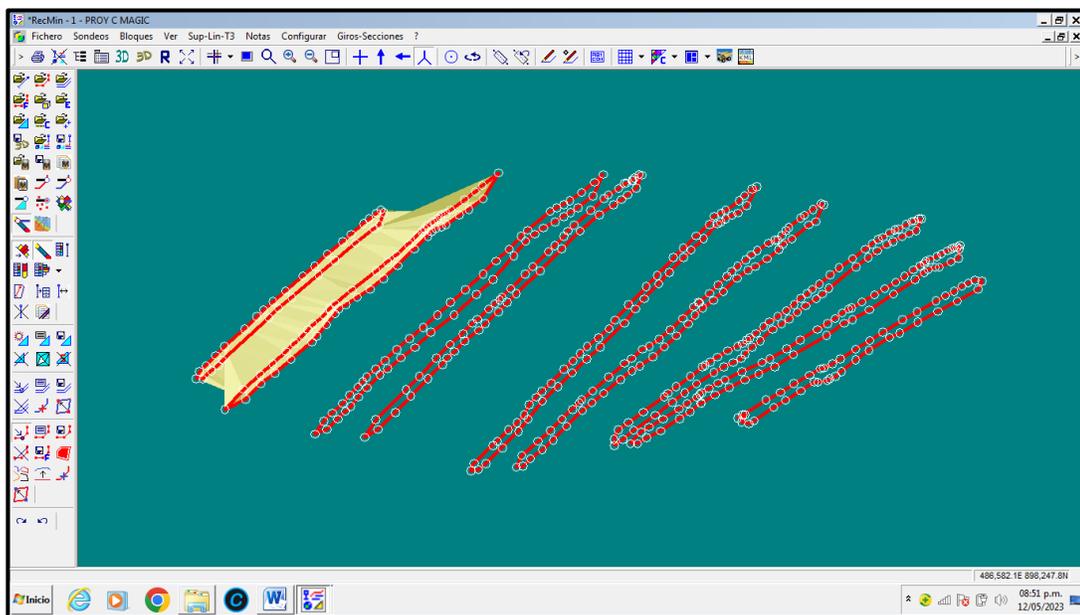


Figura 5.18 Generación del sólido de la zona mineralizada (MINAu). Costa Atlántica

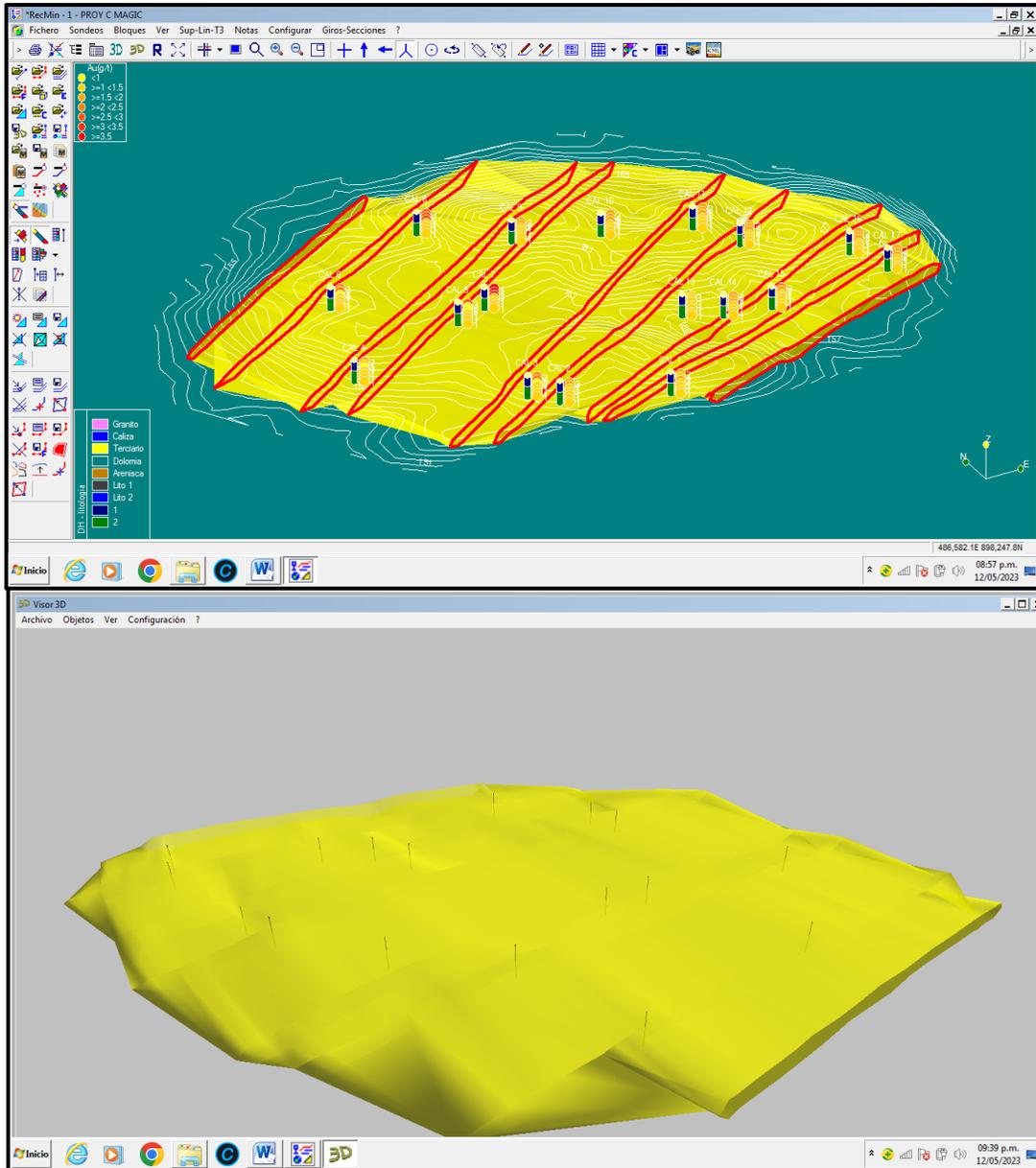


Figura 5.19 Solido generado de la zona mineralizada (MINAu). Costa Atlántica

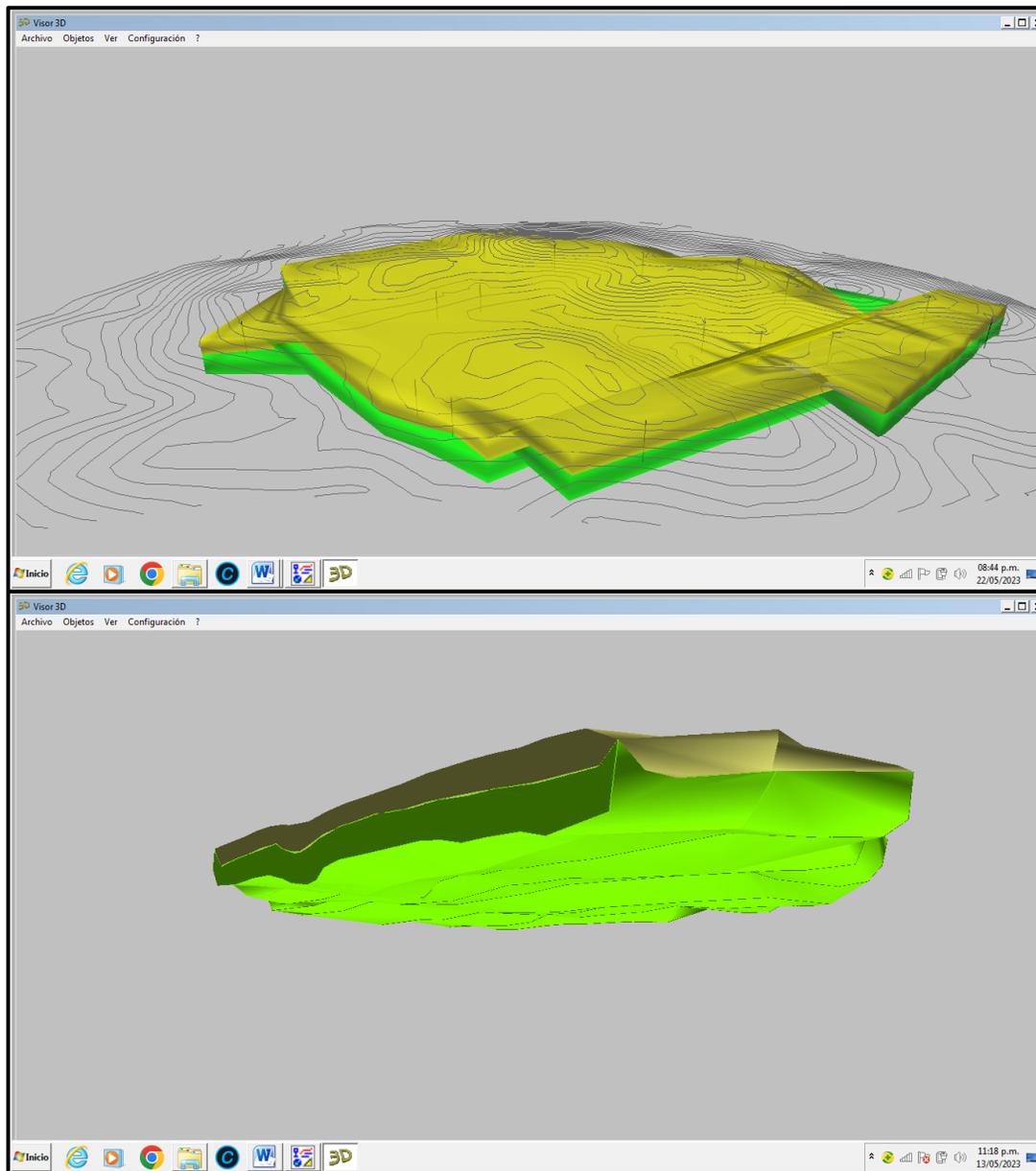


Figura 5.20 Modelo geológico. Zona mineralizada (MINAu-Dorado) y zona inferida (INFAu-Verde). Costa Atlántica

5.2.3 Generación del modelo de bloques

Para la generación del modelo de bloque fue necesario establecer límites de coordenadas tanto verticales como en Norte-Este (Apendice D). En la tabla 5.7 se muestran estos límites con su diferencial inicial y final. En la figuras 5.21 se muestra la representación gráfica. Con esta información, más el establecimiento de variables tales como Alteración (Mineral- litología), topografía (Topo), tonelaje (Peso), densidad leyes (Au) y las dimensiones de los bloques establecidas en 10x10x10 metros, se generó el patrón de los bloques. En la figura 5.22 se muestra el sólido de bloques generado con el software. Posteriormente, se ajusta el modelo general de bloques con la superficie topográfica (Figura 5.23) para luego generar el modelo definitivo de bloques para cada litología (Figura 5.24)

Tabla 5.7 Delimitación del bloque general de solidos

Inicial	UTM	Diferencial	Valor
X	486.250	idx	1
Y	896.500	idy	1
Z	75	idz	1
Final	UTM	Diferencial	Valor
X	488.250	idx	200
Y	898.000	idy	150
Z	200	idz	12,5

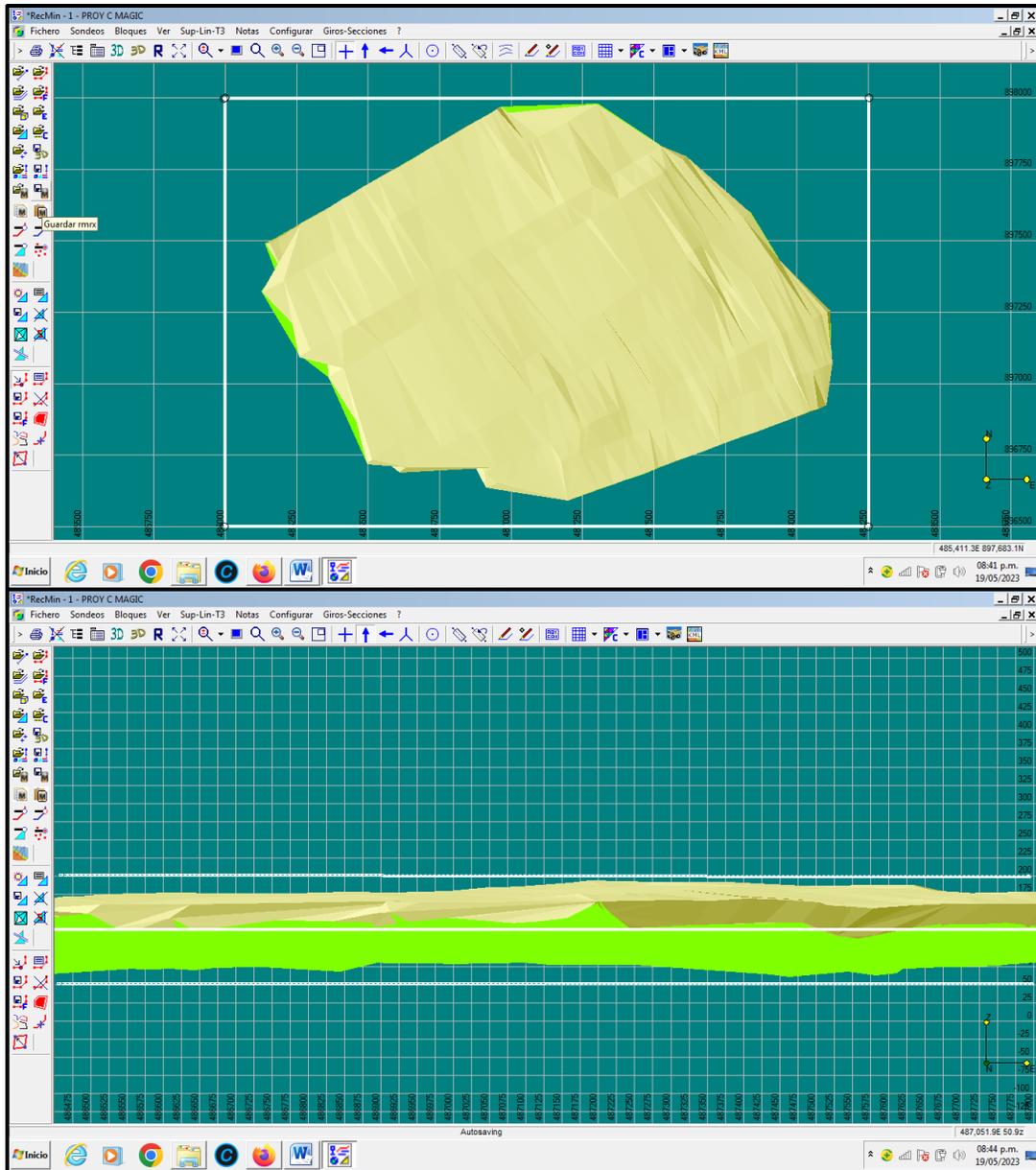


Figura 5.21 Vista de planta y vertical de la delimitación general del solido de bloques.

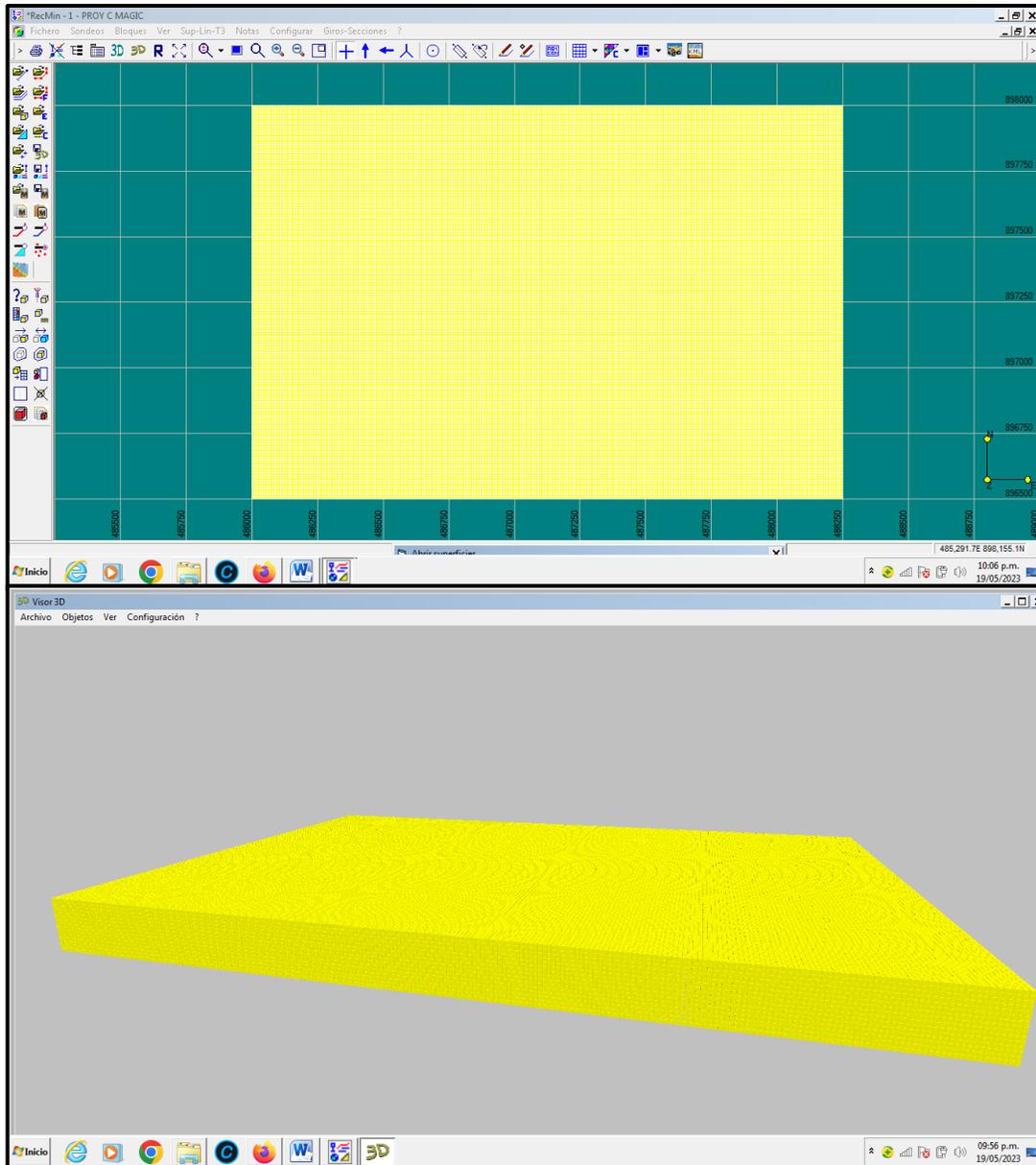


Figura 5.22 Vista de planta y 3D del modelo general del solido de bloques.

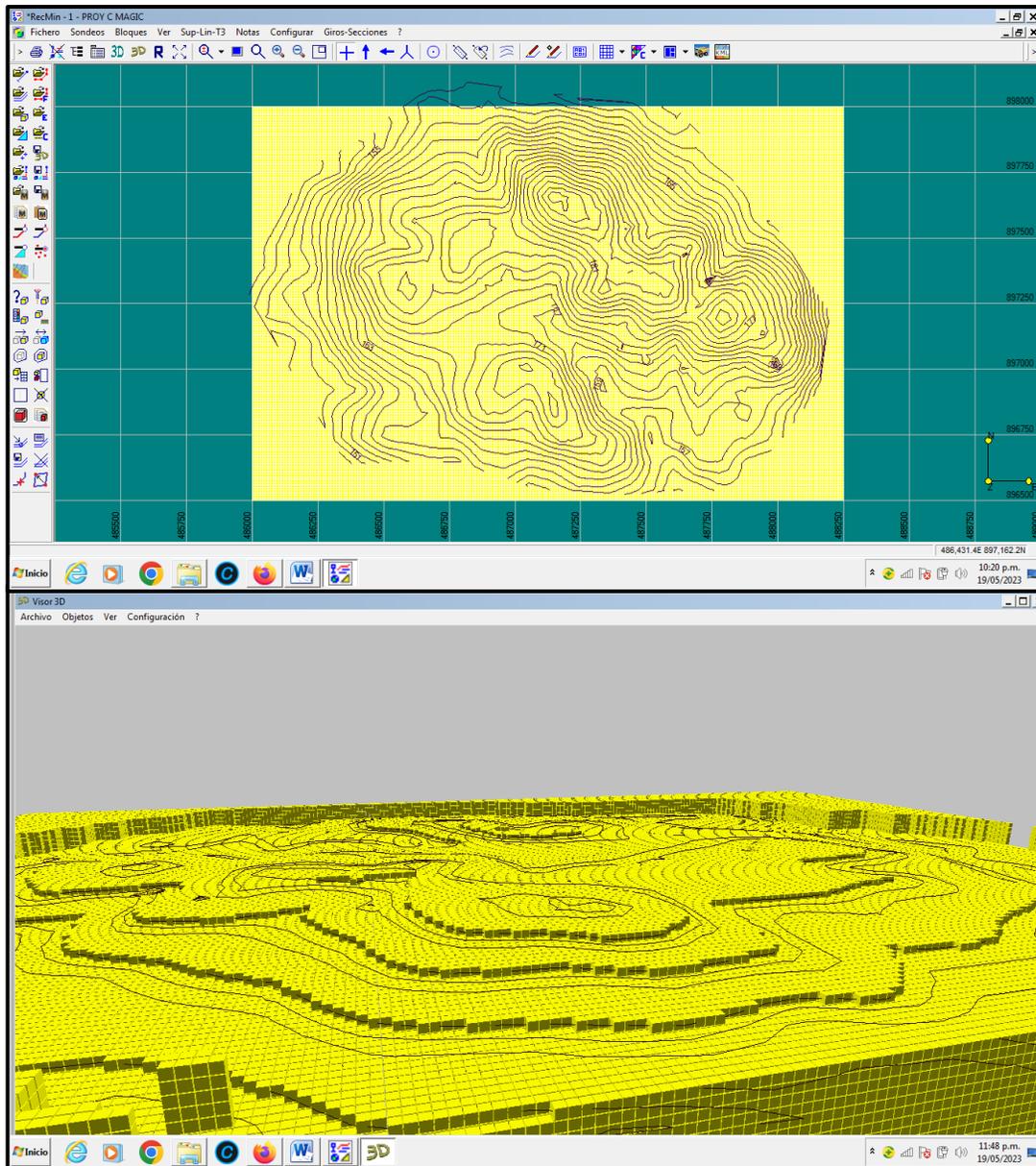


Figura 5.23 Solido de bloques ajustado a la topografía.

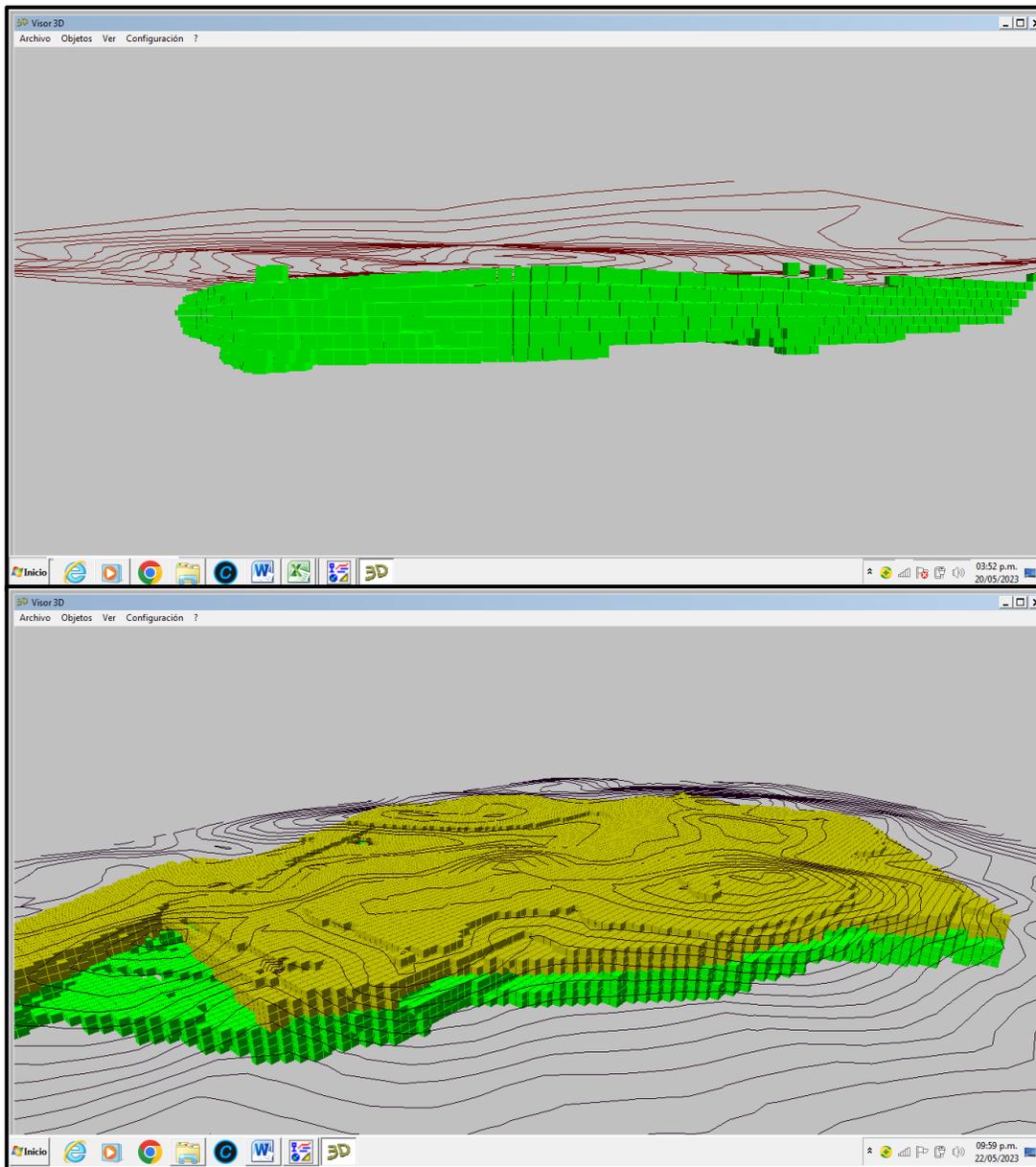


Figura 5.24 Modelo final de bloques para las litologías MINAu(Dorado) y INFAu(Verde).

Seguidamente, una vez generados los modelos de bloques finales para cada litología, se calcularon en función a las leyes la distribución de los tenores de oro (Au) aplicando el método del Inverso de la Distancia al Cuadrado con el software RecMin

(Apendice E). En la figura 5.25, 5.26 y 5.27 se muestran algunos de los parámetros establecidos para dicho cálculo, como son las dimensiones de los bloques y el radio de búsqueda del elipsoide (Esfera). En la figura 5.28 se presenta el modelo de bloques final con distribución de leyes de oro (Au) para la litología MINAu. No se realizó el cálculo para la litología INF Au, ya que la misma, como fue explicado en la metodología, fue considerada adicionalmente como un cuerpo con tenores inferidos igual a 1 g/t. Se puede observar que los tenores altos de oro se concentran en el centro del modelo geológico y se extiende en dirección Noroeste a Norte, y los tenores van disminuyendo casi concéntricamente hacia afuera desde el centro del modelo geológico, más aun en dirección Noreste.

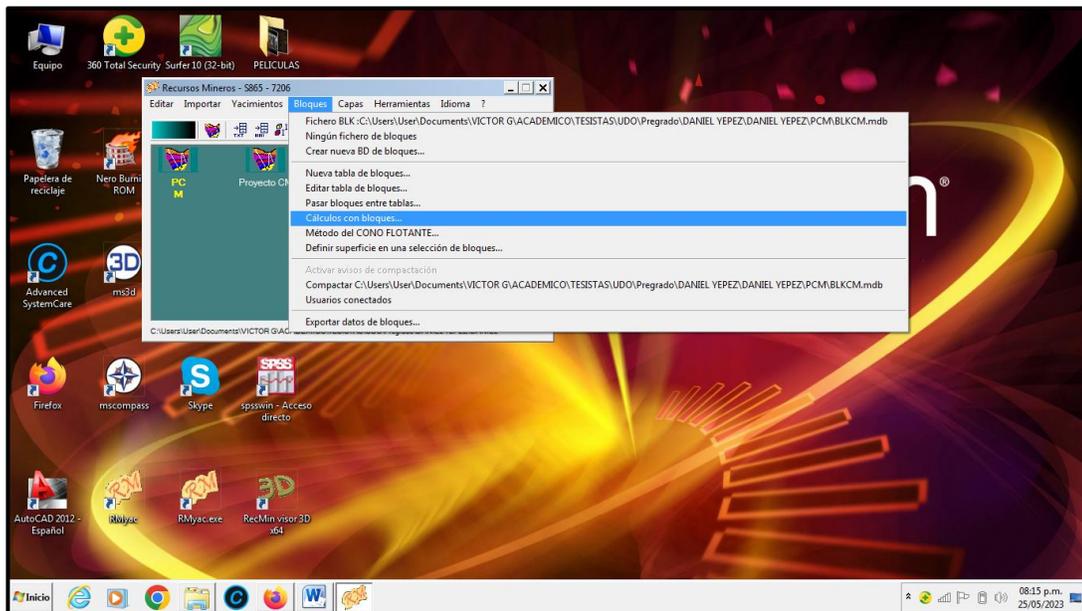


Figura 5.25 Parámetros previos. Calculo con bloques. Modulo Yacimientos

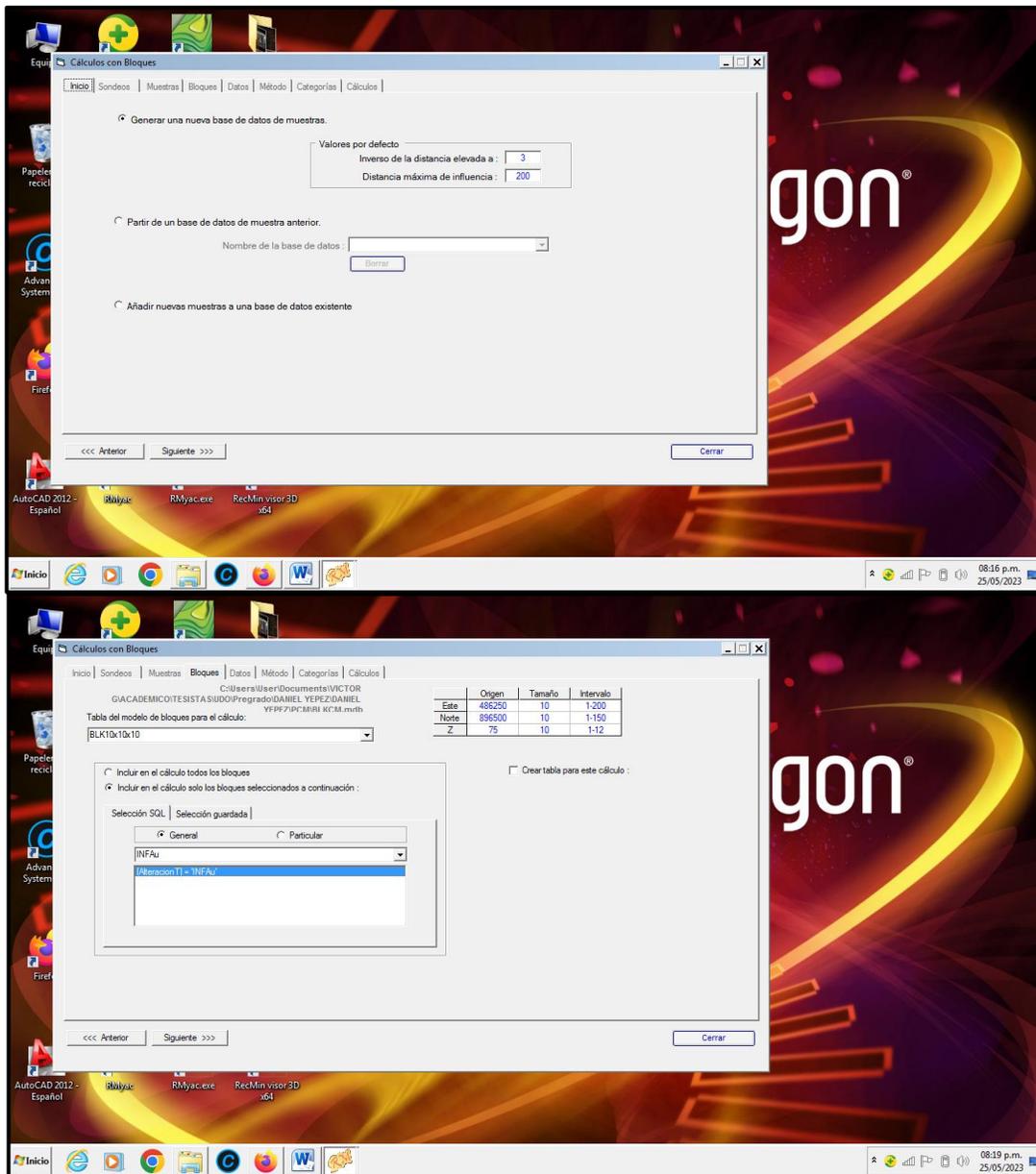


Figura 5.26 Parámetros previos para el cálculo con el inverso de la distancia al cuadrado

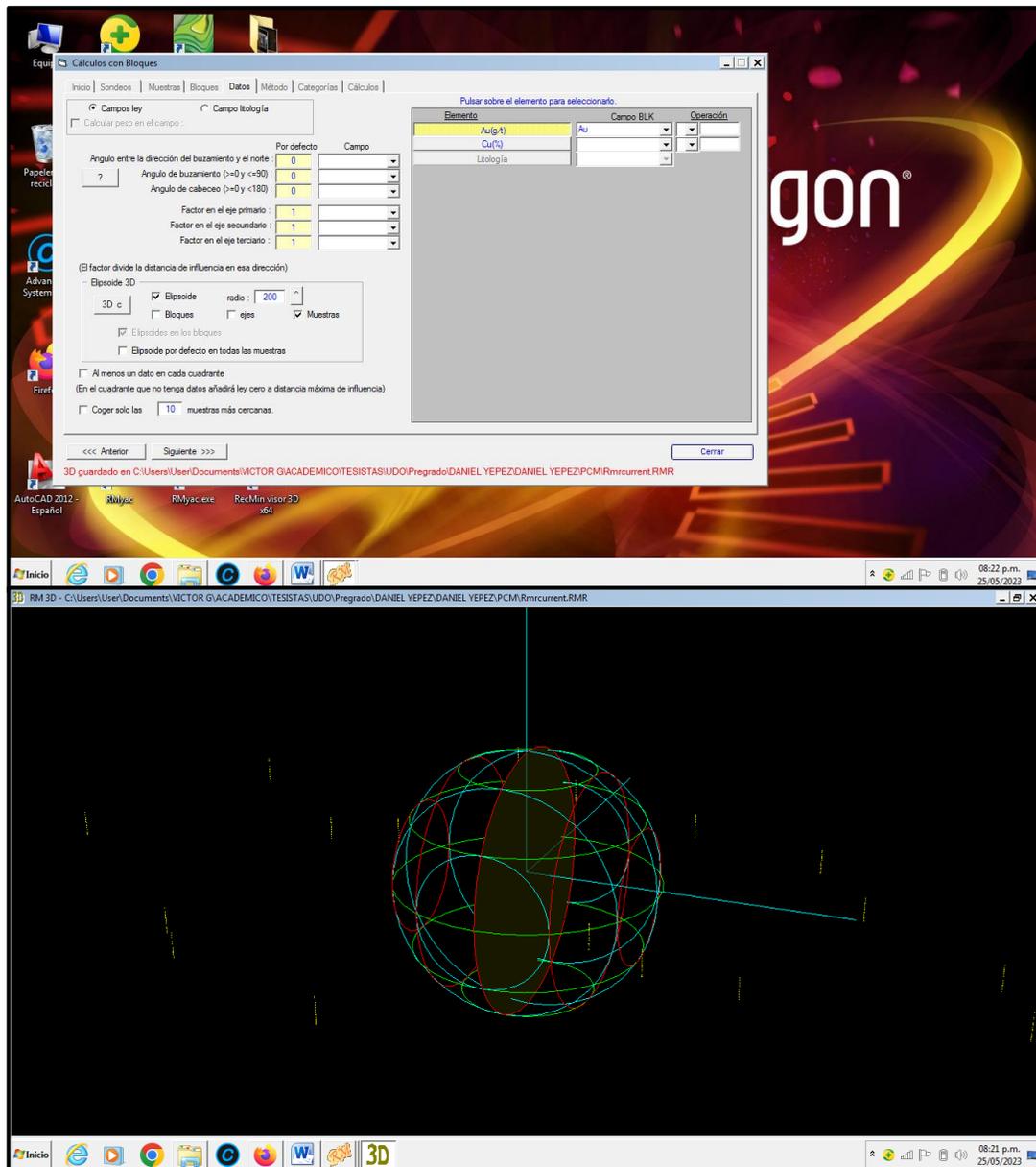


Figura 5.27 Parámetros previos para el cálculo con el inverso de la distancia al cuadrado y elipsoide de búsqueda

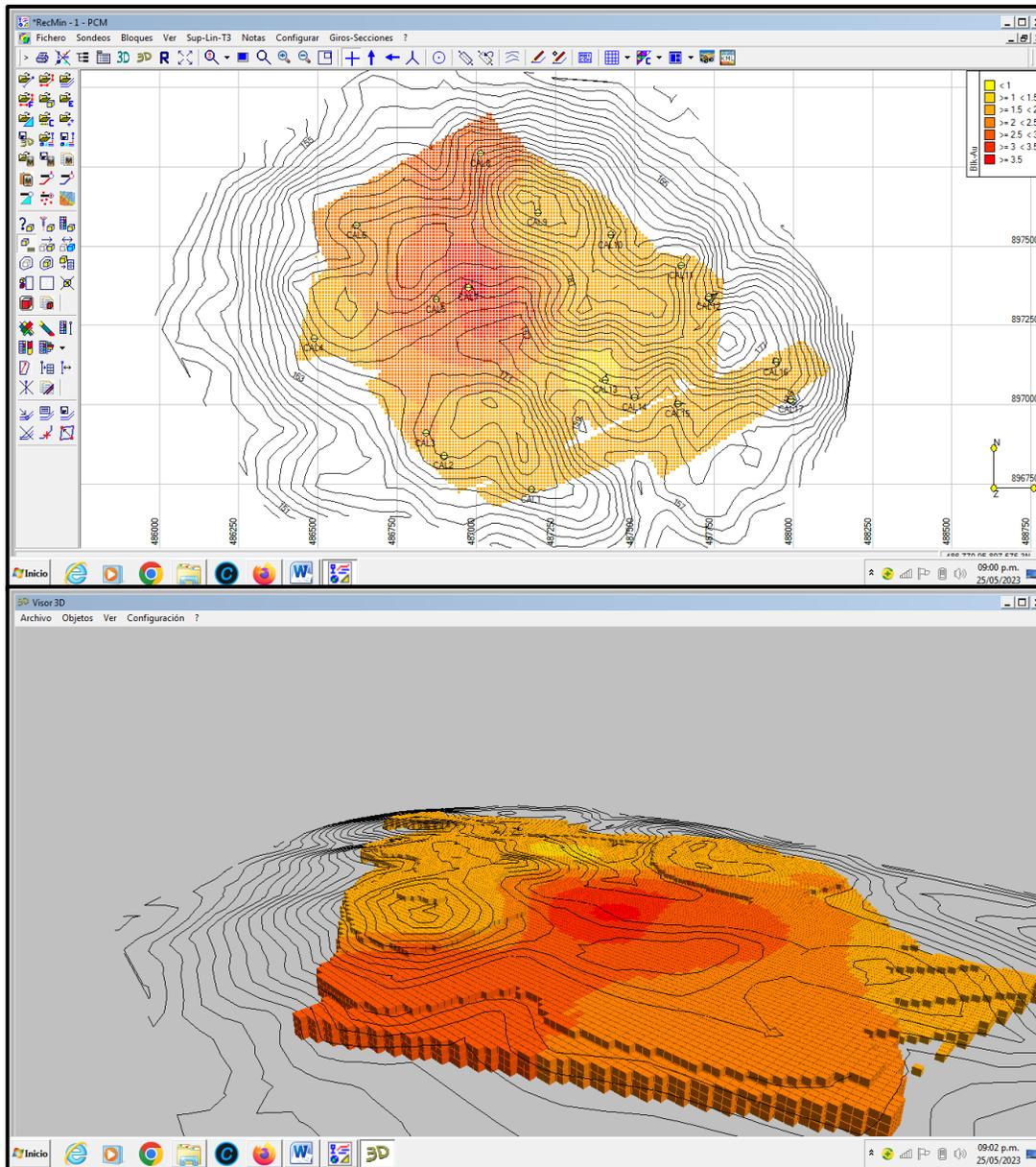


Figura 5.28 Modelo final de bloques para la litología MINAu con distribución de los tenores (Leyes) de oro (Au).

5.2.4 Cálculo del tonelaje de los recursos medidos e inferidos.

Para el cálculo de las toneladas clasificadas por tenor de oro (Au) se procedió a determinar el número de bloques generados dentro de un intervalo de calidad con la ayuda del software RecMin (**Apendice F**) (Figura 5.29). Esta operación fue realizada solo para el modelo de bloques que representa la litología MINAu, ya que la litología INF Au esta inferida con un tenor de oro (Au) igual a 1 g/t. Con estos datos se realizaron los cálculos con una hoja de cálculo de Excel. En la Tabla 5.8 se presentan los datos generados con el software y los cálculos correspondientes a la estimación de los recursos medidos e inferidos. Se puede observar que con la categoría MINAu se tienen 7.600.000 toneladas métricas con un tenor promedio de 2,09 g/t, reportando 515.900 oz de oro (Au) antes del proceso metalúrgico. Si se considera un tenor límite de explotación de 0,5 g/t estaríamos ante un potencial desarrollo de mediana minería aurífera, con una vida aproximada de 8 años de explotación. Además, si se considera también la categoría inferida, a la cual se le asigno hipotéticamente un tenor de 1 g/t, en función de los tenores más bajo de la categoría MINAu que es de 1,38 g/t, estaríamos hablando de 18.000.000 de toneladas métricas, reportando 850.000 oz de oro (Au) antes del procesamiento metalúrgico y una extensión de la vida de la mina hacia los 20 años.

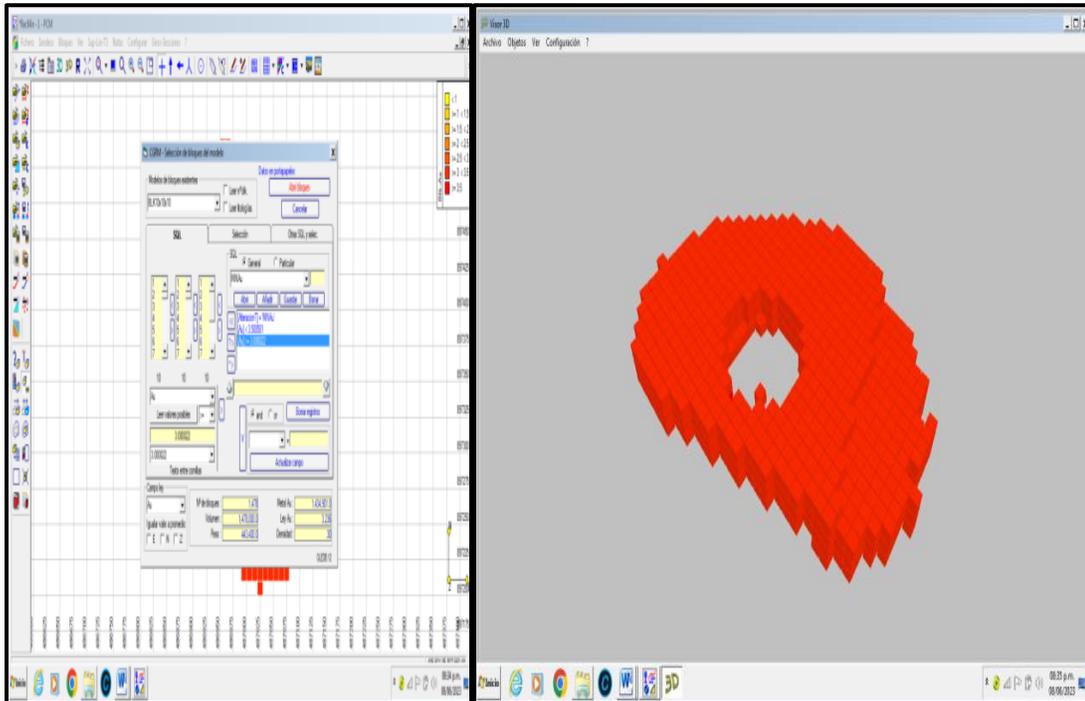


Figura 5.29. Numero de bloques correspondiente al intervalo de 3 a 3.5 gAu/t

Tabla 5.8. Calculo de los recursos medidos e inferidos del proyecto Costa Mágica

Categoría	Tenores Au (g/t)	N° de Bloques (10x10x1m)	Volumen (m ³)	Recursos (t)	Vida de la mina (Años)	
Medidos (MINAu)	≥ 3.5	173	17,300	40,482	8	
	< 3.5 ≥ 3	1,478	147,800	345,852		
	< 3 ≥ 2.5	5,693	569,300	1,332,162		
	< 2.5 ≥ 2	6,269	626,900	1,466,946		
	< 2 ≥ 1.5	18,454	1,845,400	4,318,236		
	< 1.5 ≥ 1	761	76,100	178,074		
Total		32,828	3,282,800	7,681,752		
Tenor Promedio MINAu (g/t)	2.09		Onza Troy MIN	515,922		
Inferidos (INFAu)	1	44,300	4,430,000	10,366,200		
Densidad (t/m ³)	2.34		Onza Troy INF	333,281		
Onza troy = 31,1035 g				Total (MINAu + INFAu)	18,047,952	20
Produccion promedio Mediana Minería = 2.500 t/día				Onza Troy MIN + INF	849,202	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El área que corresponde al Proyecto Ciudad Mágica, se encuentra ubicado en la Provincia Geológica de Imataca, y según varios eventos y orogénesis formaron rocas ígneas intrusivas, que alcanzaron alto grado metamórfico como gneisis graníticos y granulitas félsicas y máficas (60%-70%) hasta ultramáficas (15%-20%), migmatitas y cantidades menores de formaciones bandeadas de hierro, conocidas también como cuarcitas ferruginosas, dolomitas, charnockitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y algunos remanentes erosionales cinturones de rocas verdes, menos metamorfizados .

La visualización cualitativa del perfil de las calicatas presenta un aspecto de meteorización, ya que el área visitada no tiene rocas frescas expuestas; es decir, no tiene verdaderos afloramientos y las muestras tomadas corresponden a suelos típicamente lateríticos dentro la zona de oxidación, que son característicos de climas cálidos, donde se aprecia, que debajo de la “capa” de cuarzo, el perfil del suelo, corresponde a una saprolita- o laterita muy oxidada de color marrón oscuro, pero se hace más claro hasta alcanzar los tres metros.

Geomorfológicamente, el área presenta un relieve de lomeríos, con una escasa vegetación arbustiva, el resto solo por gramíneas. La superficie del terreno está cubierta por cuarzo fragmentado de forma irregular y de diferentes tamaños, denominado cuarzo flotante, también en gran parte del área se observan concreciones

ferruginosas (pisolita), lo que marca un largo periodo de intemperismo y de las condiciones de clima cálido.

Igualmente, en la imagen de satélite y la forma del relieve el centro del área se presenta como un cuerpo circular, que topográficamente tiene forma cómica, lo que sugiere la presencia de un cuerpo intrusivo, en cuyas fases de bordes se desarrollan los filones de rocas pegmatíticas, simple o complejas, las cuales son potenciales portadoras de mineralizaciones de interés geoeconómico, que de ser metálicos, siempre serán de baja concentración y de volúmenes limitados

Estas rocas son pocos favorables para la concentración de metales nobles como oro, plata o elementos del grupo del platino; y de existirlos serán de baja concentración y de volúmenes limitados, y además, este tipo de intrusiones dentro de la Provincia Geológica de Imataca, generalmente son más jóvenes, son de carácter potásico, que al meteorizarse generan arcillas caoliníticas, donde, de haber metales nobles tipo oro, que por sus bajas concentraciones, y poco volumen, como fue dicho anteriormente, serían aprovechables en una explotación minera de mediana a pequeña escala.

Los tenores altos de oro se concentran en el centro del modelo geológico y se extiende en dirección Noroeste a Norte, y los tenores van disminuyendo casi concéntricamente hacia afuera desde el centro del modelo geológico, más aun en dirección Noreste, lo que podría explicar la ocurrencia de un cuerpo intrusivo en el centro del área.

En la categoría MINAu (recursos medidos) se tienen 7.600.000 toneladas métricas con un tenor promedio de 2,09 g/t, que reportan 515.900 oz de oro (Au) antes del proceso metalúrgico. Si se considera un tenor límite de explotación de 0,5

g/t estaríamos ante un potencial desarrollo de mediana minería aurífera con una vida aproximada de 8 años de explotación.

En el mismo orden de ideas, considerando la categoría de recursos medidos más los recursos inferidos (al cual se le asigno hipotéticamente un tenor de 1 g/t, en función de los tenores más bajo de la categoría MINAu que es de 1,38 g/t), estaríamos en presencia de 18.000.000 de toneladas métricas, reportando 850.000 oz de oro (Au) antes del procesamiento metalúrgico y una extensión de la vida de la mina hacia los 20 años.

En general, en función de los tenores de oro (Au), la zona donde se estará desarrollando el proyecto Costa Atlantica, en el Cerro la Paloma, tiene un gran potencial para que se desarrolle una minería de mediana a gran escala, tomando en consideración los tenores límites de explotación en minería de superficie que oscilan entre 0,5 a 1,5 g/t aproximadamente, según lo dicten los costos, precio del metal y cantidad de masa mineralizada a explotar, resaltando que el proceso de conminución tendrá un mínimo de costo si se considera solo el procesamiento del mineral pasante malla 100, lo cual disminuiría grandemente los costos de molienda en el caso de utilizar lixiviación con cianuro de sodio para la recuperación de oro.

Recomendaciones

Realizar sondeos geo-exploratorios a mayor profundidad con un mallado regular de manera de identificar categorizar mejor los recursos existentes en la zona al mismo tiempo generar una mayor confiabilidad en la estimación de los recursos.

Continuar con la planificación de explotación de la zona con el software RecMin, de manera generar uno o varios pit limit de explotación, jugando con varios

tenores límites de explotación con los costos estándares de explotación y tratamiento de recuperación, de manera de obtener el pit limit optimo, para posteriormente realizar el estudio de factibilidad Técnico- económica-financiera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfaro, M. (2007). **ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINEROS**. Recuperado el 17 de septiembre de 2019

Azacarate Martín, J. E. (1982). **INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN MINERA**. Madrid. Instituto Tecnológico Geominero de España.

Bernardo Gómez (2013). **SELECCIÓN DEL DISEÑO ÓPTIMO EN FUNCIÓN DE PARÁMETROS OPERATIVOS EMPLEANDO HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA UNA CANTERA DE METACALIZA DE USO INDUSTRIAL**. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas – Venezuela.

Bustillo Revuelta, M. López Jimeno, C. (1997). **MANUAL DE EVALUACIÓN DISEÑO DE EXPLOTACIONES MINERAS**. Madrid.

Bustillo Revuelta M., Ruiz Sánchez Porro J., García Bermúdez, J. otros. (2000) **MANUAL DE APLICACIONES INFORMÁTICAS EN MINERÍA**. Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Universidad Politécnica de Madrid.

Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, P. (2009). **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**. México: Mc Graw Hill.

Juan H. Herbert (2006) **METODOS DE MINERIA A CIELO ABIERTO**.
Universidad Politécnica de Madrid-España.

Mendoza S. V. (2012). **GEOLOGIA DE VENEZUELA: ESCUDO DE GUAYANA, ANDES VENEZOLANOS Y SISTEMA MONTAÑOSO DEL CARIBE**.

Novitzky, A. (1978) . **PROSPECCION, EXPLORACION EVALUACIÓN**.
Buenos Aires

Novitzky, A. 1976. **MINERÍA A CIELO ABIERTO SU PLANIFICACIÓN**.
Buenos Aires.

Orche García, E. (1999). **MANUAL DE EVALUACIÓN DE YACIMIENTOS MINERALES**. Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Universidad Politécnica de Madrid.

Paella Santa (2006). **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**. Cuarta Edición. México.

Rendu, J.M. **AN INTRODUCTION TO CUT-OFF GRADE ESTIMATION**.
SME. Mining Engineering Handbook.

Sepúlveda, G. y Gallo, A. (2011). **MODELO DE BLOQUES PARA UN YACIMIENTO DE SULFURO MASIVOS UTILIZANDO EL SOFTWARE MINESIGHT**. Universidad Nacional de Colombia.

Tarbutk E. y Lutgens F. (2005). **CIENCIAS DE LA TIERRA**. Ediciones Pearson.
Primera Edición.

Yhonny Ruiz (S.F.)(2015). **APLICACIÓN DE SOFTWARE LIBRE PARA LA ESTIMACIÓN DE RECURSOS Y PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DE LAS RESERVAS MINERALES.** Trabajo especial de grado. Universidad Nacional de Piura. Piura – Perú.

APENDICE A
ANÁLISIS DE LABORATORIO. RESULTADOS.

REPORTE
ANÁLISIS GEOQUÍMICO PARA 51
MUESTRAS MINERALES
PROVENIENTES DE MINERÍA

Realizado para la empresa:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Atención: Sr. Daniel Yepez

REPORTE

ANÁLISIS GEOQUÍMICO PARA 10

MUESTRAS MINERALES

PROVENIENTES DE MINERÍA

Dr. Rafael Guevara Ing. José Manuel Mago M. Ing. Josué David. Mago A.

Director de Laboratorio



Director Gerente



Gerente de Operaciones



SERVOLAB OVERSEAS Inc.
Phone/Fax: +1 (305) 359 9045
TAX ID: 45-3461843

Puerto Ordaz, 17 de Junio de 2019

INTRODUCCIÓN

Desde hace más de 2 años el Gobierno Nacional ha decretado, tomado en cuenta los factores ambientales, una franja de 11843 km² en el Estado Bolívar de Venezuela el cual ha recibido la denominación del Arco Minero del Orinoco. En dicha zona yacen las riquezas minerales más grandes de Venezuela y una de las más importantes del mundo.

Hasta ahora, son pocos los estudios y reportes que incluyen, además del contenido aurífero de dichas tierras, los elementos contaminantes que subyacen junto a los metales y minerales preciosos de este inmenso territorio.

Por lo general las muestras geológicas no son homogéneas, esto debido en muchos casos a que la litología del suelo varía de un determinado sitio a otro, lo que finalmente produce que las características de un terreno varíen a diferentes profundidades. No se nos ha informado, para los fines de este reporte, las diferentes profundidades a las cuales fueron tomadas las muestras por lo que dicha variable no será tomada en cuenta. En vista de lo anterior, la realización de un análisis de la distribución elemental de los diferentes compuestos dentro de la muestra es un parámetro de gran valor ya que permite tener una mejor comprensión de los procesos geológicos y la explotación de los recursos minerales de manera óptima.

En este reporte se presentan los resultados analíticos de diez (10) muestras geológicas (suelos) evaluadas mediante la técnica de Espectroscopia de Absorción Atómica (AAS), las cuales servirán de base para poner de manifiesto la potencialidad de explotación del área en estudio.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Las cincuenta y uno (51) muestras de suelo fueron recibidas en las instalaciones de Servolab Overseas INC., siendo identificadas por el cliente de acuerdo con la siguiente nomenclatura, ver las tablas 1:

TABLA 1: Muestras para el Análisis

Item	Muestra	Item	Muestra
1	CAL 1.1	27	CAL 9.3
2	CAL 1.2	28	CAL 10.1
3	CAL 1.3	29	CAL 10.2
4	CAL 2.1	30	CAL 10.3
5	CAL 2.2	31	CAL 11.1
6	CAL 2.3	32	CAL 11.2
7	CAL 3.1	33	CAL 11.3
8	CAL 3.2	34	CAL 12.1
9	CAL 3.3	35	CAL 12.2
10	CAL 4.1	36	CAL 12.3
11	CAL 4.2	37	CAL 13.1
12	CAL 4.3	38	CAL 13.2
13	CAL 5.1	39	CAL 13.3
14	CAL 5.2	40	CAL 14.1
15	CAL 5.3	41	CAL 14.2
16	CAL 6.1	42	CAL 14.3
17	CAL 6.2	43	CAL 15.1
18	CAL 6.3	44	CAL 15.2
19	CAL 7.1	45	CAL 15.3
20	CAL 7.2	46	CAL 16.1
21	CAL 7.3	47	CAL 16.2
22	CAL 8.1	48	CAL 16.3
23	CAL 8.2	49	CAL 17.1
24	CAL 8.3	50	CAL 17.2
25	CAL 9.1	51	CAL 17.3
26	CAL 9.2		

MATERIALES Y EQUIPOS

A fin de realizar el procedimiento analítico, se utilizaron los siguientes materiales y equipos que podemos dividir en dos áreas: Preparación de la Muestra y Análisis de Laboratorio.

PREPARACION DE LA MUESTRA

Las muestras representativas, tomadas por el cliente, fueron traídas al laboratorio de la empresa Servolab Overseas INC.

Previo al análisis instrumental de las muestras, estas fueron homogeneizadas para garantizar una mayor representatividad en los resultados.

1. Preparación de muestras

Se realizó un procedimiento de secado de las 60 muestras en 2 fases, la primera a 85 °C por 24 horas y la segunda a 115 °C por 2 horas mediante un Horno de Secado Memmert. Se pasaron por diferentes tamices correspondientes a variadas granulometría. Luego se tomaron 10 g de cada una hasta completar 100 g, este se pulverizo hasta obtener un tamaño de partículas de 45 µm.

Seguidamente se pesaron una cantidad de cada una de las muestra por duplicado y se agregaron en Matraces Erlenmeyer de 100 ml. A cada muestra se le agregó 50 mL de agua regia (ácido Clorhídrico (HCl) / ácido nítrico (HNO₃) en una proporción de 1:3, ácidos en grado analítico concentrados. Se dejaron por 45 minutos a temperatura de 200° C en agitación constante, se enfriaron a temperatura ambiente. Culminado este proceso se filtraron, se aforaron en un balón de 200 mL y se analizaron en el equipo de AAS.

METODOLOGÍA IMPLEMENTADA

El novAA 800 es un Espectrómetro de Absorción Atómica con corrección de fondo de deuterio y puede utilizarse para la determinación secuencial de trazas de metales y semimetales en muestras líquidas o diluidas, tanto para la analítica de rutina como para fines de investigación. Según el modelo, está equipado con un atomizador de tubo de grafito de calentamiento transversal y/o un atomizador de llama.

Para el aprovechamiento de la tecnología de hidruro y la tecnología HydrEA (en combinación con el horno de tubo de grafito), están disponibles sistemas de hidruro para el servicio continuo y el servicio batch.

2. Equipo AAS novAA 800

A través de átomos en estado fundamental, se mide la absorción específica de un elemento de la radiación de una lámpara de cátodo hueco (HKL). En este caso, la señal de absorción representa una medida de la concentración del elemento correspondiente en la muestra analizada. La HKL envía un espectro lineal, partiendo del cual se extrae una línea de resonancia adecuada a través del monocromador.

La radiación continua de la lámpara D2-HKL se utiliza para la compensación de la absorción de fondo. La radiación de la fuente lineal (HKL primaria) con una línea base muy estrecha (línea de resonancia) se debilita de forma específica dependiendo de un elemento y de forma no específica mediante radiación. De este modo se registra la absorción total. La radiación de la lámpara D2HKL es atenuada principalmente por la absorción inespecífica del elemento de banda ancha; la mínima proporción específica del elemento se puede dejar de lado. La formación de diferencias de ambas señales proporciona la absorción específica de un elemento.

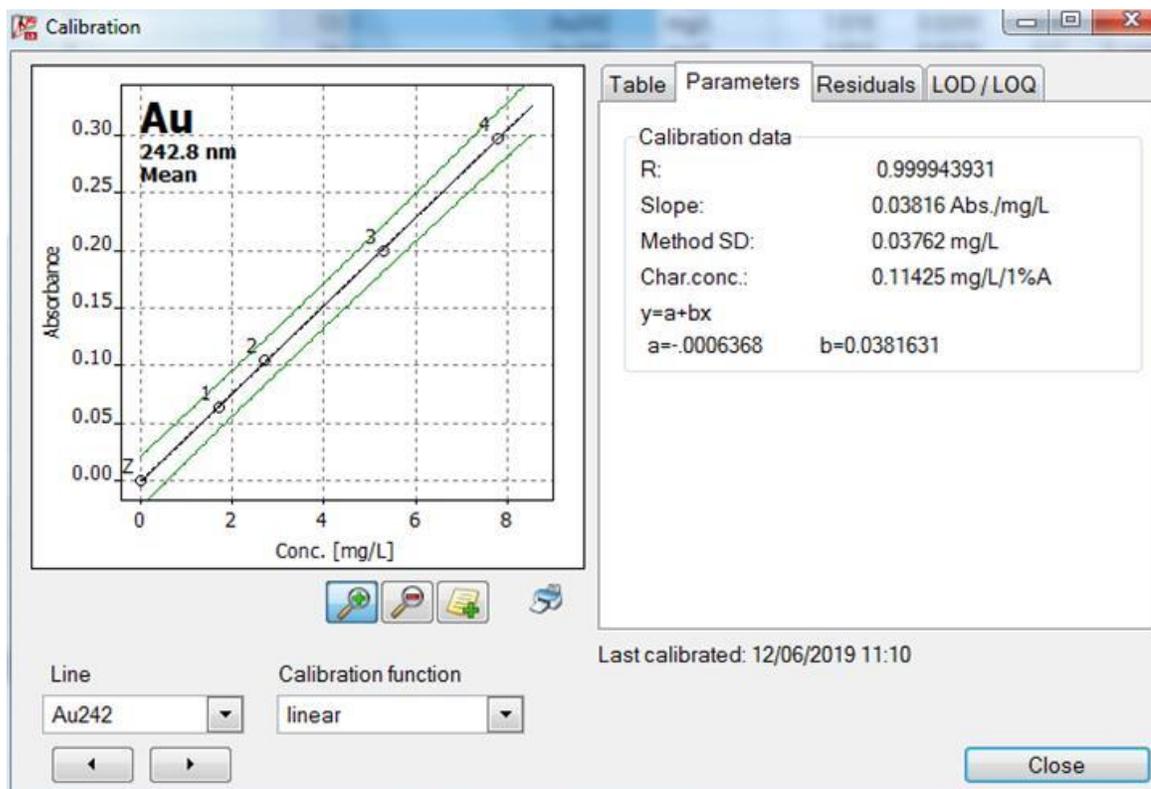
2.1 Curva de calibración:

Para construir la curva de calibración (figura 1) del elemento oro (Au) se prepararon los patrones certificados (ver figuras 2 y 3) a concentraciones de 0; 1,7; 2,7; 5,3 y 7,6 mgL^{-1} mediante sucesivas diluciones usando la solución de un estándar de 1000 mgL^{-1} de Au certificado.

Para la detección y cuantificación del analito a estudiar se utilizó un espectrómetro de absorción atómica (AAS) novAA, modelo 800P con la metodología de adición estándar. La adición de un volumen fijo (2 mgL^{-1}) a cada muestra y diluyendo hasta 25 mL a un volumen final constante. Posteriormente, se procede a determinar la

señal de los estándares en la muestra por diferencia del analito. En cada solución, las señales son afectadas de manera similar por los interferentes de la matriz.

Como sistema de introducción de muestra se utilizó un automuestrador AS-F de 54 posiciones (Figura 4).





Certificate of Analysis

Material Number:	82025-946, 89800-066	
Material description:	1 000 µg/mL Gold	
Matrix:	10% (v/v) HCl	
Density - Certified Value (20 ± 4 °C):	1.022 g/mL	
Grade:	Aristar	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">EXPIRES 01/2020</div>
Lot Number:	P2-AU675140	
Use by:	See label if no stamp present:	
Date of Quality Control:	January 04, 2019	
Starting Material:	Gold trichloride	
Starting Material Lot:	2213	
Starting Material Purity:	99.9930%	
CAS Number:	16903-35-8	

Characteristics	Specifications	Measured Values
Gold - Certified Value	990 - 1 010	999 ± 5 µg/mL
NIST Traceability:	passes test	

Signed on behalf of VWR:
Paul Gaines
CEO, Senior Technical Director



Other Information

Method:
Assay Method #1: ICP Assay - Result = 998 ± 5 µg/mL
Assay Method #2: Calculated - Result = 1001 ± 5 µg/mL

Traceability:
Assay Method #1: NIST SRM 3121 Lot Number 991806
Assay Method #2: NIST SRM N/A Lot Number N/A

Preparation:
This product is ready to use.

Intended Use
For the calibration of analytical instruments and validation of analytical methods as appropriate.

Storage:
Store and use at 20 ± 4 °C. Do not pipette from the container. Do not return removed aliquots to container.

VWR International LLC, Radnor Corporate Center, Building One, Suite 200, 100 Matsonford Road Radnor, PA 19087
 VWR International bvba/sprl, Haasrode Research Park Zone 2020, Geldenaaksebaan 464, 3001 Leuven, Belgium
<http://www.vwr.com>
 Page 1 of 2

Figura 2. Certificado del patrón de 1000 mg-L de Au utilizado en la dilución de la curva de calibración.

Homogeneity:

This solution was mixed according to an in-house procedure and is guaranteed to be homogeneous. Homogeneity data indicate that the end user should take a minimum sample size of 0.2 mL to assure homogeneity.

Trace Impurities (ug/mL):

M Ag	0.030677	M Ga	< 0.000040	M Os	< 0.000009	M Tb	< 0.000010
M Al	0.002218	M Gd	< 0.000010	M O P	< 0.052837	M Te	< 0.000080
M As	0.006173	M Ge	< 0.000420	M Pb	0.000160	M Th	< 0.000360
s Au	<	M Hf	< 0.000010	M Pd	0.005524	M Ti	< 0.000170
M B	< 0.004117	M Hg	< 0.000059	M Pr	< 0.000010	M Tl	< 0.000010
M Ba	0.000230	M Ho	< 0.000010	M Pt	0.007789	M Tm	< 0.000010
M Be	< 0.000030	M In	< 0.000020	M Rb	< 0.000040	M U	< 0.000010
M Bi	< 0.000140	M Ir	0.000199	M Re	< 0.000010	O V	< 0.001737
O Ca	0.017408	O K	0.011674	M Rh	0.002308	M W	0.000271
M Cd	< 0.000080	M La	< 0.000010	M Ru	< 0.000079	M Y	< 0.000010
M Ce	0.000592	O Li	0.000204	O S	0.048027	M Yb	< 0.000010
M Co	< 0.000060	M Lu	< 0.000010	M Sb	0.000341	M Zn	0.001736
M Cr	0.002087	O Mg	0.003788	M Sc	< 0.000010	M Zr	0.000381
M Cs	0.000040	M Mn	0.000271	M Se	0.001198		
M Cu	0.008552	M Mo	< 0.000280	O Si	< 0.030660		
M Dy	< 0.000010	M Na	0.013360	M Sm	< 0.000010		
M Er	< 0.000010	M Nb	< 0.000020	M Sn	0.001274		
M Eu	< 0.000010	M Nd	< 0.000010	M Sr	0.000160		
O Fe	0.061135	M Ni	0.001144	M Ta	< 0.000010		

M - Checked by ICP-MS O - Checked by ICP-OES i - Spectral Interference n - Not Checked For s - Solution Standard Element

Quality Standard Documentation:

ISO 17034 - Accredited / A2LA Certificate Number 883.02

Inorganic Ventures, 300 Technology Drive, Christiansburg, Va. 24073, USA; Telephone: 800.869.6789; 540.585.3030; Fax: 540.585.3012; inorganicventures.com; info@inorganicventures.com

ISO/IEC 17025 - Accredited / A2LA Certificate Number 883.01

ISO 9001 Quality Management System Registration - QSR Certificate Number QSR-1034

Figura 3. Certificado del patrón de 1000 mgL⁻¹ de Au utilizado en la dilución de la curva de calibración



Figura 4. Equipo de Espectrometría de Absorción de llama (ASS) novAA-800.

3. Fórmula para los cálculos para sólido

Para los cálculos verdaderos en la matriz sólida se utilizó la fórmula de la Figura 5

$$C = C_{\text{AAS}} \times V(\text{mL}) \times Fd$$

$$/m \text{ (g)}$$

Dónde:

C=Concentración verdadera de la muestra

Figura 5. Fórmula para obtener las concentraciones en sólidos.

RESULTADOS

En la tabla 2 se representan los valores de las concentraciones obtenidos por AAS de las muestras analizadas, de acuerdo a la identificación y al grupo de muestras de interés suministrada por el cliente.

TABLA 2: Resultados de las muestras M01 a la M10

MUESTRA	Medida-1 (mgL ⁻¹)	Medida-2 (mgL ⁻¹)	Medida-3 (mgL ⁻¹)	Promedio general de medición (g/t)
Estandar 5,3	5,289	5,309	5,299	5,300
Estandar 1,7	1,699	1,682	1,692	1,690
CAL 1.1	1.400	1.500	1.720	1.54
CAL 1.2	1.430	1.390	1.530	1.45
CAL 1.3	1.600	1.580	1.770	1.65
CAL 2.1	1.560	1.570	1.580	1.57
CAL 2.2	1.640	1.650	1.660	1.65
CAL 2.3	1.310	1.300	1.350	1.32
CAL 3.1	2.070	2.050	2.060	2.06
CAL 3.2	2.200	2.100	2.000	2.10
CAL 3.3	1.990	2.000	1.950	1.98
CAL 4.1	1.600	1.610	1.620	1.61
CAL 4.2	1.460	1.440	1.450	1.45
CAL 4.3	1.710	1.680	1.680	1.69
CAL 5.1	2.530	2.520	2.510	2.52
CAL 5.2	2.690	2.710	2.700	2.70
CAL 5.3	2.440	2.500	2.410	2.45
CAL 6.1	2.090	2.140	2.070	2.10
CAL 6.2	2.010	2.040	2.040	2.03
CAL 6.3	2.160	2.140	2.150	2.15

CAL 7.1	3.540	3.480	3.480	3.50
CAL 7.2	3.810	3.790	3.800	3.80
CAL 7.3	3.350	3.360	3.340	3.35
CAL 8.1	2.860	2.870	2.820	2.85
CAL 8.2	2.890	2.800	3.010	2.90
CAL 8.3	2.740	2.700	2.750	2.73
CAL 9.1	1.650	1.630	1.640	1.64
CAL 9.2	1.730	1.750	1.710	1.73
CAL 9.3	1.420	1.430	1.470	1.44

MUESTRA	Medida-1 (mgL ⁻¹)	Medida-2 (mgL ⁻¹)	Medida-3 (mgL ⁻¹)	Promedio general de medición (g/t)
Estandar 5,3	5,289	5,309	5,299	5,300
Estandar 1,7	1,699	1,682	1,692	1,690
CAL 10.1	1.890	1.870	1.880	1.88
CAL 10.2	1.900	1.890	1.910	1.90
CAL 10.3	1.800	1.820	1.840	1.82
CAL 11.1	1.660	1.640	1.650	1.65
CAL 11.2	1.670	1.690	1.650	1.67
CAL 11.3	1.550	1.570	1.560	1.56
CAL 12.1	1.690	1.710	1.700	1.70
CAL 12.2	1.770	1.740	1.770	1.76
CAL 12.3	1.660	1.680	1.670	1.67
CAL 13.1	1.440	1.430	1.480	1.45
CAL 13.2	1.350	1.330	1.340	1.34
CAL 13.3	1.490	1.500	1.450	1.48
CAL 14.1	1.790	1.810	2.040	1.88
CAL 14.2	1.890	1.890	1.920	1.90
CAL 14.3	1.860	1.870	1.850	1.86
CAL 15.1	2.100	1.990	1.910	2.00
CAL 15.2	1.530	1.540	1.550	1.54
CAL 15.3	1.370	1.390	1.380	1.38

CAL 16.1	1.660	1.670	1.680	1.67
CAL 16.2	1.770	1.760	1.750	1.76
CAL 16.3	1.780	1.750	1.750	1.76
CAL 17.1	1.790	1.760	1.790	1.78
CAL 17.2	1.790	1.780	1.830	1.80
CAL 17.3	1.740	1.750	1.760	1.75

CALICATA	Au (g/t)	CALICATA	Au (g/t)
CAL 1.1	1.54	CAL 9.3	1.44
CAL 1.2	1.45	CAL 10.1	1.88
CAL 1.3	1.65	CAL 10.2	1.90
CAL 2.1	1.57	CAL 10.3	1.82
CAL 2.2	1.65	CAL 11.1	1.65
CAL 2.3	1.32	CAL 11.2	1.67
CAL 3.1	2.06	CAL 11.3	1.56
CAL 3.2	2.10	CAL 12.1	1.70
CAL 3.3	1,98	CAL 12.2	1.76
CAL 4.1	1.61	CAL 12.3	1.67
CAL 4.2	1.45	CAL 13.1	1.45
CAL 4.3	1,69	CAL 13.2	1.34
CAL 5.1	2.52	CAL 13.3	1.48
CAL 5.2	2,70	CAL 14.1	1.88
CAL 5.3	2,45	CAL 14.2	1.90
CAL 6.1	2.10	CAL 14.3	1.86
CAL 6.2	2.03	CAL 15.1	2.00
CAL 6.3	2,15	CAL 15.2	1.54
CAL 7.1	3.50	CAL 15.3	1.38
CAL 7.2	3.80	CAL 16.1	1.67
CAL 7.3	3.35	CAL 16.2	1.76

CAL 8.1	2.85	CAL 16.3	1.76
CAL 8.2	2.90	CAL 17.1	1.78
CAL 8.3	2.73	CAL 17.2	1.80
CAL 9.1	1.64	CAL 17.3	1.75
CAL 9.2	1.73		

Tabla 3. Concentraciones de Au en g/t de las muestras analizadas.

OBSERVACIONES y/o RECOMENDACIONES:

- 1) Los resultados confirman que las Cincuenta una (51) muestras recibidas en nuestro laboratorio contienen las siguientes concentraciones de Au en g/t. Estos resultados de concentración se presentan de acuerdo al orden de las muestras, ver tabla 3.

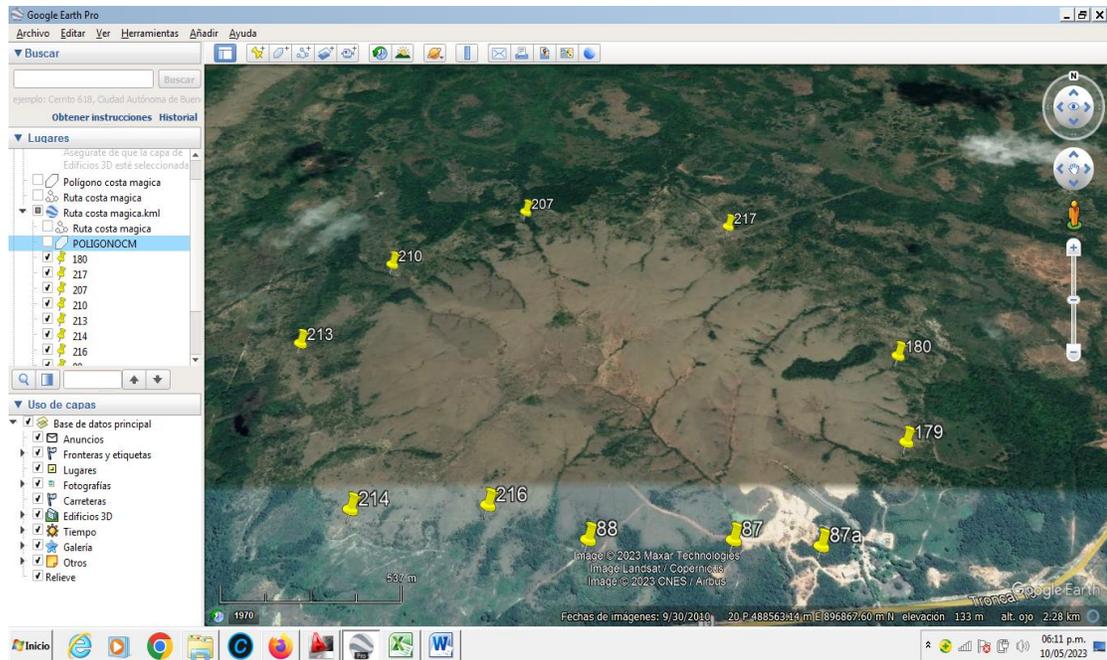
Nota: El valor promedio fue calculado tomando en cuenta las 3 medidas realizadas por cada muestra.

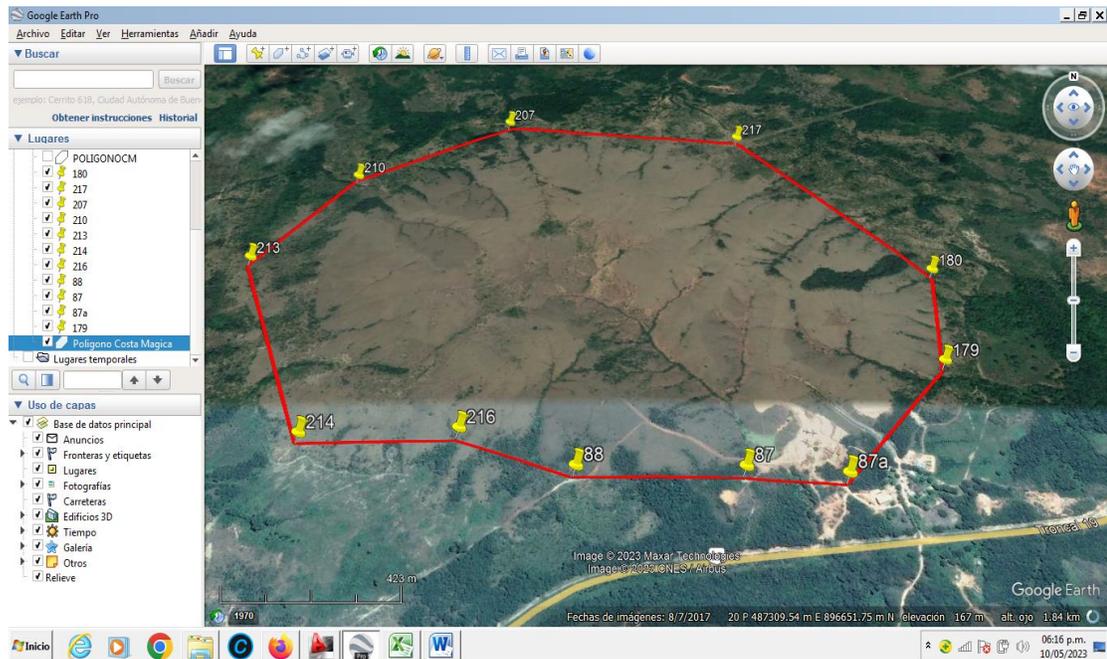
- 2) Como no fueron informadas las profundidades ni la litología del suelo analizado, así como el pre-tratamiento de la muestra no podemos pronunciarnos al respecto en este reporte. Siendo esta información y cualesquiera implicación en el resultado absoluta responsabilidad del cliente.

ANEXO B.

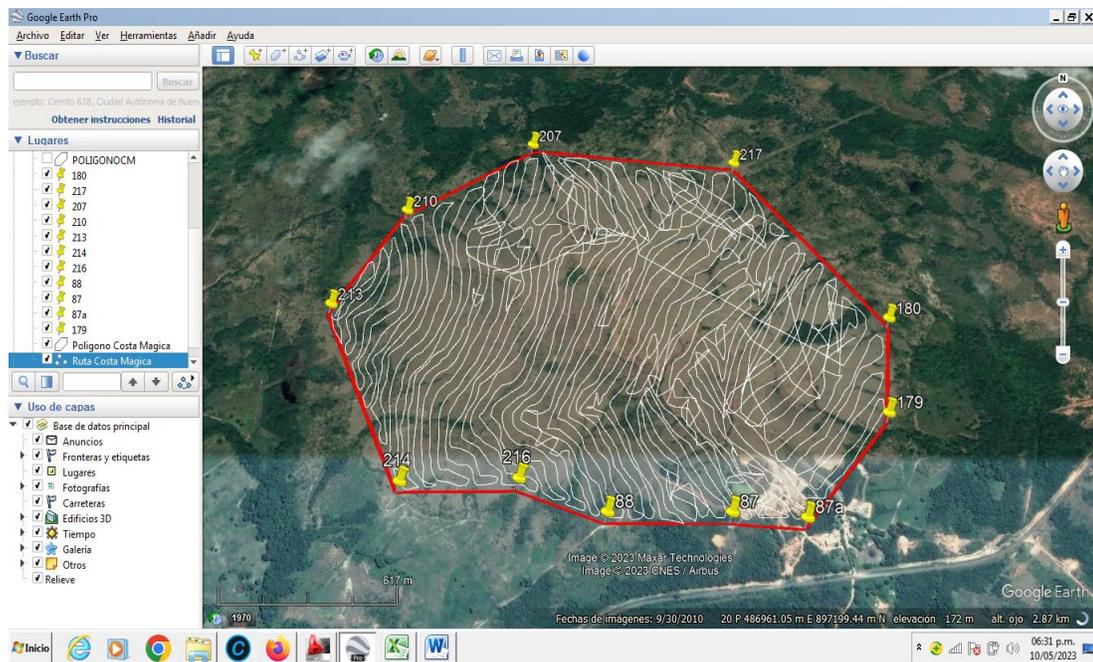
GENERACIÓN DE CURVAS TOPOGRÁFICAS CON GOOGLE EARTH RECMIN.

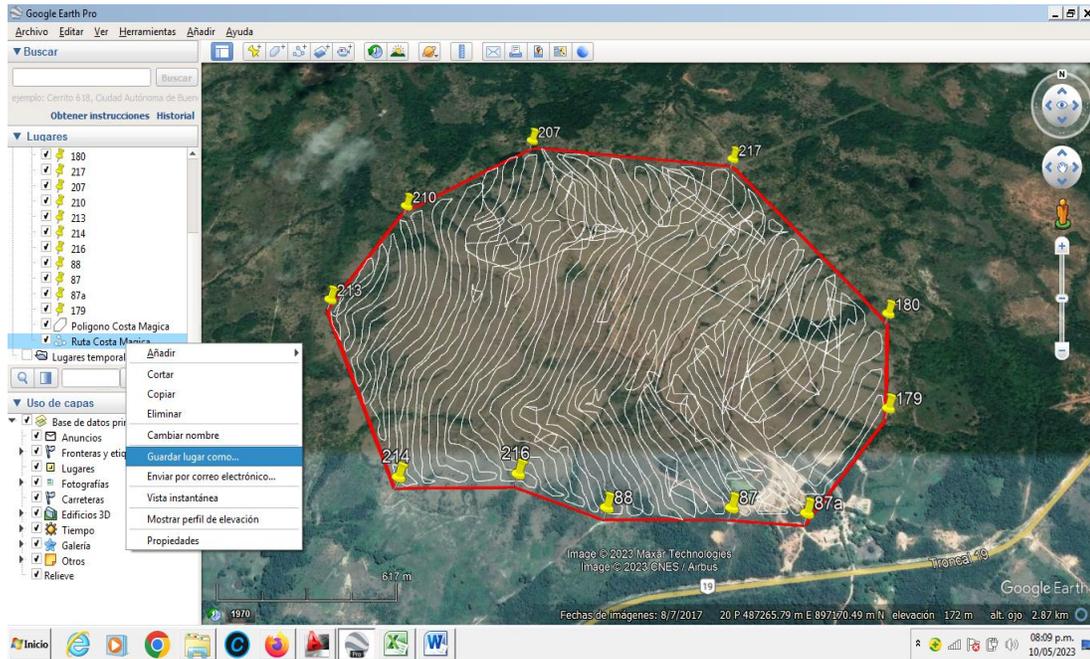
1) Ubicación de la zona con Google Earth



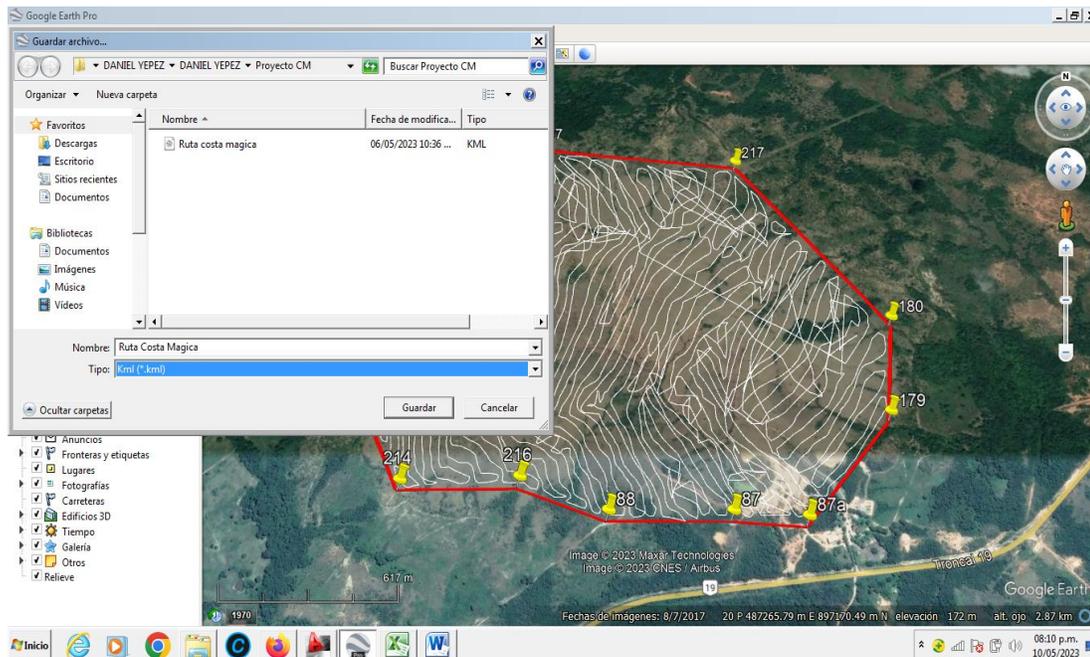


2) Generación de nube de puntos con la opción agregar ruta





3) Se guarda la ruta con un nombre, en este caso “Ruta Costa Mágica” con extensión *.kml



4) Abrimos en internet GPS Visualizer, vamos a la opción elevación data.

GPS Visualizer

El verdadero arrancagrasa
Su efectividad y eficacia arranca la grasa mas pegada y los malos olores fácilmente Axion®

GPS Visualizer: Do-It-Yourself Mapping

GPS Visualizer is an online utility that creates maps and profiles from geographic data. It is **free** and easy to use, yet powerful and extremely customizable. Input can be in the form of GPS data (tracks and waypoints), driving routes, street addresses, or simple coordinates. Use it to see where you've been, plan where you're going, or quickly visualize geographic data (scientific observations, events, business locations, customers, real estate, geotagged photos, etc.).

Get started now!

Upload a GPS file: No se ha recibido.

Choose an output format:

Map it

To set more options, use the detailed input pages:

- Google Maps / Leaflet
- Google Earth KML
- JPEG/PNG/SVG maps
- Plot data points
- Profiles (elevation, etc.)
- Convert to GPX
- Convert to plain text
- Sandbox (drawing)
- Geocoding
- KML overlays

GPS Visualizer can read data files from many different sources, including but not limited to: **GPX** (a standard format used with many devices and programs, including Garmin's eTrex, GPSMAP, Oregon, Dakota, Colorado, & Nuvi series), **Google Earth** (.kml/.kmz), **FAI/IGC glider logs**, **Fugawi** (.trk/.wpt), **Furuno**, **Garmin Fitness** (.fit), **Garmin Forerunner** (.xml/.hst/.tcx), **Garmin MapSource/BaseCamp/HomePort** (.gdb), **Geocaching.com** (.loc), **Google Sheets**, **IGO** (.trk), **Lowrance** (.usr), **Microsoft Excel spreadsheets** (.xls/.xlsx), **NMEA 0183 data**, **OziExplorer** (.plt/.wpt), **Suunto X9/X9i** (.sdf), **Timex Trainer**, **TomTom** (.gpl), **U-blox** and of course **tab-delimited or comma-separated text**.

5) Luego examinamos seleccionamos el archivo Ruta Costa Mágica, seleccionamos la opción Output/Plain Text, pulsamos Convert and elevation

Your GPS device does not log altitude, or you had poor satellite reception when you recorded the track.

Your GPS device *does* log altitude, but it's not very accurate.

You drew a track using the drawing tools in Google Earth or a similar application, like GPS Visualizer's **Sandbox**.

You have a KML file that came from Google Maps or Google Earth's "driving directions" feature.

You created a route in Google Maps and have the URL of that route.

You have an NMEA log file that contains only "GPRMC" sentences, not "GPGLGA."

Solution #1: DEM database

GPS Visualizer's **map**, **profile**, and **conversion** programs have the ability to instantly add elevation data — from a DEM (digital elevation model) database — to any type of GPS file. If you just want to draw a profile, or convert a single data file to plain text or GPX while adding elevation, you can use the simple form right here:

Upload a file: Ruta Costa Magica 2.kml **Convert & add elevation**

Or provide a URL:

Output:

Units:

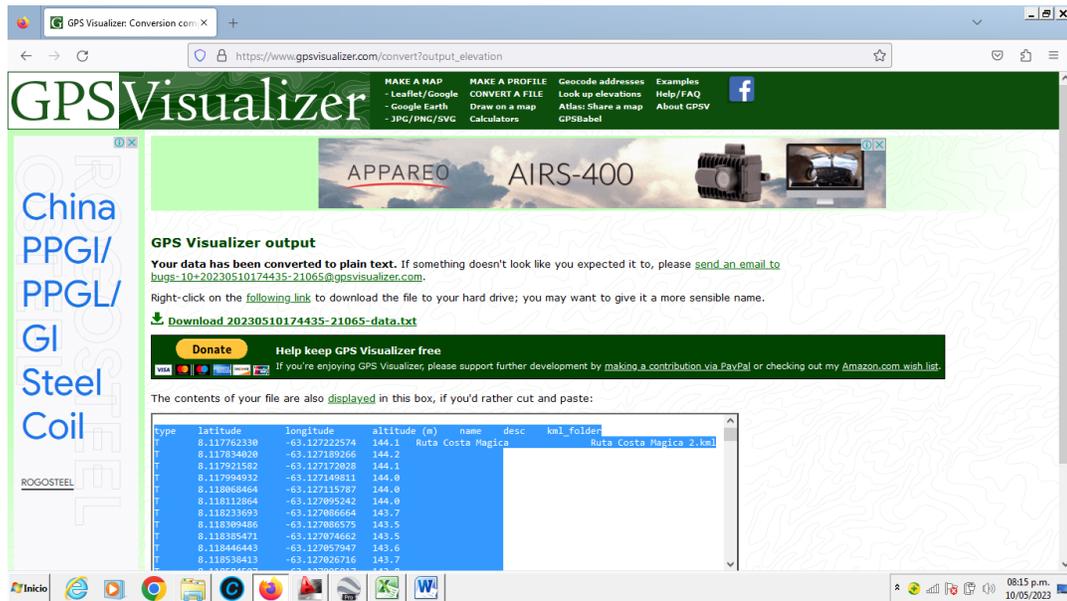
Or, look in GPS Visualizer's various input forms for the menu called "Add DEM elevation data," or choose one of the elevation databases (described in the table below). Complete copies of the SRTM3 and USGS NED databases, as well as a large number of SRTM1 and ASTER tiles, are stored on GPS Visualizer's server — that's more than 250GB of raw data.

Note that the elevation-adding feature will **erase** any existing altitude data (for example, from a GPS) that might already be in your file. Often, this is desirable; profiles made with DEM data are usually "smoother" looking than GPS, and typically contain fewer gaps or suspicious readings. (Speaking of gaps, there are a few in NASA's SRTM data, and that's unavoidable. If GPS Visualizer runs into one of these, it will not overwrite those elevations in your input data.)

DEM data sources

NED (USGS) The U.S. Geological Survey's excellent [National Elevation Dataset](#) covers the **United States, Canada, and Mexico**. 1 arc-second (~30-meter) horizontal resolution is available in most areas (NED1). For Alaska, 60-meter data is also available (NED2). USGS also produces 1/3-arc-second data (NED13), but because those files are nine times larger than NED1 files, only a few mountainous areas (Cascade Range, Sierra Nevada, southern Utah) are available on GPS Visualizer.

6) Se procede a copiar los valores generados en un archivo de text (Block de notas), dándole otro nombre, en este caso “Puntos CMagic”



GPS Visualizer: Conversion.com

https://www.gpsvisualizer.com/convert/output_elevation

MAKE A MAP
- Leaflet/Google
- Google Earth
- JPG/PNG/SVG

MAKE A PROFILE
CONVERT A FILE
Draw on a map
Calculators

Geocode addresses
Look up elevations
Atlas: Share a map
GPSbabel

Examples
Help/FAQ
About GPSV

China
PPGI/
PPGL/
GI
Steel
Coil

ROGOSTEEL

APPAREO AIRS-400

GPS Visualizer output

Your data has been converted to plain text. If something doesn't look like you expected it to, please [send an email to bugs-10+20230510174435-21065@gpsvisualizer.com](mailto:bugs-10+20230510174435-21065@gpsvisualizer.com).

Right-click on the following link to download the file to your hard drive; you may want to give it a more sensible name.

[Download 20230510174435-21065-data.txt](#)

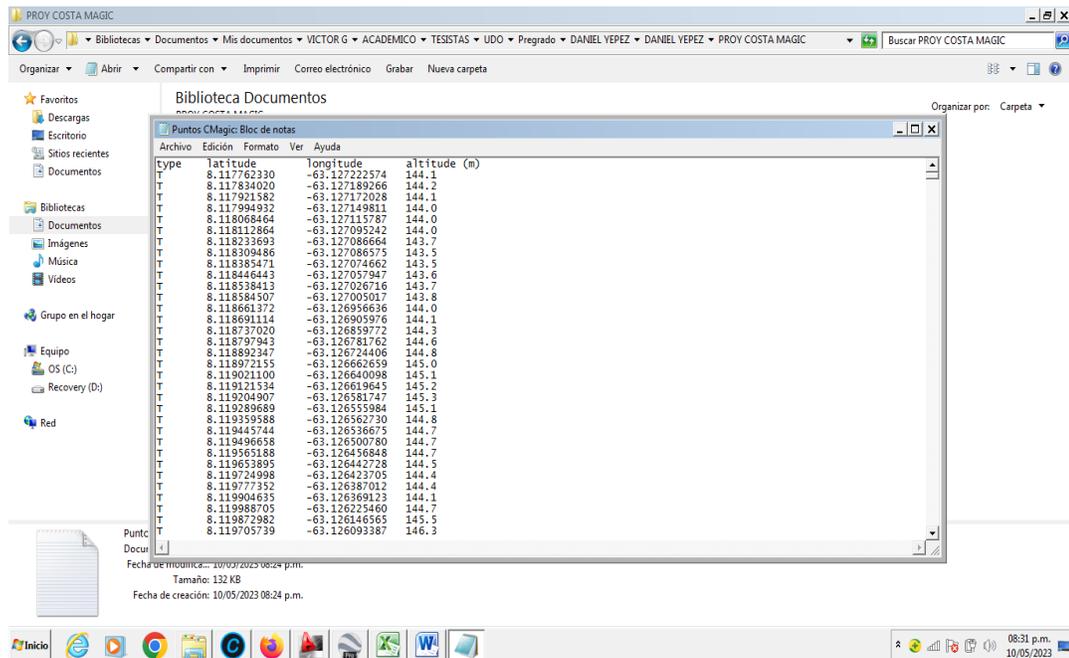
Donate Help keep GPS Visualizer free

If you're enjoying GPS Visualizer, please support further development by [making a contribution via PayPal](#) or checking out my [Amazon.com wish list](#).

The contents of your file are also [displayed](#) in this box, if you'd rather cut and paste:

type	latitude	longitude	altitude (m)	name	desc	km1_folder
T	8.117762330	-63.127222574	144.1	Ruta Costa Magica		Ruta Costa Magica 2.km1
T	8.117834020	-63.127189266	144.2			
T	8.117921582	-63.127172028	144.1			
T	8.117994932	-63.127149811	144.0			
T	8.118068464	-63.127115787	144.0			
T	8.118112864	-63.127095242	144.0			
T	8.118233693	-63.127086664	143.7			
T	8.118309486	-63.127086575	143.5			
T	8.118385471	-63.127074662	143.5			
T	8.118446443	-63.127057947	143.6			
T	8.118538413	-63.127026716	143.7			
T	8.11861372	-63.126956636	144.0			
T	8.118691114	-63.126905976	144.1			
T	8.118737020	-63.126893972	144.3			
T	8.118797943	-63.126781762	144.6			
T	8.118892347	-63.126724406	144.8			
T	8.118972155	-63.126662659	145.0			
T	8.119021100	-63.126640098	145.1			
T	8.119121534	-63.126619645	145.2			
T	8.119204907	-63.126581747	145.3			
T	8.119280689	-63.126555904	145.1			
T	8.119359588	-63.12652730	144.8			
T	8.119445744	-63.126536675	144.7			
T	8.119496658	-63.126500780	144.7			
T	8.119565188	-63.126456848	144.7			
T	8.119653895	-63.126442728	144.5			
T	8.119749898	-63.126437305	144.4			
T	8.119777352	-63.126387012	144.4			
T	8.119904635	-63.126369123	144.1			
T	8.119987805	-63.126225460	144.7			
T	8.119872982	-63.126146563	145.5			
T	8.119705739	-63.126093387	146.3			

Inicio 08:15 p.m. 10/05/2023



PROY COSTA MAGIC

Biblioteca Documentos

Puntos CMagic: Bloc de notas

type	latitude	longitude	altitude (m)
T	8.117762330	-63.127222574	144.1
T	8.117834020	-63.127189266	144.2
T	8.117921582	-63.127172028	144.1
T	8.117994932	-63.127149811	144.0
T	8.118068464	-63.127115787	144.0
T	8.118112864	-63.127095242	144.0
T	8.118233693	-63.127086664	143.7
T	8.118309486	-63.127086575	143.5
T	8.118385471	-63.127074662	143.5
T	8.118446443	-63.127057947	143.6
T	8.118538413	-63.127026716	143.7
T	8.11861372	-63.126956636	144.0
T	8.118691114	-63.126905976	144.1
T	8.118737020	-63.126893972	144.3
T	8.118797943	-63.126781762	144.6
T	8.118892347	-63.126724406	144.8
T	8.118972155	-63.126662659	145.0
T	8.119021100	-63.126640098	145.1
T	8.119121534	-63.126619645	145.2
T	8.119204907	-63.126581747	145.3
T	8.119280689	-63.126555904	145.1
T	8.119359588	-63.12652730	144.8
T	8.119445744	-63.126536675	144.7
T	8.119496658	-63.126500780	144.7
T	8.119565188	-63.126456848	144.7
T	8.119653895	-63.126442728	144.5
T	8.119749898	-63.126437305	144.4
T	8.119777352	-63.126387012	144.4
T	8.119904635	-63.126369123	144.1
T	8.119987805	-63.126225460	144.7
T	8.119872982	-63.126146563	145.5
T	8.119705739	-63.126093387	146.3

Punto: []

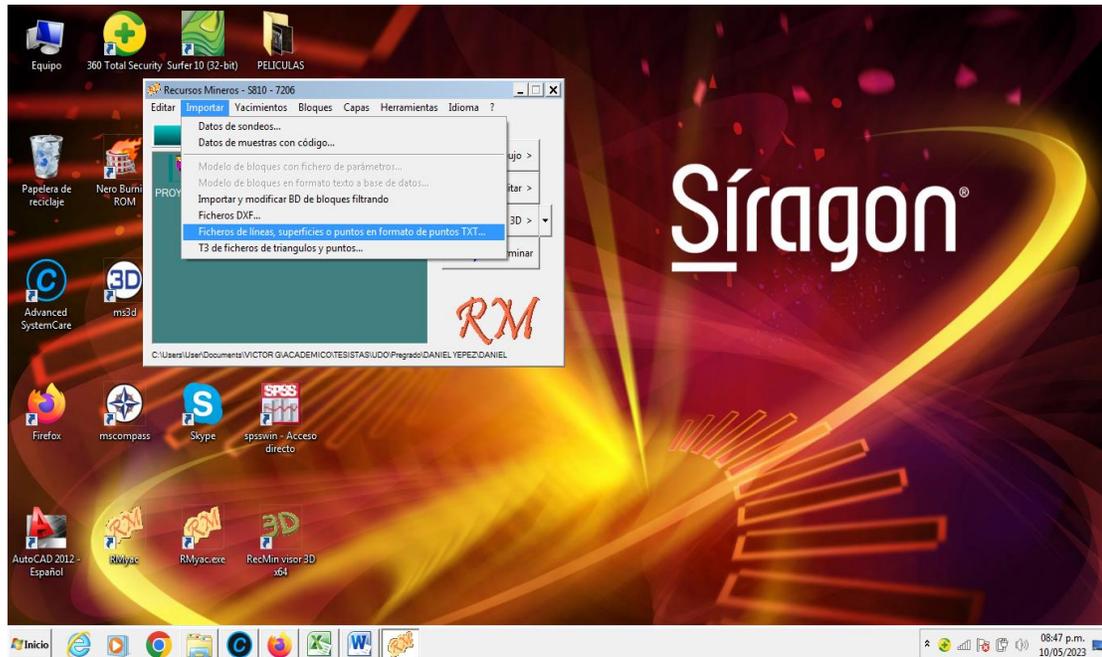
Fecha de modificación: 10/05/2023 08:24 p.m.

Tamaño: 132 KB

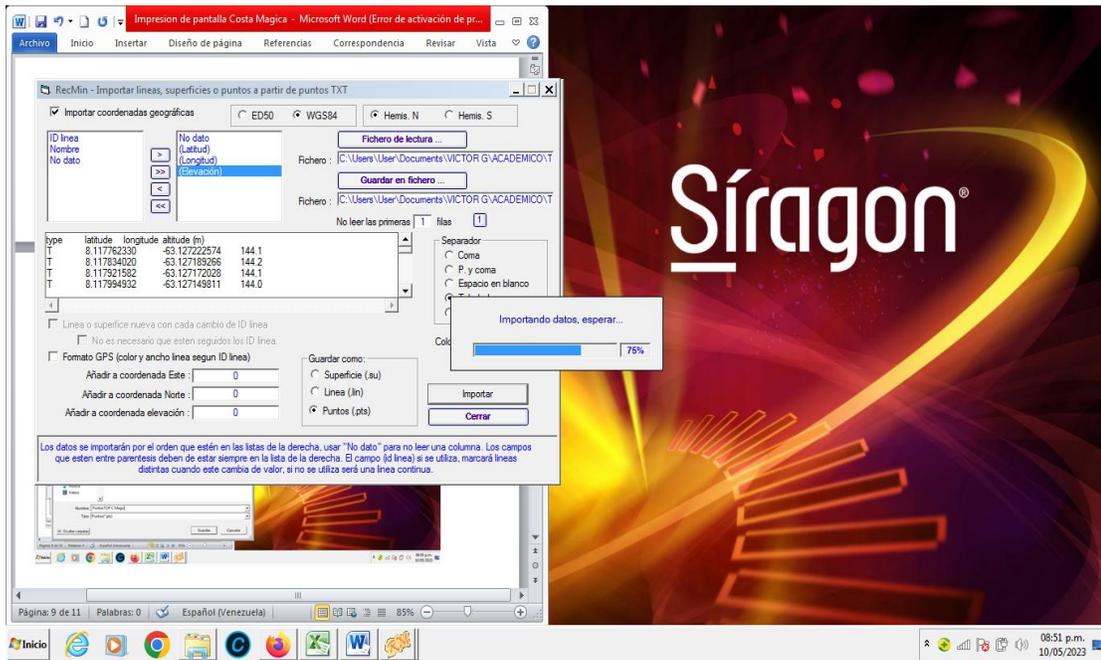
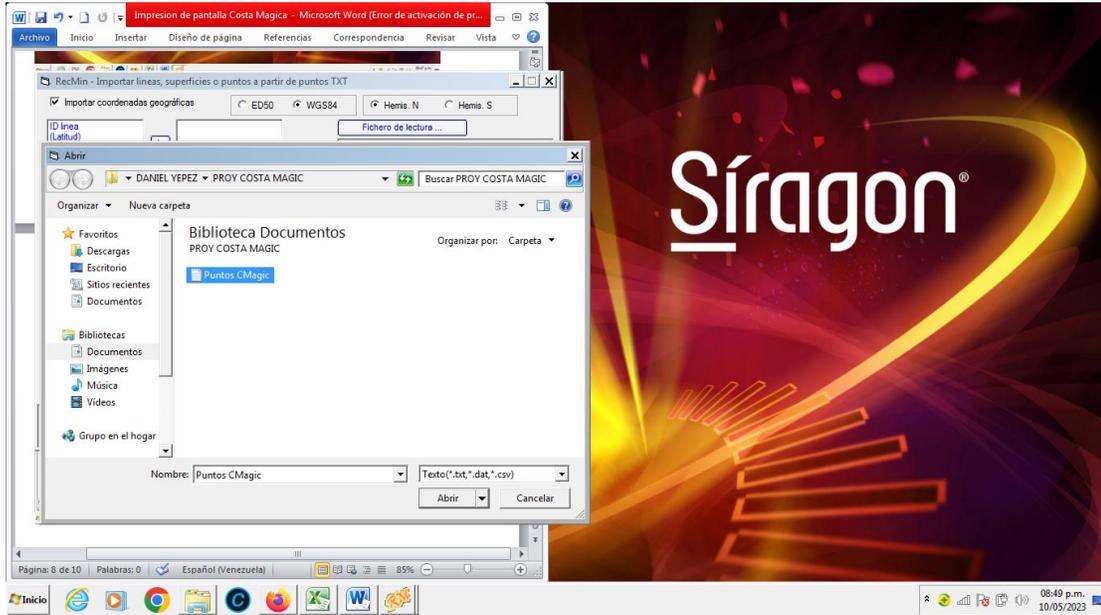
Fecha de creación: 10/05/2023 08:24 p.m.

Inicio 08:31 p.m. 10/05/2023

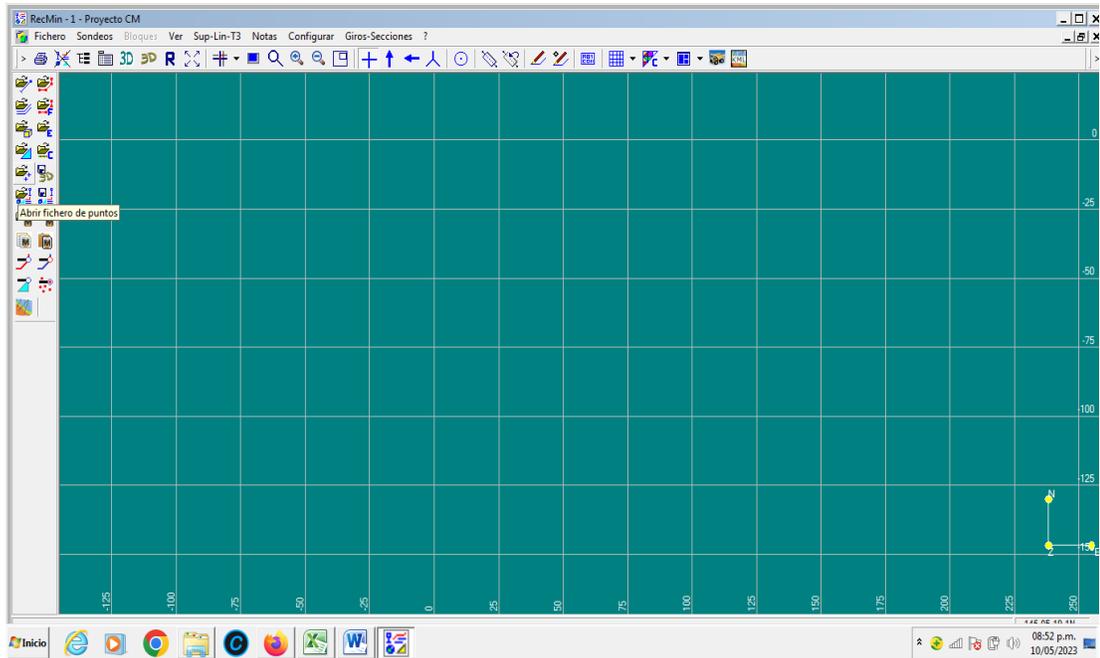
7) Vamos a RecMin, opción importar/ Ficheros de líneas, puntos,...



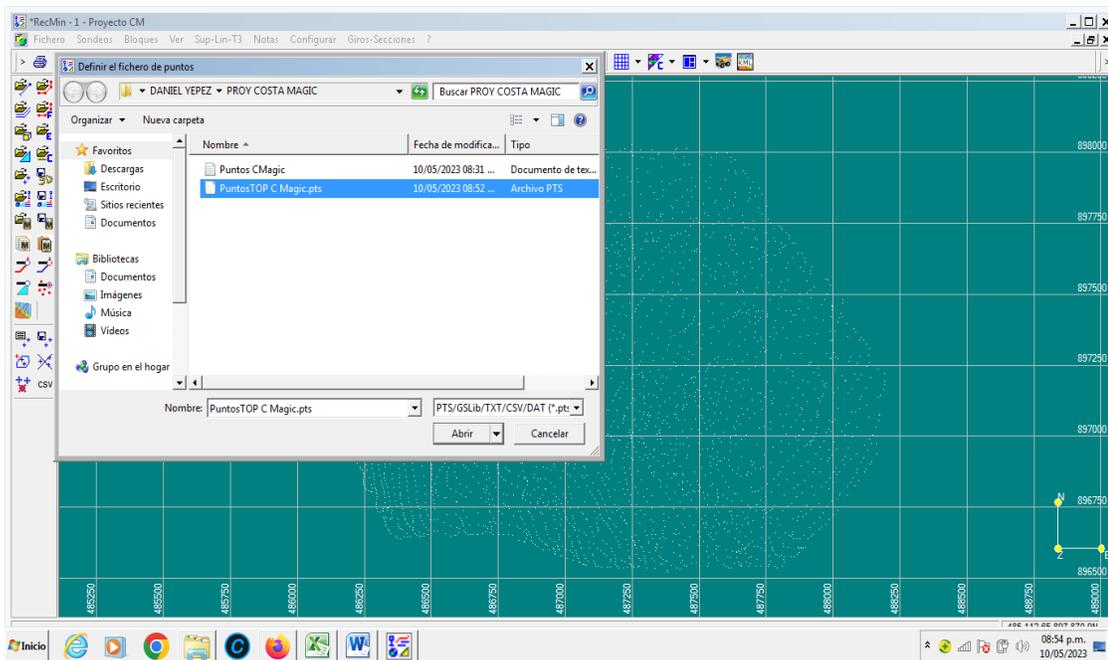
8) Seleccionamos el fichero (Puntos CMagic), abrimos, seleccionamos no datos, latitud, longitud elevación. Luego separado por tabuladores, el hemisferio donde está ubicada la zona, pulsamos importar. Se genera el archivo de puntos *.pts.



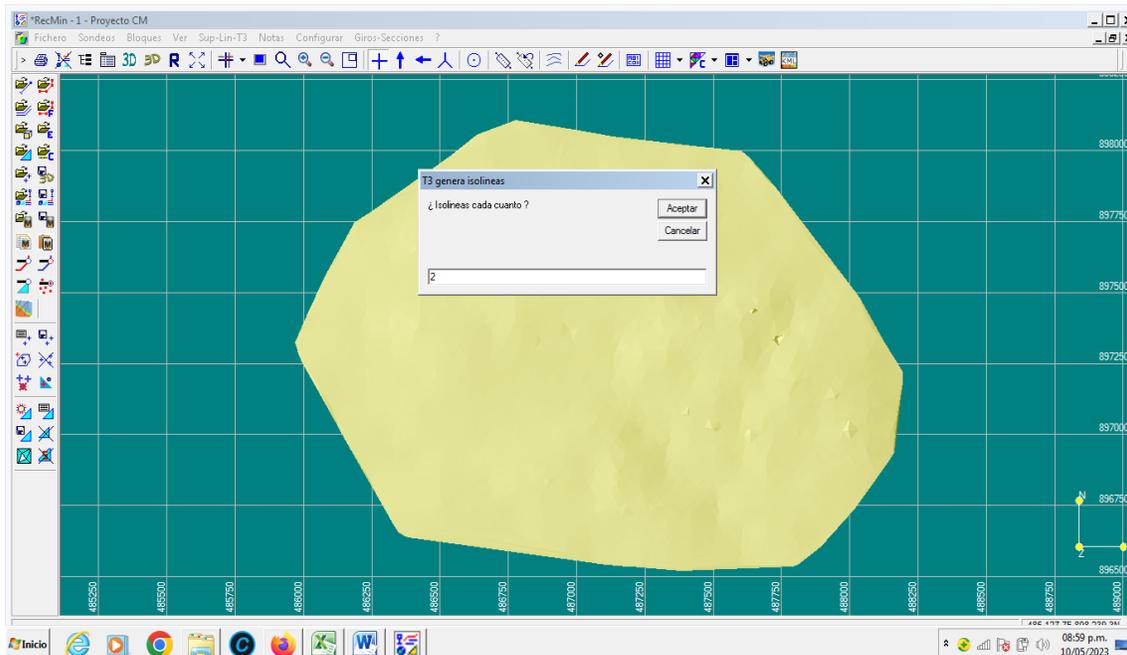
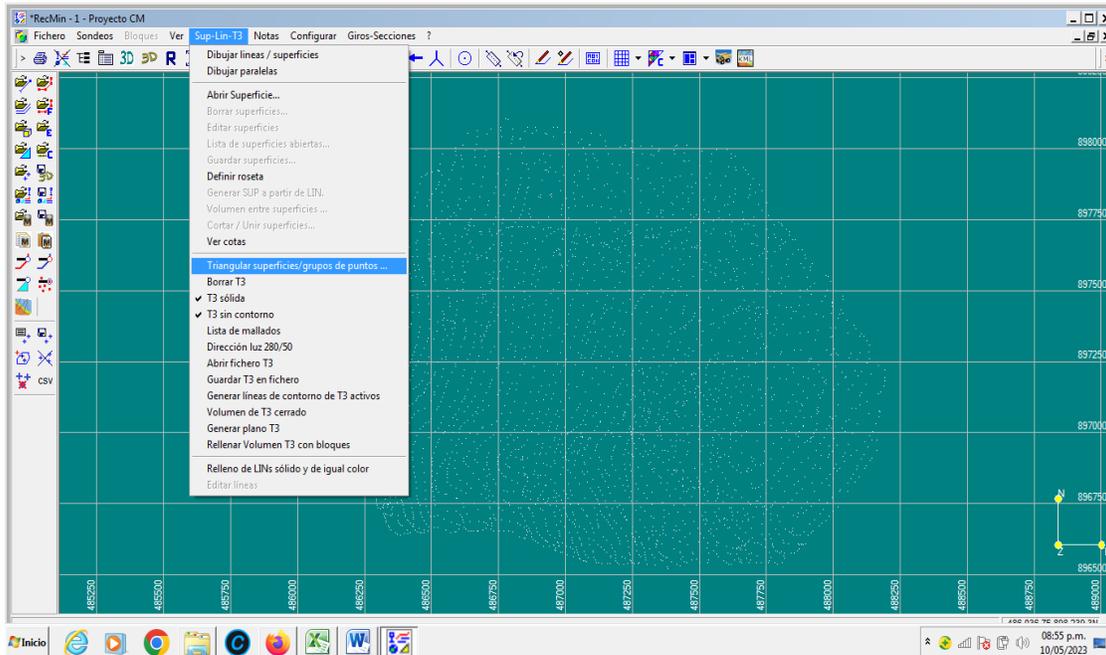
9) En RecMin nos vamos al módulo Dibujo, opción abrir ficheros de puntos.

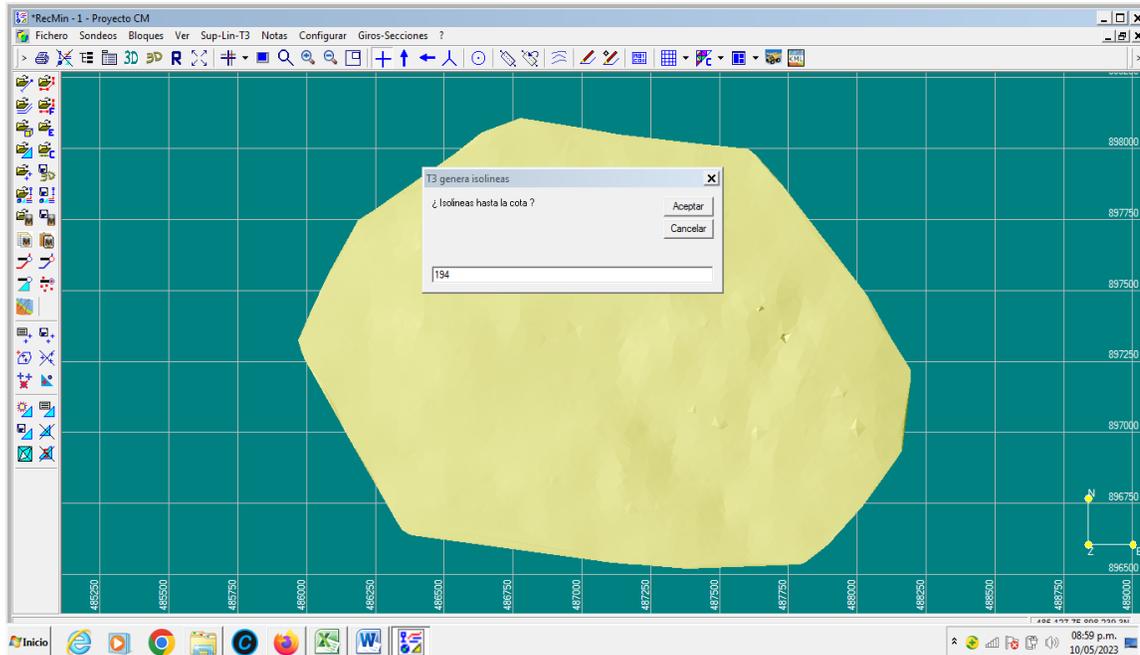


10) Una vez abiertos los puntos vamos a la opción Sup-Lin-T3, en Triangular superficies/grupos de puntos para generar la superficie.

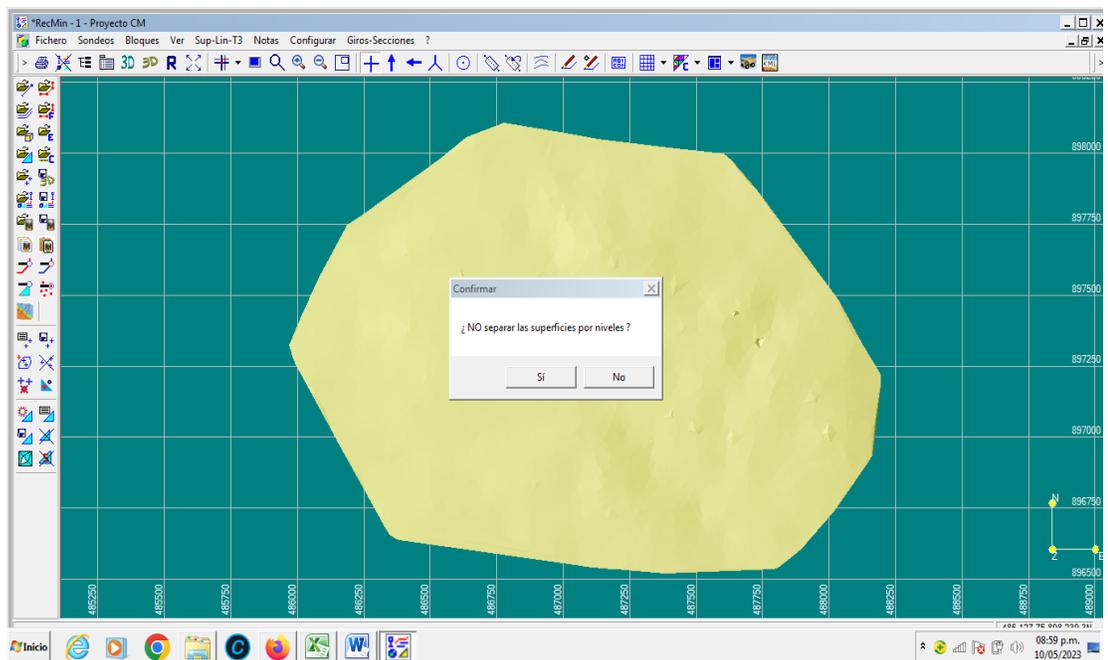


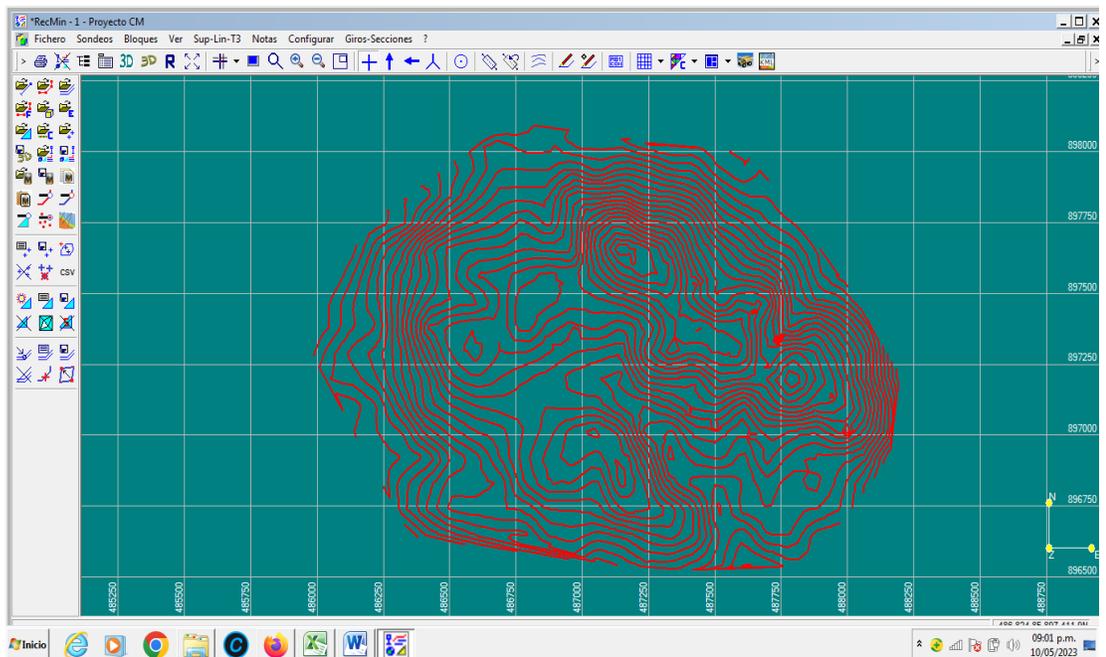
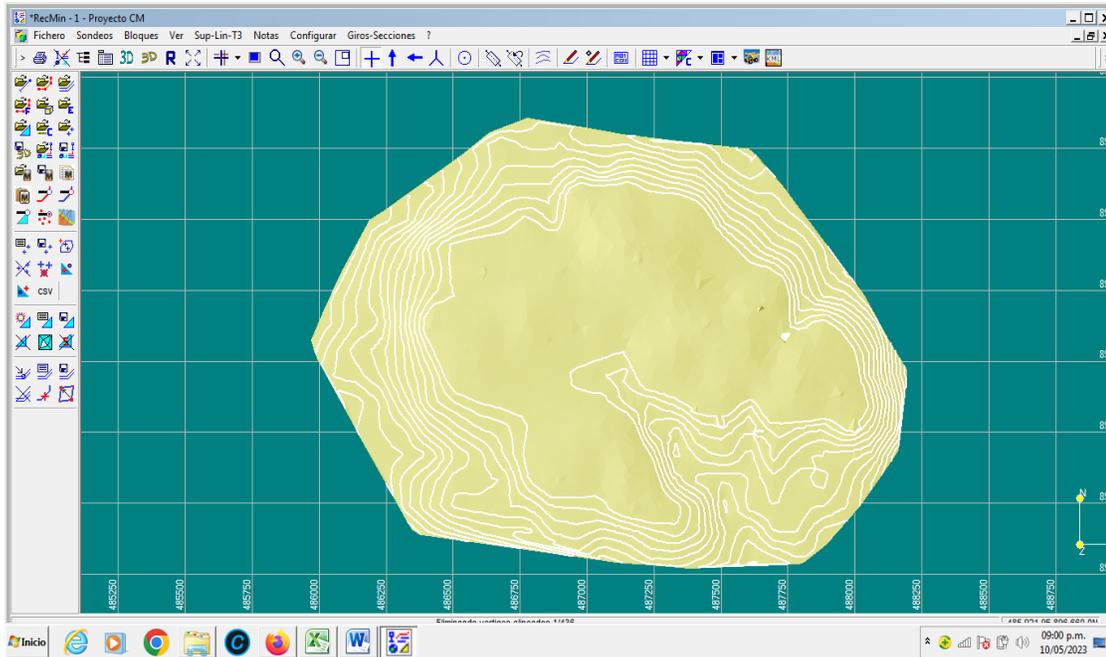
11) Una vez generada la superficie vamos a la opción Generar líneas de contornos en T3 activos





12) Pulsamos Si, para generar las curvas de nivel

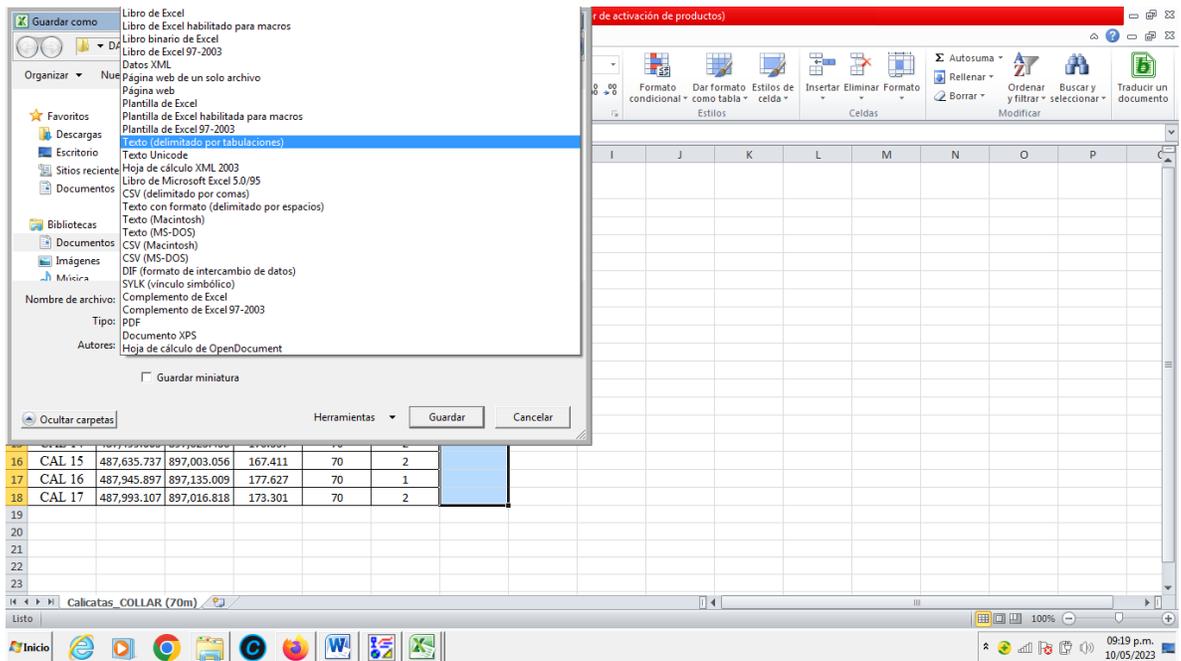




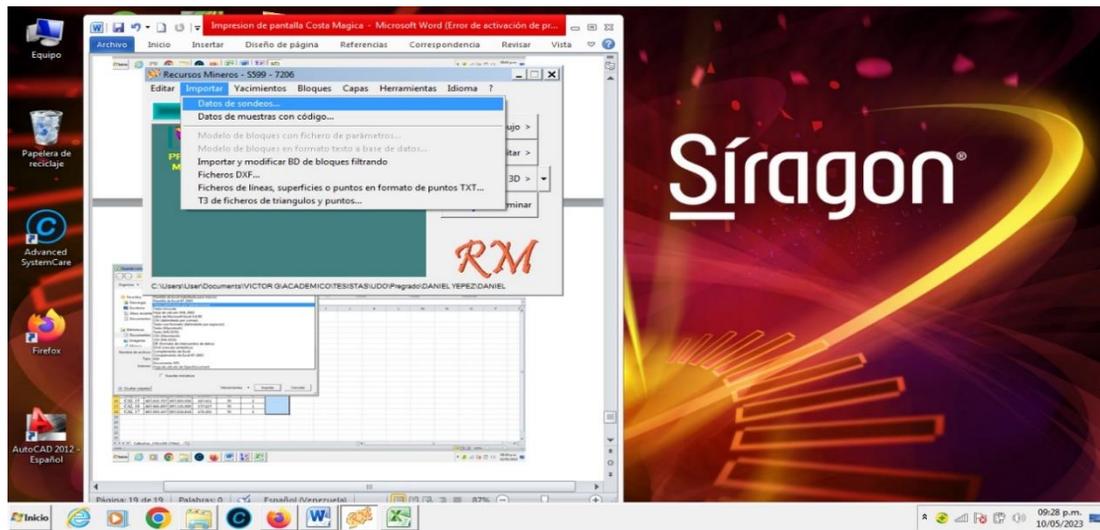
APENDICE C.

GENERACION DEL MODELO GEOLOGICO

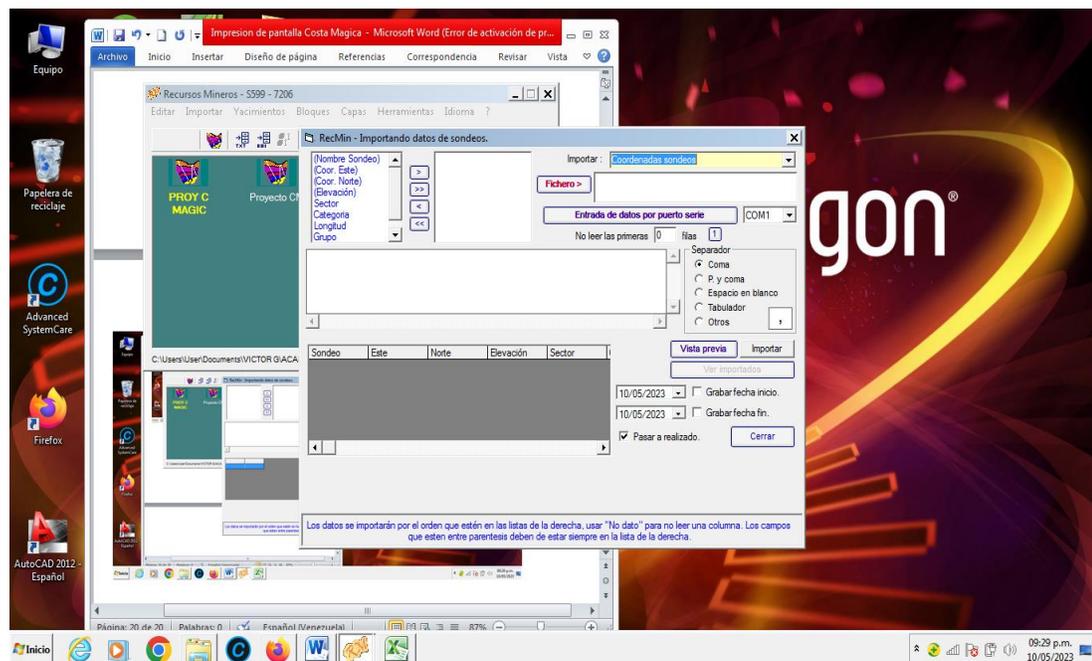
1) Se procede a guardar los archivos de coordenadas, desviaciones, muestras litología desde excel a formato de texto delimitado por taulaciones



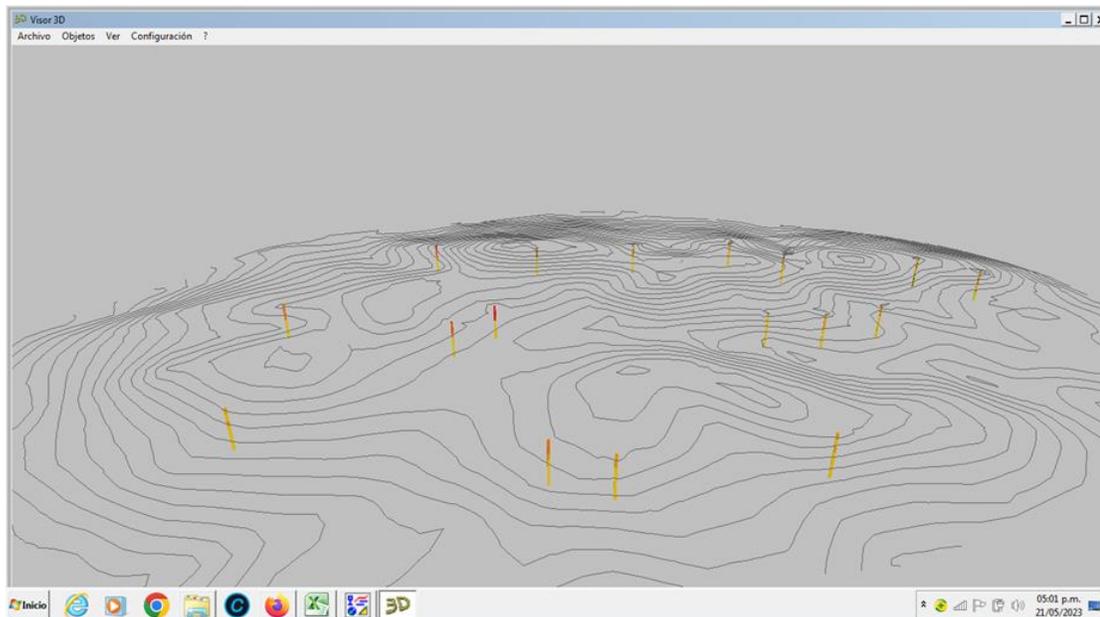
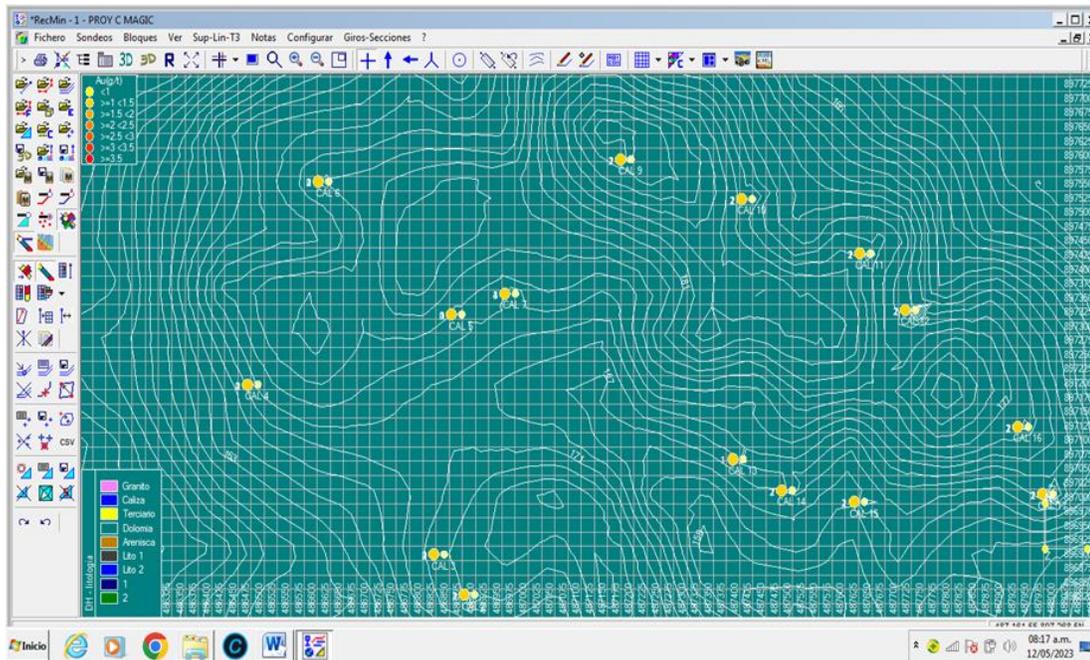
2) Una vez guardados en formato de texto, desde RecMin yacimientos se procede a cargar la base de datos en la opción importar/ datos de sondeo

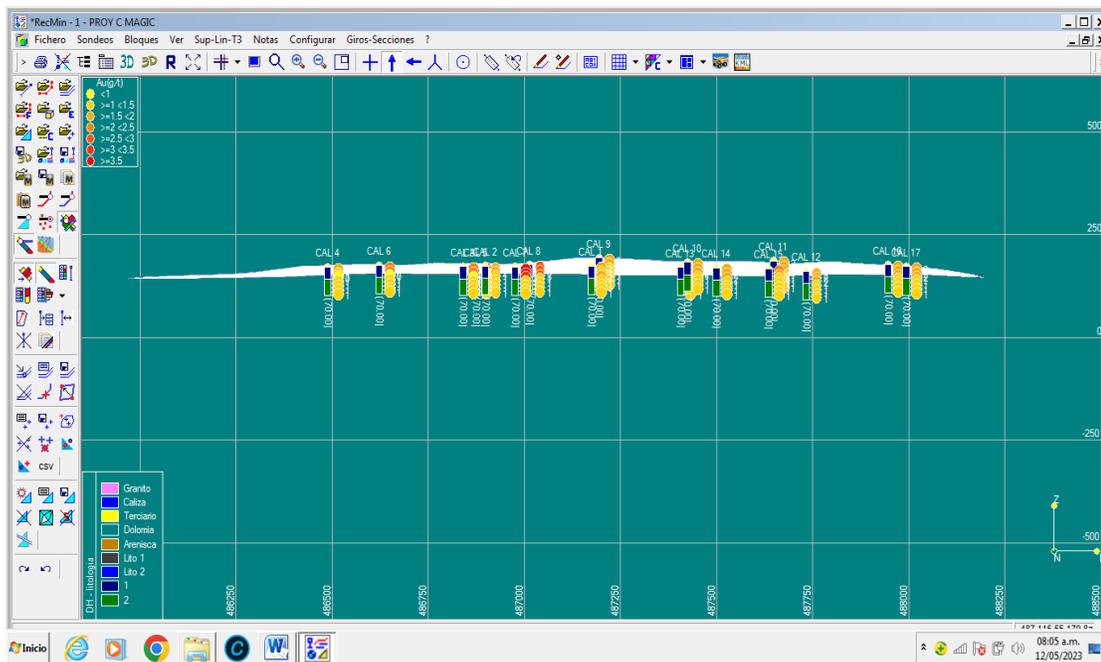
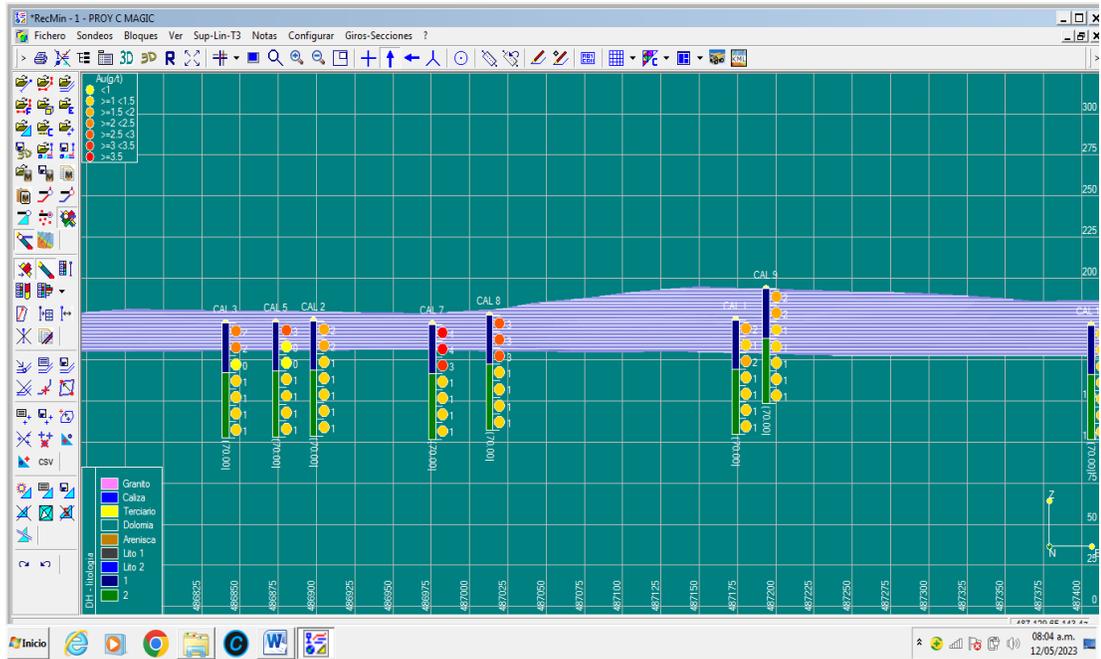


3) Se procede a seleccionar los datos a cargar, por ejemplo, coordenadas de sondeo, se abre el fichero de coordenadas, se selecciona pasar a realizado, seguidamente se seleccionan los parámetros a manejar, luego vista previa y finalmente importar. El mismo procedimiento para todos los archivos de sondeos.

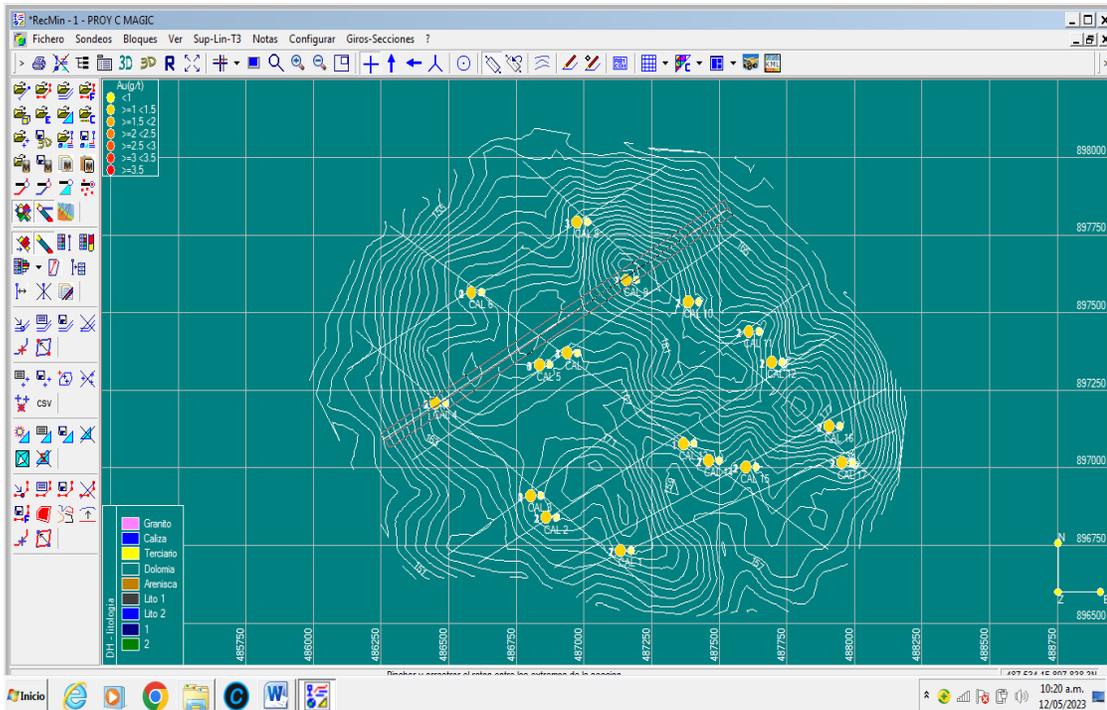


4) seguidamente ingresamos al módulo Dibujo, opción sondeos/ abrir sondeos. Se pueden observar en otra perspectiva con el visor 3D y con los botones de flecha horizontal y vertical.

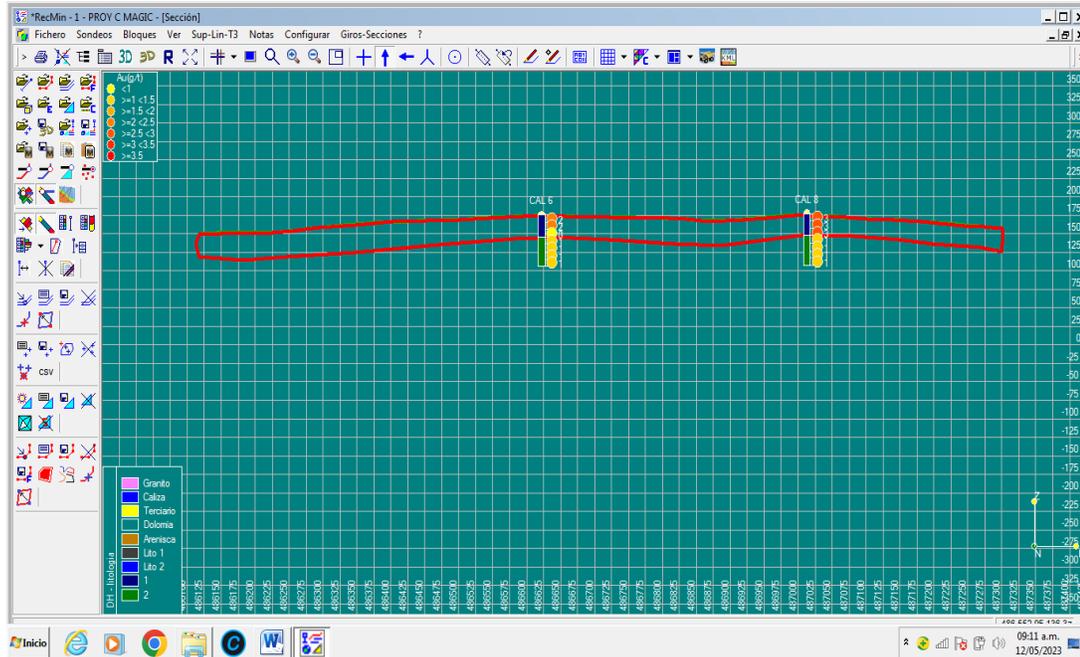
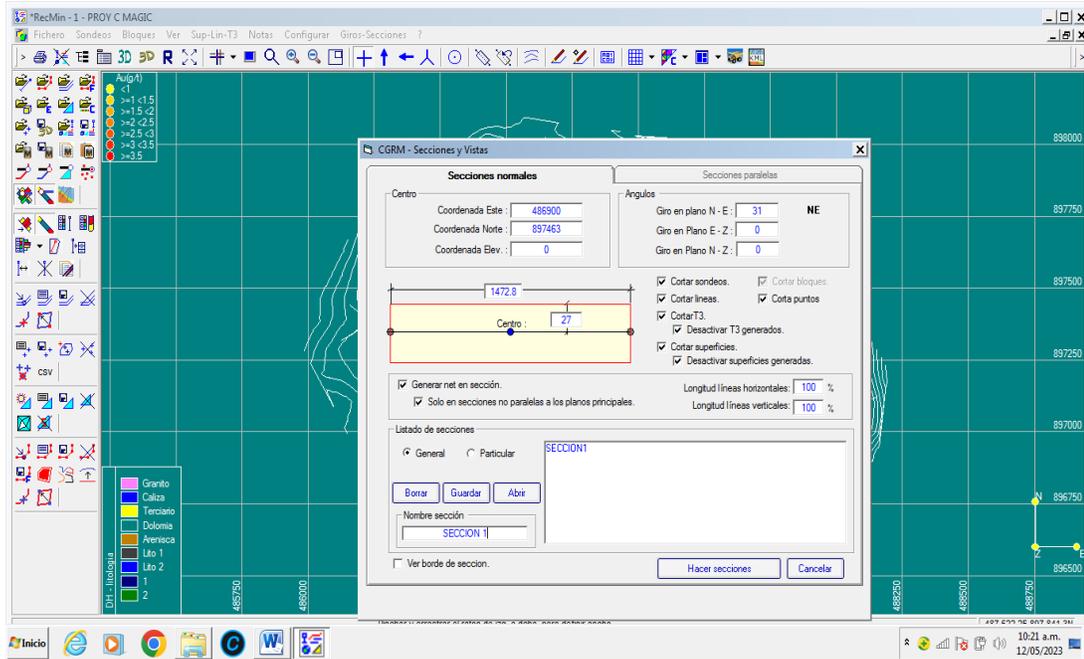




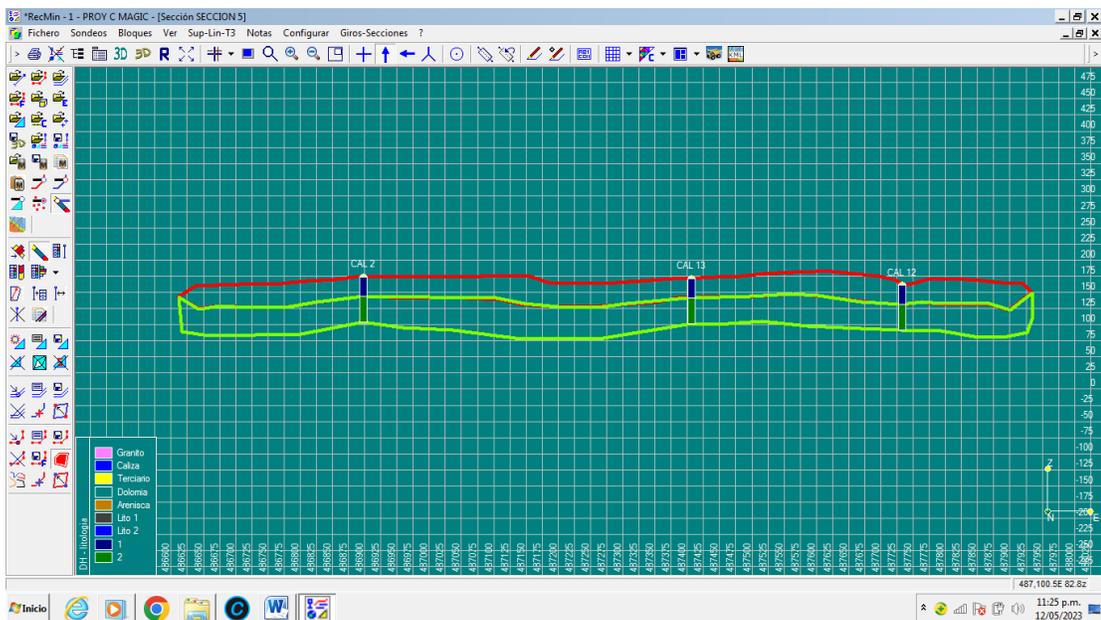
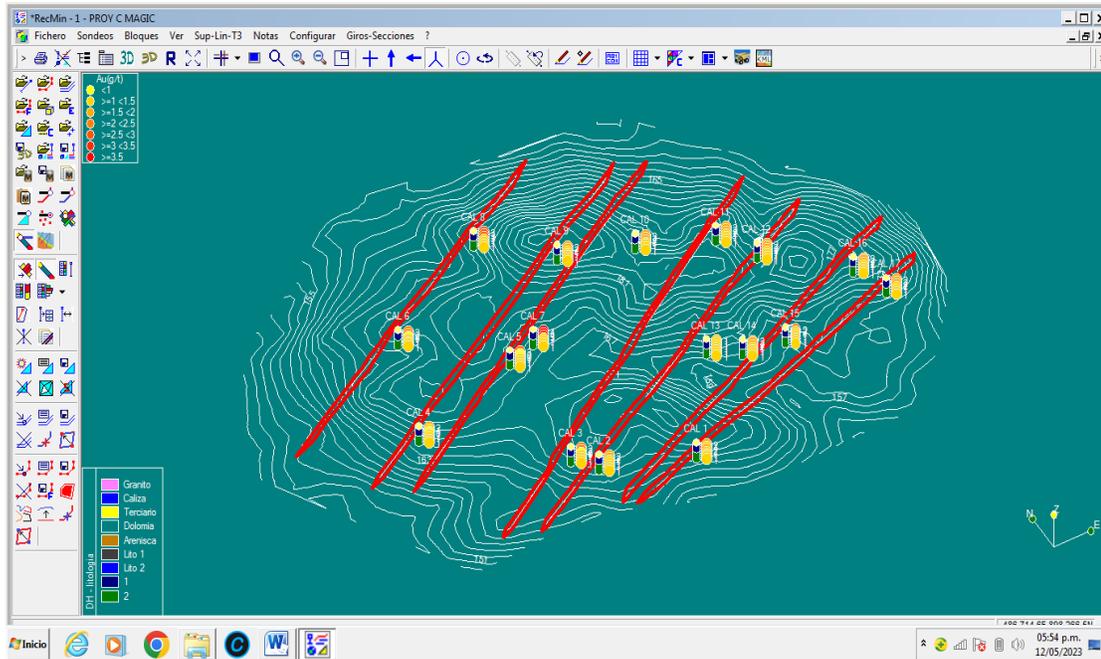
5) Se trazan las secciones verticales para dibujar las áreas de cada cuerpo mineralizado. Para ello se dibujan líneas (en este caso en dirección Noreste). Con la opción hacer secciones, se traza la sección de manera que abarque el mayor número de sondeos cercanos posibles.

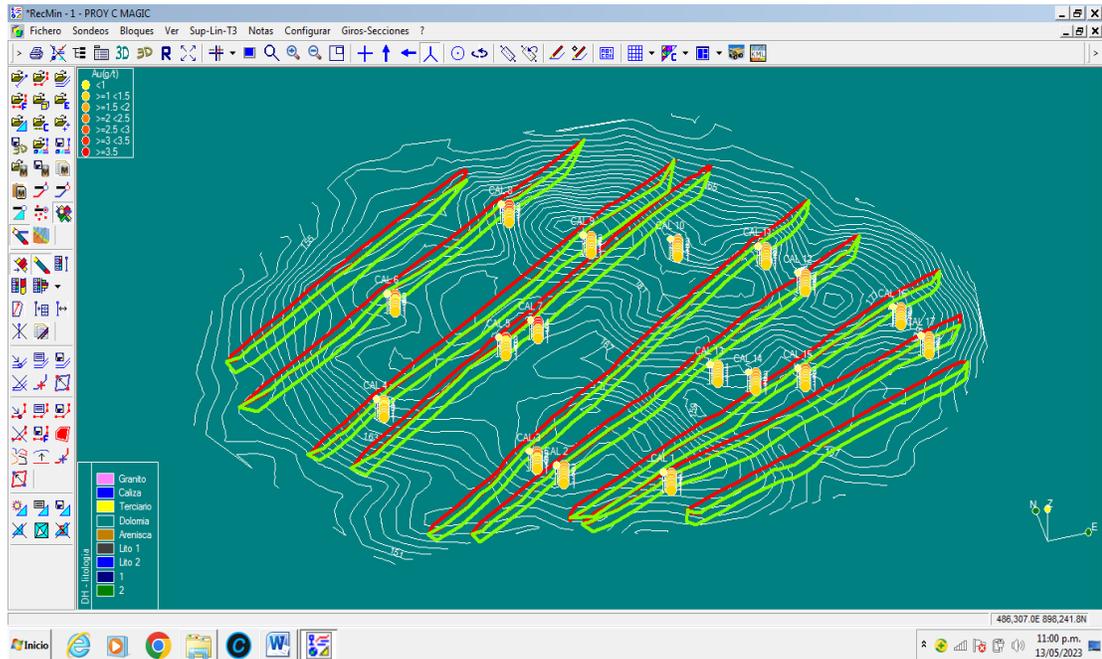


6) Se guarda la sección con un nombre, se despliega la sección se procede a trazar con una línea cerrada el área mineralizada que corresponde. En este caso MINAu y INFAu

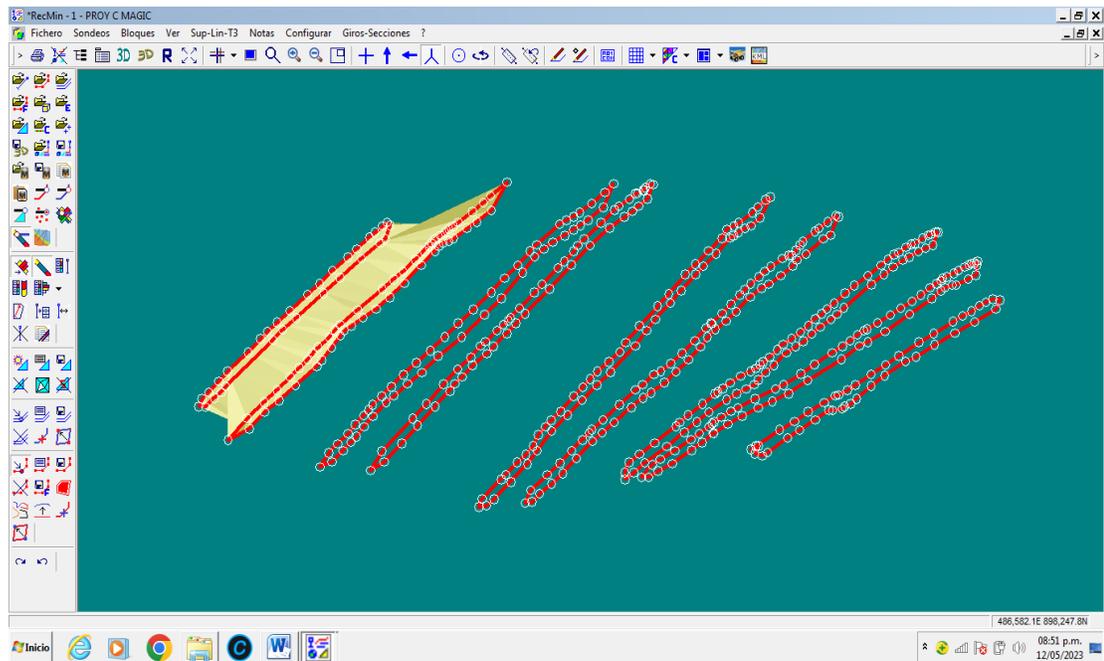
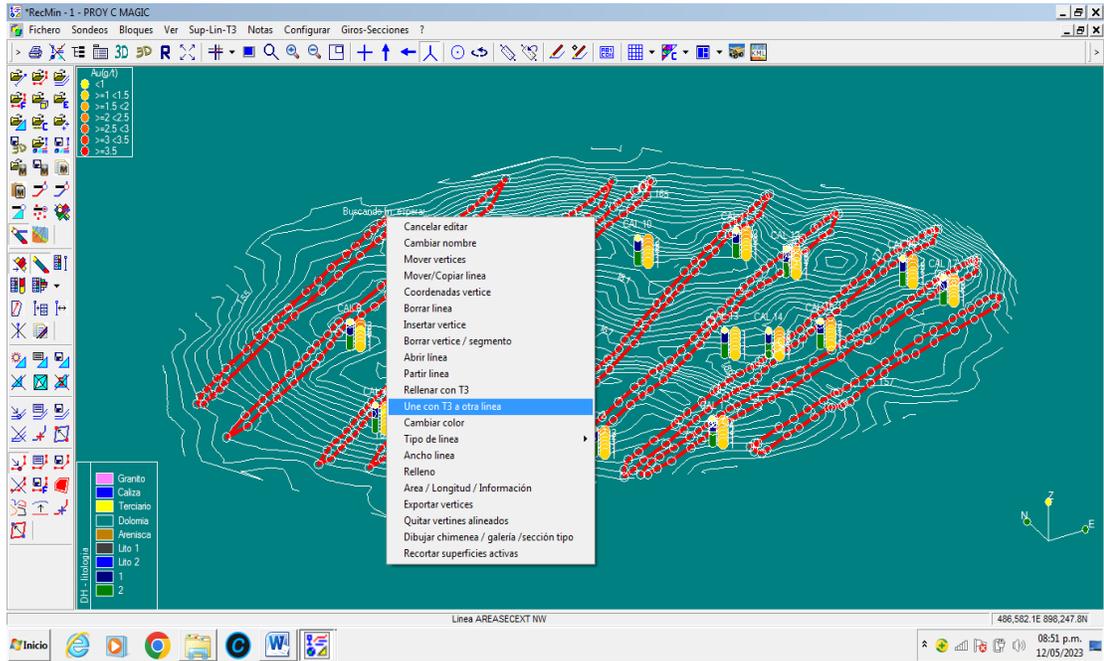


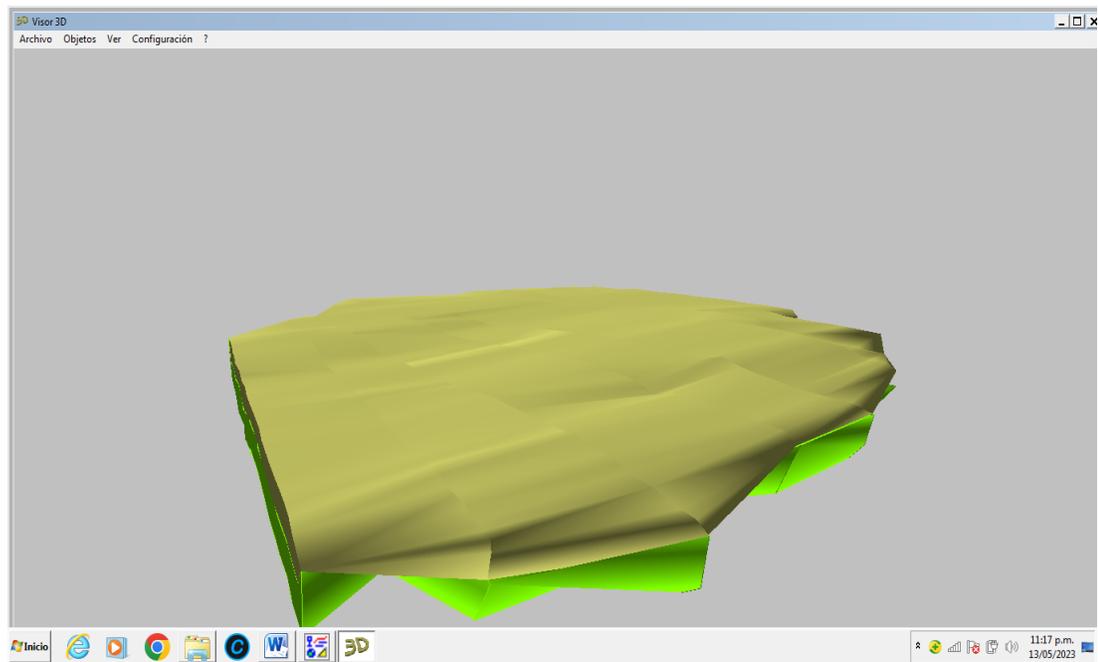
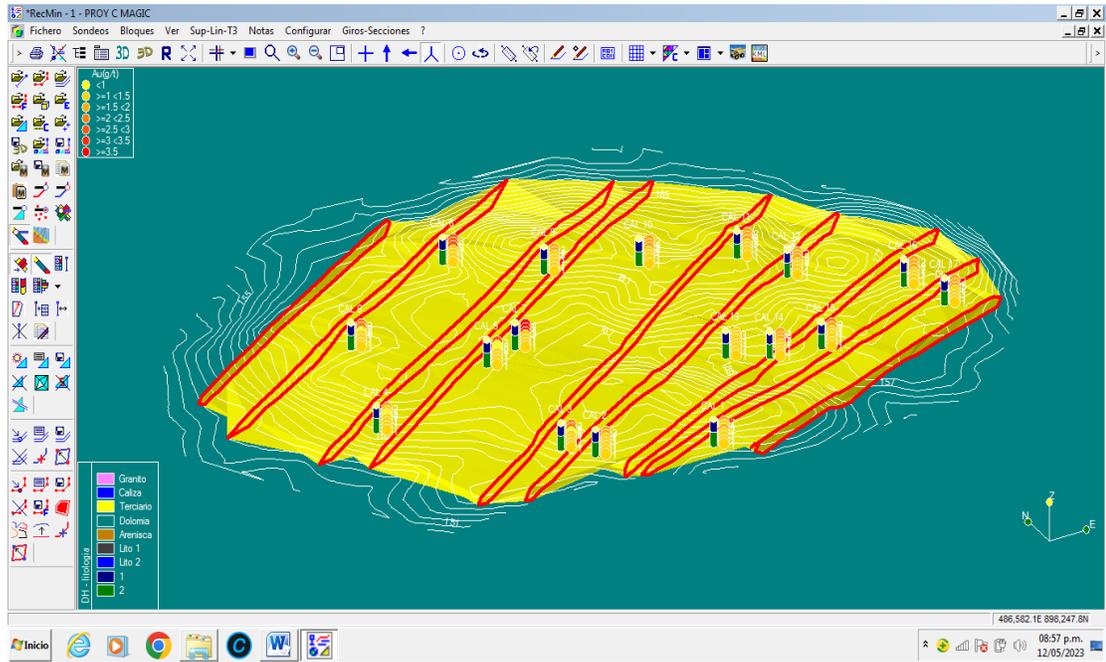
7) Luego retornamos al plano general con el botones giro de sección. El mismo procedimiento se realiza para todas la secciones.

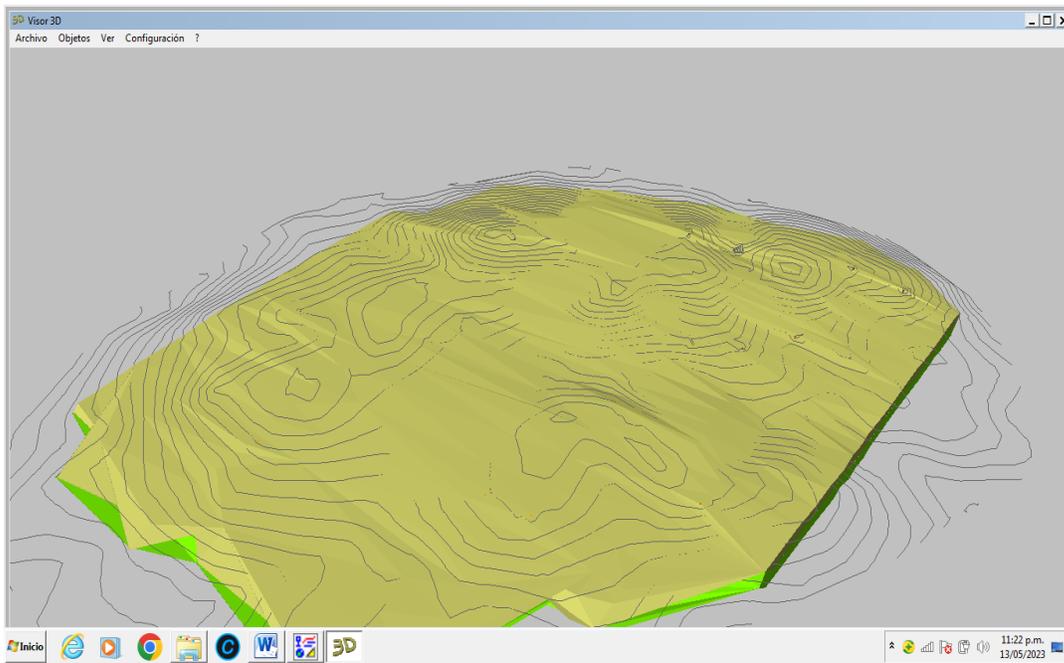
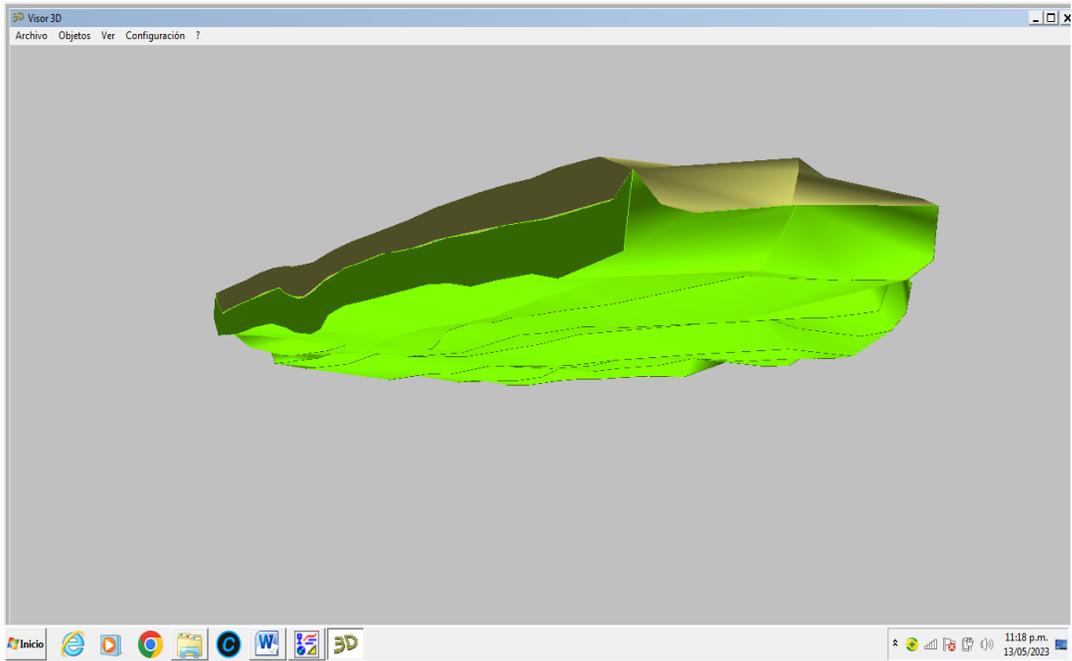


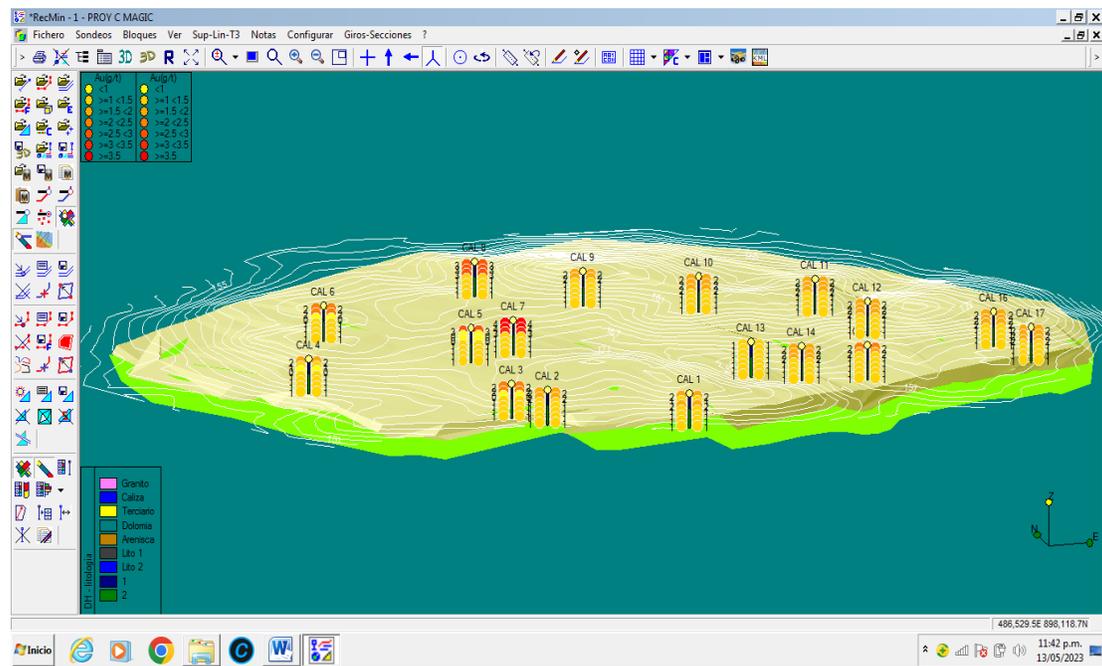
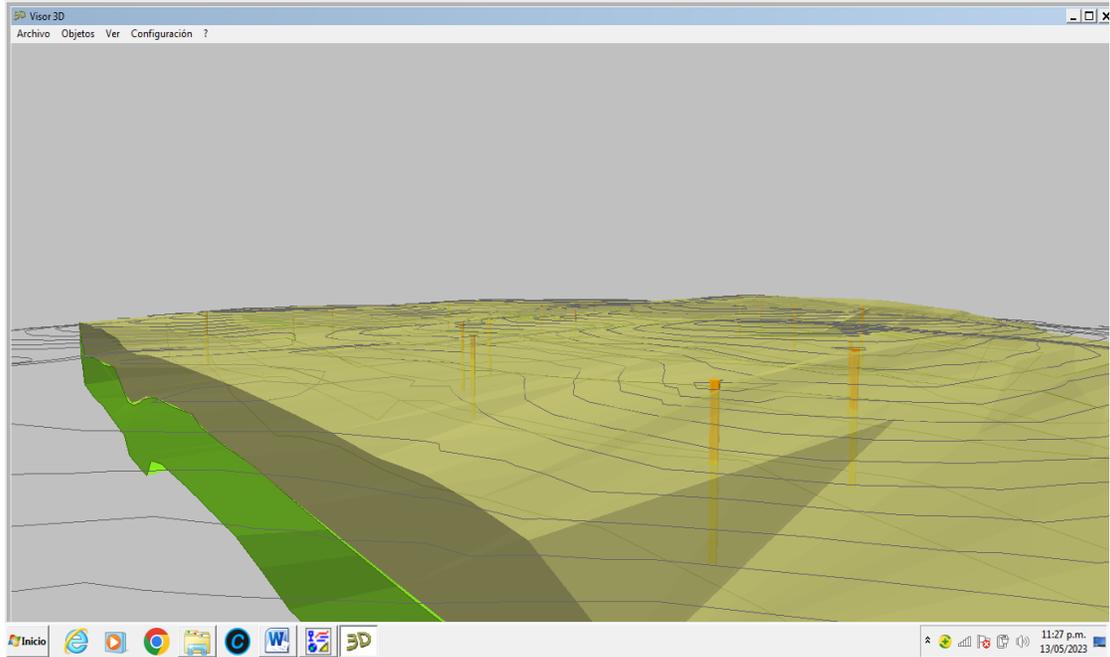


8) Luego se desactiva las líneas correspondientes a INFau nos quedamos con MINAu y pulsamos editar líneas, con el botón derecho del mouse desplegamos la lista y seleccionamos “Unir con T3 a otra línea”, para ir generando el sólido. Así sucesivamente se hace con todas las líneas consecutivas. Finalmente los extremos se rellenan con T3 en la misma lista desplegable. Se repite el procedimiento con la secciones de INFau. Y así se generaran los modelos geológicos de cada litología.



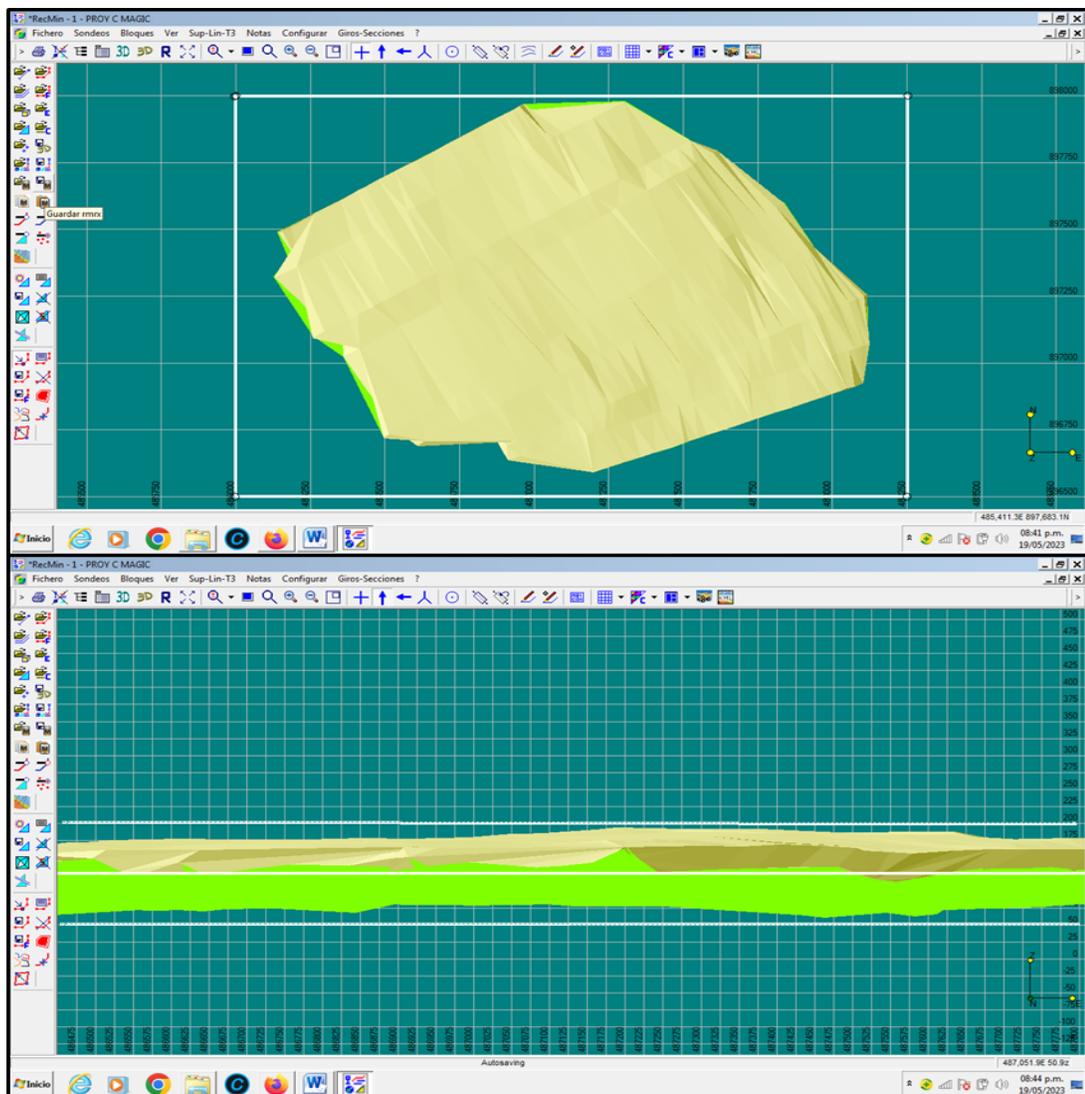






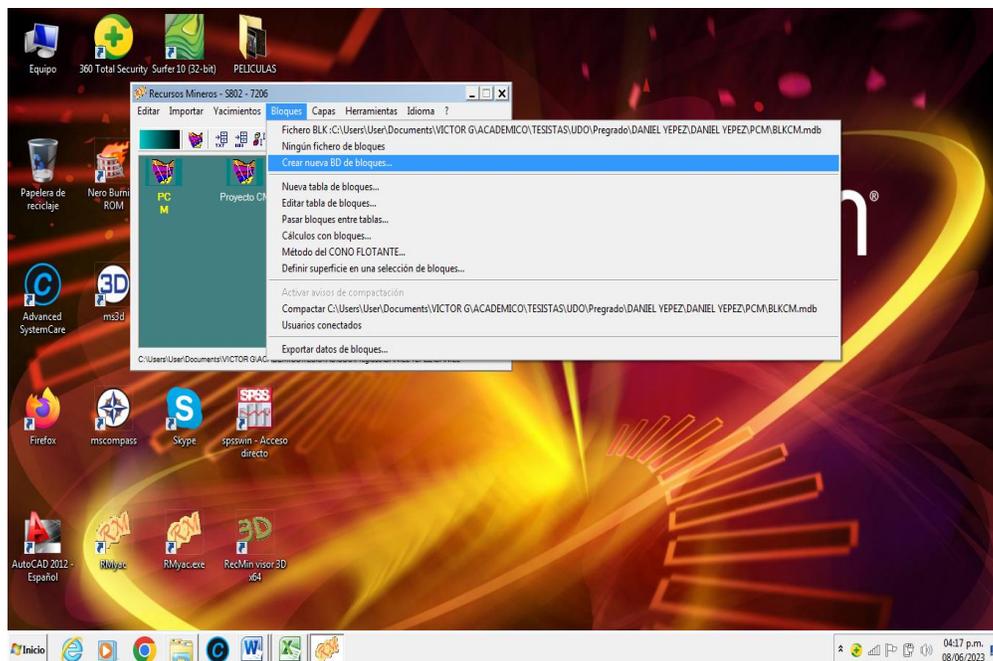
APENDICE D. GENERACION DEL SOLIDO DE BLOQUES

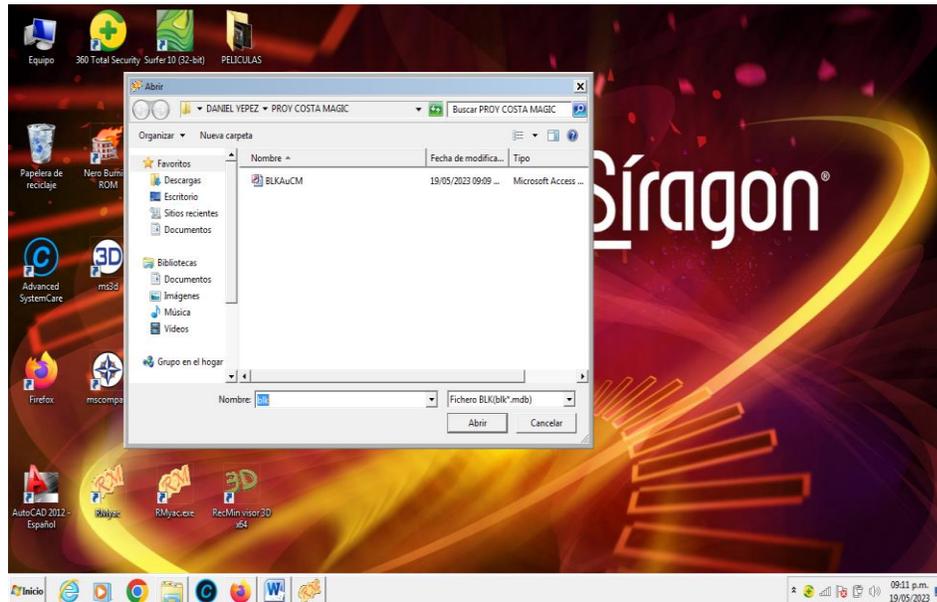
1) Se ingresa al modulo de dibujo. Se are el modelo geologico y con dibujar linea se delimita las coordenadas horizontales verticales para generar el solido de bloques, obteniendo los datos mostrados en la tabla siguiente.



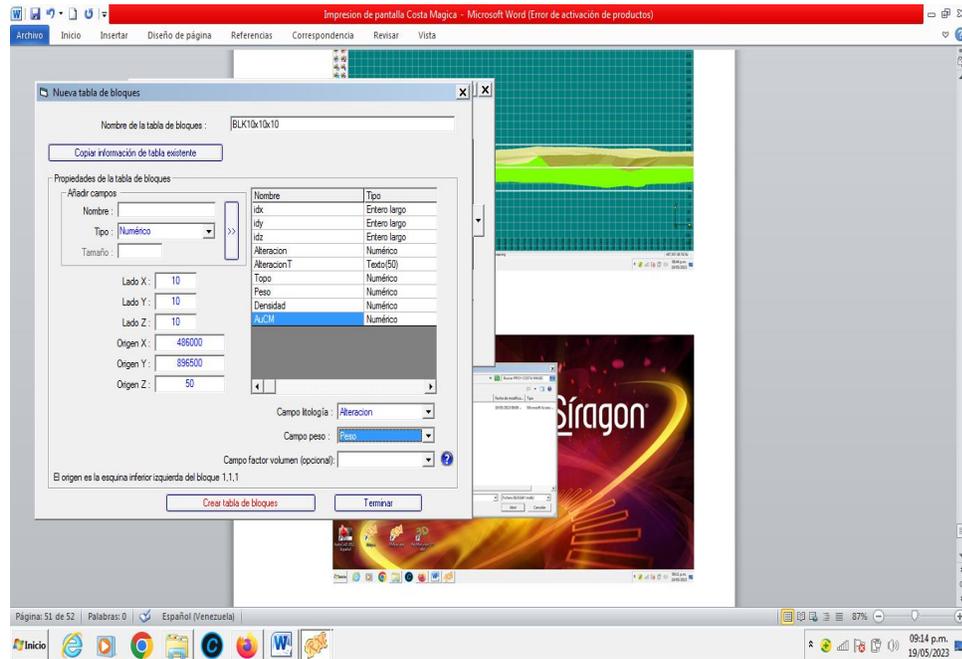
Coordenadas			
Inicial	UTM	Diferencial	Valor
X	486.250	idx	1
Y	896.500	idy	1
Z	75	idz	1
Final	UTM	Diferencial	Valor
X	488.250	idx	200
Y	898.000	idy	150
Z	200	idz	12,5

2) Salimos a yacimientos/ Bloques/ crear nueva base de datos de bloques. La colocamos un nombre pero que siempre inicie con BLK (en este caso fue BLKAuCM) pulsamos abrir.

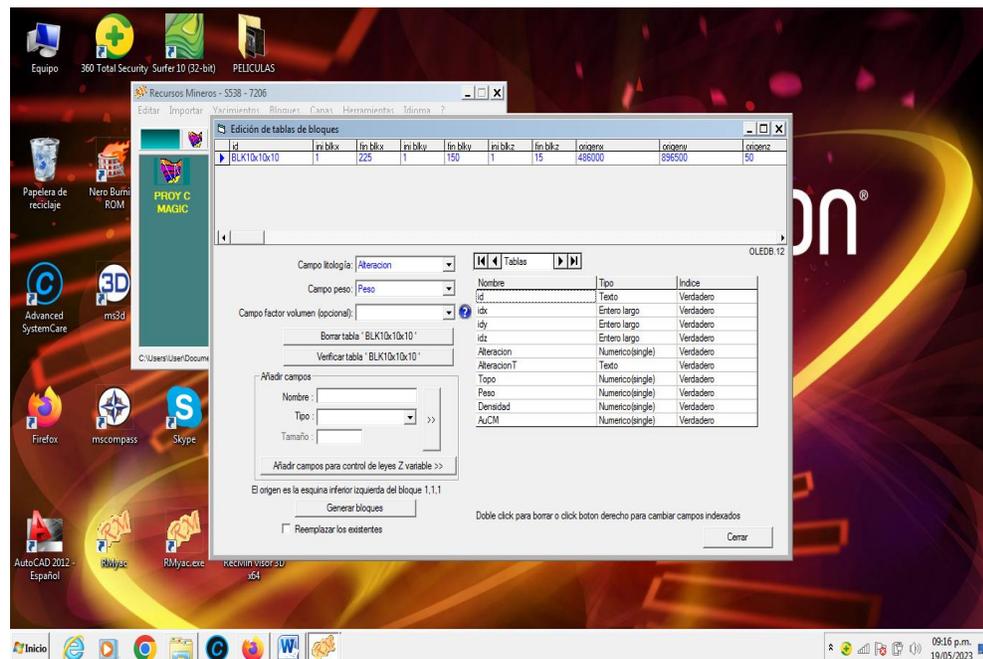
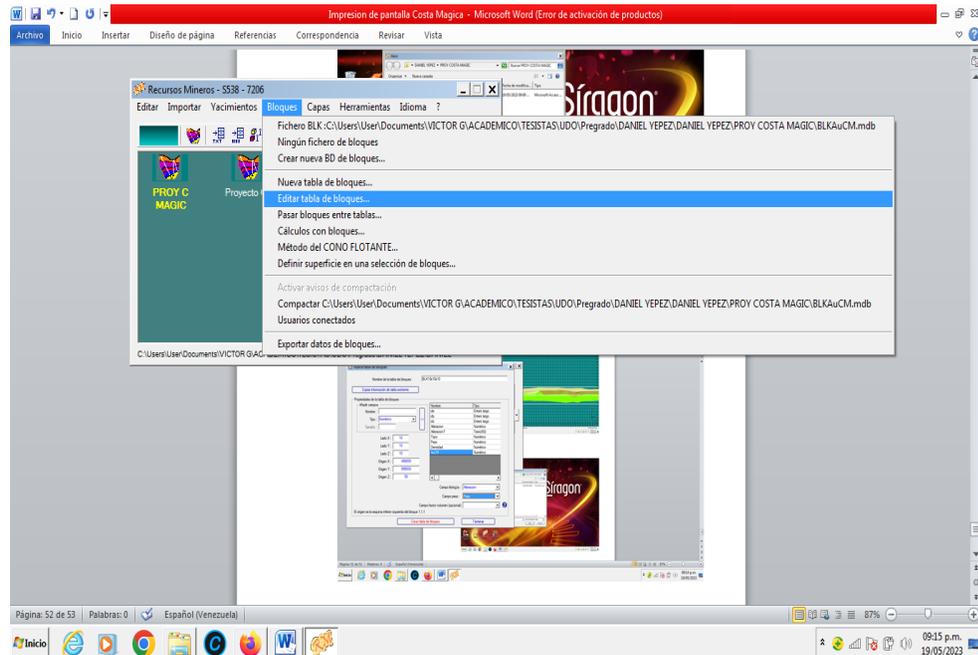




3) Nuevamente a Modulo yacimientos/ bloques/Nueva tabla de bloques. Aquí le damos el nombre a la tabla (en este caso BLK10x10x10) Creamos todas la variables o parámetros necesarios tales como alteración, tanto numérico como de texto, Topografía (Topo) , Tonelaje (Peso), Densidad, leyes (AuCM). Se cargan las dimensiones de los bloques y las coordenadas origen que se delimitaron en el paso anterior. Le damos a crear tabla y luego terminar.

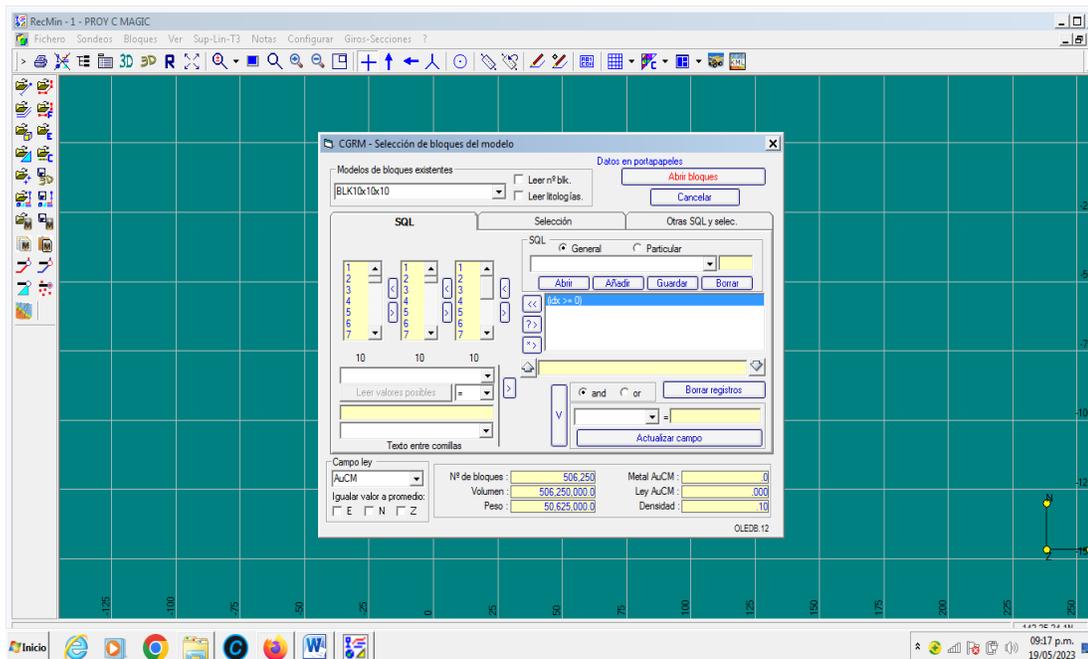
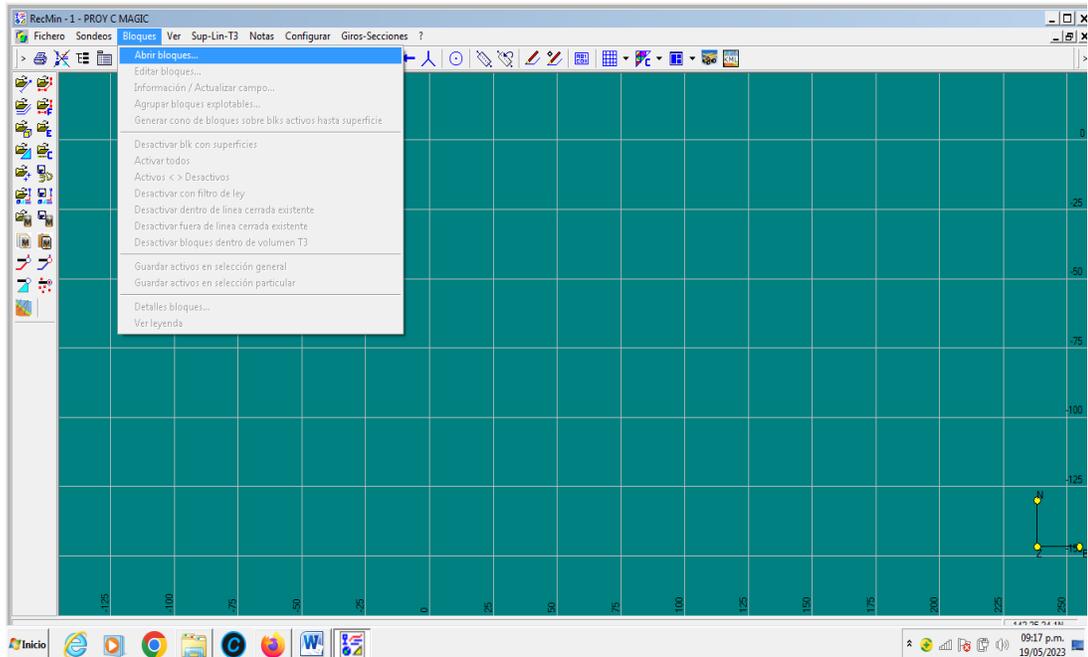


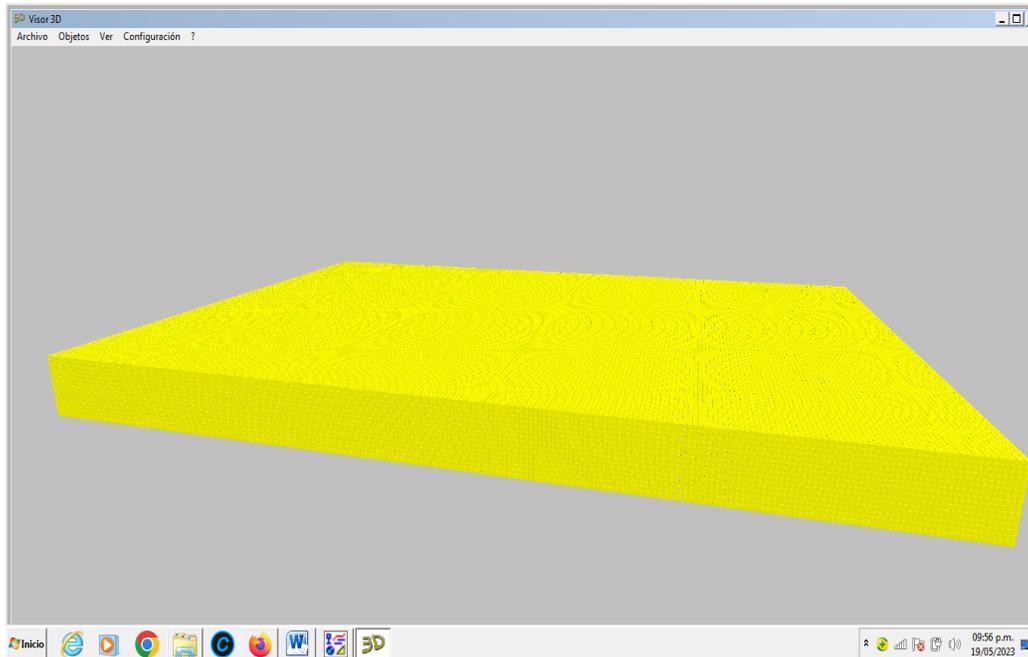
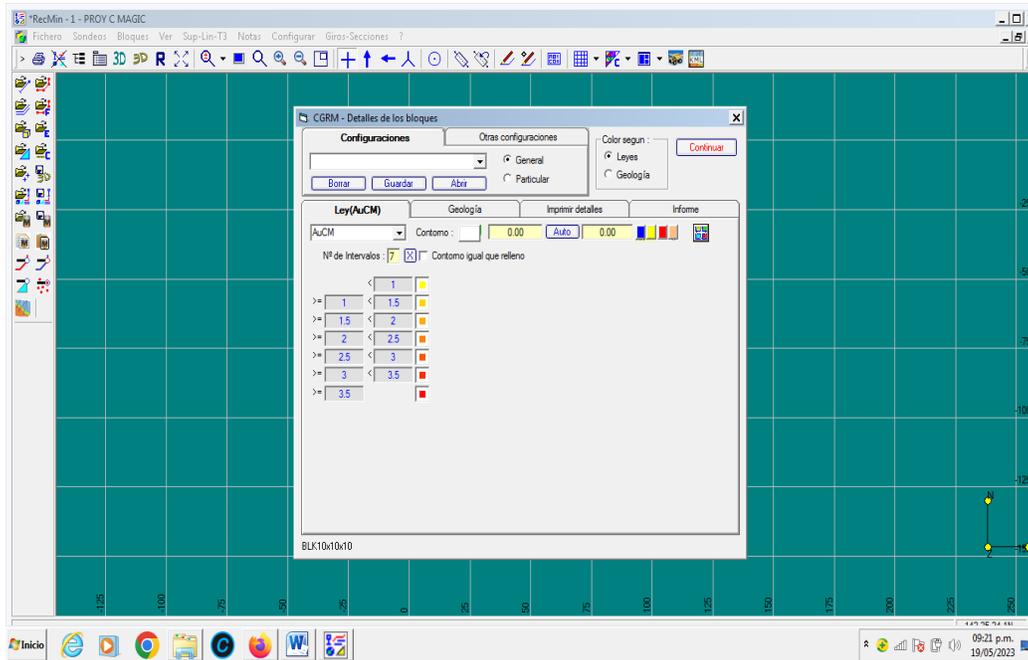
4) Seguidamente, en modulo yacimientos, vamos a Bloques/Editar tabla de bloques. Y en la ventana que se despliega vamos a introducir los diferenciales calculados arriba en la tabla anterior con las coordenadas iniciales y finales, pulsamos Generar bloques. Le damos aceptar, aceptar.... aceptar y cerrar. En los campos Topo colocamos cero (0), en peso cien (100) y el valor de la densidad correspondiente (en este caso 2,34)



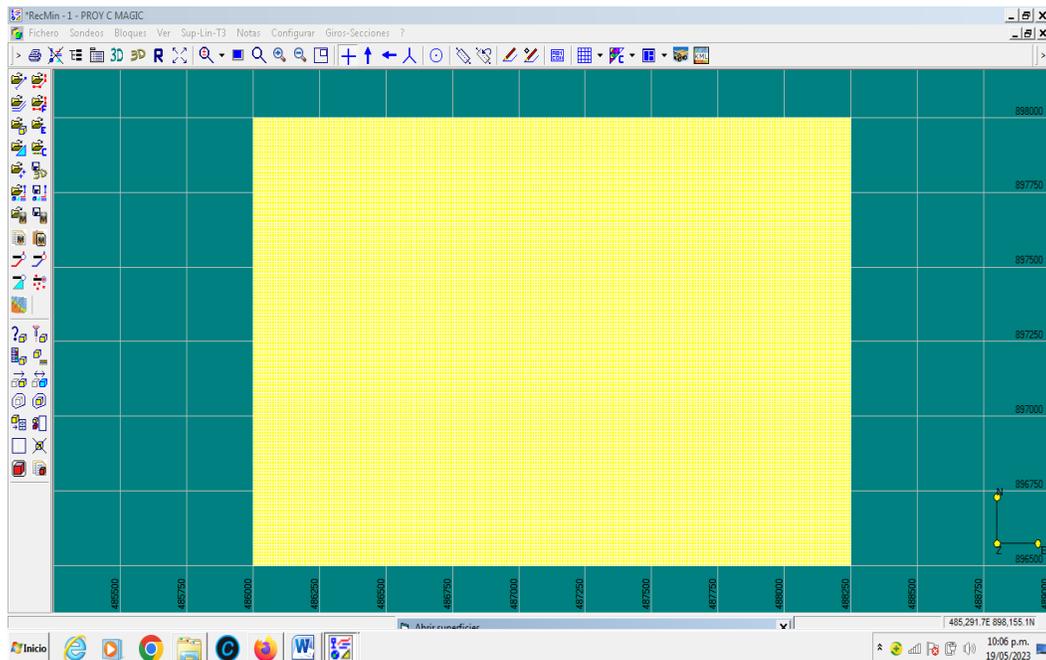
5) Abrimos el módulo de dibujo/ bloques/ Abrir bloques. Pulsamos el botón *> para cargar los datos, luego el botón “V” generar los bloques y pulsamos abrir bloques.

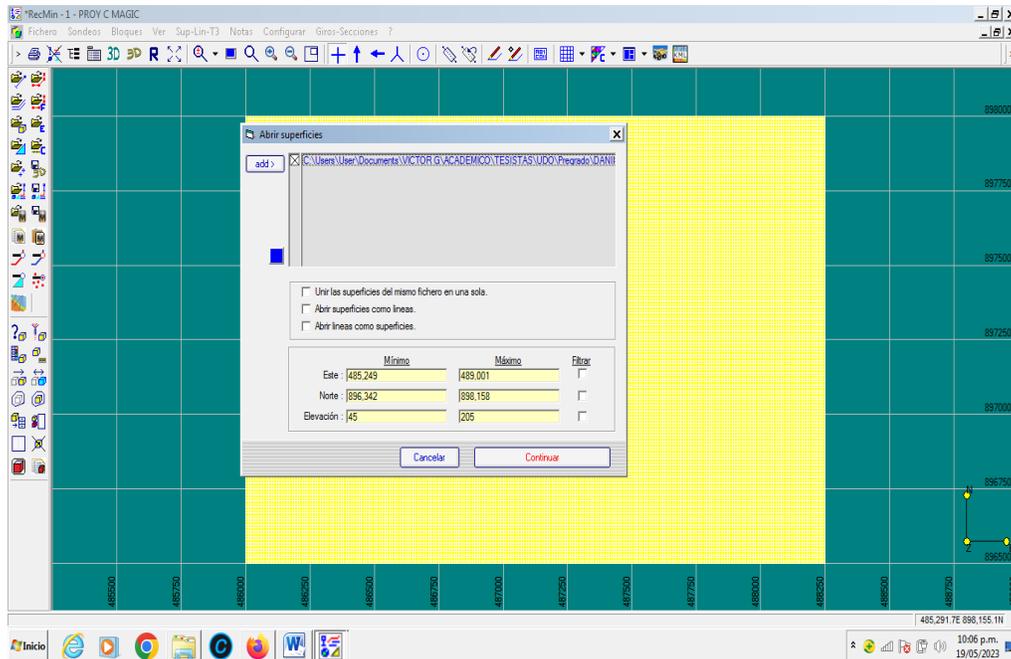
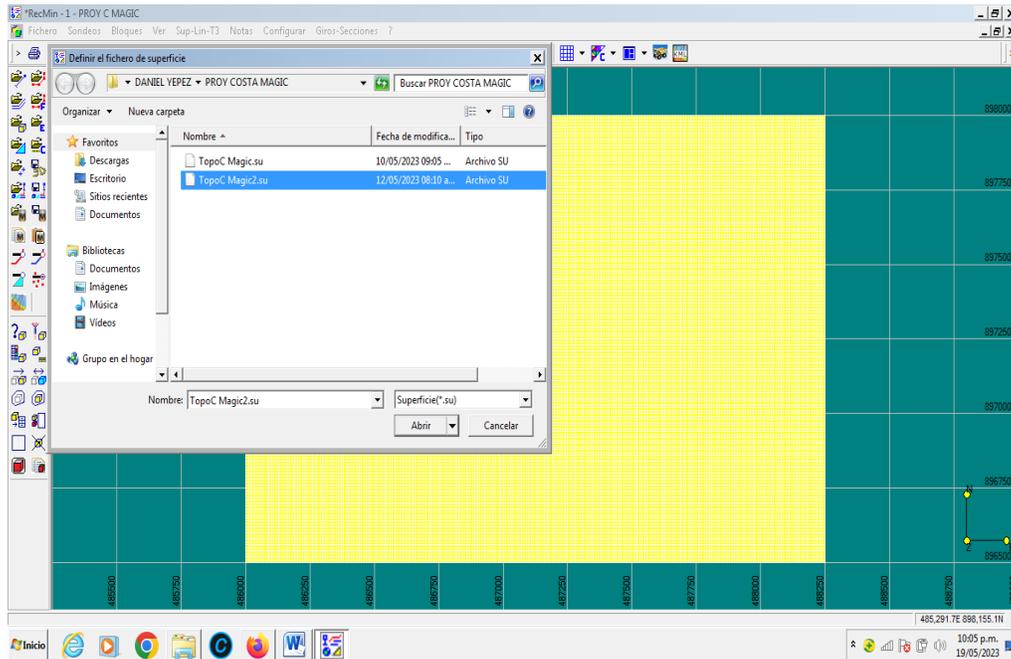
Luego se puede seleccionar el color/ continuar para abrir el sólido de bloques y en detalles de bloques puedes cambiar el color según las leyes.

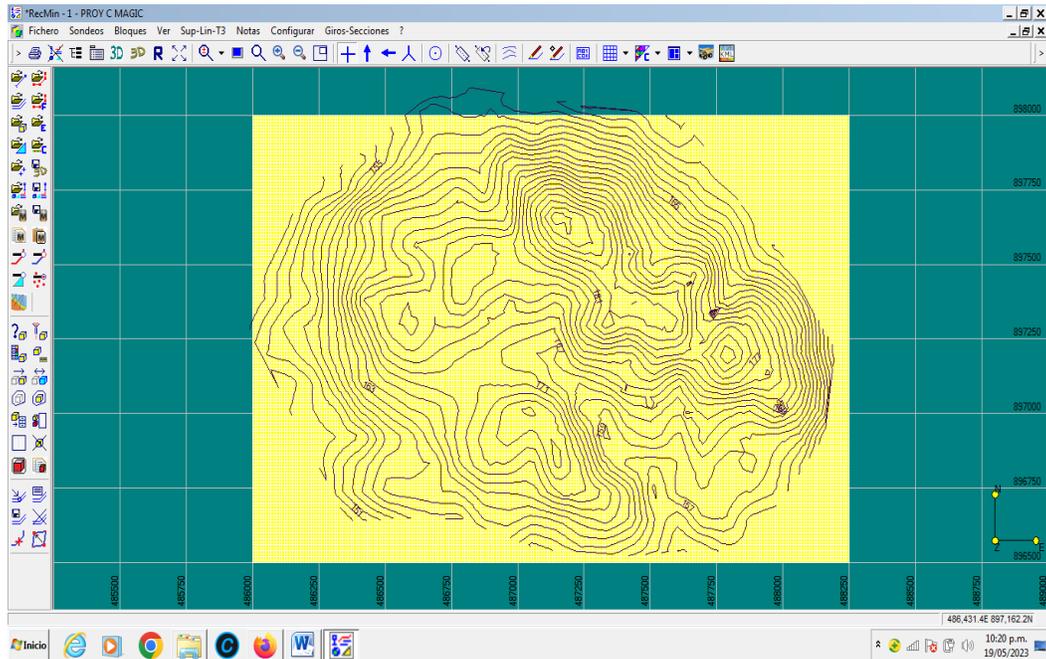




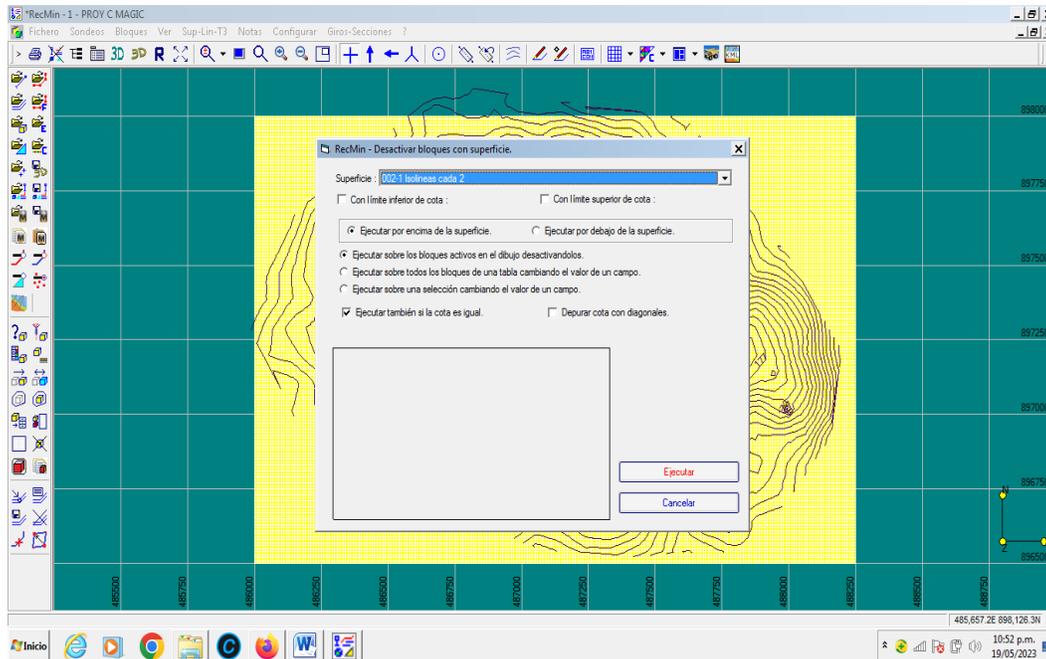
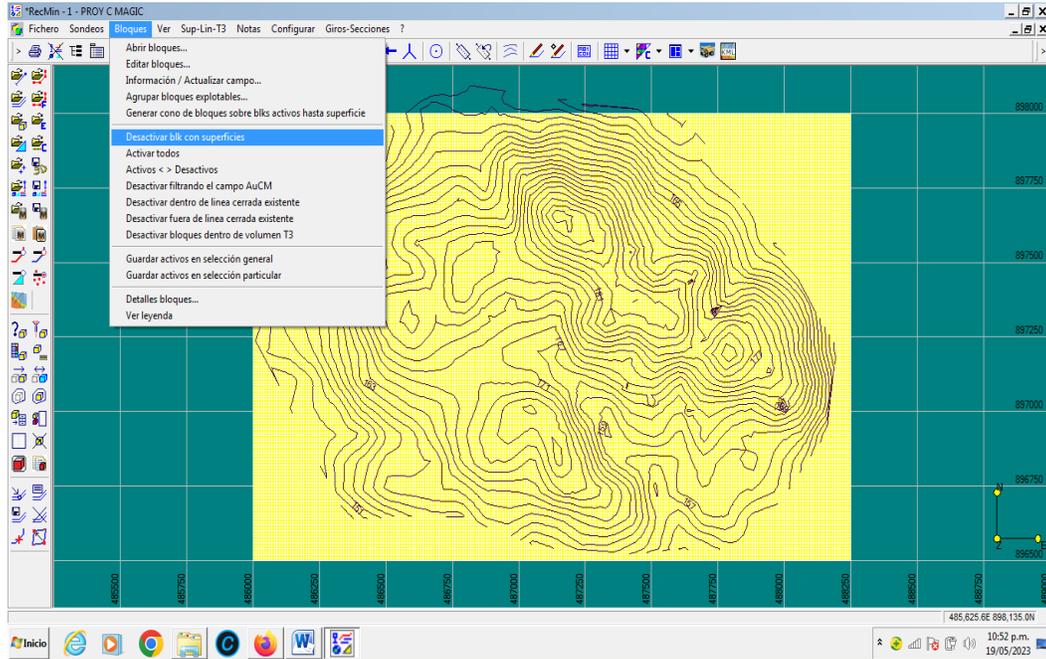
6) Para ajustar el sólido de bloques a la superficie topográfica abrimos superficie de curvas topográficas (en este caso TopoCMgic2.su)/ continuar tenemos la topografía junto con el sólido de bloques.

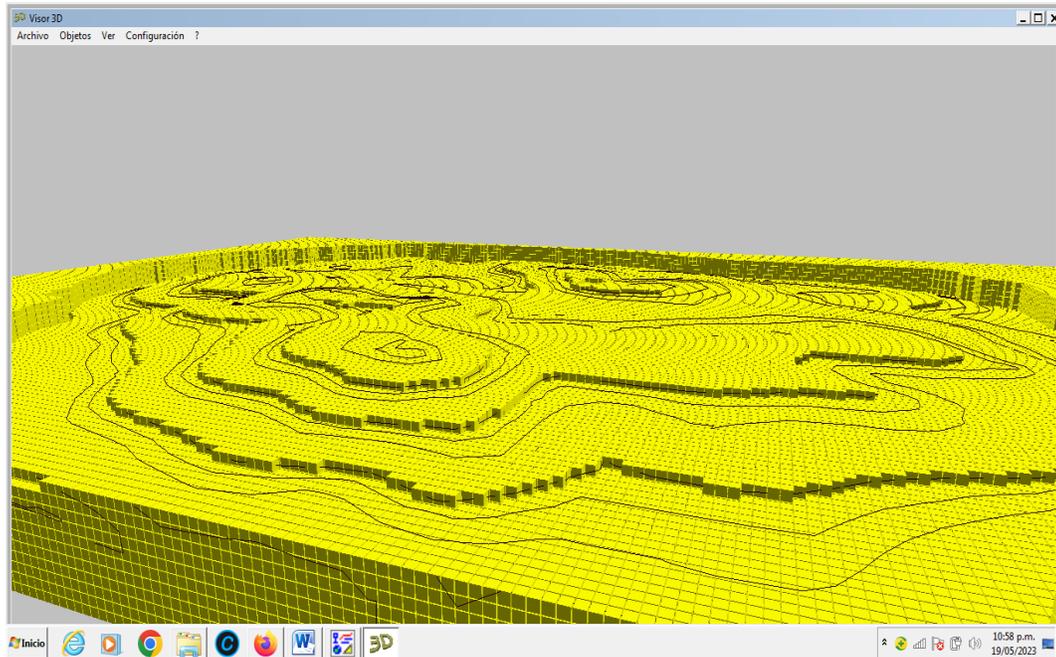




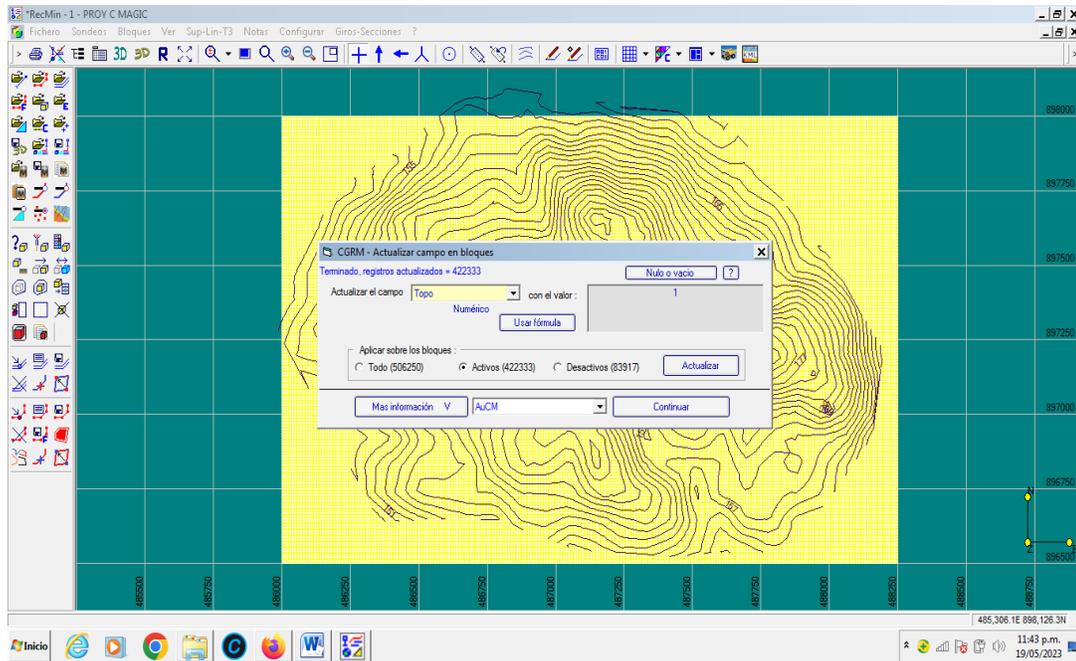
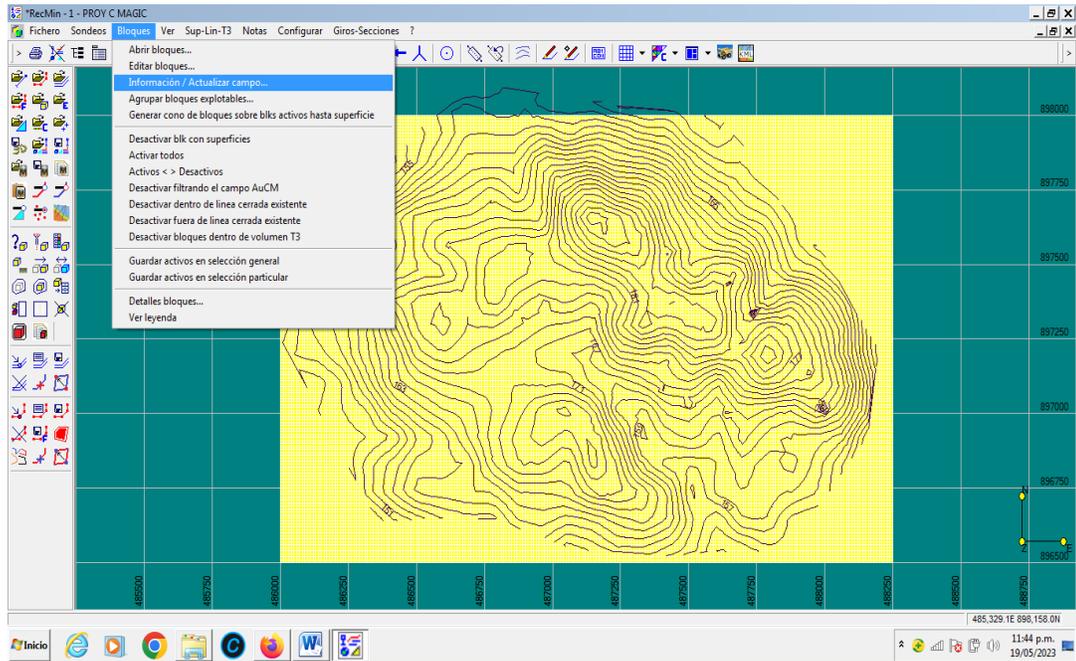


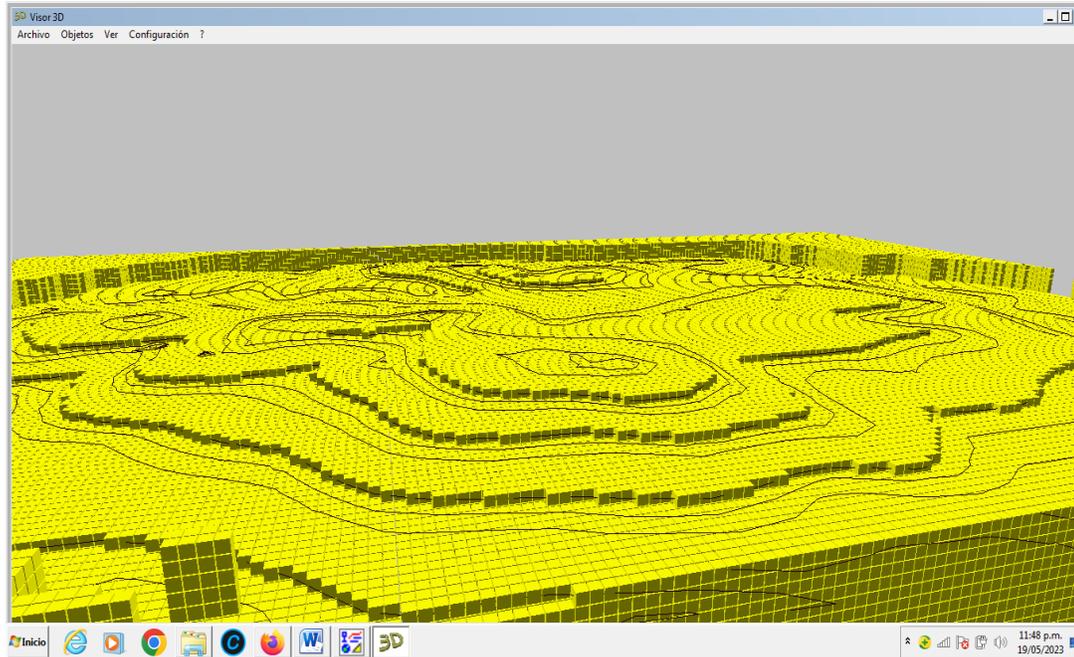
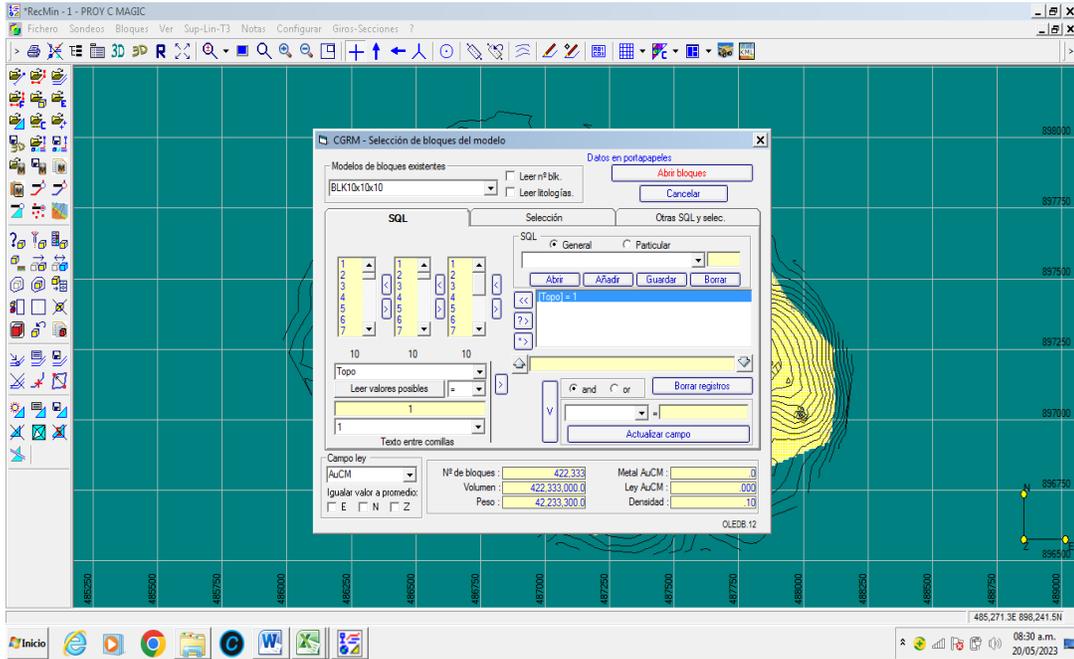
7) Vamos a bloques/Desactivar BLK con superficie/ seleccionamos ejecutar por encima de la superficie, ejecutar. Y así eliminamos los bloques que estaban por encima de la topografía





8) Seguidamente vamos a bloque/Información-Actualizar campo y le asignamos a la variable Topo el valor de 1. Pulsamos actualizar/ aceptar/aceptar/Continuar. Finalmente Vamos a bloques/Abrir bloques. Seleccionamos la variable topo, pulsamos Leer valores posibles, seleccionamos 1, Pulsamos “>”, luego pulsamos “V” para leer los bloques con esa condición, pulsamos abrir bloques/ continuar. Listo, el sólido de bloques fue ajustado desde la topografía hacia abajo.



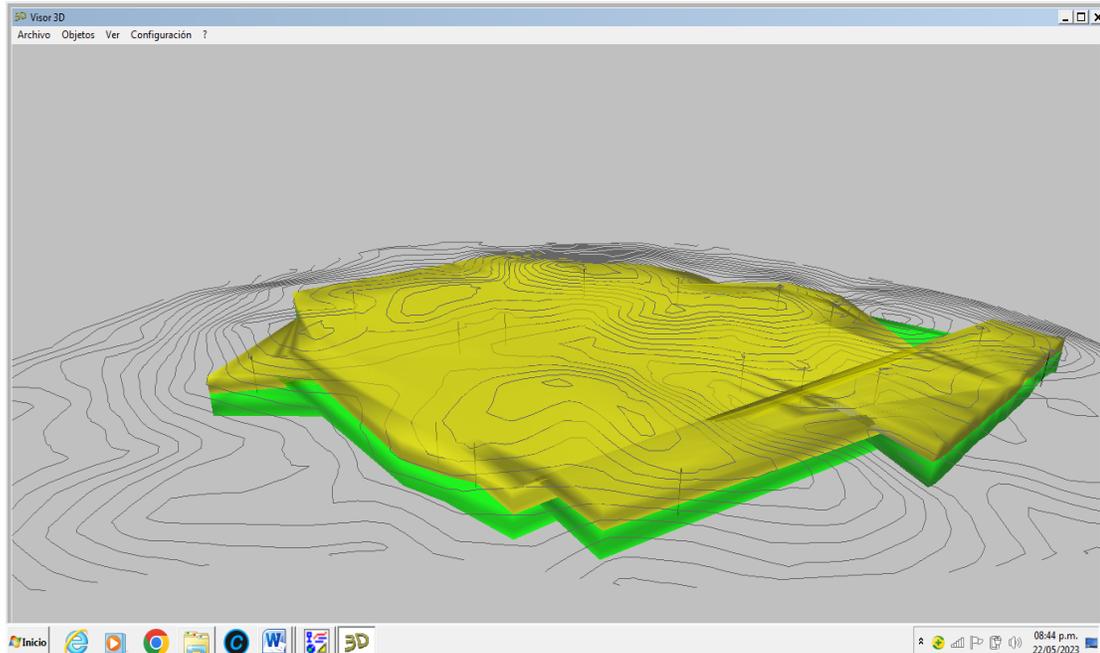


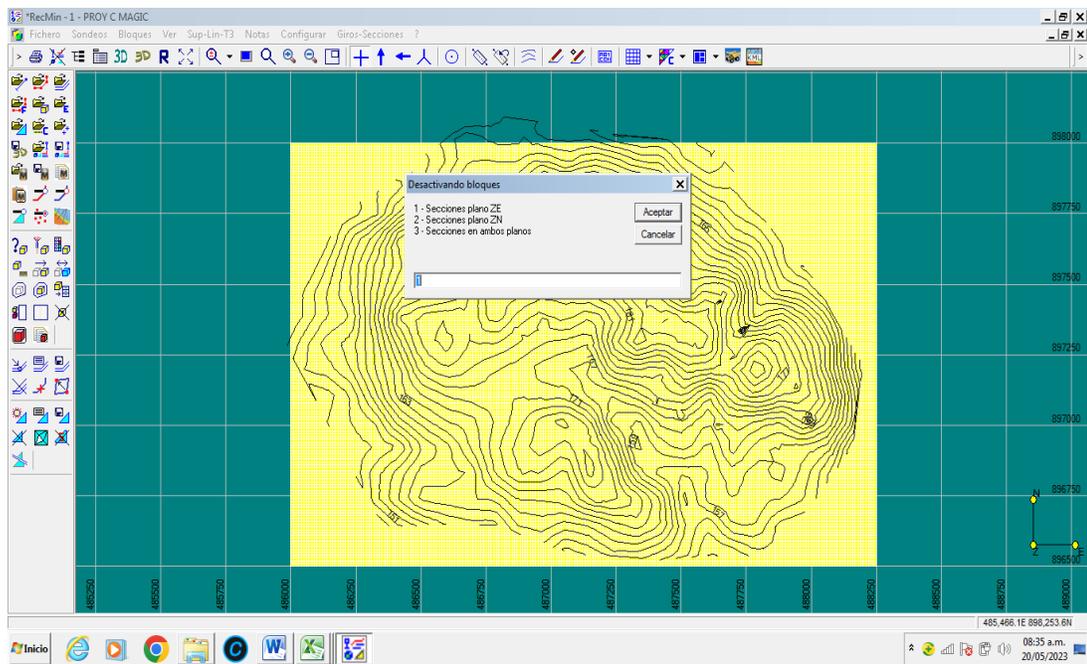
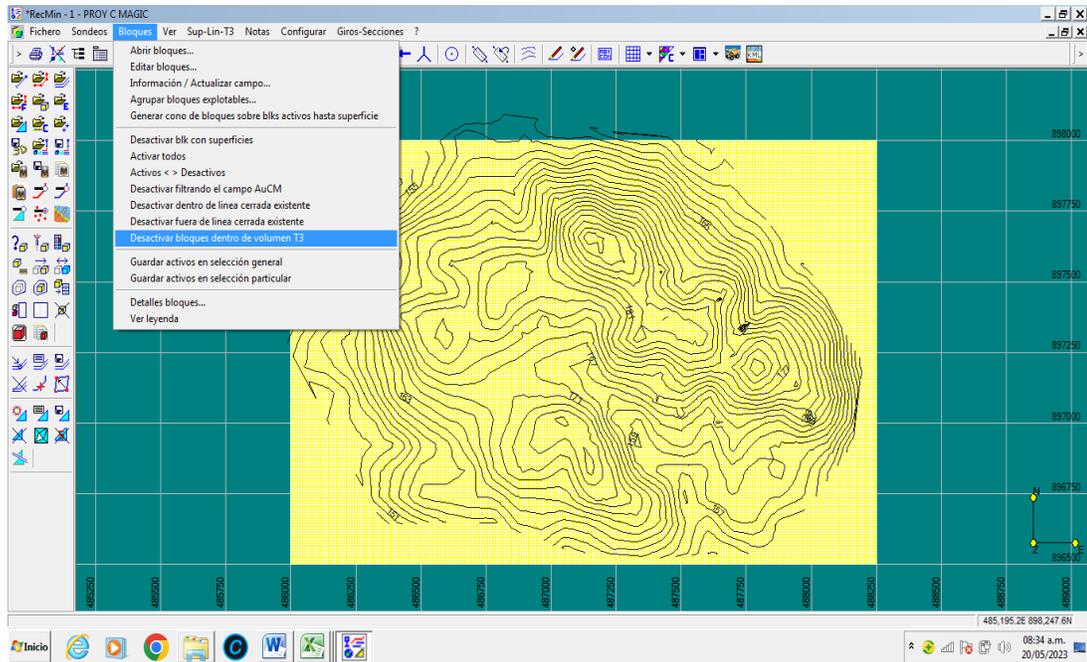
APENDICE E.

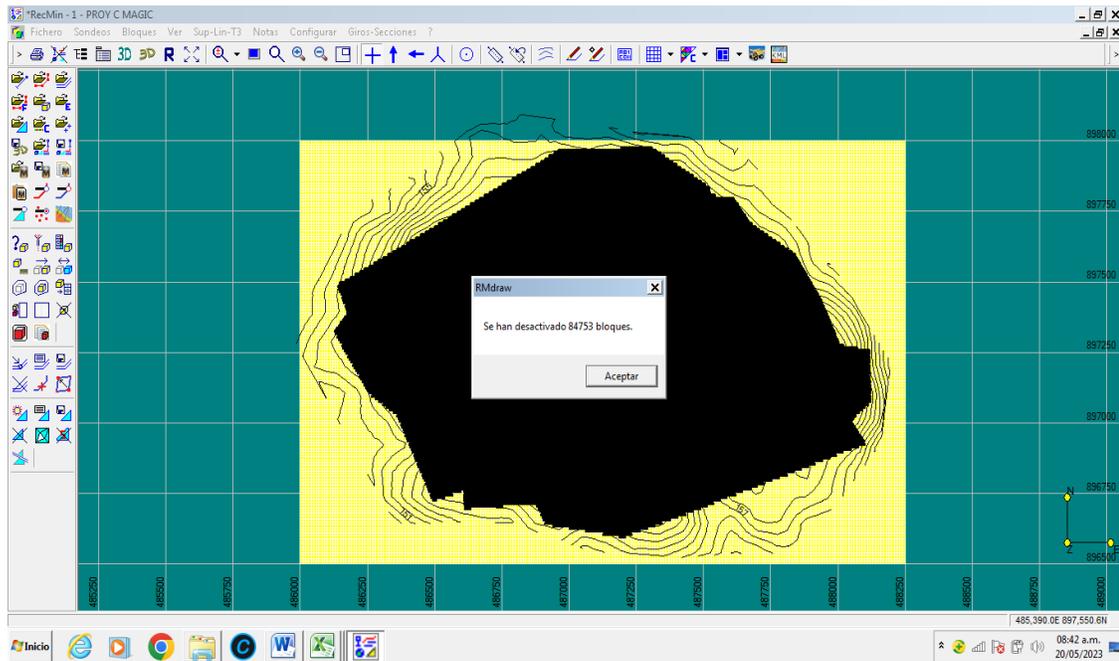
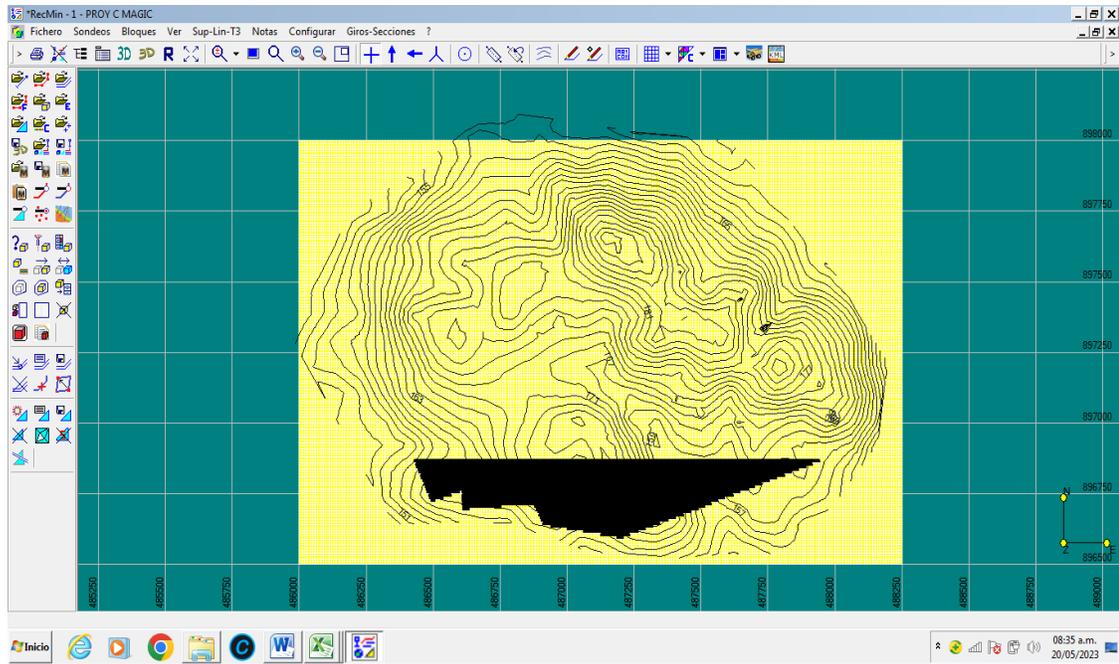
CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS, MODELO DE BLOQUES, INVERSO DE LA DISTANCIA AL CUADRADO

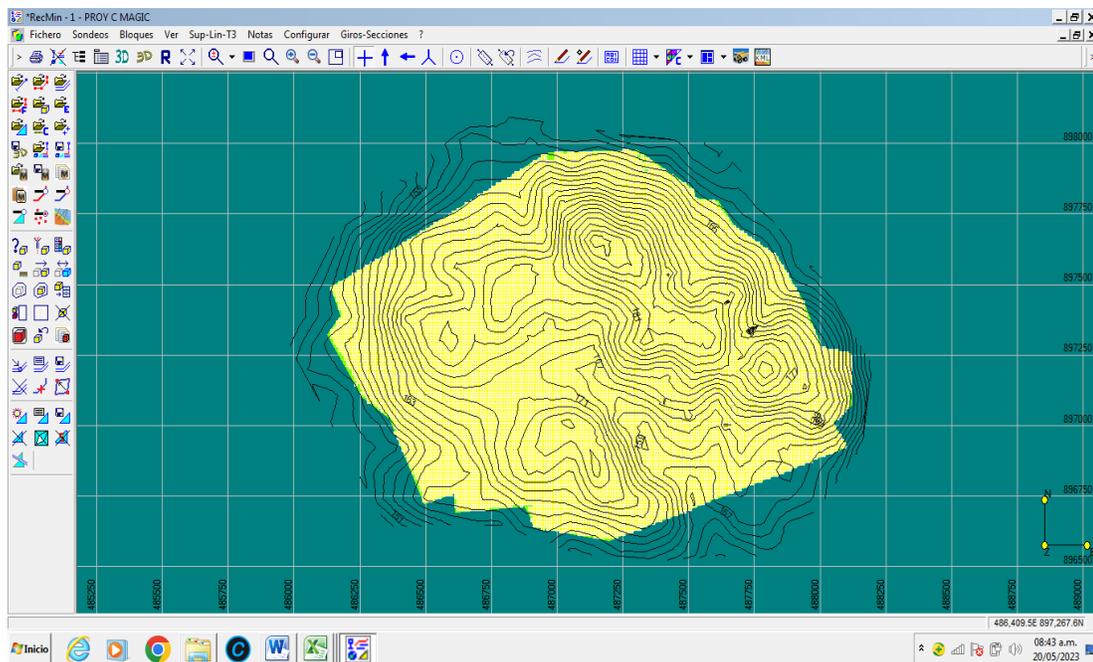
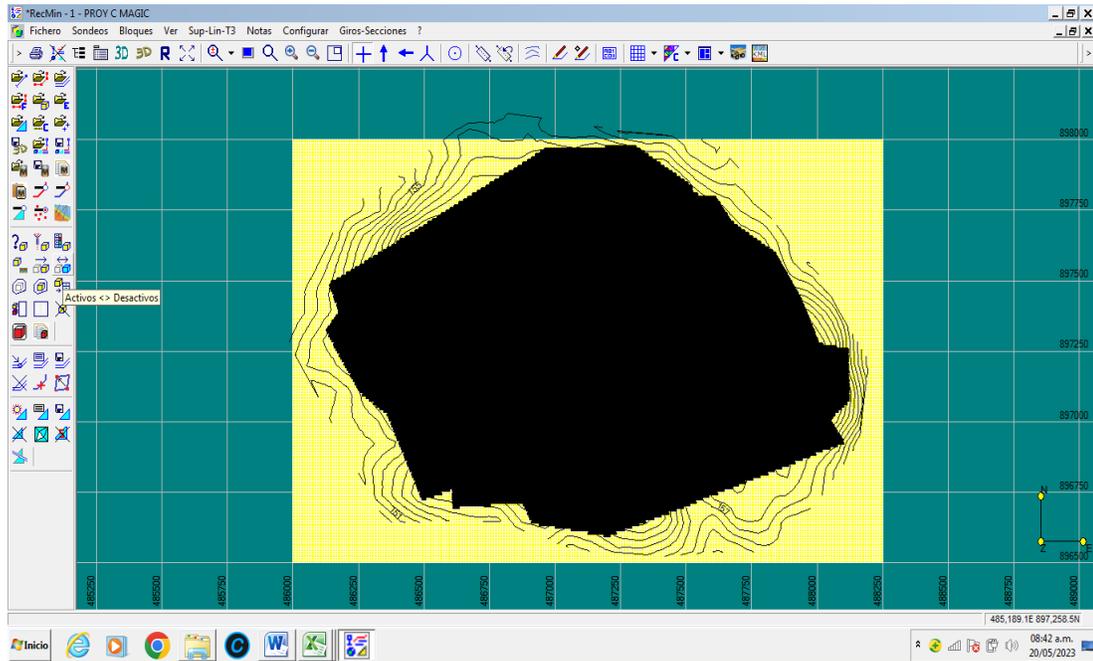
1) Vamos al módulo dibujo y abrimos los T3 (solidos del modelo geológico). Vamos a lista de T3 y le cambiamos el nombre a cada uno (en este caso Mineral “MINAu” mineral Inferido “INFAu”). Dejamos solo un T3 activo/ continuar. Vamos a Bloques, opción “Desactivar dentro de un volumenT3”. Seleccionamos cualquier vista. Luego vamos nuevamente a bloques seleccionamos Activos/Desactivos. Vamos a Información/Actualizar campo. Seleccionamos campo Alteración numérico la asignamos el valor de 1 /Actualizar/aceptar/Aceptar. Luego seleccionamos alteración texto le asignamos el nombre correspondiente (MINAu) /Actualizar/Aceptar/Aceptar/ Continuar.

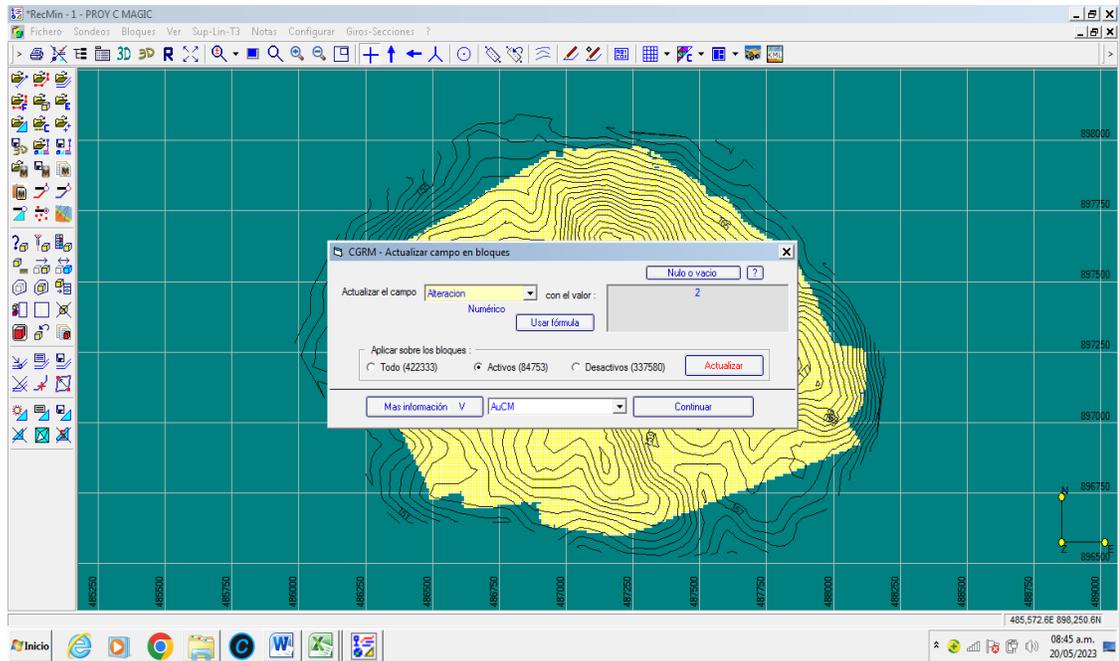
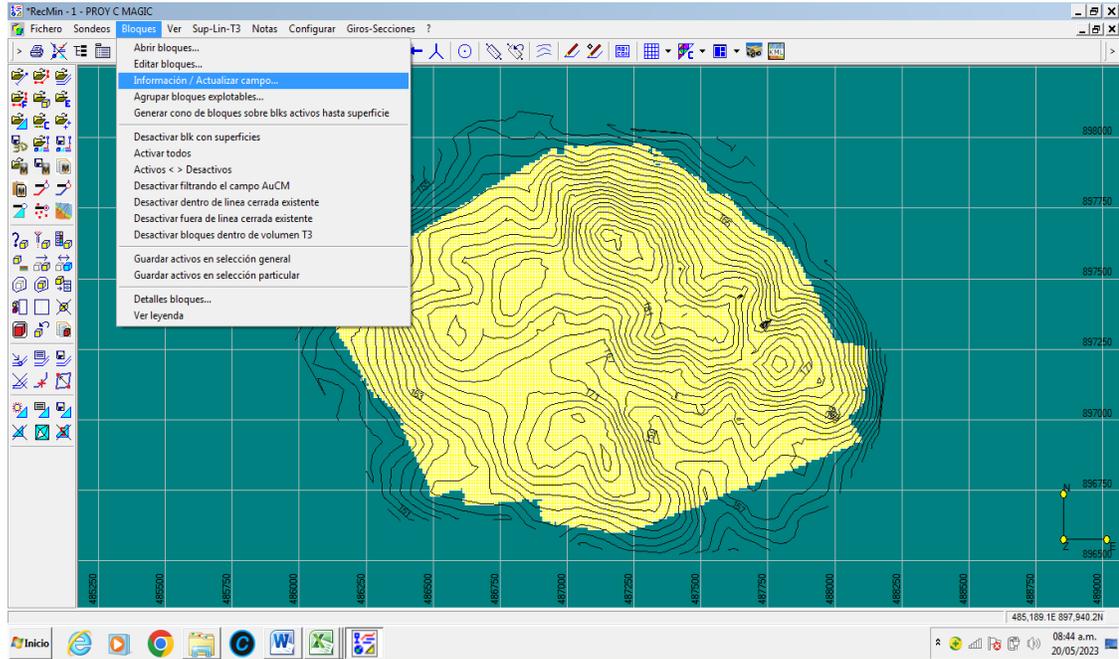
Este procedimiento se repite con el otro T3 que esta desactivo. Es decir desactivamos el T3 MINAu Activamos el T3 INFAu repetimos los pasos.

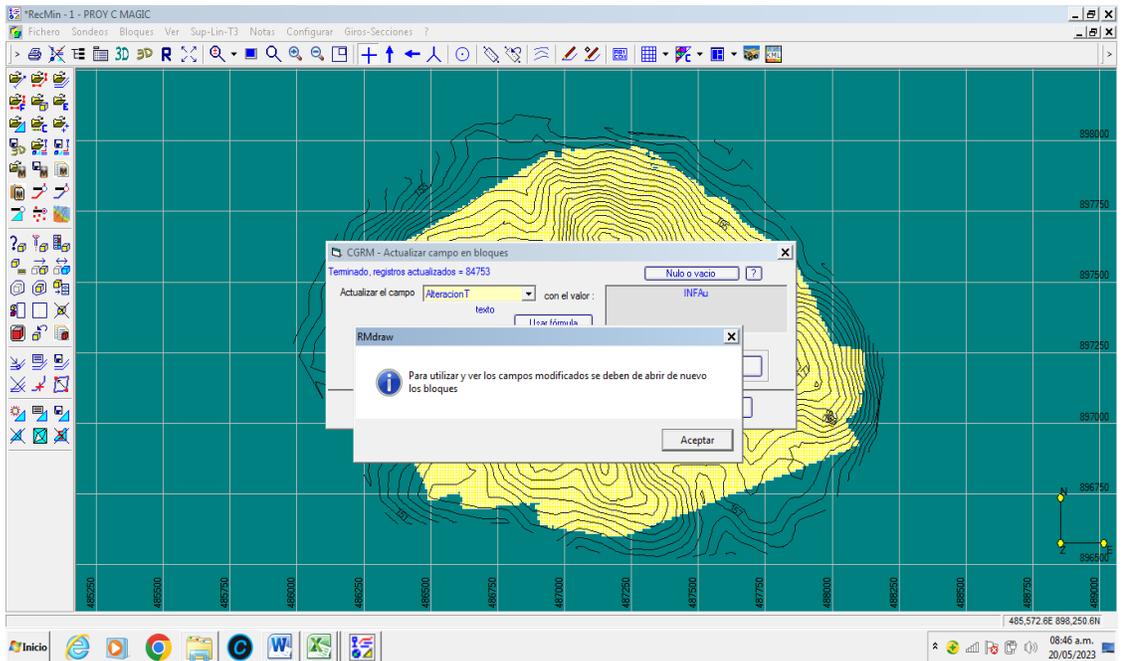
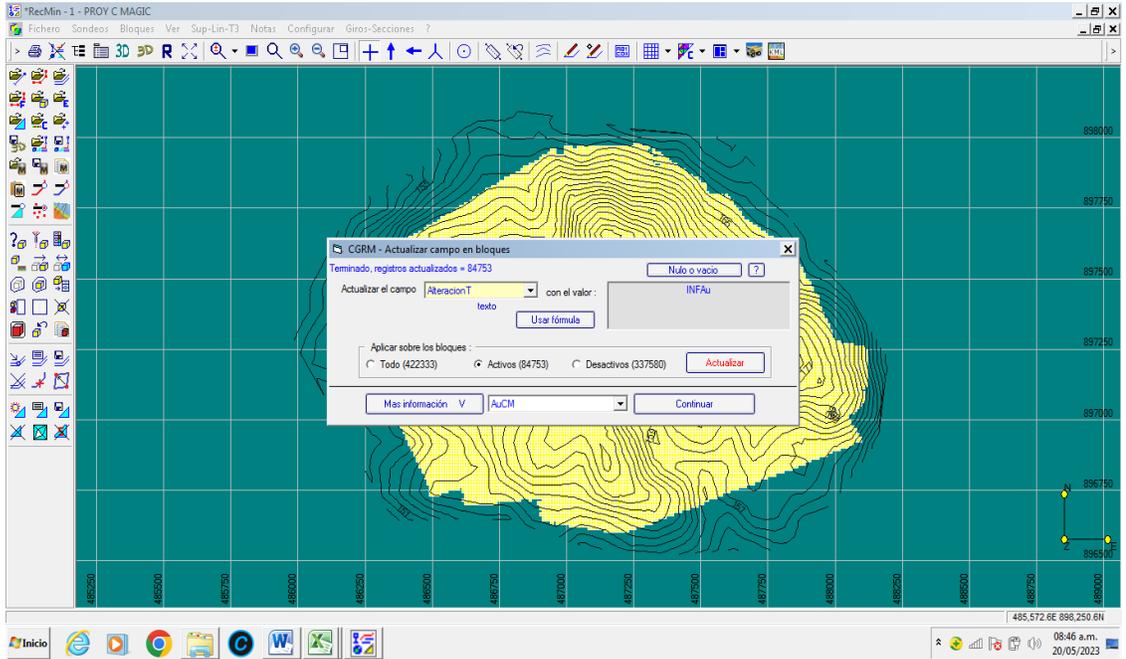




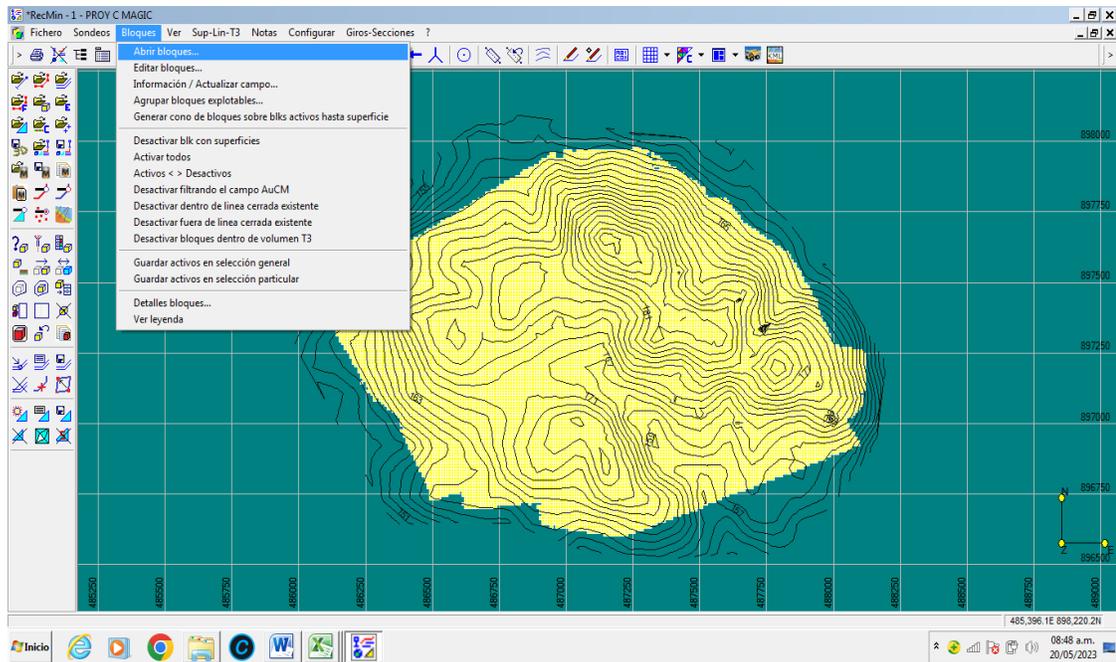


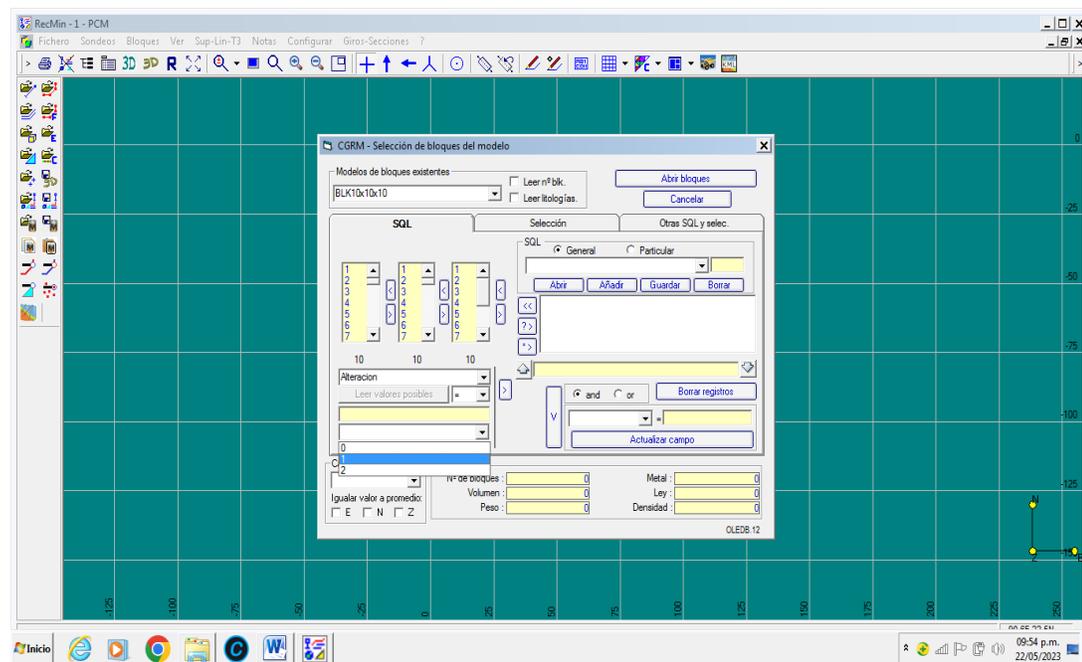
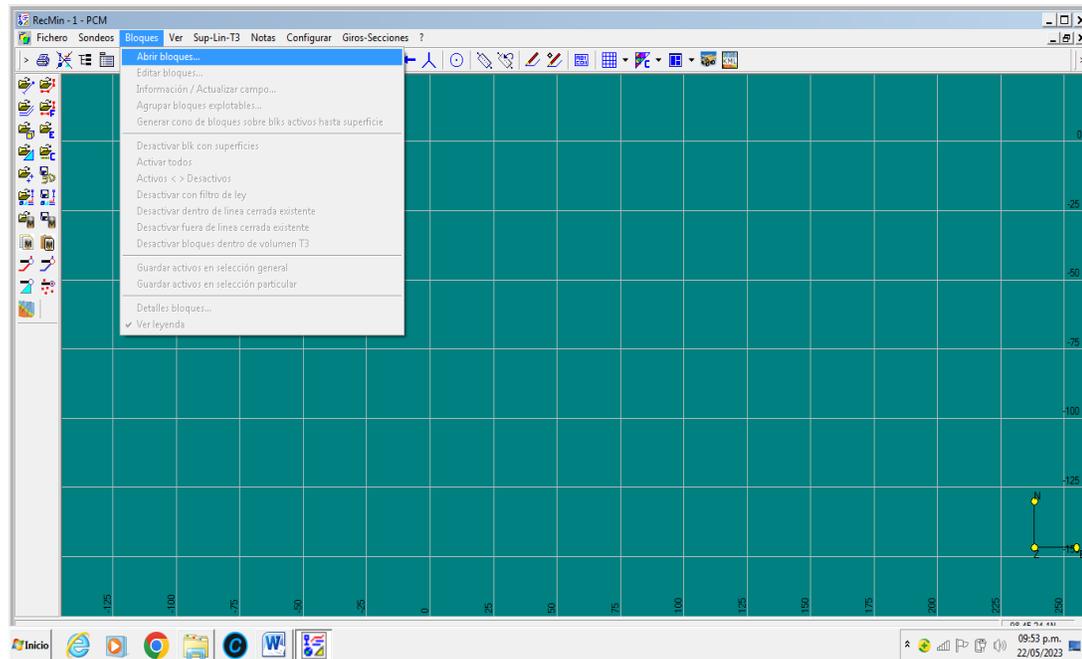


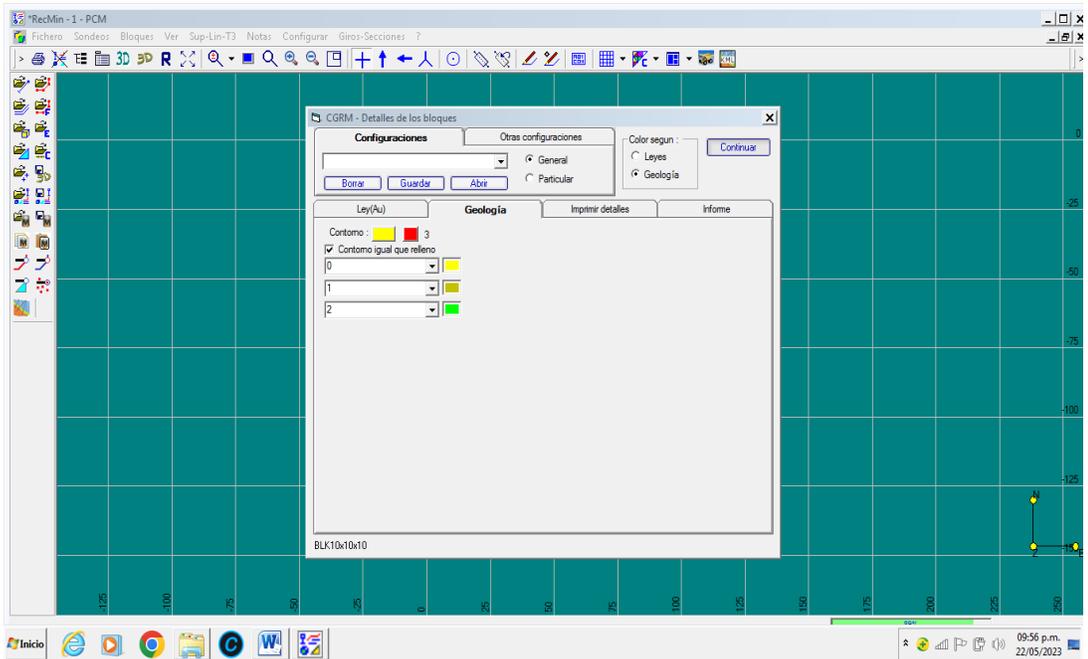
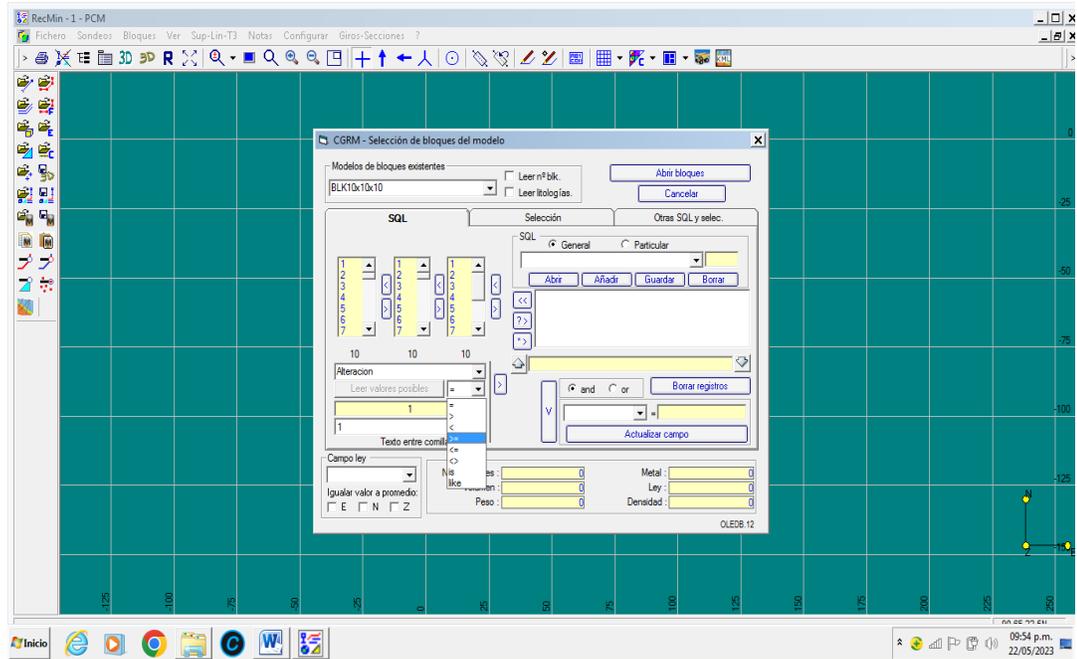


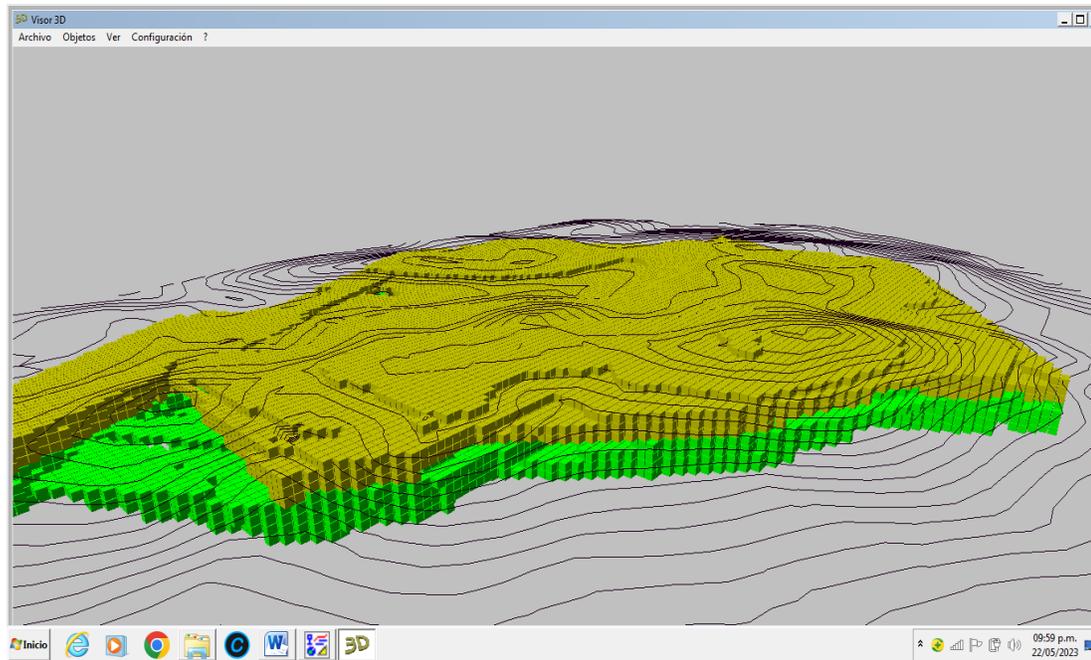
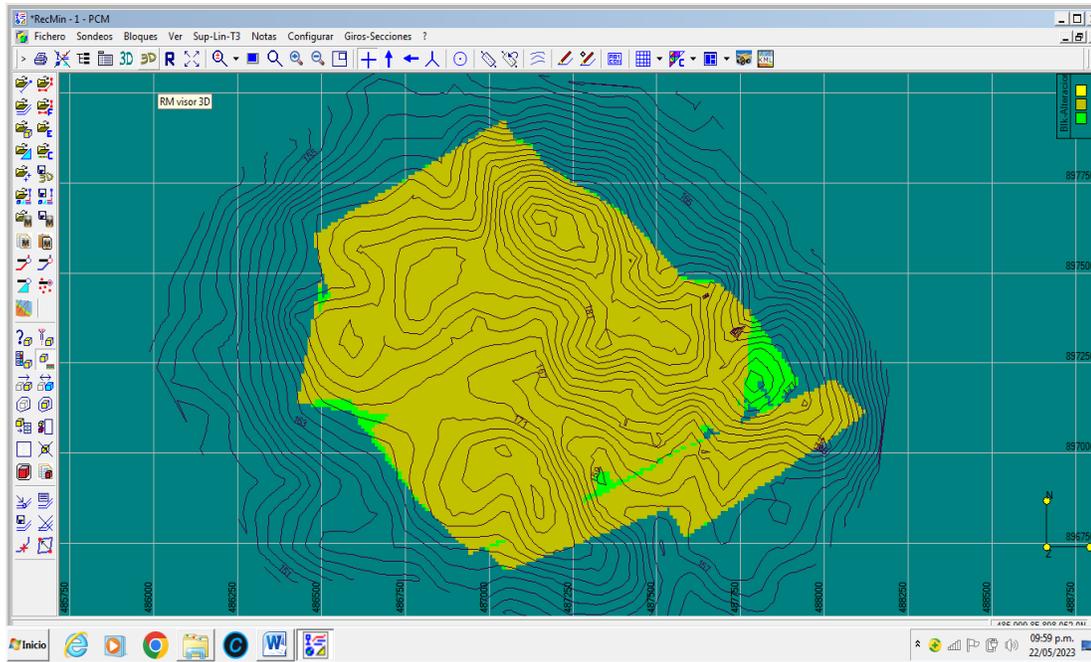


2) Cerramos la T3. Vamos a Bloques/Abrir bloques. Seleccionamos Alteración “1”, >=, “V” y Abrir Boques/ Dibujar según geología/ Continuar. Allí tenemos el modelo de bloques ajustado al modelo geológico.

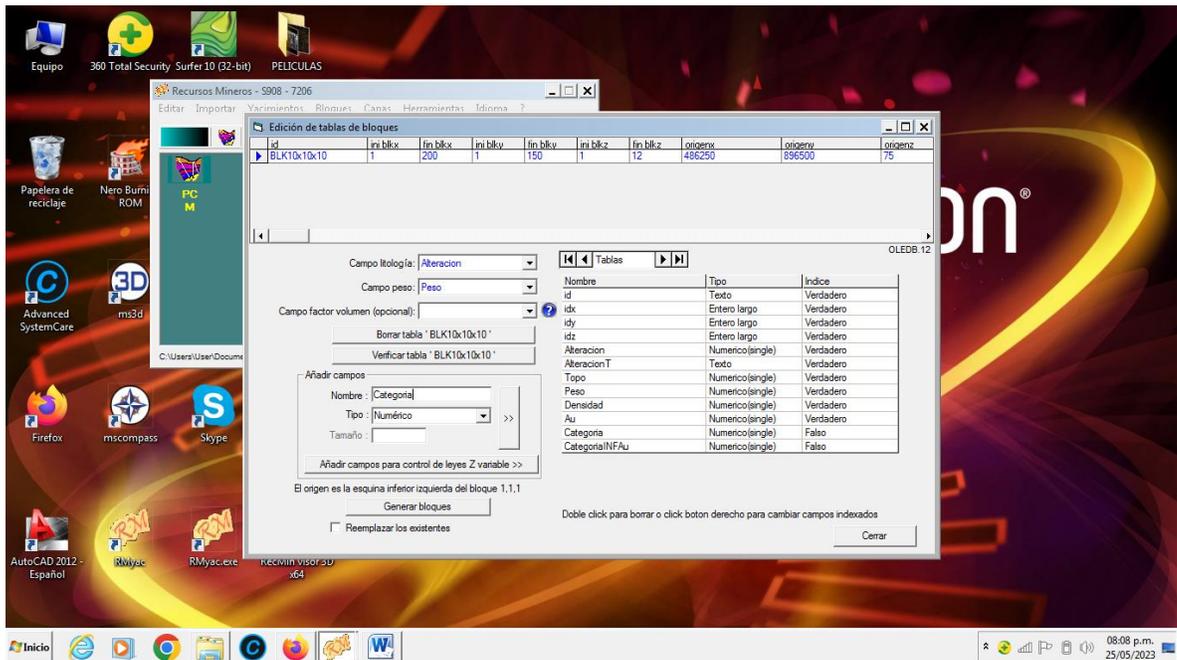




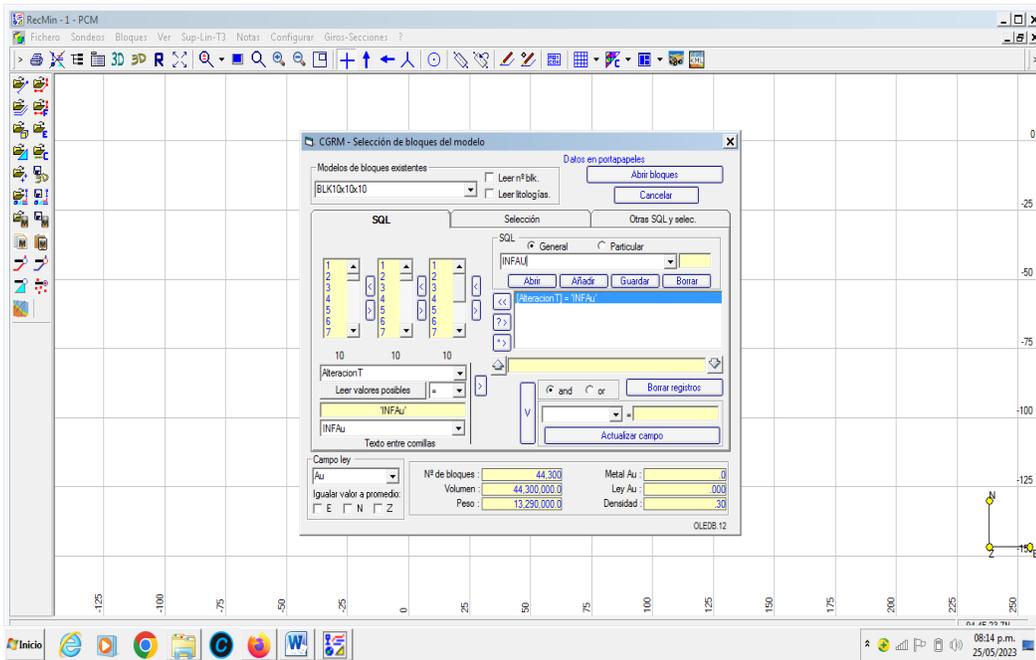
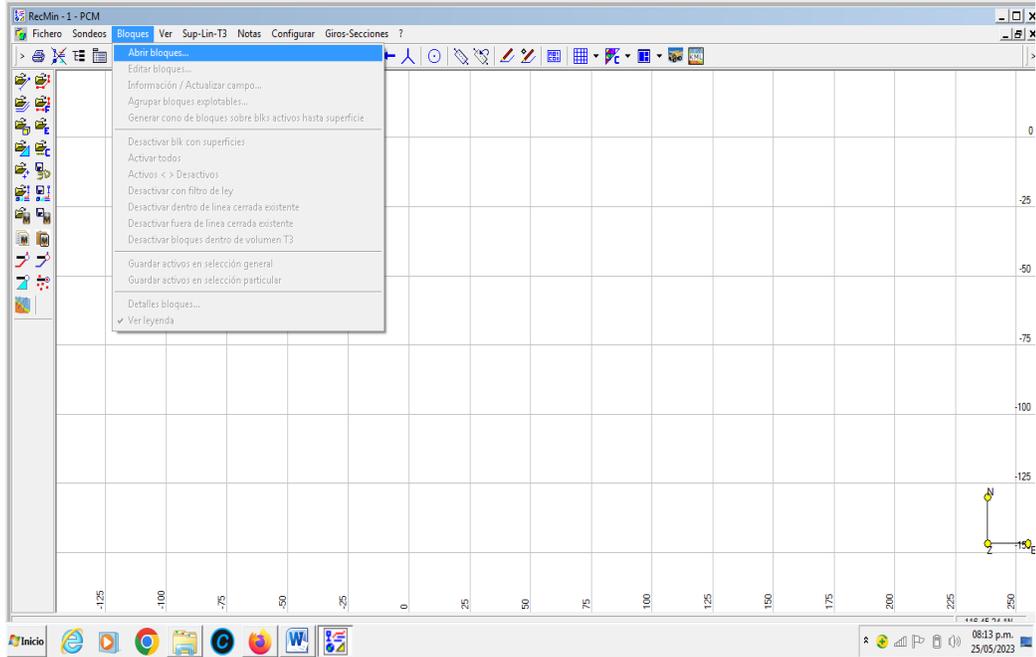




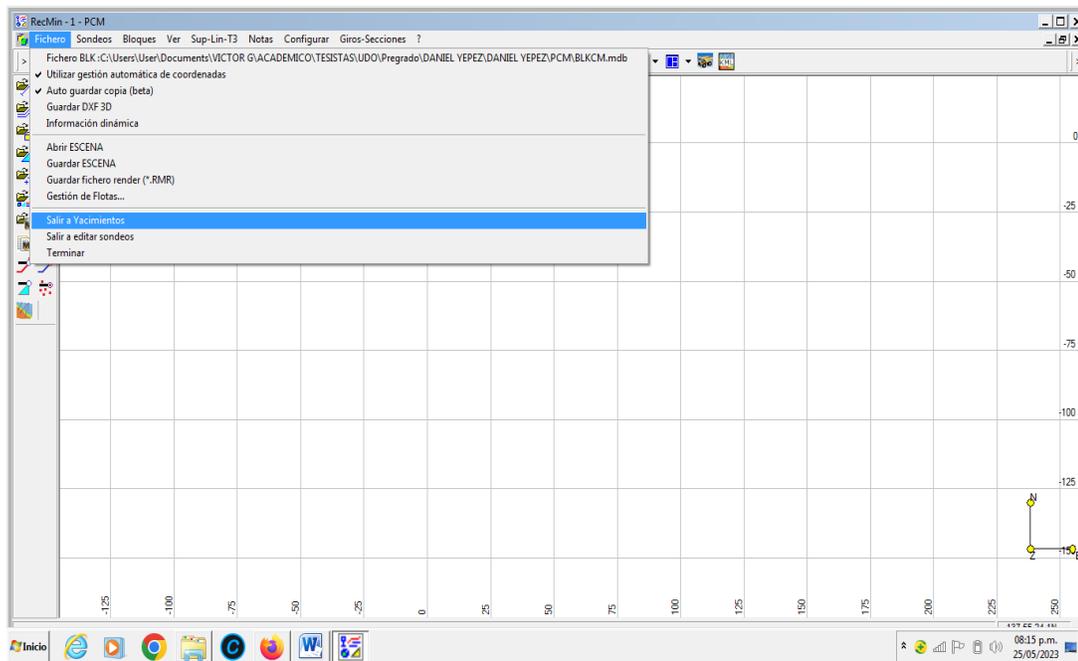
3) Seguidamente para categorizar los recursos según las leyes, salimos a yacimientos, Vamos a Bloques/Editar tabla de bloques, para generar un nuevo campo que lo llamaremos Categoría y de valor numérico. Cerramos

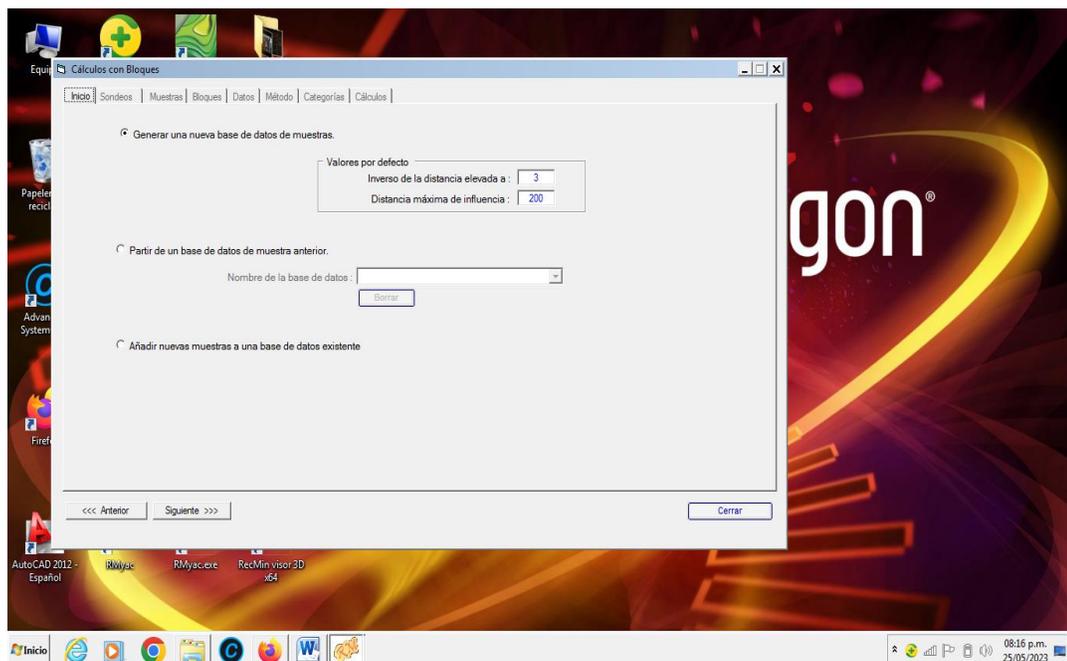
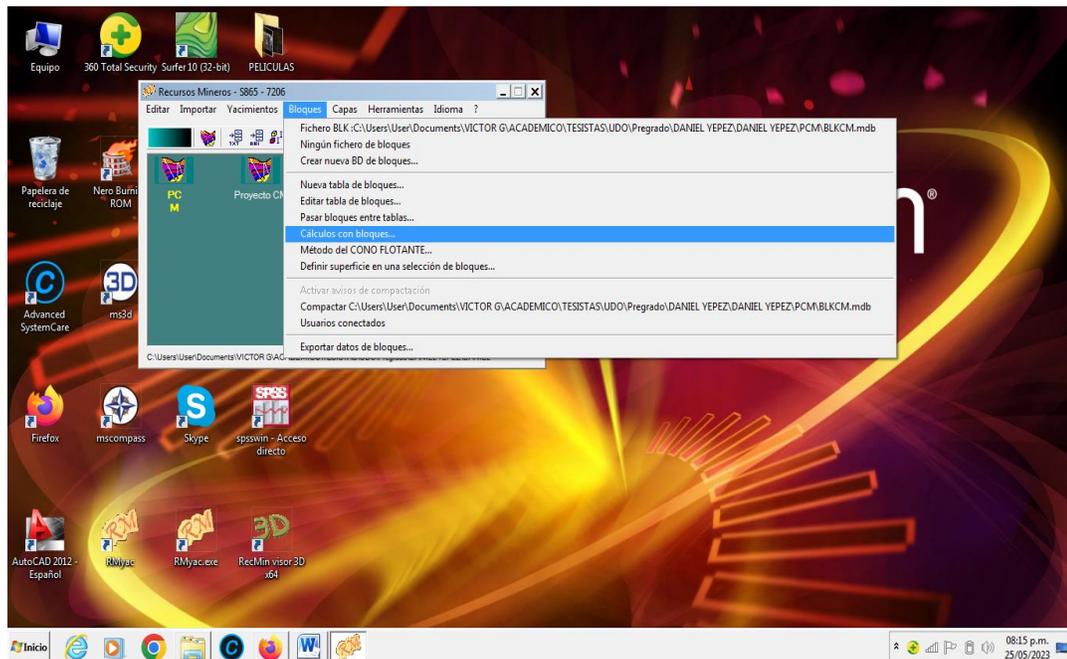


4) Vamos al módulo dibujo para generar la SQL para cada alteración. Uno para MINAu otro para INFAu. Menú bloques/Abrir bloques. Seleccionamos Alteración “Texto” INFAu/ >/V y se guarda en general con el nombre INFAu/ Cancelar. El mismo procedimiento se realiza para MINAu.

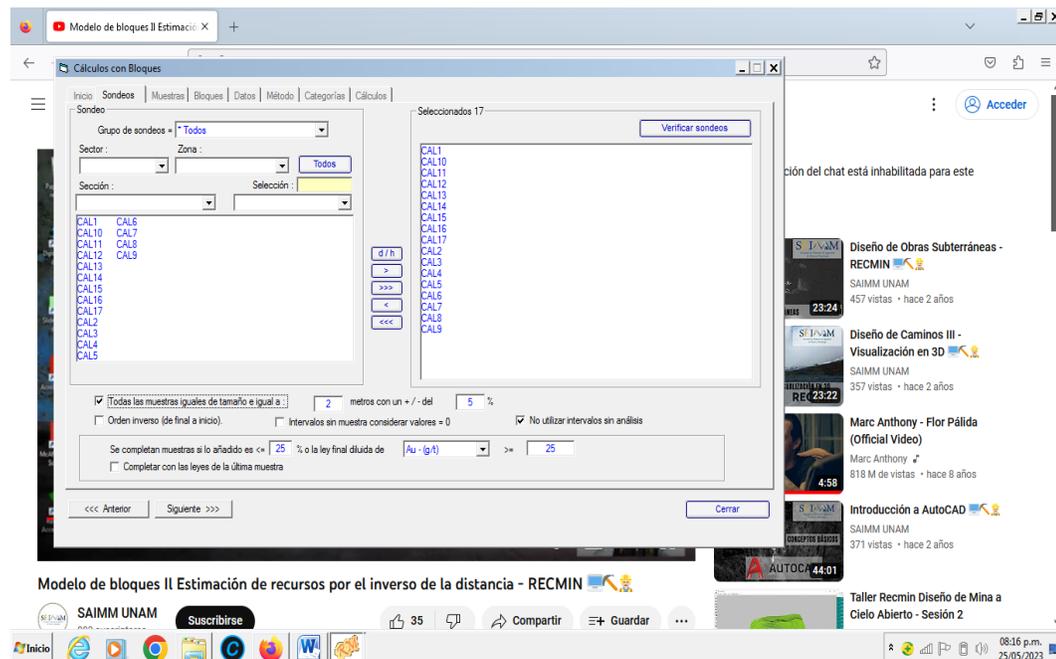


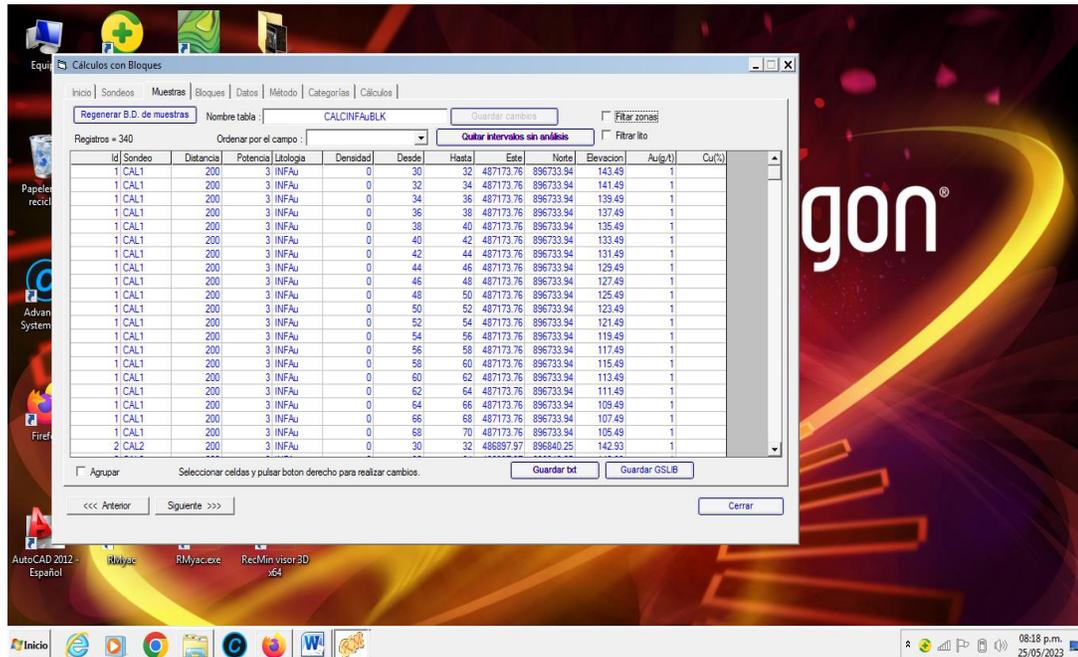
5) Salimos a Modulo Yacimiento para generar los compositos. Menu Bloques/Calculo con bloques. Seleccionar “Generar una nueva base de datos de muestra, Inverso de la distancia elevada “3”, Distancia mínima de influencia “200”. Y pulsamos siguiente



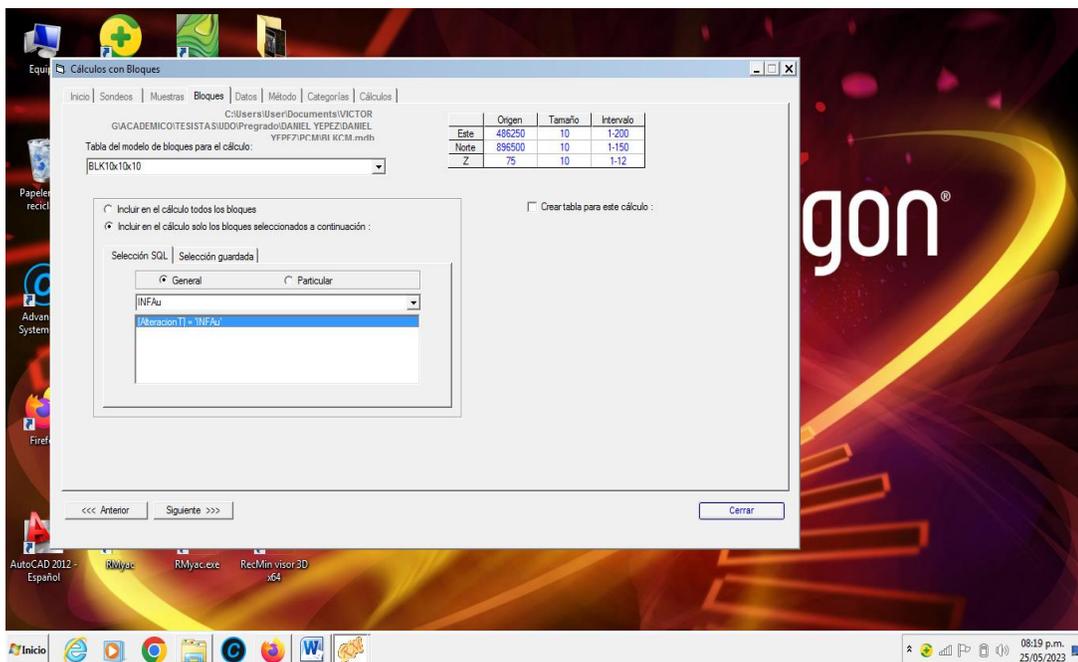


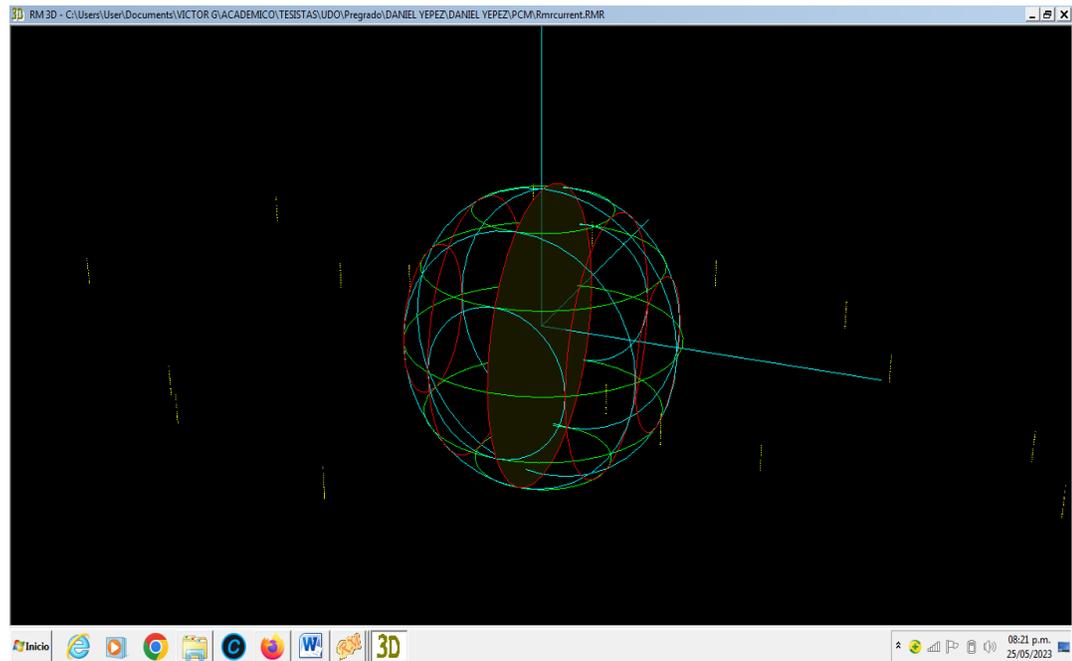
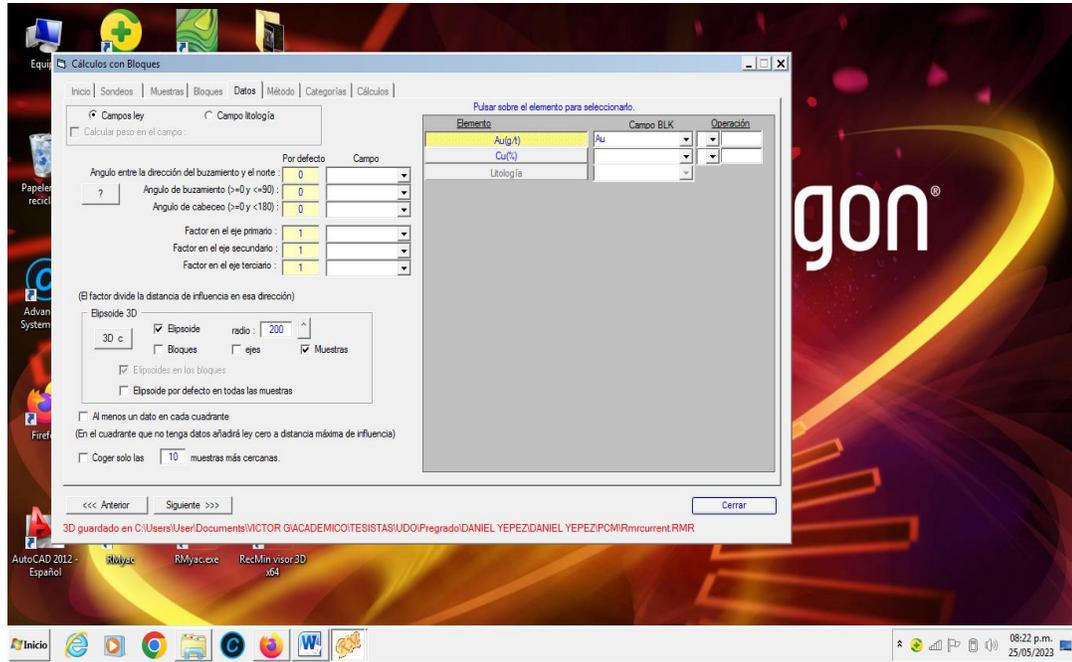
6) Seleccionamos todos los sondeos, Con todas las muestras iguales de tamaños e igual a “2” con +/- 10%/ no utilizar intervalos./siguiente/ Aceptar. Filtrar Compositos. Se coloca un nombre a la tabla(en este caso CALMINAuBLK o CALCINFAuBLK según el caso). Seleccionamos filtrar litología. Seleccionamos uno a la vez (MINAu ó INF Au), Filtrar/Si/Siguiente



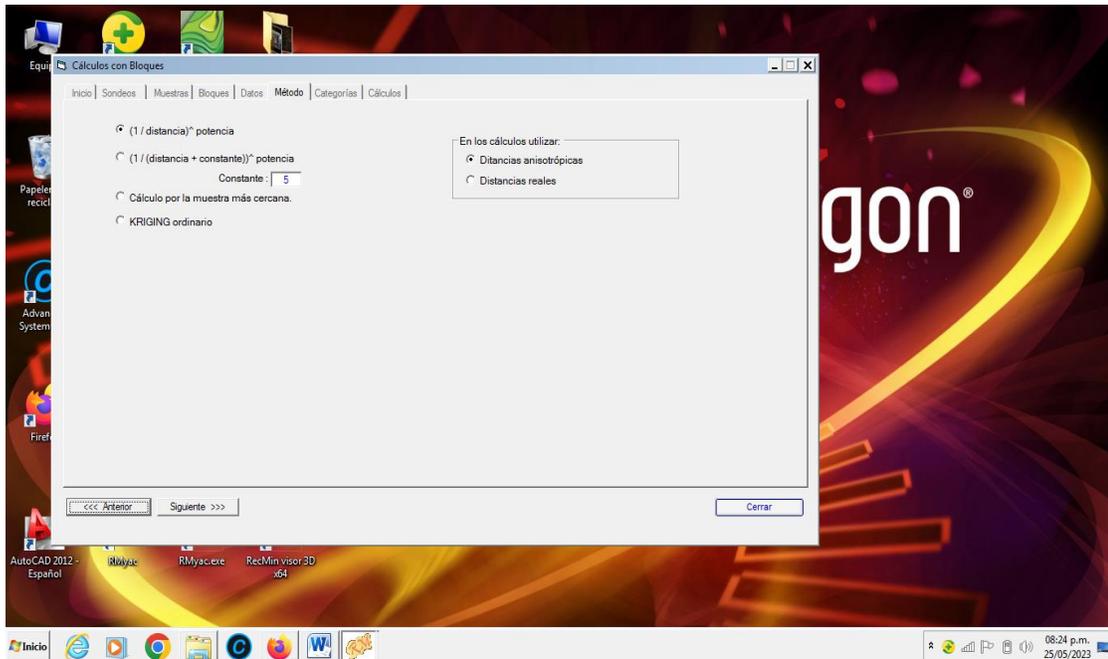


7) Aquí seleccionamos “Incluir en el cálculo solo los bloques seleccionados a continuación, General, INFau/Siguiente. En el siguiente cuadro se selecciona el elemento a categorizar (Au) se deja por defecto los parámetros del Elipsoide (Si lo desea se puede ajustar a su criterio)/Siguiente

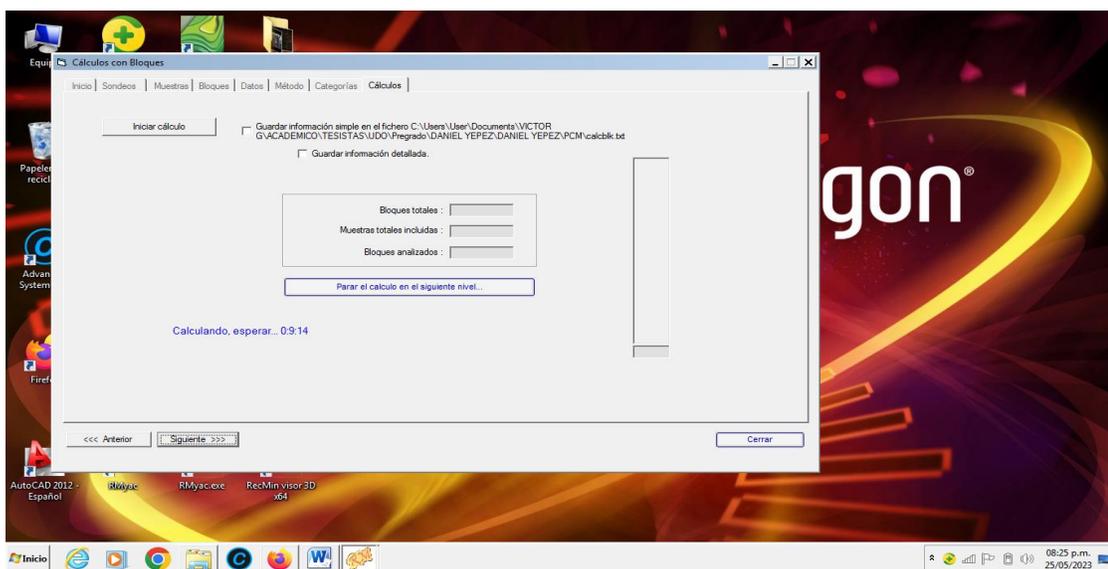


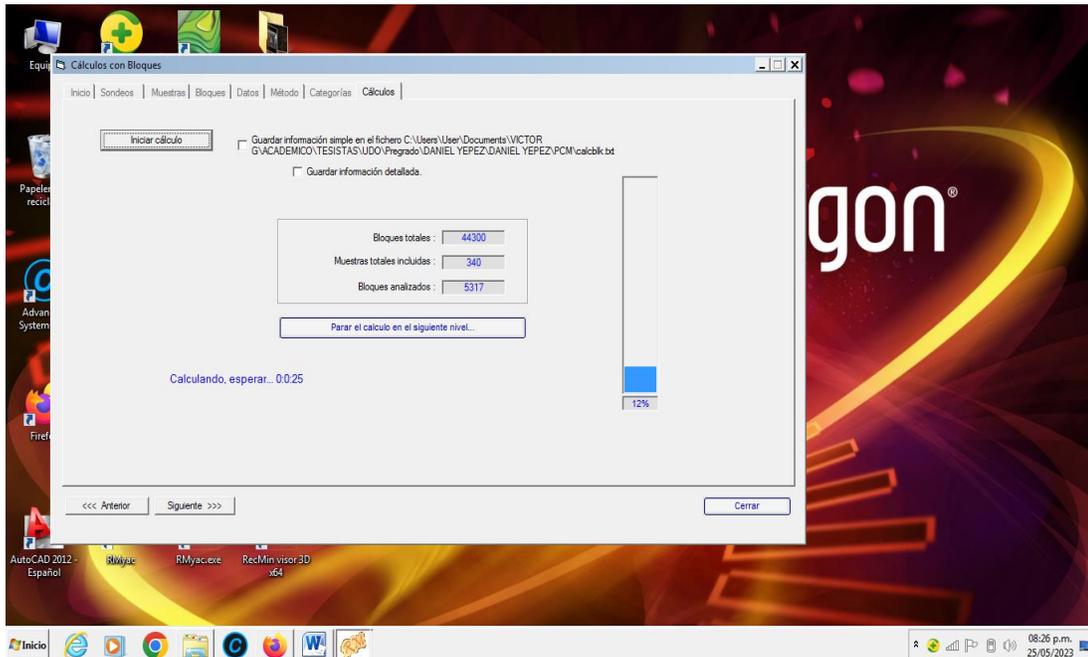


8) Seleccionamos $(1/\text{distancia})^{\text{Potencia}}$. Lo demás por defecto/ Siguiente

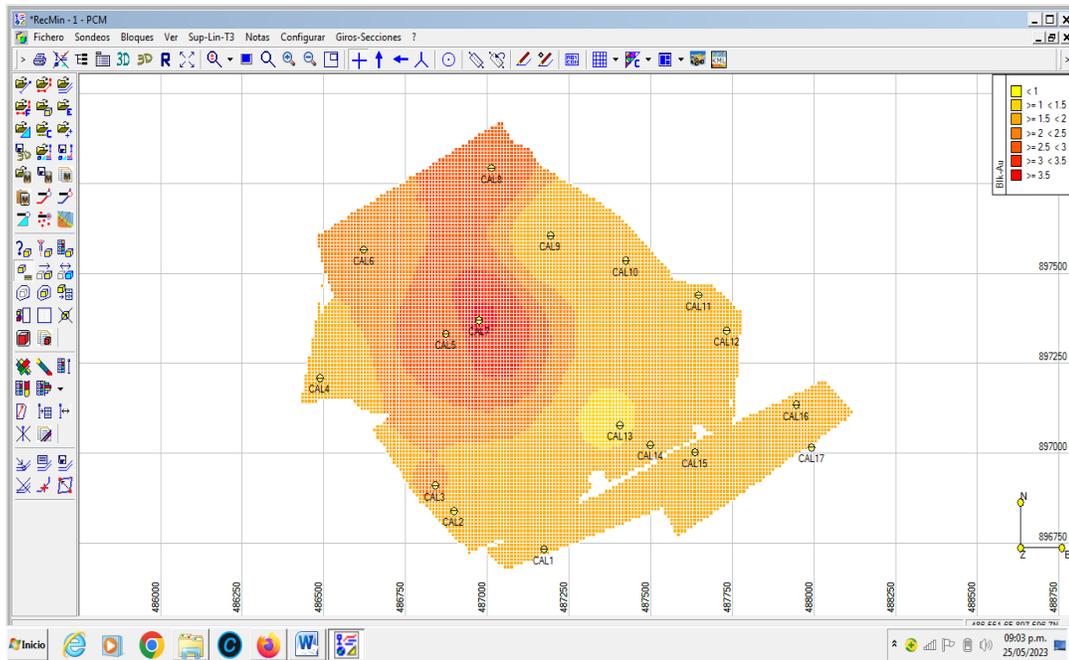
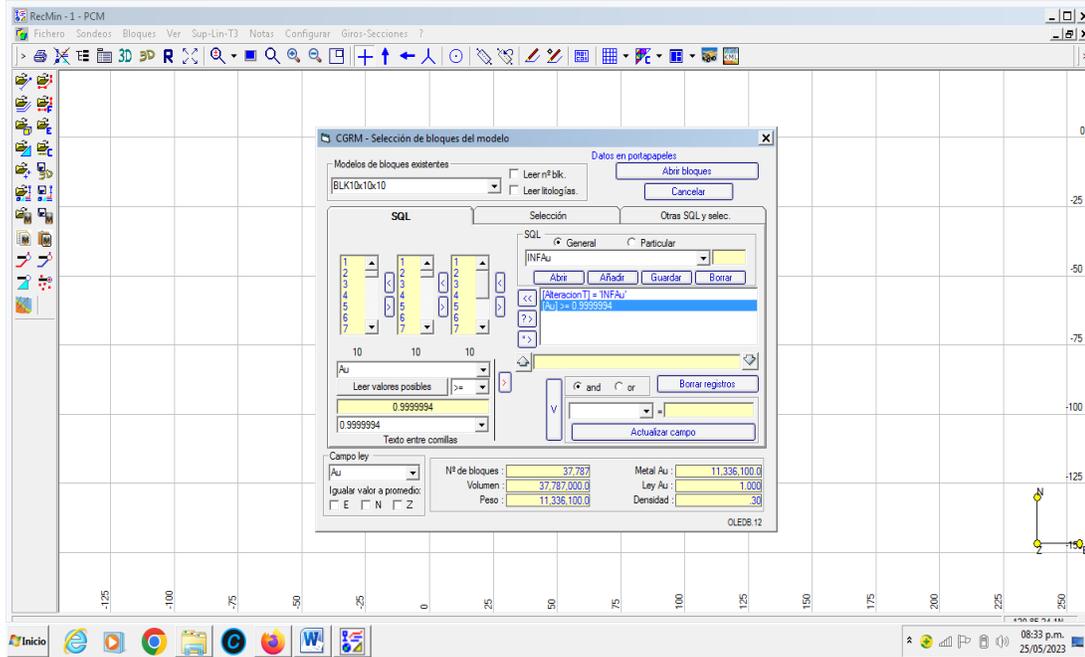


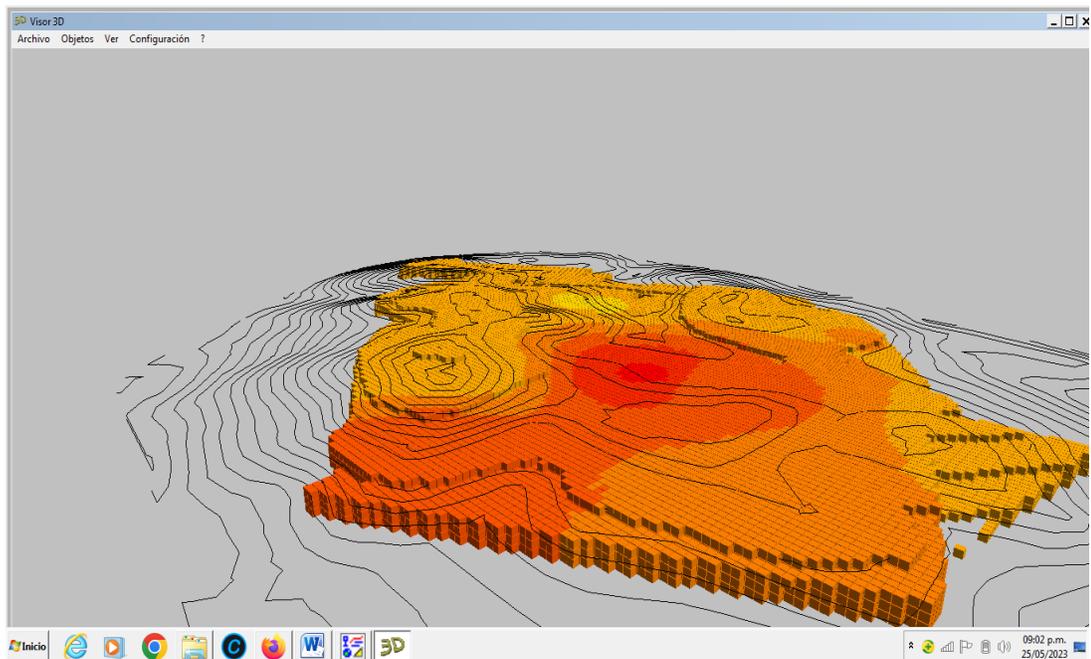
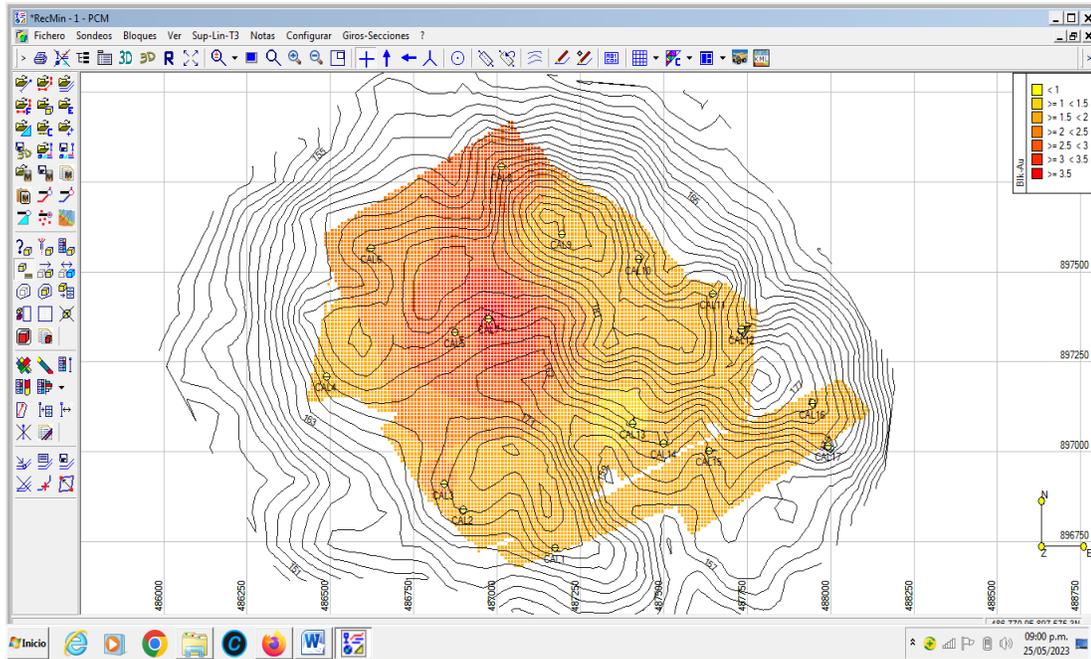
9) Ajustamos las categorías de recursos 1,2 y 3 al número de muestras mínimas (7, 4 2) y la distancia de búsqueda (200). Seleccionamos guardar el tipo de categoría en el campo que corresponda/ Siguiente/ Iniciar Calculo/Cerrar





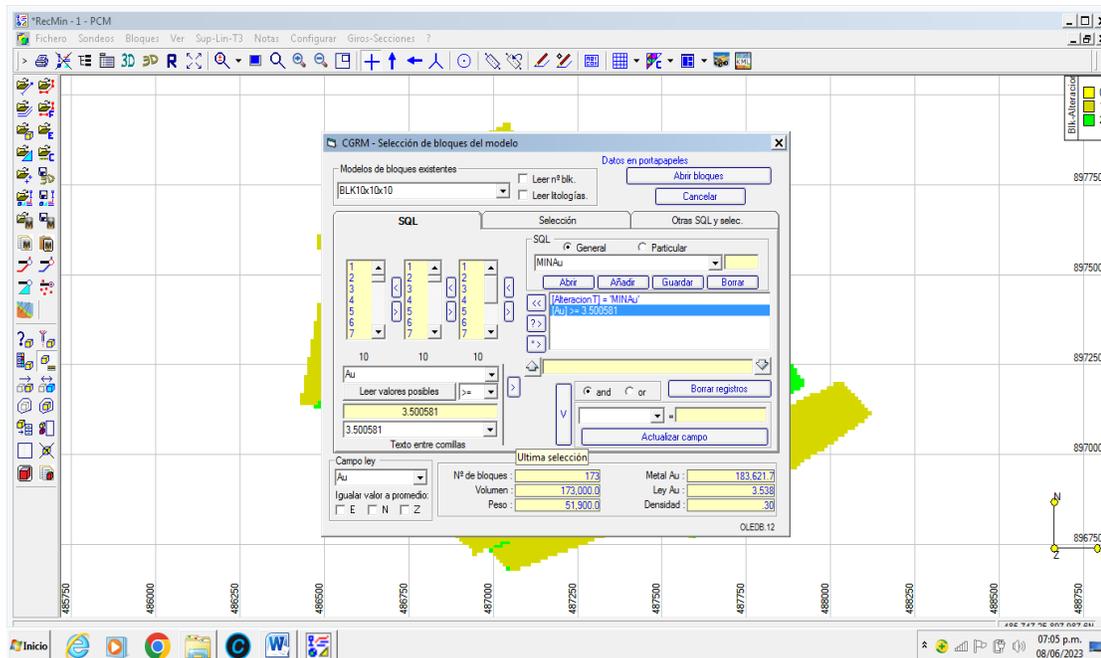
10) Vamos a Modulo dibujo/Bloques/Abrir bloques/SQL/MINAu/Abrir/ Seleccionamos campo Au/Leer valores posibles (se selecciona el mínimo valor)/ >=>/V/Abrir bloques. En detalles de bloque se puede ajustar el color, definir las categorías de recursos como medidos, indicados e inferidos con los valores 1, 2 y 3. Pulsamos continuar. El mismo procedimiento se realiza para la otra categoría mineralizada.

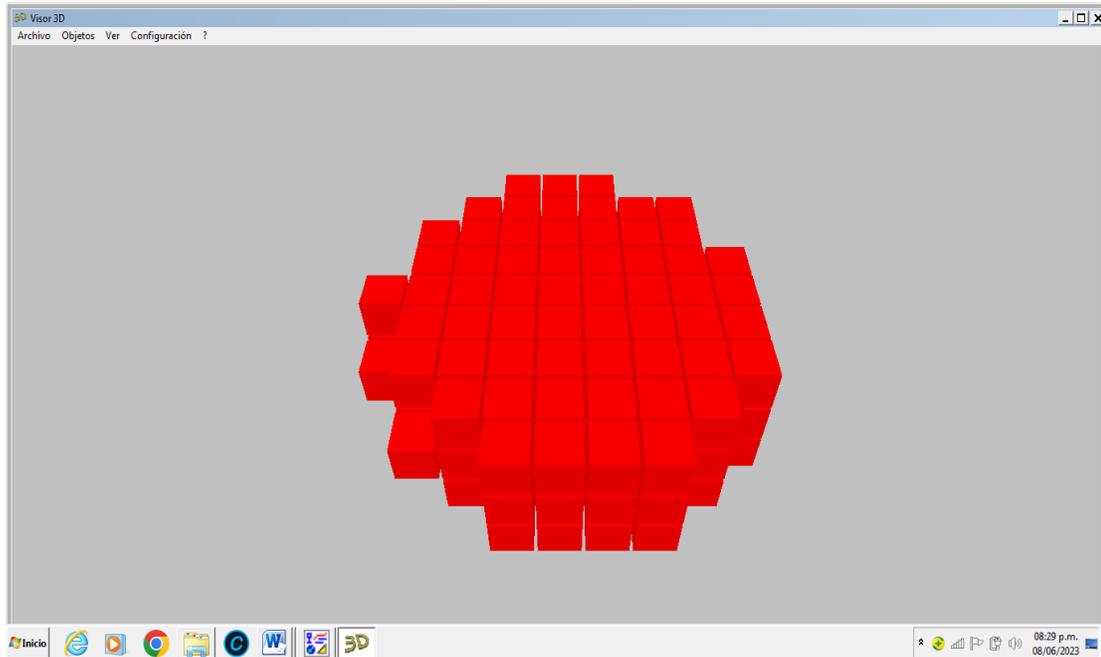




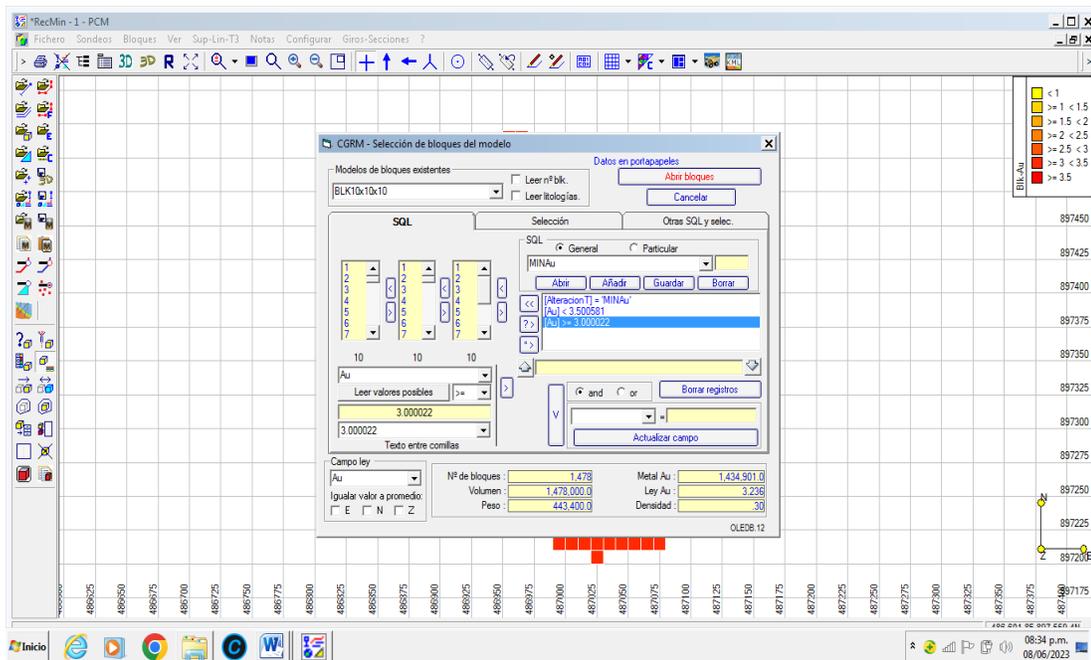
APENDICE F. CÁLCULO DEL TONELAJE DE LOS RECURSOS MEDIDOS E INFERIDOS

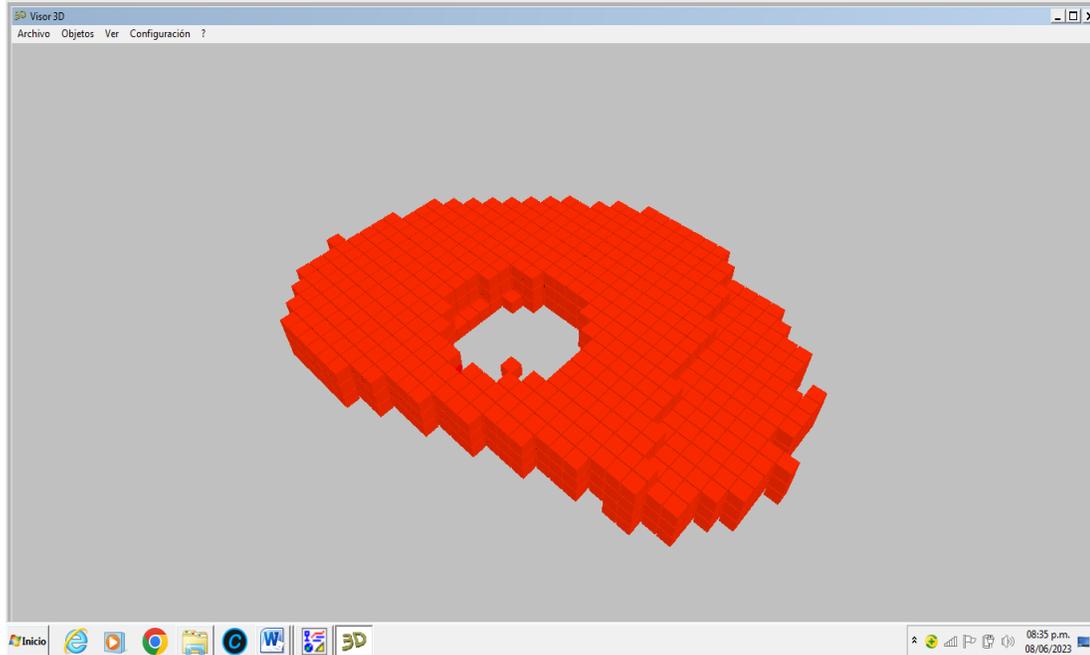
1) Vamos a módulo dibujo. Bloques/Abrir Bloques. Se abre la SQL MINAu se restringe con el campo oro (Au), comenzando con Au \geq 3.5. Pulsamos “V” verificamos en “Ultima selección” cuantos bloques cumplen con esa condición. Para ver el modelo con esa condición, pulsamos abrir bloques, seleccionamos leyes/Continuar.



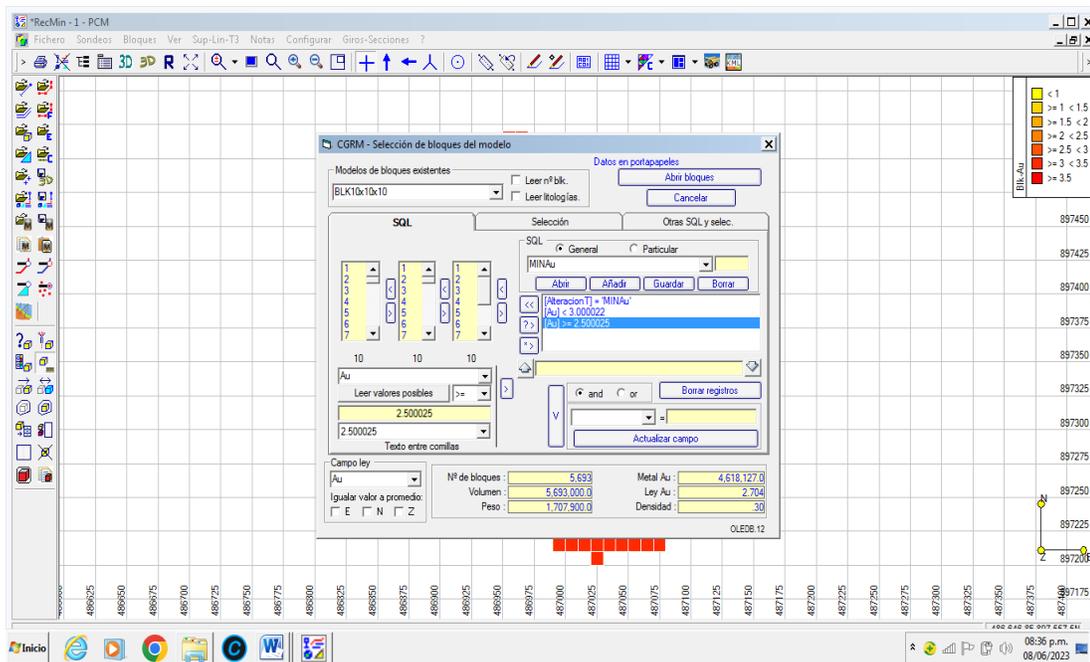


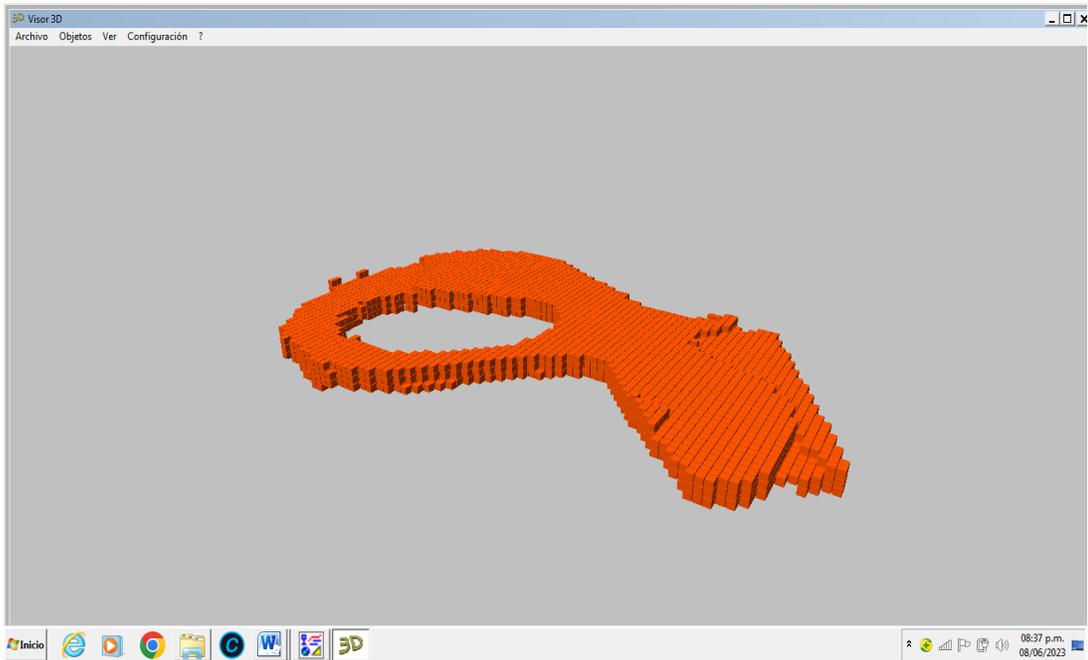
2) El mismo procedimiento pero para la condición $Au < 3.5$ $Au \geq 3.0$



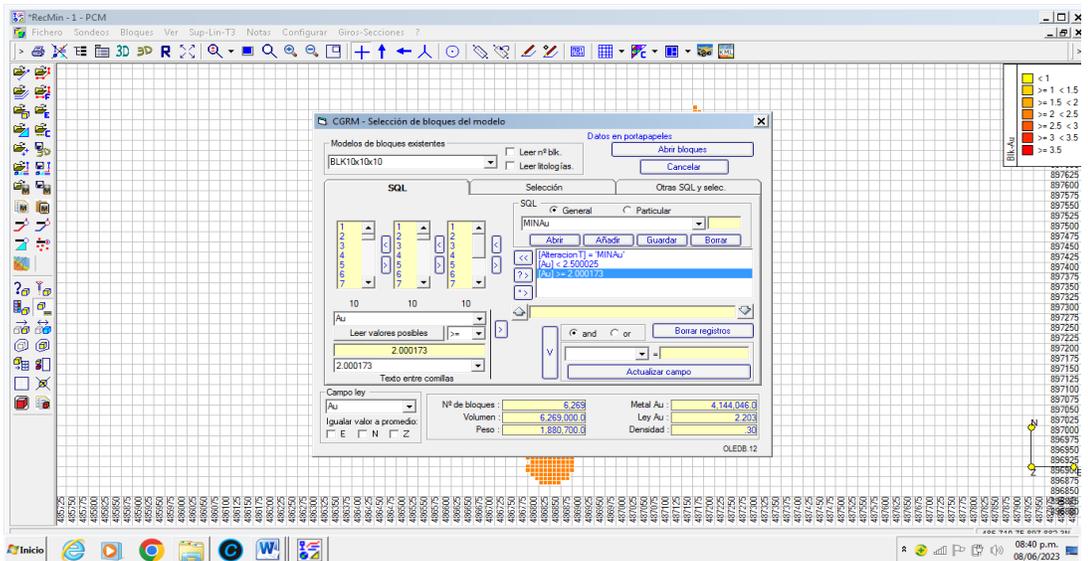


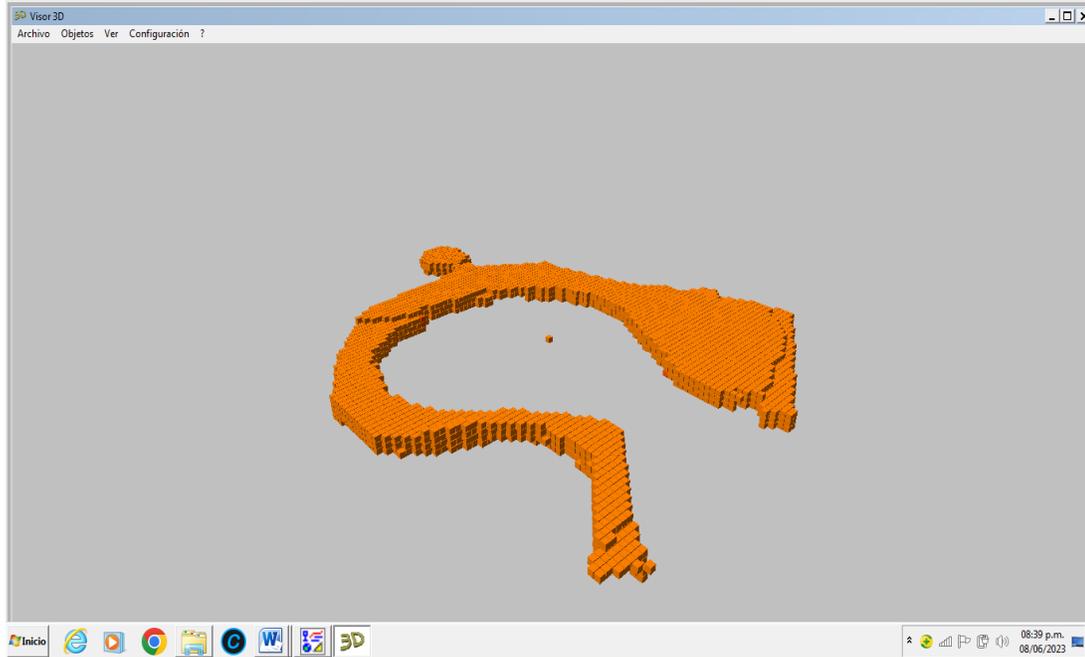
3) El mismo procedimiento pero para la condición $Au < 3.0$ $Au \geq 2.5$



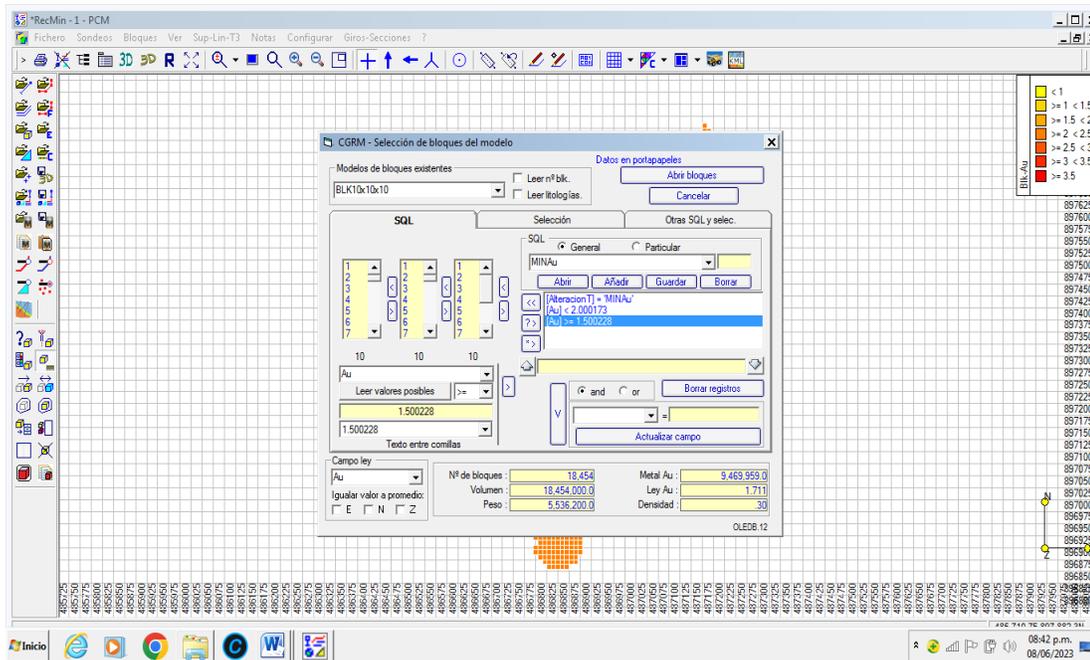


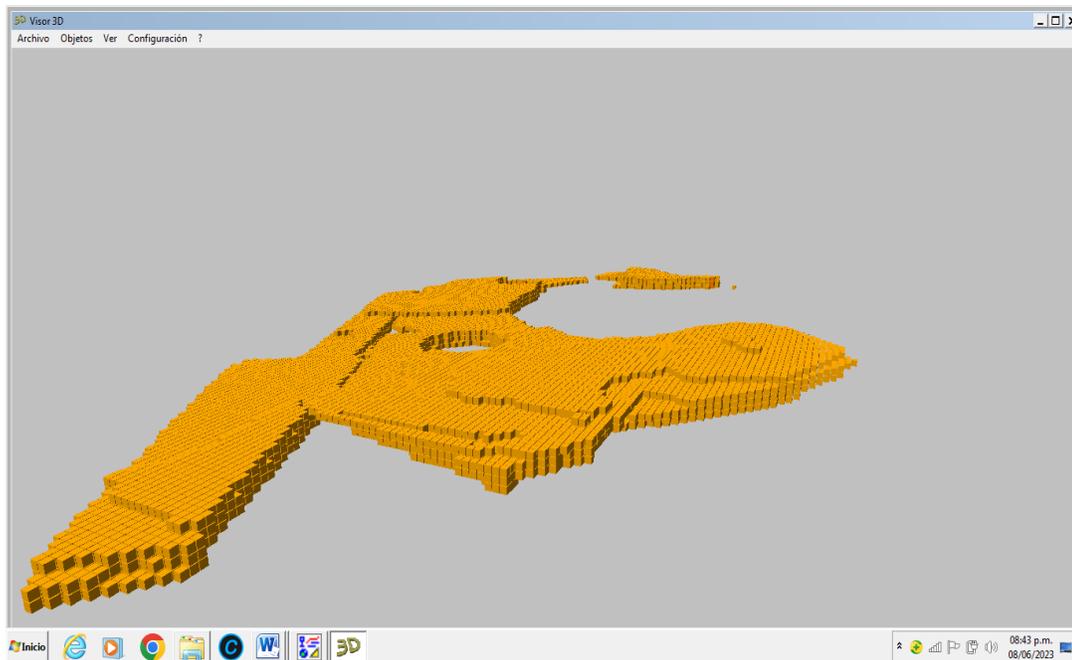
4) El mismo procedimiento pero para la condición $Au < 2.5$ $Au \geq 2.0$



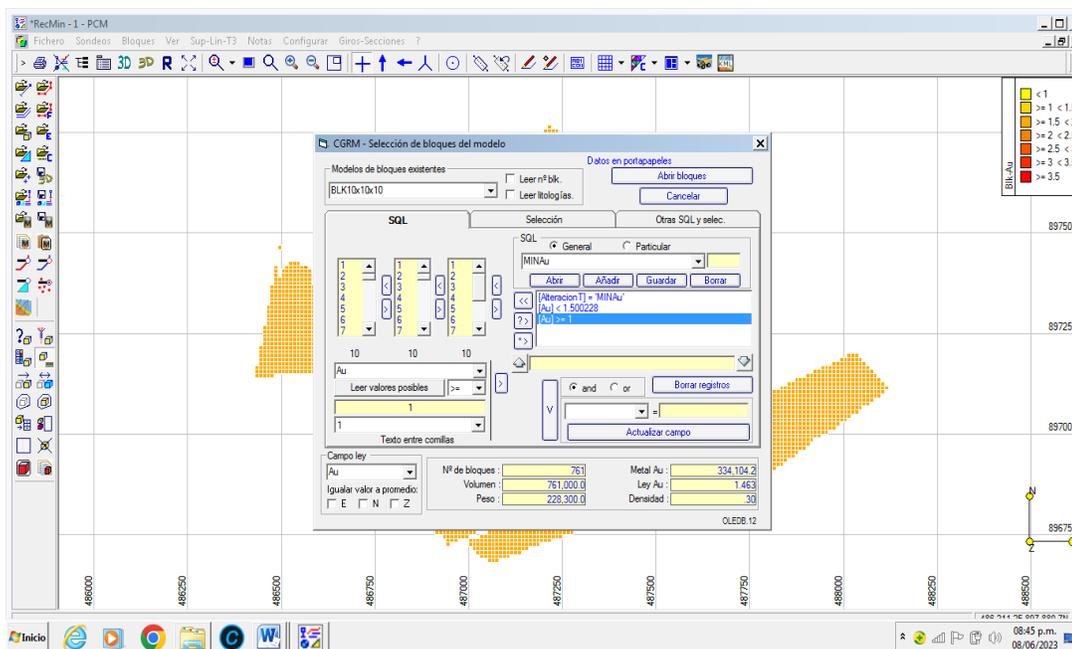


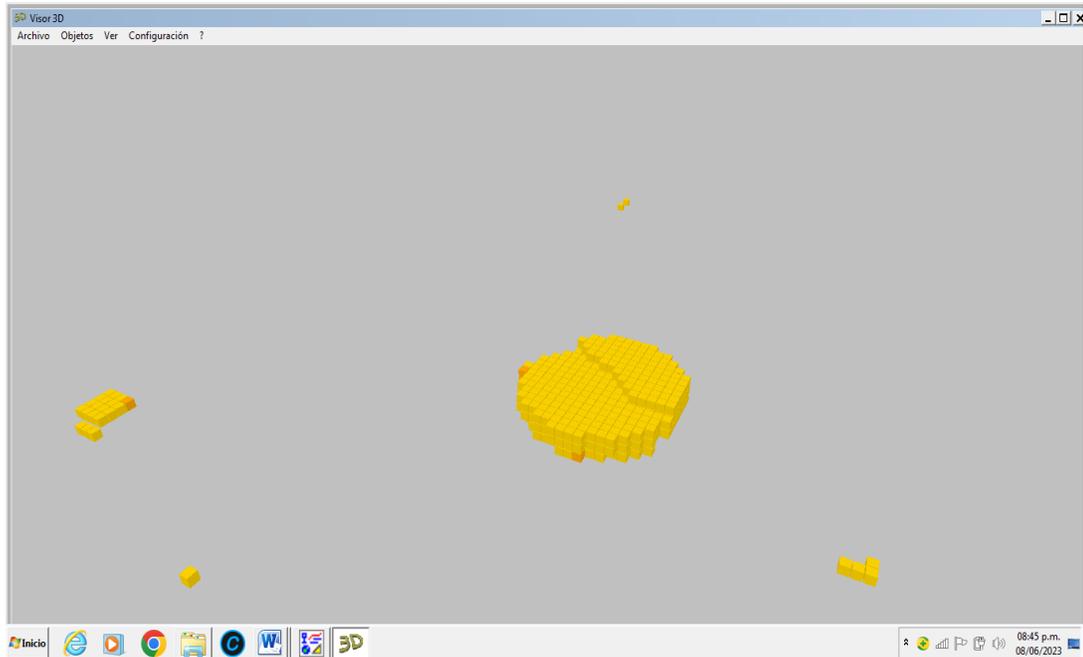
5) El mismo procedimiento pero para la condición $Au < 2.0$ $Au \geq 1.5$





6) El mismo procedimiento pero para la condición $Au < 1.5$ $Au \geq 1.0$





7) Con estos valores, procedemos a calcular las toneladas, el tenor promedio de los recursos medidos y la vida de la mina, con la ayuda de una hoja de cálculo de Excel, tomando en consideración la densidad aparente del material, dimensiones reales de los bloques y la producción promedio de una Mediana Minería.

Categoría	Tenores Au (g/t)	N° de Bloques (10x10x1m)	Volumen (m ³)	Recursos (t)	Vida de la mina (Años)
Medidos (MINAu)	>= 3.5	173	17,300	40,482	
	< 3.5 >=3	1,478	147,800	345,852	
	< 3 >= 2.5	5,693	569,300	1,332,162	
	< 2.5 >= 2	6,269	626,900	1,466,946	
	< 2 >= 1.5	18,454	1,845,400	4,318,236	
	< 1.5 >= 1	761	76,100	178,074	
Total		32,828	3,282,800	7,681,752	8
Tenor Promedio MINAu (g/t)	2.09		Onza Troy MIN	515,922	
Inferidos (INF Au)	1	44,300	4,430,000	10,366,200	
Densidad (t/m ³)	2.34		Onza Troy INF	333,281	
Onza troy = 31,1035 g		Total (MINAu + INF Au)		18,047,952	20
Produccion promedio Mediana Minería = 2.500 t/dia		Onza Troy MIN + INF		849,202	

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	CUANTIFICACIÓN DE LOS RECURSOS MINERALES, APLICANDO EL SOFTWARE RECMIN. CERRO LA PALOMA, KM 50 CARRETERA CIUDAD BOLÍVAR-PUERTO ORDAZ. VENEZUELA
---------------	--

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
GÓMEZ FLORES, JOSÉ ALEJANDRO	CVLAC: 19.475.422 E MAIL: jagomez808@gmail.com
YÉPEZ RIVAS, JOSÉ DANIEL	CVLAC: 18.961.760 E MAIL:danielypez36@gmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Software Recmin
Calculo de reserva
Polígono-Botalones
Calicatas
Muestras

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA y/o DEPARTAMENTO	SUBÁREA y/o SERVICIO
INGENIERÍA EN MINAS	VALUACIÓN DE YACIMIENTOS
CÁLCULO DE RESERVAS.	APLICACIÓN DE SOFTWARE MINERO

RESUMEN (ABSTRACT):

El área de estudio se encuentra al norte del estado Bolívar por la carretera vieja que comunica Ciudad Bolívar y Puerto Ordaz, a la altura del km 50, está localizada una finca donde se desarrolla el proyecto Costa Atlántica, que de acuerdo a los mapas de cartografía nacional, se sitúa el cerro conocido con el nombre de La Paloma. La finca cubre una superficie de 200 hectáreas y está delimitada por polígonos según las coordenadas UTM. El propósito de esta investigación consta en generar un modelo geológico de manera de categorizar los recursos en función de las leyes de oro (Au) presente en la zona. Para ello se realizaron análisis químico elemental para oro (Au) a las muestras provenientes de diecisiete (17) calicatas profundizadas a tres (03) metros, se organizaron los datos de coordenadas y elevaciones de las calicatas. El perfil de las calicatas muestra que la superficie está cubierta por bloques (< 10 cm de diámetro) de cuarzo residual, denominado “cuarzo flotante”, de forma irregular, con pátina de oxidación. Visualmente, se aprecia, que debajo de la capa de cuarzo que, el perfil del suelo, corresponde a una saprolita- o laterita muy oxidada de color marrón oscuro, pero se hace más claro hasta alcanzar los tres metros de profundidad. La forma cóncava, sugiere la presencia de un cuerpo intrusivo, en cuyas fases de bordes se desarrollan los filones de rocas pegmatíticas, simple o complejas, las cuales son potenciales portadoras de mineralizaciones de interés geoeconómico. Finalmente se

utilizó el software minero RecMin Free con el visor 3D para obtener el modelo geológico y la categorización de los recursos. Los análisis de las muestras tomadas en campo arrojaron un tenor promedio de oro (Au) de 2,09g/t, los recursos medidos llegan alcanzar 7 millones de toneladas a una potencia de tres (03) metros, con 500.000 oz de oro (Au) antes del proceso metalúrgico, pudiendo desarrollarse en esta zona una actividad potencial de mediana minería aurífera. Considerando cuatro (04) metros más de mineral inferido se estiman 850.000 oz de oro con una vida de la explotación alrededor de los 20 años.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
González Martínez, Víctor Manuel	ROL	CA	AS	TU X	JU
	CVLAC:	11.730.961			
	E_MAIL	victor.g.sfa@gmail.com			
	E_MAIL				
Haro Jiménez, Mayerling Ramona	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	10.048.922			
	E_MAIL	mayerlingramonaharo@gmail.com			
	E_MAIL				
Salazar, Edixon Ramón	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	4.910.127			
	E_MAIL	edixonsal@gmail.com			
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2023	12	07
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE: SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis Daniel y Jose RecMin End docx	. MS.word

ALCANCE

ESPACIAL: kilómetro 50, vía Ciudad Bolívar- Puerto Ordaz.

TEMPORAL: 5 años.

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO: Ingeniería en Minas.

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO: Pregrado.

ÁREA DE ESTUDIO: Cerro La Paloma.

INSTITUCIÓN: Universidad de Oriente.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE	
SISTEMA DE BIBLIOTECA	
RECIBIDO POR	<i>[Signature]</i>
FECHA	5/8/09
HORA	5:30

Cordialmente,

[Signature]
JUAN A. BOLANOS CUNDEL
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009)

“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario “

AUTOR

Gómez Flores, José Alejandro

C.I: 19.475.422

AUTOR

Yépez Rivas, José Daniel

C.I: 18.961.760

TUTOR

González Martínez, Víctor Manuel

C.I: 11.730.961

