

ANEXOS

ANEXO I
ESTUDIO GEOLÓGICO

ÍNDICE

	Pág nº
<hr/>	
1. INTRODUCCIÓN	3
2. CONTEXTO GEOLÓGICO DEL YACIMIENTO.....	7
3. CLAVES GEOLÓGICAS DEL YACIMIENTO EN LA MORENA	11
3.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.....	11
3.1.1. Calizas dolomitizadas (Paleoceno) - 203	11
3.1.2. Calizas eocenas de Alaiz (Eoceno inferior) - 215	12
3.1.2.1. Niveles de interrupción sedimentaria	13
3.1.2.2. Facies de calizas nodulosas	14
3.1.3. Margas de Pamplona (Eoceno sup.).....	14
3.1.4. Cuaternario.....	14
3.2. ESTRUCTURA DEL YACIMIENTO EN LA MORENA	16
4. SONDEOS DE INVESTIGACIÓN	17
5. ESTIMACIÓN DE RECURSOS GEOLÓGICOS DEL YACIMIENTO	19
6. CONCLUSIONES.....	21

1. INTRODUCCIÓN

El yacimiento de calizas de la Sierra de Alaiz se localiza en el borde meridional de la Cuenca de Pamplona, a unos 15 km al SSE de Pamplona.

En su conjunto, el afloramiento calcáreo presenta una superficie algo superior a las 1.800 ha, casi 2 km², y da lugar a un destacado relieve que constituye la línea de cumbres de la Sierra de Alaiz, cuya altura media se eleva unos 600-800 m sobre la altitud media de la Cuenca.

La totalidad del afloramiento calizo muestra una morfología arqueada (E-O), que se abre suavemente hacia el Sur y con una longitud entre extremos de casi 11 km, por poco más de 1,5-2 km de ancho, ver figuras 1.1 y 1.2.



Figura 1.1.- Localización del yacimiento de calizas de la Sierra de Alaiz, en el borde meridional de la Cuenca de Pamplona (modificado de Iberpix)

La cantera de La Morena se localiza en el extremo SO de la Sierra de Alaiz, dentro del municipio de Tiebas y junto al importante corredor de comunicaciones (AP15, N121, ferrocarril, etc.) que supera el paso entre la Sierra de Alaiz y la del Perdón (ver figura 1.2).

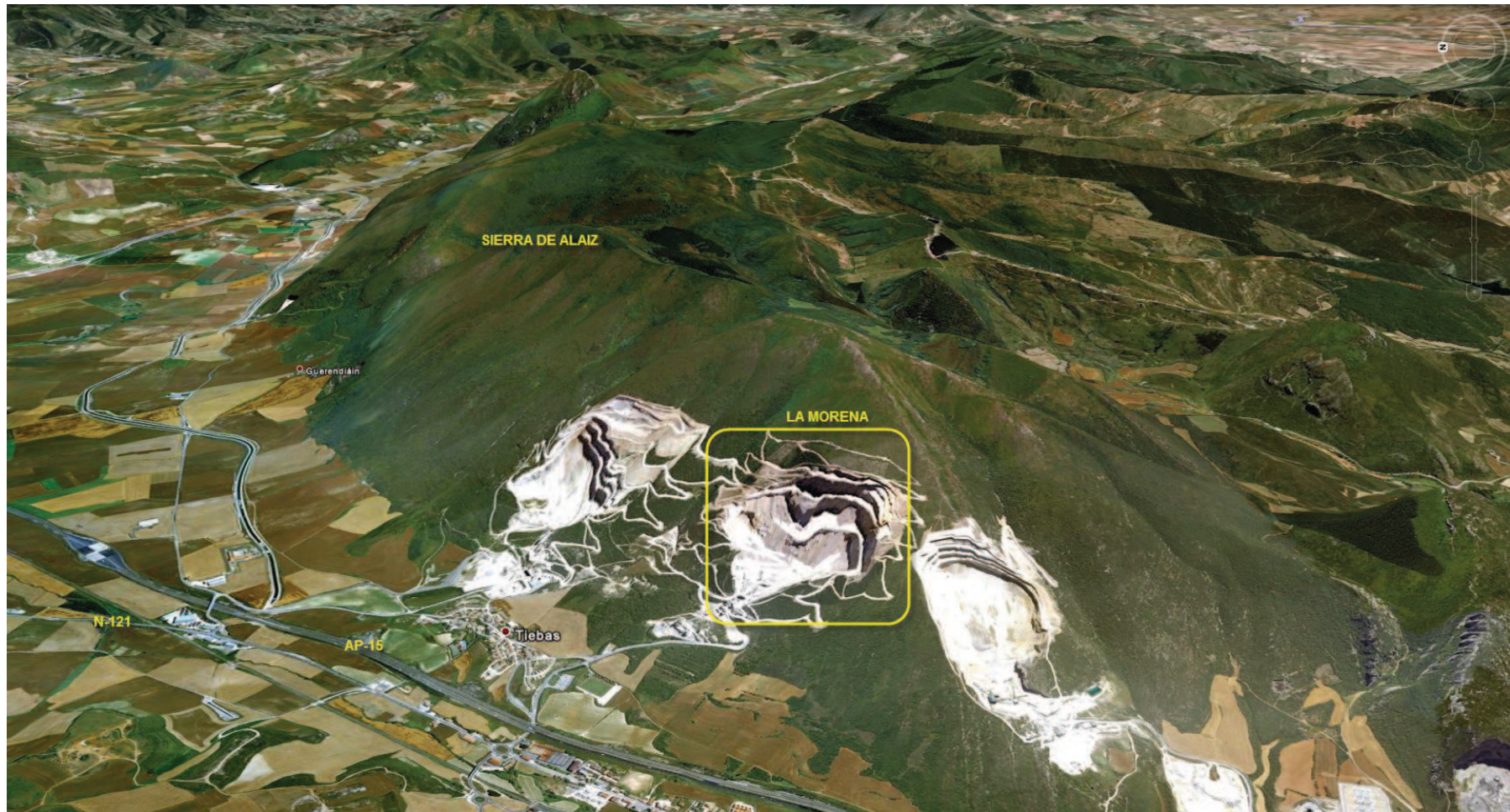


Figura 1.2.- Vista aérea del afloramiento carbonatado y detalle de la localización de la cantera de La Morena (Google mod.)

2. CONTEXTO GEOLÓGICO DEL YACIMIENTO

Desde el punto de vista geológico, el yacimiento de calizas eocenas de la Sierra de Alaiz se localiza en el ámbito de los Pirineos, en la Zona Surpirenaica, y constituyendo el borde meridional de la cuenca prepirenaica de Jaca-Pamplona.

Además, la estructura de esta sierra responde al reflejo de un anticlinal-cabalgante (pliegue-falla) de vergencia Sur, que corresponde a uno de los cabalgamientos frontales surpirenaicos (CFS).

Atendiendo a esta estructura, se aprecia un flanco corto (Sur) muy apretado y recorrido por líneas de cabalgamiento, también vergentes al Sur, mientras que el flanco septentrional de la estructura corresponde a su flanco largo, donde los materiales se disponen según una disposición monoclinial, que da lugar al característico relieve en cuesta de la vertiente Norte de la Sierra de Alaiz.

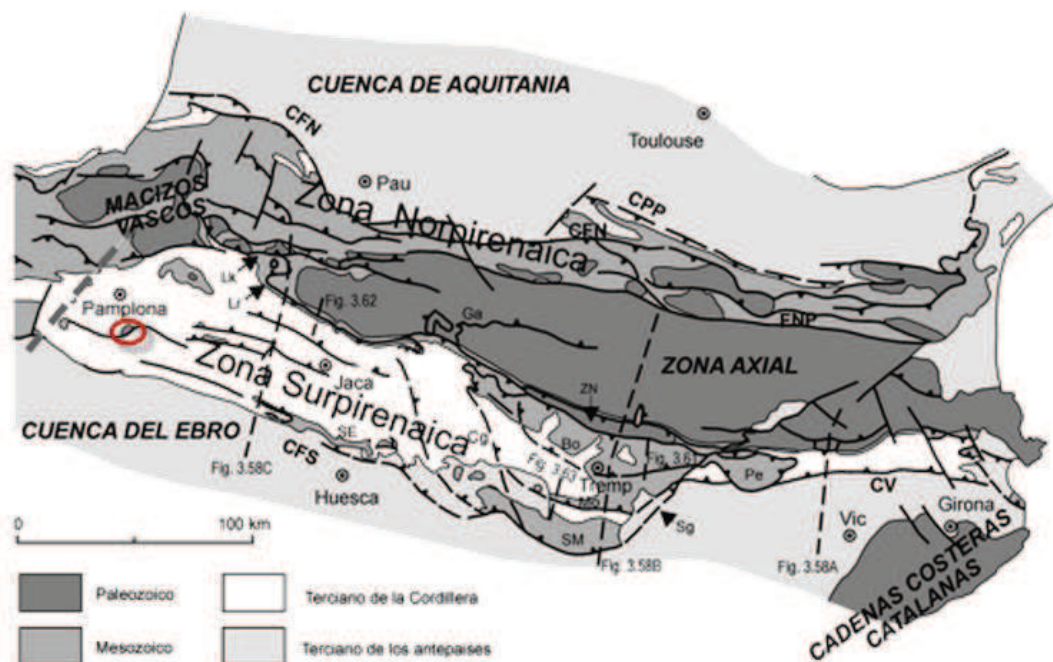


Figura 2.1.- Contexto geológico y localización de la zona de estudio dentro de los Pirineos (Geología de España, AAVV, 2004).

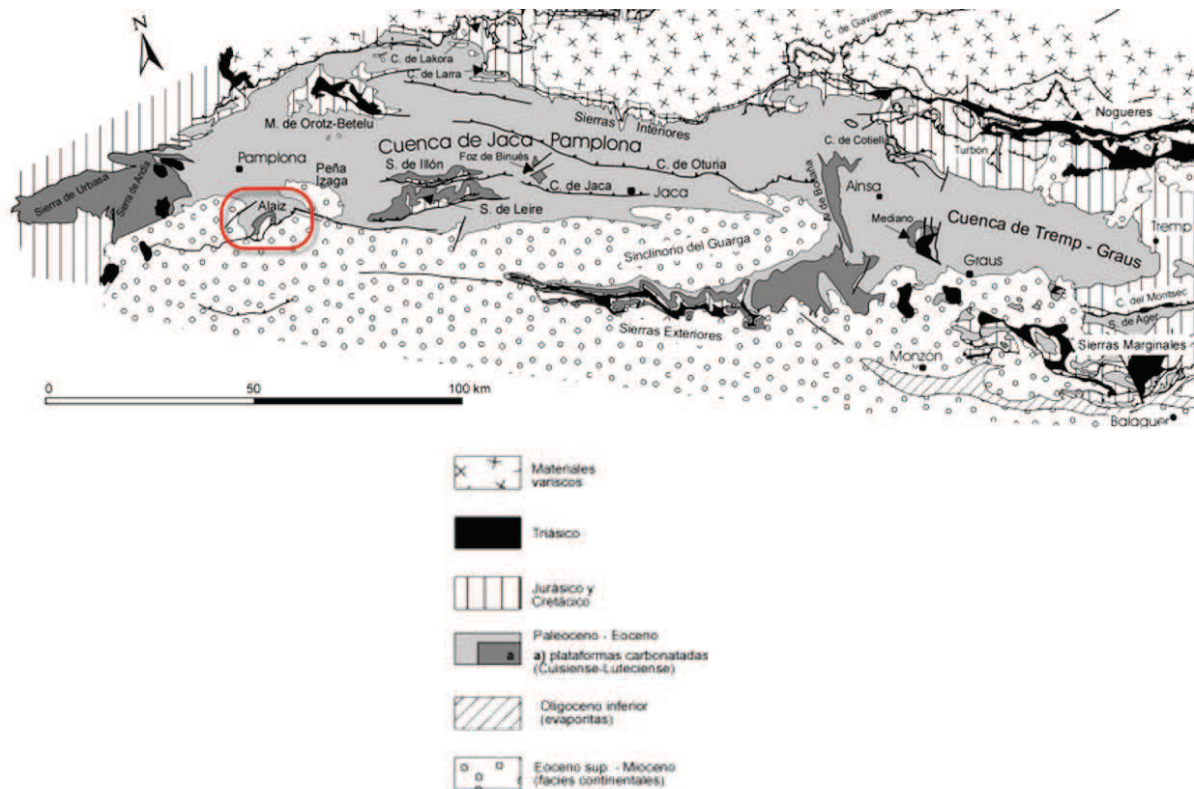


Figura 2.2.- Contexto geológico y localización de la zona de estudio dentro de la cuenca prepirenaica de Jaca-Pamplona, en la Zona surpirenaica (Geología de España, AAVV, 2004).

El afloramiento de caliza en el flanco septentrional de la Sierra de Alaiç muestra una morfología arqueada y elongada según una dirección aproximada ENE-OSO, con un eje mayor de unos 11 km y el menor de aproximadamente 1,5-2 km.

Su disposición responde en líneas generales a la de una estructura homoclinal (relieve en cuesta), con buzamientos medios a suaves (20-55°) hacia posiciones septentrionales, y levemente afectada por estructuras tectónicas transversales que configuran su estructura final (ver figura 2.3).

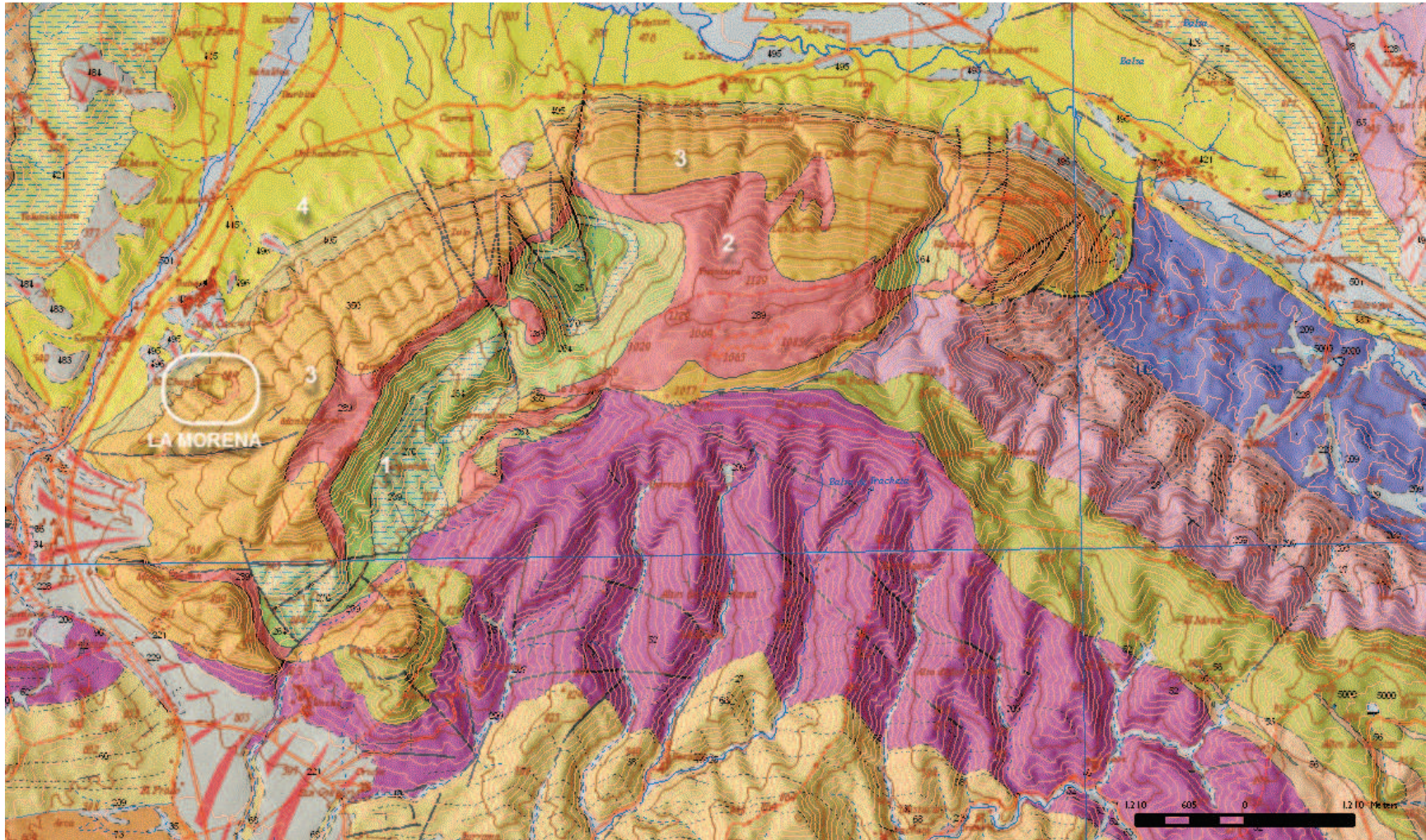


Figura 2.3.- Localización de la zona de estudio en la cartografía geológica unificada del proyecto SIGECO (ref. materiales en tabla 2.1)

Según esta estructura, las unidades diferenciadas en el ámbito de la Sierra de Alaiz son, de más antiguas (muro) a más modernas (techo), las siguientes:

TABLA 2.1.- RELACIÓN DE UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS EN LA SIERRA DE ALAIZ			
Ref. SIGECO	Ref. Geo. Navarra	Unidad	Edad
1	186/189	Arenas, areniscas y margocalizas	Cret. Sup.
2	203	Calizas dolomíticas	Paleoceno
3	215	Calizas tableadas	Eoceno inf.
4	267	Margas de Pamplona	Eoceno sup.

La potencia de las calizas eocenas de la Sierra de Alaiz es de unos 300-400 m y, desde un punto de vista general, es posible observar un tránsito desde litosomas masivos en el Este, a calizas tableadas a poniente, donde se encuentra la explotación de La Morena.

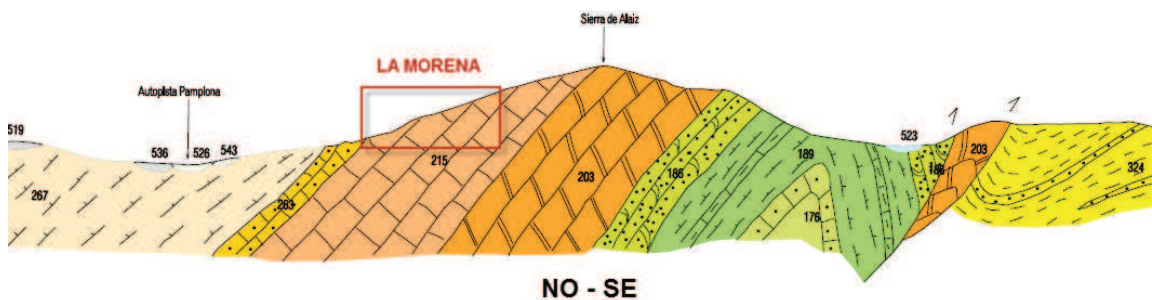


Figura 2.4.- Perfil geológico de la Sierra de Alaiz y localización de la cantera de La Morena. (Mapa Geológico de Navarra, 1:25.000).

3. CLAVES GEOLÓGICAS DEL YACIMIENTO EN LA MORENA

Como ya se ha apuntado previamente, el yacimiento de calizas de la Sierra de Alaiz está constituido por un potente paquete de calizas eocenas, que descansa según contacto estratigráfico discordante sobre un conjunto también carbonatado, pero constituido por calizas dolomitizadas de edad Paleoceno. Por otra parte, a techo, las calizas eocenas son sepultadas por una potente serie margosa del Eoceno superior, comúnmente conocida como Margas de Pamplona (ver figura 3.1).

En el entorno de la cantera, la estructura viene determinada por la disposición monoclinas de los materiales, como corresponde al flanco septentrional del anticlinal cabalgante que constituye la morfoestructura de la Sierra de Alaiz. Los buzamientos son bastante suaves, entre 25-30° hacia el NO.

3.1. UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS

En el entorno inmediato a la cantera de La Morena, se pueden identificar las siguientes unidades litoestratigráficas, que de muro a techo son:

3.1.1. Calizas dolomitizadas (Paleoceno) - 203

Este conjunto dolomítico se apoya sobre los materiales margocalizos del Cretácico superior y consiste en una serie de unos 75 m de potencia, constituida por dolomías y dolarenitas en su tramo inferior y calizas arenosas en la parte superior. Todo el conjunto se halla muy recristalizado (Mapa Geológico de Navarra 1:25.000).

Este tramo constituye una secuencia que refleja un ambiente de depósito de transición marino-continental.

3.1.2. Calizas eocenas de Alaiz (Eoceno inferior) - 215

Tal y como se apunta en la memoria de la cartografía geológica de Navarra (CGN), se trata de un potente conjunto de calizas tableadas que constituyen la gran mole calcárea de la Sierra de Alaiz.

Estas calizas constituyen la formación de interés minero, presenta una potencia estimada en 300-400 m y se engloba dentro de la Fm. Calizas de Guara (Puigdefabregas, 1975).

Aunque se pueden establecer distinciones entre su zona inferior y superior, en general se trata de una serie de aspecto homogéneo y ordenado, constituida por bancos de calcarenitas y rudstones organizados en espesor decimétrico a métrico.

En muchos bancos calcáreos se pueden apreciar estructuras tractivas (laminaciones cruzadas) y también se ha citado la presencia de una estratificación cruzada muy tendida a gran escala. Todo ello indica un ambiente de depósito en condiciones hidrodinámicas muy energéticas, por lo que cabe atribuirlo a una plataforma carbonatada somera de alta energía.

Estas calizas presentan una gran pureza como materia prima para cal, con contenidos en CaCO_3 del 99%.

Dentro de esta homogeneidad cabe destacar algunos aspectos específicos:

- En ocasiones, dentro del paquete calizo aparecen niveles de interrupción sedimentaria, caracterizados por una marcada discontinuidad o intercalación terrígena (margas y arcillas) que puede alcanzar el metro de potencia, seguida de una zona de unos 10-20 m de potencia en los que perdura la presencia de contaminación terrígena.

- También se puede apreciar como el paquete de caliza tableada evoluciona en su parte superior hacia una facies de calizas nodulosas.
- En el techo del paquete calizo se ha descrito una superficie ferruginosa (*hard ground*), antes de dar paso a la siguiente unidad. La presencia de esta superficie indica una emersión de la plataforma, debido a un descenso relativo del nivel del mar. Esta exposición parece que pudo ir acompañada de karstificación, como atestiguan algunas cuevas rellenas de margas y arcillas (paleokarst) que se han ido encontrando en los frentes de explotación.

3.1.2.1. Niveles de interrupción sedimentaria

Estos niveles se deben a episodios (posibles eventos tecto-sedimentarios) en los que se produce un aporte muy importante de material terrígeno, que llega a interrumpir la fábrica de carbonatos. Superado el evento, la sedimentación carbonatada se va recuperando paulatinamente, dejando como evidencia ese tramo calizo de 10-20 m de espesor con presencia terrígena.

En la explotación se ha identificado un nivel de interrupción sedimentaria, a la que se denomina como intercalación margosa, ya que penaliza el aprovechamiento del material por su contenido en sílice, alúmina y, en alguna zona, en azufre. La potencia máxima del tramo penalizado alcanza los 20 m.

Además, este episodio arranca con un relleno de margas arcillosas que puede alcanzar el metro de potencia y que, desde el punto de vista geotécnico, puede constituir un nivel de despegue potencial y un problema en el desarrollo de cualquier infraestructura subterránea que lo intercepte.

3.1.2.2. Facies de calizas nodulosas

El paquete de caliza tableada evoluciona en su parte superior hacia una facies de calizas nodulosas. Este tramo presenta una potencia variable, estimada en el Oeste de la cantera en unos 10-20 m, y anuncia la irrupción de un conjunto de calcarenitas y margas (capas de Urroz) que marca el techo del paquete calcáreo de la Sierra de Alaiz. Esta facies nodulosa otorga un aspecto característico al macizo rocoso, pero no va acompañada de un gran incremento en el contenido terrígeno, por lo que se mantiene una fábrica clasto-soportada.

3.1.3. Margas de Pamplona (Eoceno sup.)

Esta unidad irrumpe de forma brusca y neta sobre las calizas de plataforma de la Sierra de Alaiz, incluso llegando a erosionar parte de los niveles calcáreos superiores de dicha plataforma.

Se trata de un ciclo de naturaleza carbonatada blanda, conocida como "Margas de Pamplona" y refleja un hundimiento generalizado de las plataformas carbonatadas del ciclo anterior, instaurándose condiciones de depósito marino profundas.

Estos materiales margosos y plásticos también rellenaron los huecos kársticos desarrollados a techo de la plataforma caliza durante su emersión (paleokarst).

3.1.4. Cuaternario

En la zona de estudio los materiales cuaternarios son escasos, limitándose a depósitos coluvionares, al pie de los escarpes calizos, rellenos kársticos y rellenos antrópicos de la propia actividad minera.

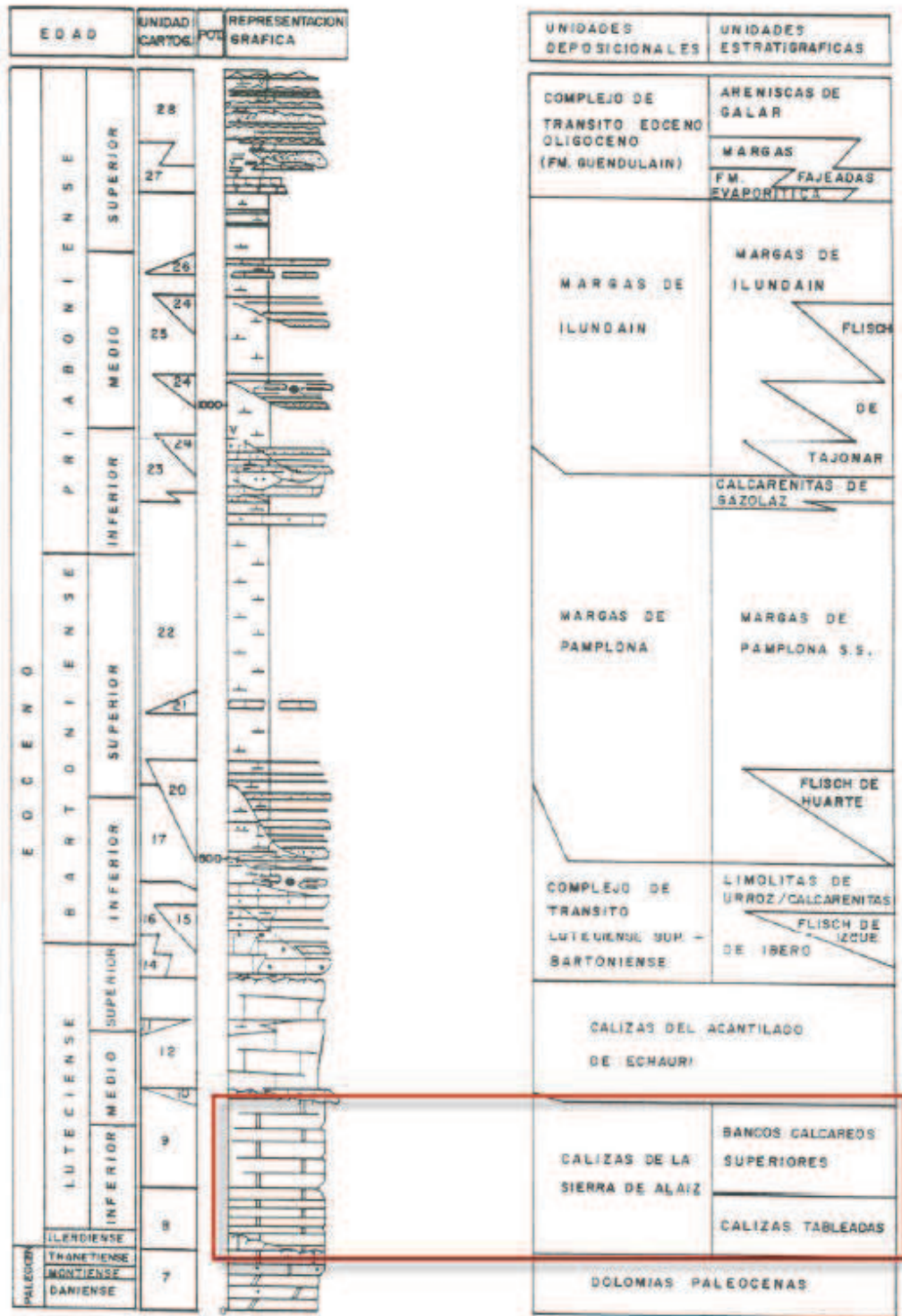


Figura 3.1.- Columna de materiales del Terciario marino en el entorno de la Cuenca de Pamplona, señalando el tramo con interés minero. (Mapa Geológico de Navarra, 1:25.000).

3.2. ESTRUCTURA DEL YACIMIENTO EN LA MORENA

Estructuralmente, los materiales se encuentran incluidos en el flanco noroeste de la estructura antiformal de la Sierra de Alaiz, el cual define una geometría monoclinas, con buzamientos de unos 20-25° hacia el NNO.

En el entorno de la cantera se mantiene esta estructura. Únicamente se puede apreciar una variación muy leve en la dirección de la estratificación, desde su extremo Norte al Sur, dibujando una suave ondulación de eje NO-SE que pincha hacia el NO, siguiendo la estratificación (So). Esta tenue ondulación no tiene implicaciones que puedan afectar al diseño, laboreo y desarrollo de la operación minera.

4. SONDEOS DE INVESTIGACIÓN

Para confirmar la existencia de reservas y la geometría de la intercalación margosa existente en el frente de la cantera, se realizaron once sondeos de investigación en la zona de ampliación de la cantera.

En total se han perforado 1328 m, con las siguientes longitudes de sondeo:

TABLA 4.1.- RELACIÓN DE UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS EN LA SIERRA DE ALAIZ			
Sondeo	X (UTM)	Y (UTM)	Longitud (m)
S1	612126	4726744	103
S2	612121	4726734	90
S3	612100	4726689	132
S4	612072	4726650	79
S5	611963	4726542	132
S6	611914	4726468	132
S7	611869	4726423	132
S8	611823	4726394	132
S9	611943	4726630	132
S10	611846	4726511	132
S11	611513	4726469	132
Total mts perforados:			1328

Las incidencias y resultado de los sondeos realizados se muestran en el Anexo I-1. La información aportada por estos sondeos ha sido utilizada para la realización de los perfiles geológicos y tenida en consideración para plantear el diseño y avance de la explotación.

5. ESTIMACIÓN DE RECURSOS GEOLÓGICOS DEL YACIMIENTO

El diseño del proyecto, hasta el año 2024, momento en el que se producirá el vencimiento de la concesión minera "La Morena", propone la creación de un hueco de 6,11 Mm³ sin extraer estériles.

Con una producción anual proyectada de 1.000.000 t, se garantiza esta producción durante un período de algo más de 12 años.

La tabla adjunta recoge las reservas de caliza extraíbles por niveles:

TABLA 5.1.- RESERVAS EXPLOTABLES					
	Volumen m³			Tonelaje (t)	
	Hueco total	Caliza	Margas	Caliza	Margas
905/935	461.905	461.905	0	1.154.761	0
875/905	493.670	493.670	0	1.234.175	0
845/875	908.271	908.271	0	2.270.677	0
815/845	1.153.600	1.153.600	0	2.884.001	0
785/815	1.553.841	1.553.841	0	3.884.603	0
755/785	1.541.764	1.541.764	0	3.854.411	0
TOTAL	6.113.051	6.113.051	0	15.282.628	0

6. **CONCLUSIONES**

El yacimiento de calizas eocenas de la cantera La Morena muestra una configuración geológica sencilla, sintetizada en las siguientes claves geológicas:

- La unidad explotada está constituida por un paquete de calizas tableadas, de edad Eocena, con una potencia del orden de los 300-400 m, y que se apoya sobre unas calizas dolomitizadas del Paleoceno y, a techo, es confinado por la unidad de las margas de Pamplona (Eoceno med.). Todo este conjunto es el que configura la sierra de Alaiz.
- La caliza explotada es de gran calidad (99% CaCO₃).
- El conjunto de materiales se dispone según una estructura monoclinas, con buzamientos suaves-medios (20-25°/305-330°), que constituye el flanco NO del anticlinal cabalgante de Alaiz.
- A escala de la explotación, la estructura es similar aunque se aprecia un suave giro en la dirección de la estratificación, dando lugar a una ondulación muy abierta y suave, con ángulos de buzamiento prácticamente constantes. Los sondeos de investigación realizados en las zonas altas de la cantera confirman la estructura y calidad de la unidad explotada.
- Dentro del paquete calizo eoceno pueden aparecer intercalaciones de materiales margosos, arcillosos y arenosos, que penalizan la calidad del material. Merece especial mención una intercalación de unos 15-20 m de potencia que recorre la base del talud general.

Los materiales carbonatados de la Sierra de Alaiz forman parte de una unidad hidrogeológica constituida por un extenso acuífero de naturaleza carbonatada y que, en gran medida, se encuentra confinado.

CRS Ingeniería

Octubre de 2016



Pedro Jiménez Marcos

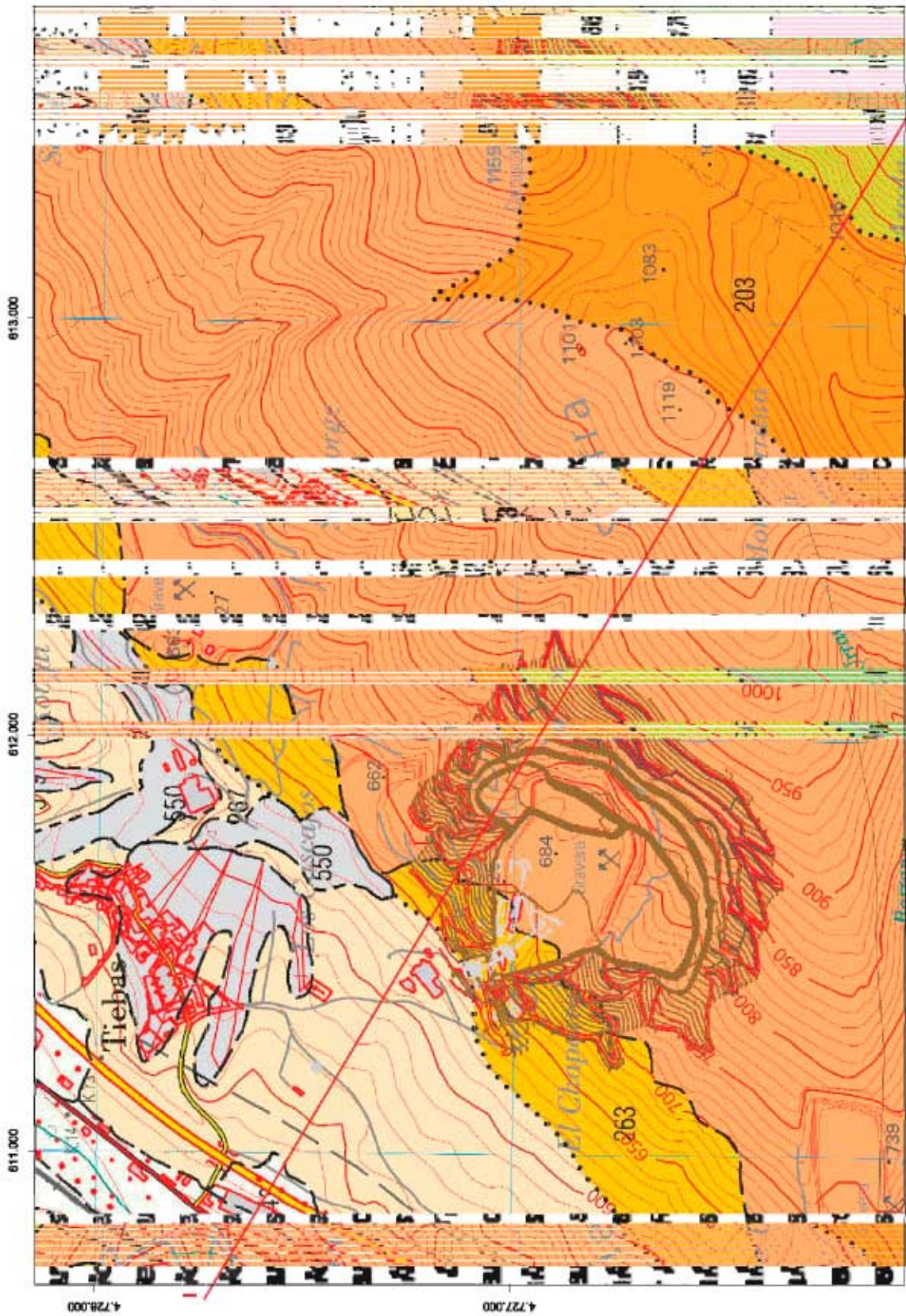
Geólogo

Colegiado nº 5052

PLANOS

INDICE DE PLANOS

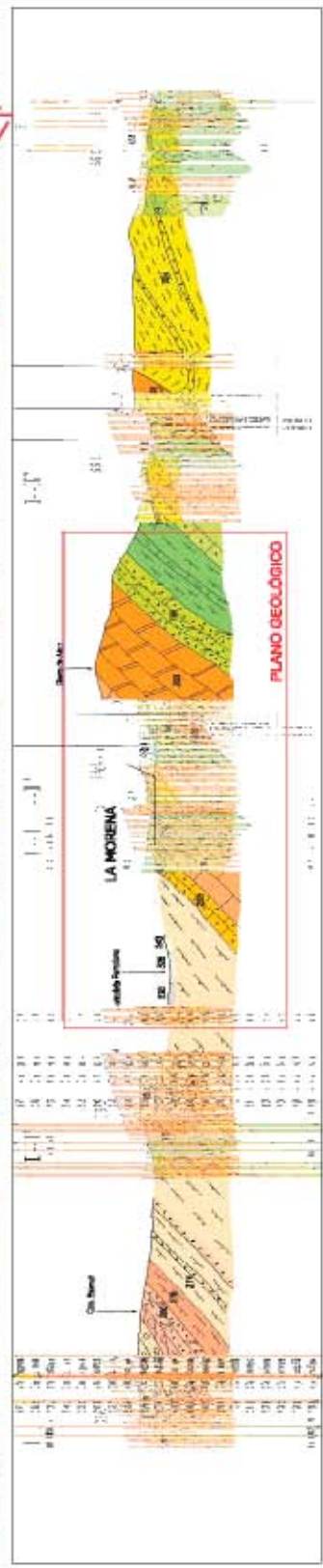
- Plano nº 1 - Mapa geológico. Escala 1:4.000
- Plano nº 2 - Perfiles geológicos. Escala 1:45.000



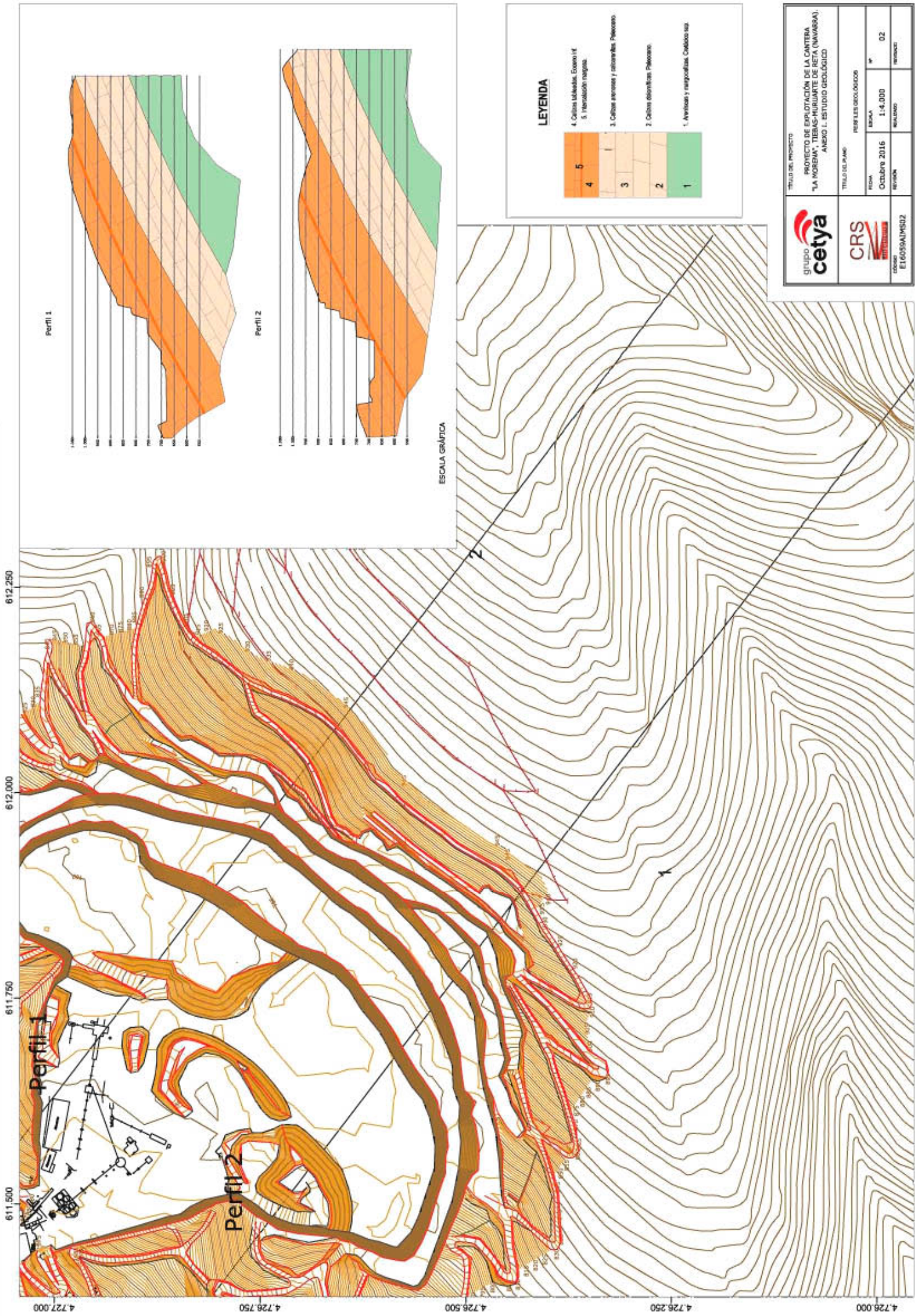
LEYENDA

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200



TITULO DEL PROYECTO PROYECTO DE EXPLORACION DE LA CAVIDAD "LA MORENA", TIEMPO ALBERTO DE SOTA (INAMARIA), ANEXO 1. ESTUDIO GEOLOGICO		MAQUETA DISEÑO	
TIPO DE PLANO		FECHA	
ESCALA		01	
OCTUBRE 2015		01	
AUTORES		REVISADO	
ELABORADO POR		REVISADO POR	



Perfil 1

Perfil 2

ESCALA GRÁFICA

LEYENDA

- 4. Cobres laterales, Escoria y
5. Hervideros rasgos.
- 3. Cobres anchos y laterales. Pavimento.
- 2. Cobres elevados. Pavimento.
- 1. Avances y rampas. Cobres ras.

		TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO DE EXPANSIÓN DE LA CANTERA "LA MORENA", TIBURCIOHUARTE DE RIVERA (NAYARIT) ANEXO 1. ESTUDIO GEOLOGICO	
		TÍTULO DEL PLAN PERFILES GEOLOGICOS	
FECHA Octubre 2016	ESCALA 1:4,000	Nº 02	REVISIÓN REVISADO
Eje: E16099A14632		REVISOR:	

**TESTIGOS DE INVESTIGACIÓN CANTERA “LA
MORENA”**

1° SONDEO

COORDENADAS; 612.126 O

4.726.744 N

- 62 MTS VETA (SIN NOVEDAD)
- 85 MTS DEJA DE SALIR POLVO SE SIGUE PERFORANDO HASTA LOS 103 MTS SIN RECOGER POLVO.

OBSERVACIONES; POSIBILIDAD DE EXISTENCIA DE CUEVA EN ESTA ZONA.

2° SONDEO

COORDENADAS; 612.121 O

4.726.734 N

- 44 MTS ROTO
- 75 MTS ROTO
- 80 MTS ROTO
- 90 MTS SE DEJA DE PERFORAR POR PERDIDA DE ROTACIÓN

OBSERVACIONES; POSIBILIDAD DE EXISTENCIA DE CUEVA EN ESTA ZONA

3° SONDEO

COORDENADAS; 612.100 O

4.726.689 N

- HASTA LOS 102 MTS POLVO BLANCO NORMAL
- DE 102 A 110 MTS POLVO NEGRO (POSIBLES MARGAS)
- DE 110 A 132 MTS POLVO BLANCO
- 132 MTS SE DEJA DE PERFORAR

4° SONDEO

COORDENADAS; 612.072 O

4.726.650 N

- 46 MTS ROTO
- 56 MTS ROTO
- 79 MTS ROTO
- SIN RECUPERAR EL POLVO DESDE LOS 46 MTS
-

OBSERVACIONES; POSIBILIDAD DE EXISTENCIA DE CUEVA EN ESTA ZONA

5° TIRO

COORDENADAS; 611.963 O

4.726.542 N

- HASTA LOS 109 MTS POLVO BLANCO NORMAL
- DE 109 A 117 MTS POLVO NEGRO (POSIBLES MARGAS)
- DE 117 A 132 MTS POLVO BLANCO
- 132 MTS SE DEJA DE PERFORAR

6° SONDEO

COORDENADAS; 611.914 O

4.726.468 N

- HASTA LOS 105 MTS POLVO BLANCO NORMAL
- DE 105 A 117 MTS POLVO NEGRO (POSIBLES MARGAS)
- DE 117 A 132 MTS POLVO BLANCO
- 132 MTS SE DEJA DE PERFORAR

7° SONDEO

COORDENADAS; 611.869 O

4.726.423 N

- HASTA LOS 110.5 MTS POLVO BLANCO NORMAL
- DE 110.5 A 121 MTS POLVO NEGRO (POSIBLES MARGAS)
- DE 121 A 132 MTS POLVO BLANCO
- 132 MTS SE DEJA DE PERFORAR

8° SONDEO

COORDENADAS; 611.823 O

4.726.394 N

- HASTA LOS 111.5 MTS POLVO BLANCO NORMAL
- DE 111.5 A 122.5 MTS POLVO NEGRO (POSIBLES MARGAS)
- DE 122.5 A 132 MTS POLVO BLANCO
- 132 MTS SE DEJA DE PERFORAR

9° SONDEO

COORDENADAS; 611.943 O
4.726.630 N

- HASTA LOS 118 MTS POLVO BLANCO NORMAL
- DE 118 A 124.5 MTS POLVO NEGRO (POSIBLES MARGAS)
- DE 124.5 A 132 MTS POLVO BLANCO
- 132 MTS SE DEJA DE PERFORAR

10° SONDEO

COORDENADAS; 611.846 O
4.726.511 N

- HASTA LOS 102 MTS POLVO BLANCO NORMAL
- DE 104 A 121 MTS POLVO NEGRO (POSIBLES MARGAS)
- DE 121 A 132 MTS POLVO BLANCO
- 132 MTS SE DEJA DE PERFORAR

11° SONDEO

COORDENADAS; 611.513 O
4.726.469 N

- 28 MTS VETA (SIN NOVEDAD)
- 60 MTS OTRA VETA Y DEJA DE SALIR POLVO
- SE BAJA A LOS 132 MTS SIN RECOGER POLVO

OBSERVACIONES; POSIBILIDAD DE EXISTENCIA DE CUEVA EN
ESTA ZONA