



**Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Manresa**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

GRAU EN ENGINYERIA DE RECURSOS ENERGÈTICS I MINERS

TREBALL FINAL DE GRAU

COOPERACIÓ AMB ARM MITJANÇANT UN ESTUDI GEOTÈCNIC DE LES MINES DE LA LLANADA (COLÒMBIA)

Autora: Ares Boyer Margalef

Directora: Dra. María Pura Alfonso Abella

Codirector: Dr. David Parcerissa Duocastella

Manresa, juny 2016

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanda (Colòmbia)

Índex

RESUM	3
ABSTRACT	4
AGRAÏMENTS	5
1. INTRODUCCIÓ	6
2. OBJECTIUS	7
2.1. OBJECTIU GENERAL	7
2.2. OBJECTIUS ESPECÍFICS	7
3. ESTAT DE L'ART	8
3.1. ANTECEDENTS	8
3.2. ARM AMB LA MINERIA ARTESANAL	9
3.2.1. L'ESTÀNDARD I LA CERTIFICACIÓ DE MINERIA JUSTA FAIRMINEED	9
3.2.2. ARM I LA MINERIA DE LA LLANADA	11
4. SITUACIÓ GEOGRÀFICA	11
5. GEOLOGIA	13
6. METODOLOGIA	15
6.1. TREBALL DE CAMP	15
6.2. MOSTREIG	15
6.3. TREBALL DE LABORATORI	16
6.3.1. <i>Composició química</i>	16
6.3.1. <i>Mineralogia</i>	16
6.3.2. <i>Resistència al desgast</i>	17
6.3.3. <i>Resistència la compressió uniaxial</i>	17
6. 4. TREBALL DE GABINET	17
7. DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS PRODUCTIU	18
7.1. EXPLORACIÓ	18
7.2. ARRANCADA.....	18
7.3. CÀRREGA I TRANSPORT.....	19
7.3. <i>Interior de les galeries</i>	19
7.3.2. <i>Exterior de les galeries</i>	20
7.4. PROCESSAMENT.....	21
8. ESTUDI GEOTÈCNIC	23
8.1. CONTEXT GEOLÒGIC	23
8.1.1. <i>Litologia</i>	23
8.1.2. <i>Mineralització</i>	25
9.2. RESULTATS.....	26
9.2.1. <i>Assaig compressió simple uniaxial</i>	26
9.2.2. <i>Assaig resistència al desgast "Los Ángeles"</i>	27
9.2.3. <i>Estudi de les discontinuïtats</i>	28
9.3. DISCUSSIÓ DELS RESULTATS	32

*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanda (Colòmbia)*

9.3.1. Predicció de propietats físiques i mecàniques	32
9.3.2. Determinació de la qualitat del massís.....	32
9.3.3. Determinació del risc de caiguda de tascons.....	36
9. CONCLUSIONS	40
10. BIBLIOGRAFIA.....	41
ANNEXES	42
ANNEX 1. AIXECAMENT TOPOGRÀFIC CISNE	43
ANNEX 2. AIXECAMENT TOPOGRÀFIC CANADÀ.....	44
ANNEX 3. RELACIÓ DE MOSTRES	45
ANNEX 4. ASSAIG A LA COMPRESSIÓ UNIAXIAL	47
ANNEX 5. ASSAIG DE LA RESISTÈNCIA AL DESGAST	50
ANNEX 6. MESURES DISCONTINUITATS.....	52
ANNEX 7. PROJECCIÓ ESTEREOGRÀFICA	75
ANNEX 8. CLASSIFICACIÓ GEOMECÀNICA RMR	83
ANNEX 9. SIMULACIÓ TASCONS	85

*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanda (Colòmbia)*

Resum

Aquest treball és un estudi geotècnic de 5 mines d'or de la cooperativa Coodmilla de La Llanada (Colòmbia) que es requereix per poder aconseguir el Certificat Fairmined portat a terme per sol·licitud d'ARM (Alliance for Responsible Mining).

S'ha realitzat un estudi en el camp amb reconeixement geològic superficial i en interior de les mines en les concessions mineres del Cisne i Canadà. Aquestes mines estan constituïdes per dipòsits d'or de tipus relacionats amb intrusions, on l'or es troba principalment en vetes de quars encaixades en tonalites i en Chert. Al camp s'han pres mesures de discontinuïtats i s'ha fet un mostreig per fer l'estudi mineralògic i petrogràfic, seguit d'assaigs a la resistència al desgast i a la compressió simple. En l'estudi geotècnic s'han determinat les famílies de discontinuïtats mitjançant la projecció estereogràfica de les fractures, i posteriorment s'han determinat els tascons amb risc de lliscament de cada galeria. Amb els paràmetres del grau de fracturació, característiques de les discontinuïtats i hidrogeològiques observades en el camp, s'ha classificat qualitativament els massissos rocosos on es situen les diferents mines.

Les galeries presenten un risc molt baix de que es produeixin lliscament de tascons i els massissos rocosos són de bona qualitat.

*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanda (Colòmbia)*

Abstract

This thesis is a geotechnical study of 5 gold mines of the cooperative Coodmilla in La Llanada (Colombia) to improve the safety inside the mines. This study is necessary in order to achieve the Fairmined Certificate.

A field study of geological exploration in the mining concessions of El Cisne and El Canadá was undertaken. The ore deposits from La Llanada are of intruded related type. Gold occurs in quartz veins hosted in tonalities and chert. During the work field all types of discontinuities were measured and all the lithologies sampled. The petrology and mineralization was studied with the optical microscope, followed by tests to determine the resistance to the abrasion (Los Angeles) and uniaxial compression.

In the geotechnical study the families of discontinuities have been determined through the stereographic projection of the fractures. Then, the wedges that have risk of glide in each gallery have been determined. The parameters of the fractures, characteristic of discontinuities and hydrogeological characteristic, the rock mass of the different mines has been qualitatively classified.

There is a very low risk of sliding wedges in the studied galleries and the rock masses are of good quality.

*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanda (Colòmbia)*

Agraïments

Aquest treball no hagués estat possible sense l'oportunitat que em va brindar l'ONG Minería Per al Desenvolupament (MPD) participar en el projecte de cooperació a La Llanada, i al Centre de Cooperació per al Desenvolupament (CCD) i a la contrapart Alianza para la Minería Responsable (ARM) ja que sense la contribució econòmica del qual no hagués estat possible l'elaboració la cooperació i com a conseqüència el present treball. A la contrapart ARM

Dono gràcies als familiars, amics i professors que m'ha acompanyat durant aquesta etapa acadèmica, en especial al Quim, i a la Pura i David que m'han guiat i he après d'ells en l'execució d'aquest treball.

*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanda (Colòmbia)*

1. Introducció

El desenvolupament del municipi de La Llanada es deu fonamentalment a la mineria. Fins al 1995, més de la meitat de la població estava sumida en la pobresa. A l'actualitat, en canvi, hi ha un bon nivell de vida, essent una comunitat exemplar des d'un punt de vista ambiental i social. Aquest municipi es troba absent de plantacions de coca i bandes criminals, tan habituals en la seva regió.

La Llanada és considerada com un exemple de que és possible el que s'ha considerat com una tercera via en la mineria, que pot existir una mineria diferent que no és ni il·legal ni a gran escala explotada per les multinacionals. L'activitat minera és a petita escala, comunitària i sostenible (León, 2011). Com a reconeixement de les seves pràctiques mineres netes, la Palmera d'Or del Festival de cinema de Cannes serà fabricada amb material procedent de La Llanada (Dieste, 2015).

La Cooperativa Coodmilla és la propietària de les explotacions mineres localitzades en els sectors del Cisne i El Canadà. Generalment es tracta de galeries estretes sense o amb poc sosteniment; la majoria de les galeries presenten un tipus de sosteniment combinat, on als primers metres de la galeria s'utilitza fusta i al seu interior estèril. En les mines més grans s'explota pel mètode de cambres i pilars.

El present treball és el resultat d'una investigació fruit de la cooperació entre la Aliança para la Minería Responsable i la Universitat Politècnica de Catalunya mitjançant l'organització Minería per al Desenvolupament.

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic de les mines de La Llanda (Colòmbia)

2. Objectius

2.1. Objectiu general

Aquest treball té per objectiu realitzar un estudi geotècnic de les mines d'or explotades al municipi de La Llanada per la cooperativa Coodmilla amb la finalitat de què es puguin millorar les condicions de seguretat a aquestes mines i d'aquesta manera obtenir la certificació de Minería Justa Fairmined.

2.2. Objectius específics

Els objectius específics d'aquest treball són:

- Caracterització geològica, anàlisi de la mineralització i de la roca encaixant.
- Caracterització del massís rocós a l'interior de mina.
- Orientació de discontinuïtats (fractures, juntes d' estrats) en el massís rocós.
- Determinació dels paràmetres de resistència al desgast de les diferents litologies mitjançant assajos al laboratori.
- Determinació de la resistència a compressió simple de les diferents litologies mitjançant assajos.
- Caracterització de les discontinuïtats.
- Determinació dels tascons amb risc potencial de lliscament.

3. Estat de l'art

3.1. Antecedents

Des de temps anteriors a la conquesta espanyola, les poblacions indígenes ja explotaven l'or al territori andí de Nariño.

A principis del segle XX es van instal·lar a la regió les primeres companyies mineres estrangeres. Al municipi de La Llanada no va ser fins als anys 50 que a les mines anomenades, actualment, La Palmera i El Canadà es va instal·lar la companyia Canada Mines Co. Els jaciments aurífers van ser explotats a gran escala durant 15 anys, fins que van abandonar l'activitat.

En aquells temps, la mineria a Nariño va entrar en crisi, i l'explotació i benefici de l'or va continuar gràcies a miners que havien après l'ofici en les grans companyies. Cada miner va adquirir una porció de les galeries abandonades. Va ser el desordre i les baralles per poder explotar una porció de mina van fer sorgir la iniciativa d'associar-se en una cooperativa i organitzar-se l'activitat. Al 1977 es va crear la cooperativa Coodmilla i no va ser fins al 1990 que van adquirir les primeres llicències d'explotació. Actualment, s'han mantingut les explotacions de petita escala i artesanals, que representa la majoria de producció departamental (León,2001).

La producció d'or a Colòmbia ha estat molt variable en els últims anys. Si comparem la producció d'or a Nariño amb altres departaments, amb una producció al 2015 de 7.562,18 kg, és el tercer departament productor d'or de Colòmbia, per sota de Antioquia (23.605,46 kg) i Chocó (14.547,21 kg) . A La Llanada (Figura 1) en particular, la producció al municipi ha disminuït considerablement si comparem les dades del 2001 al 2013, amb una producció mitjana anual de 69.083,99 g d'or, i la dels últims dos anys 2014 i 2015, amb una producció mitjana de 3.107,23 g/any. Aquest decreixement ens els últims anys és degut a que hi ha una gran quantitat d'or que és comercialitzat al mercat negre. Per tant, no es coneixen les dades reals de la producció d'or (Sistema de informació Minero Colombiano, 2016).

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanda (Colòmbia)

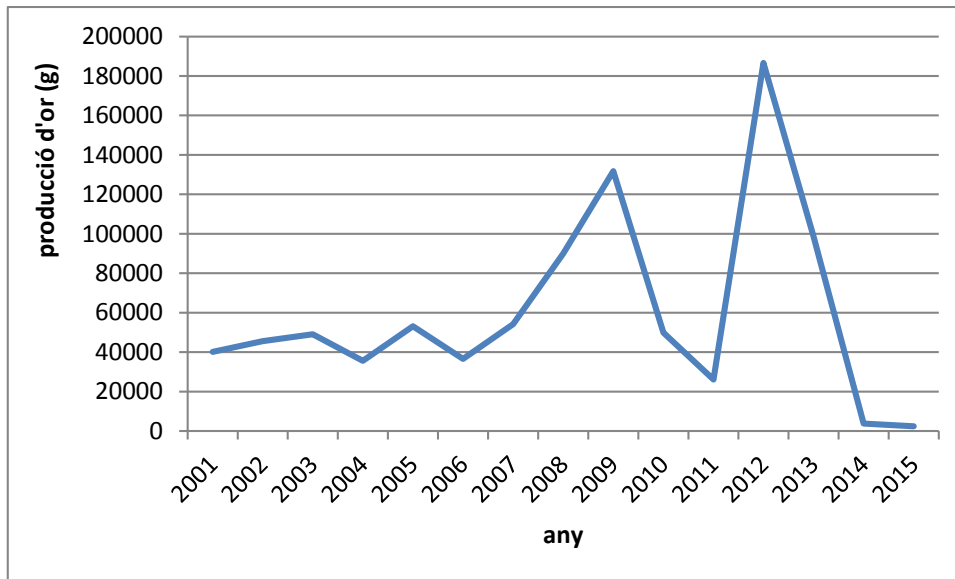


Fig. 1. Producció anual d'or a La Llanda (Sistema de Informació Minero Colombiano, 2016)

3.2. ARM amb la mineria artesanal

3.2.1. L'Estàndard i la Certificació de Minería Justa Fairmined

Alliance for Responsible Mining (Alianza para la Minería Responsable) és una iniciativa global que treballa pel desenvolupament sostenible de la Minería Artesanal i de Petita Escala (MAPE). ARM ha desenvolupat l'Estàndard Fairmined (Figura 2) per minería d'or i metalls preciosos, que inclou requisits per a les organitzacions mineres responsables, com ara: operacions mineres formals i legals, protecció ambiental, condicions laborals, traçabilitat de minerals i desenvolupament socioeconòmic. El certificat Fairmined és una marca registrada que garanteix el compliment d'aquest estàndard.

Per obtenir la Certificació de Minería Justa Fairmined, l'organització minera artesanal i de petita escala (OMAPE) ha de comptar amb un permís legal per treballar en la seva àrea minera i ha de complir els requisits d'entrada de l'Estàndard de Minería Justa Fairmined. Una vegada certificada, l'OMAPE ha de continuar avançant en el procés de formalització i compliment amb convenis i estàndards internacionals en assumptes laborals i ambientals, mitjançant el compliment amb els requisits de progrés per als anys successius. Per complir aquets requisits, compten amb l'ajuda i l'assessorament tècnic de professionals, universitats i d'altres institucions.

*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanda (Colòmbia)*

Hi ha dos tipus de certificació: Certificació Fairmined i Certificació Ecològica Fairmined. Per a ambdues certificacions s'ha de seguir el mateix procés, simplement que els criteris per a la producció de metalls ecològics són més exigents. Les OMAPE certificades amb Fairmined obtenen els següents beneficis:

- Noves oportunitats de mercats internacionals.
- Reconeixement i legitimitat nacional i internacional per la implementació de bones pràctiques mineres i protecció ambiental
- Ingressos justos degut a una garantia de preu de venda de l'or igual o superior al 95 % del preu internacional.
- Adoptar un model de responsabilitat empresarial per generar millors condicions de treball als miners i ajuda a incrementar la satisfacció amb la feina.
- Plantejament empresarial amb visió a llarg termini per al creixement continu del negoci miner.
- Ingressos addicionals pel concepte del premi Fairmined, una eina que permet la inversió econòmica empresarial i social.

En resum, la Certificació crea oportunitats per als miners, aportant estímuls perquè les OMAPE duguin a terme una activitat formalitzada i organitzada, i es converteixin en empreses viables econòmicament i eficients tecnològicament i ambientalment d'una manera responsable.



Fig. 2. Etiqueta del Certificat Fairmined

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic de les mines de La Llanda (Colòmbia)

3.2.2. ARM i la mineria de la Llanada

La Cooperativa minera de La Llanada, COODMILLA, va començar a treballar amb ARM el 2011, i està facilitant capacitacions i assessories tècniques als miners perquè puguin millorar les seves pràctiques mineres. Des de llavors, la Cooperativa està transformant estratègicament les seves activitats per complir l'Estàndard de Fairmined, i des de l'any 2013 compten amb l'ajuda financera de Chopard, una empresa joiera internacionalment reconeguda (Teilmann-Ibsen, 2015).

Actualment, Coodmilla està constituïda per 167 socis, dels quals només 5 van decidir començar el camí per rebre la certificació. Al juliol del 2015 es van certificar les primeres mines del municipi, on hi treballen 43 homes y 3 dones. La certificació exitosa de les mines pioneres ha demostrat que el concepte de mineria responsable a la regió és un fet real i accessible. Això ha generat un nou entusiasme tant en altres miners com en les institucions. Actualment, ARM està treballant en una desena de mines més, pendents de rebre la certificació.

4. Situació geogràfica

La Llanada és un municipi al sud-oest de Colòmbia, situat al departament de Nariño, a la subregió de Guambuyaco. El límit municipal té una extensió total de 265 km², essent àrea urbana 5 km² i àrea rural 260 km². Està ubicat a aproximadament 140 kilòmetres al nord-oest de la ciutat de San Juan de Pasto, capital del departament. Es troba situat a la serralada dels Andes a 2.300 metres sobre el nivell del mar. Forma part del Districte Miner La Llanada, format pels els municipis de Cumbitra, Los Andes, La Llanada, Mallama Piedrancha, Samaniego i Santacruz Guachaves (Figura 3).

*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanda (Colòmbia)*



Fig. 3. Localització del Districte Miner i La Llanda.

La població té comunicació intermunicipal per via terrestre amb Samaniego, que es troba a una distància aproximada de 30 km, i a 60 km de Sotomayor. Les vies de comunicació són deficientes i manquen d'asfalt.

En aquest treball s'han estudiat 5 mines (Taula 1) que corresponen a 2 concessions mineres diferents: Cisne (Annex 1) i Canadá (Annex 2).

Taula 1. Localització de les mines

Concessió	Mina	Bocamina	Coordenada X	Coordenada Y
El Cisne	1	HG	845810	655554
	2	J. Guerrón 012	945637,7800	655750,9400
Canadá	3	Veta Las Moscas 019	42541	655764
	4	Bocamina R. Escobar	942504,5500	655552,9400
	5	034	942567	655845

5. Geologia

La geologia del districte miner de La Llanada està relacionada amb esdeveniments tectònics i volcànics del Terciari i Quaternari dels volcans Galeras, Azufra i Cumbal. A l'àrea afloren diversos cossos intrusius, sent els principals el Cumbitara, Piedranca, Nambí i El Vergel (Millán, 2004). Aquests cossos intrusius estan constituïts per roques de composició tonalítica. Els materials quaternaris d'aquest lloc es troben amb intercalacions de lava andesítica (TQvp a la Figura 4), ignimbrites, tobos i piroclastes.

La Llanada es troba al terreny Dagua. En ell es troba el grup Dagua, que està compost per roques metasedimentàries i metavolcàniques cretàiques d'origen marí cap a la base, que canvien a turbidites cap al sostre i són intruïdes per un plutó tonalític del Terciari i metabasalts i metapiroclastes amb metamorfisme de baix grau del grup Diabàsic.

- Grup Dagua (Kmsv a la Figura 4). Està constituït per roques metavolcàniques i metasedimentàries, cap a la base, amb gradació a sediments turbidítics cap al sostre. Localment s'observen pissarres vermelles i verdes. Presenta un metamorfisme de les fàcies prehnita-pumpellita i esquists verds.

També apareix el conjunt de roques metasedimentàries del Cretaci (Kms a la Figura 4), que presenta un contacte transicional amb l'anterior, i està constituït per metalimolites, metagrauvaques, metadiabases, metabasalts i calcàries amb alguns bancs de chert negres.

- Grup Diabàsic. Es troba àmpliament distribuït en bandes de direcció N-NE i en ell es diferencien tres conjunts litològics:
 - Conjunt de roca volcànica del Cretaci (Kvs a la Figura 4): és el més occidental. Està constituït per roques sedimentàries volcàniques del cretaci de tipus chert, intercalades amb lutites i basalts.
 - Roques Intrusives (Tic a la Figura 4): apareixen com a *stocks* que intrueixen a roques de la Serralada occidental. Es tracta de roques intrusives de composició tonalítica, composta per quars, plagiòclasi i horblenda verda i opaca. També es poden observar al S i E de Cumbitara - Sotomayor denominats *Stock* de Cumbitara i El Vergel (Tcdc i TCdv a la Figura 4), localitzats en el centre nord a l'entorn del Cerro Cumbitara al qual pertany part del territori del Municipi de Los Andes, la Llanada i Cumbitara.

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic de les mines de La Llanada (Colòmbia)

- Dipòsits Al·luvials (Qal a la Figura 4): es componen de graves, sorres, llims i argiles, associades a canals fluvials i àrees d'inundació.

Les principals estructures tectòniques són la Falla de La Llanada, la Falla de la Ciutat de la Llanada i la Falla Sotomayor - Policarpa i la Falla Coodmilla. Aquestes falles formen part del Sistema Cauca - Patía. Són falles inverses orientades de NW a NE les dues últimes (Coodmilla, 2015).



Fig. 4. Mapa geològic de l'àrea minera estudiada, llegenda segons mapa base Geologia Regional Distrito Minero de la Llanad (Coodmilla, 2015)

Les mineralitzacions d'or es presenten principalment en filons de quars enriquides en sulfurs i es presenten a manera de rebliment de fractures, principalment encaixats en roques del Grup Dagua. Les roques encaixants són de dos tipus: tonalita i chert. L'espessor té una mitjana de 0.15 m.

Les reserves d'or al districte de la llanada el 2001 han estat valorades en 13.266.757t, de les quals 137.970t corresponen al municipi de La Llanada (Minecol, 2001).

Al Districte Miner de La Llanada s'hi poden diferenciar tres filons d'or (Coodmilla, 2015):

- Filó *Hilo de Oro*: Presenta una direcció N 35° O i un cabussament de 30° NE amb canvi de direcció N-S cap al sector Sud, té una espessor de 0.07 m, i està compost essencialment per quars, pirrotina i pirita. Segons Coodmilla (2015) es troba encaixat en quars-diorita que presenta mineralització en petits trams. En el present treball s'ha comprovat que es tracta de tonalita.

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic de les mines de La Llanada (Colòmbia)

- Filó *El Chocolate*: Presenta direcció N 50° W i un cabussament de 20° NE i està relacionat amb la veta " Las Moscas " amb la qual es talla cap a profunditat. El filó té una potència de 10-20 cm i està constituït majoritàriament per quars acompanyat per arsenopirita i traces de pirita i calcopirita. Es troba encaixat principalment en tonalita.
- Filó *Las Moscas*: Presenta una direcció preferent de N 50° W i un cabussament de 30° NE, i al sector Sud presenta canvi de direcció cap a N-S. És una veta de quars i sulfurs amb predomini d'arsenopirita i, en menor quantitat pirita i calcopirita.

6. Metodologia

Per poder analitzar geològicament i geotècnicament les mines, s'ha dut a terme un mostreig *in situ*, que es va fer durant tres setmanes a les 5 mines esmentades anteriorment, el treball de laboratori i treball de gabinet.

6.1. Treball de Camp

En el camp es va fer un reconeixement de les 5 tasques que es duen a terme en les concessions mineres d'El Canadá i Cisne. Es va fer una valoració dels diferents materials que es trobaven en aquestes concessions així com de les dimensions de les tasques mineres.

Seguidament es van prendre mesures representatives de totes les discontinuïtats observades: direcció, cabussament, separació entre els blocs de la discontinuïtat, material de rebliment i densitat de cada tipus de discontinuïtat.

6.2. Mostreig

S'ha realitzat un mostreig sistemàtic de cada una de les unitats litològiques que afecten a les mines de La Llanada per posteriorment caracteritzar aquests materials. També es van prendre mostres dels materials que es trobaven omplint les fractures. Addicionalment, s'han mostrejat els materials d'una planta de tractament ubicada a La Llanada amb l'objectiu de valorar el grau de recuperació d'or que aconsegueixen (Annex 3).

6.3. Treball de Laboratori

6.3.1. Composició química

S'han enviat a analitzar les mostres de les cues del processament per veure el contingut d'or i plata que no s'aprofita als Laboratoris Activation Laboratories (Actlabs), Canadà. Les tècniques utilitzades en l'anàlisi es denominen FA-GRA (Fire Assay with Gravimetric finish), el qual és utilitzat per a petites concentracions d'elements, de l'ordre d'uns quants ppm, fins a 10.000 ppm, nivells que el mètode ja no detecta. Per aquesta raó només es va utilitzar aquesta tècnica per valorar la quantitat d'or i de plata.

6.3.1. Mineralogia

S'han obtingut làmines primes de mostres de roca encaixant i mineralització de diferents galeries i front d'exploració de les mines. Aquestes làmines primes s'han observat al microscopi petrogràfic de llum amb llum transmesa i reflectida, del Departament d' Enginyeria Minera, Industrial i TIC de la EPSEM. Aquest microscopi ens permet veure les diferents estructures cristal·lines i identificar minerals.

Les mateixes làmines utilitzades a la microscòpia òptica, també s'han utilitzat per fer un anàlisi de microscòpia electrònica. Per això s'ha fet servir el Hitachi Tabletop Microscope TM-1000 (Microscopi de Força Atòmica), a la EPSEM. Aquest microscopi ens permet capturar imatges amb una resolució màxima de 10.000 augments.

La identificació dels minerals s'han recolzat en la difracció de rajos X (DRX). S'han realitzat difraccions dels diferents materials observats en camp mitjançant un difractòmetre de geometria Bragg-Brentano PANalytical X'Pert system (monocromador de grafit, esclatxa automàtica, radiació $K\alpha$ del Cu a ($\lambda=1.54061 \text{ \AA}$), potència de treball | 45 kV - 40 mA, rang d'escombrada $4-100^\circ 2\theta$ amb pas de $0.017^\circ 2\theta$ i temps de mesura de 50 s). Pel programari per a la identificació i valoració semiquantitativa de les fases s'ha utilitzat el programa XPert Graphics Identify Philips.

6.3.2. Resistència al desgast

S'ha realitzat l'assaig segons la norma ASTM C131 / C131M - 14 "Resistència al desgast dels àrids per mitjà de la màquina de Los Angeles".

Consisteix en mesurar la pèrdua de massa que pateix un àrid en estar sotmès a un procés continu de desgast. L'assaig de Los Angeles indica el percentatge de desgast que ha sofert l'agregat en condicions de fregament continu de les partícules d'àrid al ser sotmeses a rotació en un molí amb esferes d'acer. La mostra de l'àrid dona voltes a l'interior d'un tambor giratori juntament amb boles d'acer. Després d'aquesta rotació es determina el material retingut pel tamís de 1.6 mm. Aquest assaig s'ha realitzat al Laboratori de geotècnia i paviment del Departament de enginyeria civil, a la Facultat de mines de la Universidad Nacional de Colombia (Medellín).

6.3.3. Resistència la compressió uniaxial

Aquests assaig s'ha fet segons la norma UNE-EN 1926:2007 "Mètodes d'assaig per a la pedra natural. Determinació de la resistència a la compressió uniaxial".

Per realitzar aquest assaig va ser necessari preparar prèviament les provetes necessàries; per això, es van tallar les roques disponibles en forma de cubs amb una serra elèctrica. Aquest assaig consisteix en sotmetre el material a un esforç axial fins que es produeixi el trencament de la proveta. En aquets treball es va utilitzar la premsa de compressió uniaxial del Laboratori Optimore de la EPSEM.

6. 4. Treball de gabinet

S'ha fet una anàlisi de les fractures mesurades a les galeries amb el programa Unwedge (Rocscience®). Aquest programa ens permet analitzar l'estabilitat de les galeries i ens permet fer una simulació per veure el seu comportament. Prèviament, s'ha fet una anàlisi de la projecció estereogràfica de les fractures amb els programes Georient i DIPS (Rocscience®).

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

7. Descripció del procés productiu

7.1. Exploració

L'exploració a la regió de La Llanada la duen a terme els propis miners, que extrauen mostres de les vetes aflorades per mitjà de barres de ferro per després triturades a mà amb macetes fins obtenir una mostra totalment polvoritzada (Figura 5) D'aquesta pols separen l'or i l'estèril amb un àbac i calculen la quantitat d'or orientativa que es podria recuperar per cada 100 kg de mineral.



Fig. 5. Miner polvoritzant la mostra

La regió minera manca d'estudis geològics exhaustius, tant de sondejos com de mapes. La manca d'informació fa que moltes labors mineres siguin abandonades per desconeixement de la continuïtat de les vetes riques de mineral.

7.2. Arrancada

L'avanç de les galeries es realitza amb eines pneumàtiques, ja sigui martells de perforació o barrinades de diferents dimensions. Una vegada fetes les barrinades, s'introdueixen els explosius al seu interior.

Els explosius es preparen en forma de cartutxos i els productes més utilitzats són l'ANFO comercial o ANFO artesanal, fet a base d'adobs granulars i gasoil, accionats amb nitroglicerina i metxa de seguretat de diferents longituds per controlar l'ordre i el temps de detonació entre cartutxos.

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Els explosius són iniciats des de l'exterior de les mines a partir d'un interruptor que fa arribar la electricitat necessària per fer-ho detonar. L'electricitat és conduïda a través dels cables elèctrics que també serveixen per connectar la il·luminació de la mina.



Fig. 6. Miner preparant els cartuxos d'explosius manualment

7.3. Càrrega i transport

7.3.1. Interior de les galeries

Una vegada transcorregut el temps necessari per a que hi hagi una bona atmosfera de treball dins la mina després de la detonació, la càrrega de material del front de treball és manual. Aquesta es realitza amb pales i el transport es fa amb carretes fins a l'entrada de la mina o "bocamina". Si la mina és molt gran, es disposa de vagonetes que van de la galeria principal fins a l'exterior. Una vegada a l'exterior, la mena és ficada en sacs i la roca estèril és dipositada a la vesant de la muntanya, a les escombreres ubicades sota de l'entrada a les mines (Figura 7).

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



Fig. 7. Dipositant l'estèril a l'escombrera.

7.3.2. Exterior de les galeries

Els sacs amb el mineral, són duts des de les mines a les plantes de processament amb ases (Figura 8). En algunes mines també fan el transport mitjançant cables aeris o vehicles. Cal destacar que el camins pels quals hi poden circular vehicles, sovint no arriben fins l'entrada de les galeries, i s'ha d'arribar al lloc de treball per senderes estretes i empinades.



Fig. 8. Utilització d'animals per al transport

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

7.4. Processament

Totes les mines estudiades pertanyen a socis de la cooperativa COODMILLA la qual té una planta de processament a disposició de tots els seus socis (Figura 9).

El primer pas pel al processament del mineral és triturar el material amb una matxucadora de mandíbules. Una vegada tenim la mida correcta de partícules és dipositat al molí xilè (Figura 10a).

El molí xilè és una màquina on la pedra és triturada amb unes rodes pesades que donen voltes a gran velocitat. Allí, les partícules més fines combinades amb aigua, van cap a les parets exteriors del molí. La mòlta del molí és condueix a través de unes canaletes recobertes amb uns draps fins a la zona on es deposita el rebuig (Figura 10b). Les partícules més fines i pesants s'adhereixen als draps, i aquests es netegen amb aigua. Després aquesta barreja passa a una taula vibratòria (quan es va realitzar el treball de camp d'aquest estudi no estaven en funcionament). A la taula vibratòria s'aconsegueix separar els materials més pesats, és a dir, els sulfurs de l'or. Finalment, els miners s'emporten a casa la part amb més concentració d'or, i allí acaben de recuperar l'or utilitzant l'àbac.

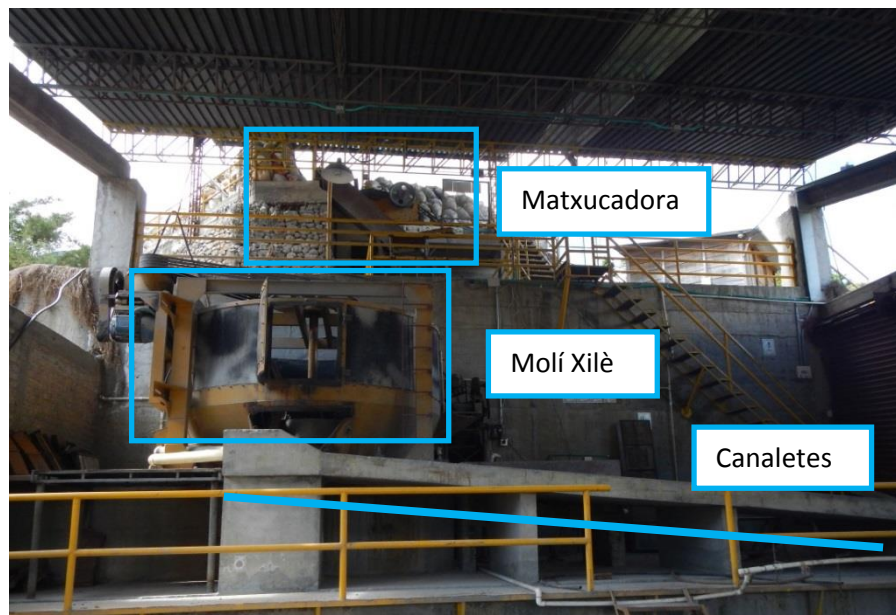


Fig. 9. Vista general de la planta de processament

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic de les mines de La Llanada (Colòmbia)



Fig. 10a-b. Molí Xilè (a) i zona on es dipositen els fangs de rebuig (b).

Cal remarcar que l'or de La Llanada és anomenat "or verd", ja que no utilitzen cianur, mercuri, ni cap mena d'additiu per diluir les partícules d'or.

És van obtenir mostres de la mòlta abans d'entrar al molí xilè, i hi havia una concentració de 3,57 ppm d'or. Una vegada triturat i adherit als draps, aquesta concentració va a passar a ser de 20 ppm. La recuperació d'or amb el molí xilè és molt efectiva. Aquests tipus de molí no s'havia vist mai en cap altre projecte de cooperació on ha participat Minería per al Desenvolupament, a països com Perú o Bolívia. Per això seria interessant exportar aquesta idea allí on utilitzen additius i la recuperació té un impacte ambiental negatiu molt més gran que a La Llanada.

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

8. Estudi geotècnic

8.1. Context geològic

8.1.1. Litologia

- Tonalita: Les roques plutòniques encaixants de les mineralitzacions mostren un aspecte de roca granular amb tonalitats grises des de clares fins a fosques, que en camp podrien atribuir-se a una roca des de granit a tonalita. Sovint s'observa un elevat grau d'alteració. L'observació al microscopi mostra que aquestes roques presenten textura equigranular i estan composades predominantment per quars i plagiòclasi sent pràcticament absent el feldspat potàssic. La identificació de la plagiòclasi es basa en l'aparició del seu característic maclat polisintètic i també la aparició d'una zonació concèntrica molt marcada (Figura 11).

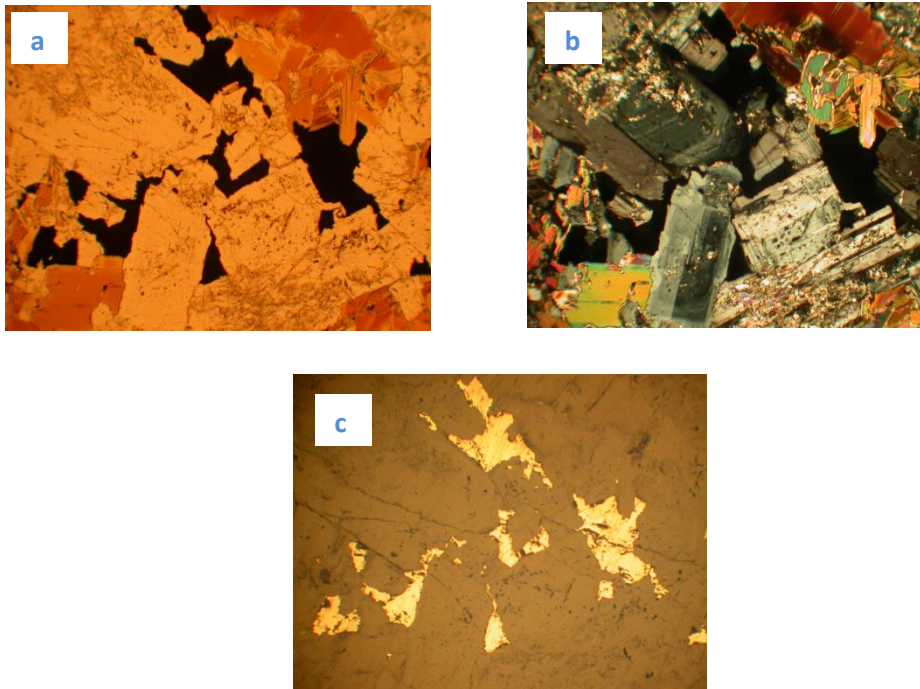


Fig. 11a-c. Plagiòclasi maclada vista amb microscopi amb llum transmesa paral·lela (a), polaritzada (b) i llum reflectida (c). Amplada fotografia 1 cm.

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

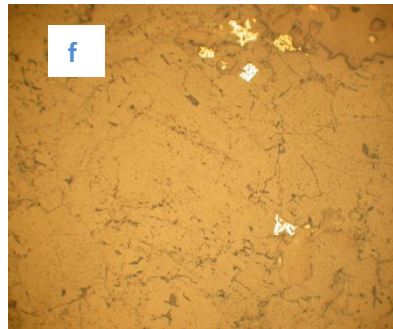
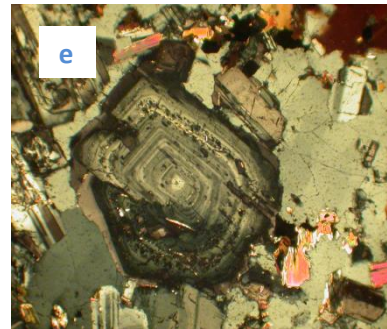
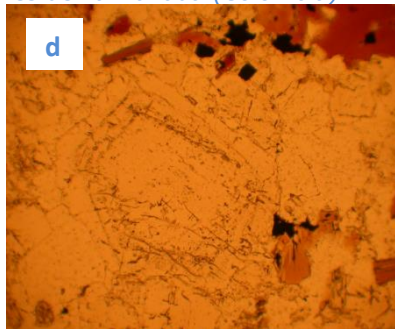


Fig. 11 d-e. Plagiòclasis zonada vista amb microscopi amb llum transmesa paral·lela (d), polaritzada (e) i llum reflectida (f). Amplada fotografia 1 cm.

- Roca sedimentària: Es tracta d'una roca afanítica composta principalment per quars microcristal·lí. En alguns casos també presenta biotita. Es troba creuada per nombroses vetes de quars. La mineralització es troba relacionada amb aquestes vetes però en ocasions és més tardana (Figura 12).

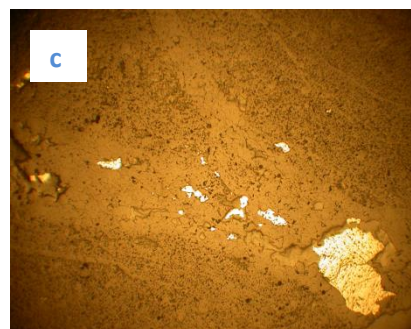
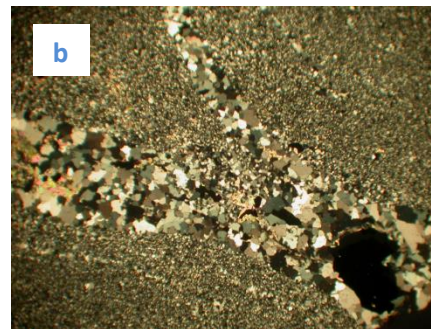
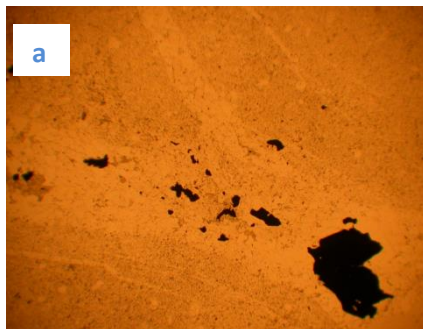


Fig. 12a-c. Vetes de quars amb mineralització tardana de sulfurs vista amb microscopi amb llum transmesa paral·lela (a), polaritzada (b) i llum reflectida (c). Amplada fotografia 1 cm.

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

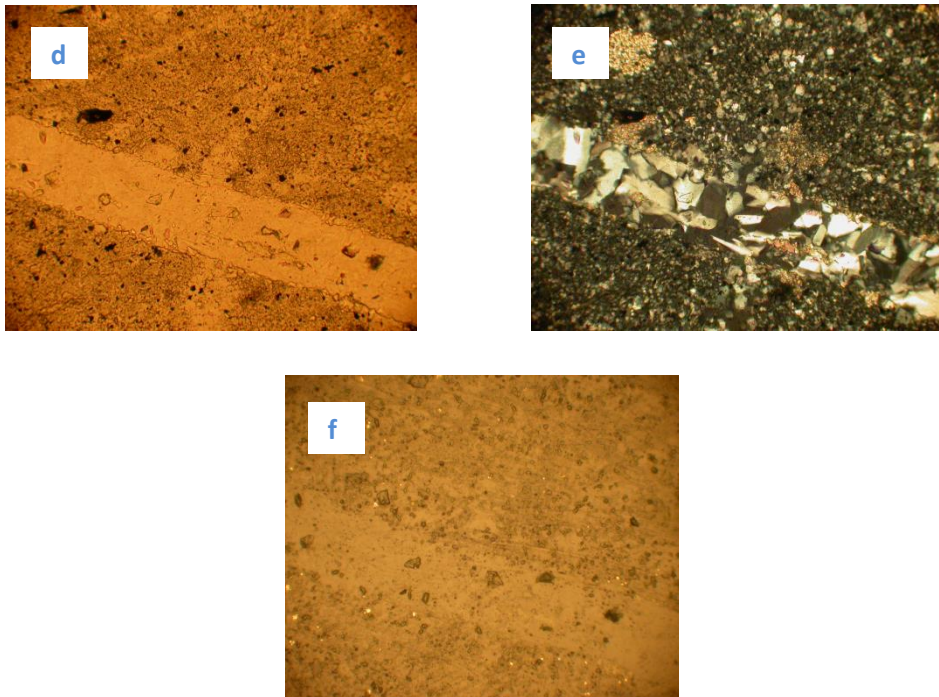


Fig. 12d-f. Vetes de quarz amb escassa presència de feldspats vista amb microscopi amb llum transmesa paral·lela (a), polaritzada (b) i llum reflectida (c). Amplada fotografia 1 cm.

8.1.2. Mineralització

La mineralització es troba tant en vetes de quarz com disseminada a les roques encaixants. L'or, que a vegades es veu a ull nu, es troba acompanyat per sulfurs, i plata. Els més abundants són la pirita (FeS_2), arsenopirita (FeAsS), pirrotita ($\text{Fe}_1\text{-XS}$) i calcopirita (CuFeS_2). En menor proporció apareix esfalerita (ZnS) i sulfosals. També hi trobem fosfats de terres rares (Figura 13).

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic de les mines de La Llanada (Colòmbia)

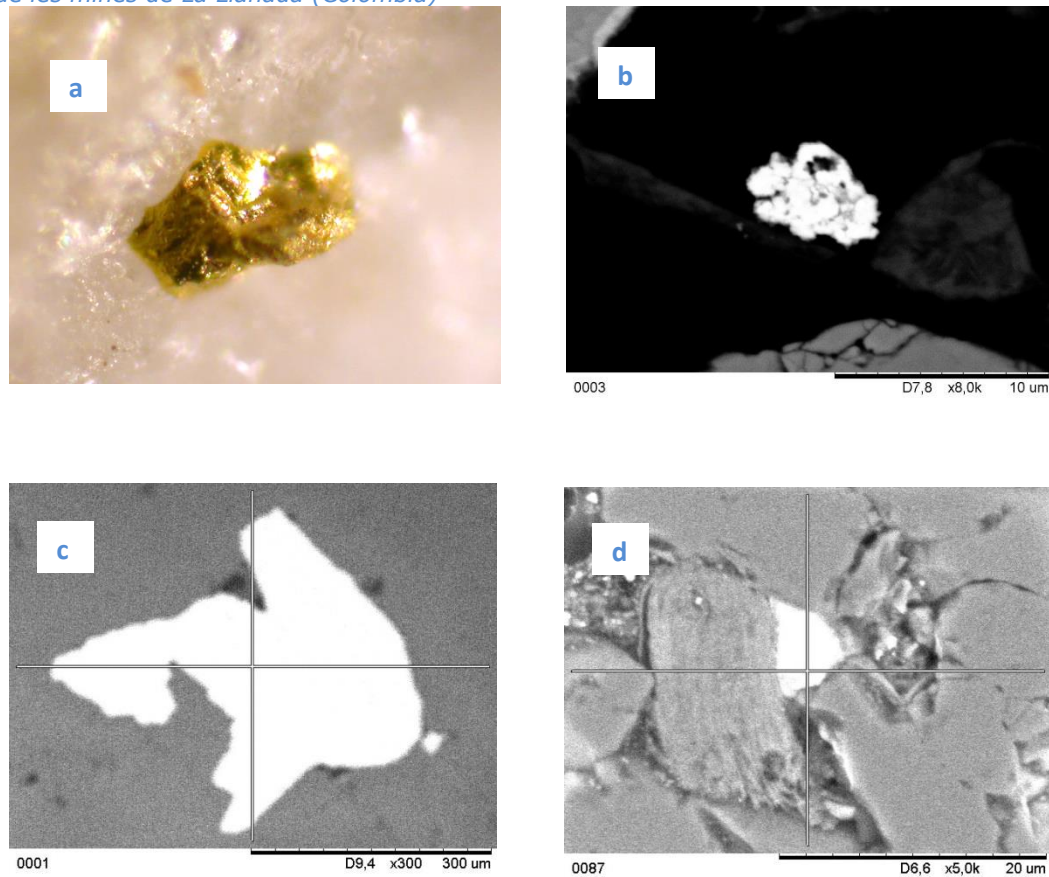


Fig. 13a-d. Or vist a ull nu (a), argentinita (sulfur de plata) vista al microscopi electrònic (b), Esfalerita vista al microscopi electrònic (c) i monacita (CePO_4 , LaPO_4 , NdPO_4) vista al microscopi electrònic (d)

9.2. Resultats

9.2.1. Assaig compressió simple uniaxial

L'assaig a la compressió simple uniaxial s'ha realitzat en diferents provetes de diferents mostres (Annex 4). Aquest assaig ens permet determinar la càrrega màxima, per unitat de superfície, que pot suportar un tipus de roca quan és sotmès a compressió simple:

$$\sigma = F/S$$

Fent la mitjana aritmètica de les diferents provetes, obtenim la resistència a la compressió simple de cada mostra, i podem classificar les roques segons Bieniawski (1973).

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Taula 2. Mitjana de la resistència a la compressió simple de les diferents mostres

Mostra	Mina	Concessió	Resistència C.S	Descripció
LL6	Mina 1	El Cisne	$\sigma = 57,07$ MPa	Chert marró
LL7	Mina 1	El Cisne	$\sigma = 122,73$ MPa	Chert clar, molt quars
LL40	Mina 1	El Cisne	$\sigma = 100,95$ MPa	Chert marró, sulfuració
LL15	Mina 2	El Cisne	$\sigma = 85,66$ MPa	Tonalita
LL17	Mina 3	Canadá	$\sigma = 135,18$ MPa	Chert gris, molt quars en forma de vetes
LL 19	Mina 3	Canadá	$\sigma = 91,27$ MPa	Chert blanca
LL20	Mina 4	Canadá	$\sigma = 73,05$ MPa	Chert negre, molt quars en forma de vetes
LL22	Mina 4	Canadá	$\sigma = 110,29$ MPa	Chert marró
LL24	Mina 4	Canadá	$\sigma = 90,75$ MPa	Chert negre
LL37	Mina 5	Canadá	$\sigma = 81,46$ MPa	Chert marró

Taula 3. Classificació de la duresa de les roques segons la seva resistència a la compressió simple (Bieniawski, 1973)

Resistència C.S. (MPa)	Bieniawski (1973)	Mostres
1-5	Molt baixa	
5-12,5		
12,5-25		
25-50	Baixa	
50-100	Mitjana	LL6 LL15 LI20 LI24 LL37
100-200	Alta	LI7 LI17 LI22 LL40
>200	Molt alta	
>250		

9.2.2. Assaig resistència al desgast "Los Ángeles"

S'ha realitzat l'assaig de la resistència al desgast en dues mostres, equivalents a les principals roques encaixants que es troben les mines de la concessió del Canadá i Cisne, chert i tonalita respectivament.

El coeficient de los Angeles es calcula a partir de la següent expressió:

$$LA = 5000 - m/50$$

On "m" és la quantitat de massa retinguda pel garbell de 1.63 mm, expressat en grams.

La roca encaixant del Canadá presenta una resistència al desgast del 17 % i la del Cisne del 23% (Annex 5).

9.2.3. Estudi de les discontinuïtats

S'han analitzat fractures agrupades segons a quines galeries corresponen i les seves característiques.

Al camp es va mesurar la direcció del pla de les discontinuïtats respecte al nord i la inclinació de la línia de màxima pendent (Annex 6).

Utilitzant els programes Georient© i Dips (Rocscience©) s'ha realitzat la projecció estereogràfica de cada una de les fractures (Annex 7) i s'ha obtingut la orientació mitjana de les famílies de fractura per cada tram de mina amb les mateixes característiques que s'ha d'estudiar posteriorment.

De cada tram representatiu de les mines s'ha obtingut la projecció estereogràfica i les principals famílies de fractures. Els pols de les fractures estan representats amb punts, i, amb colors diferents, les diferents fractures i els seus plans representatius.

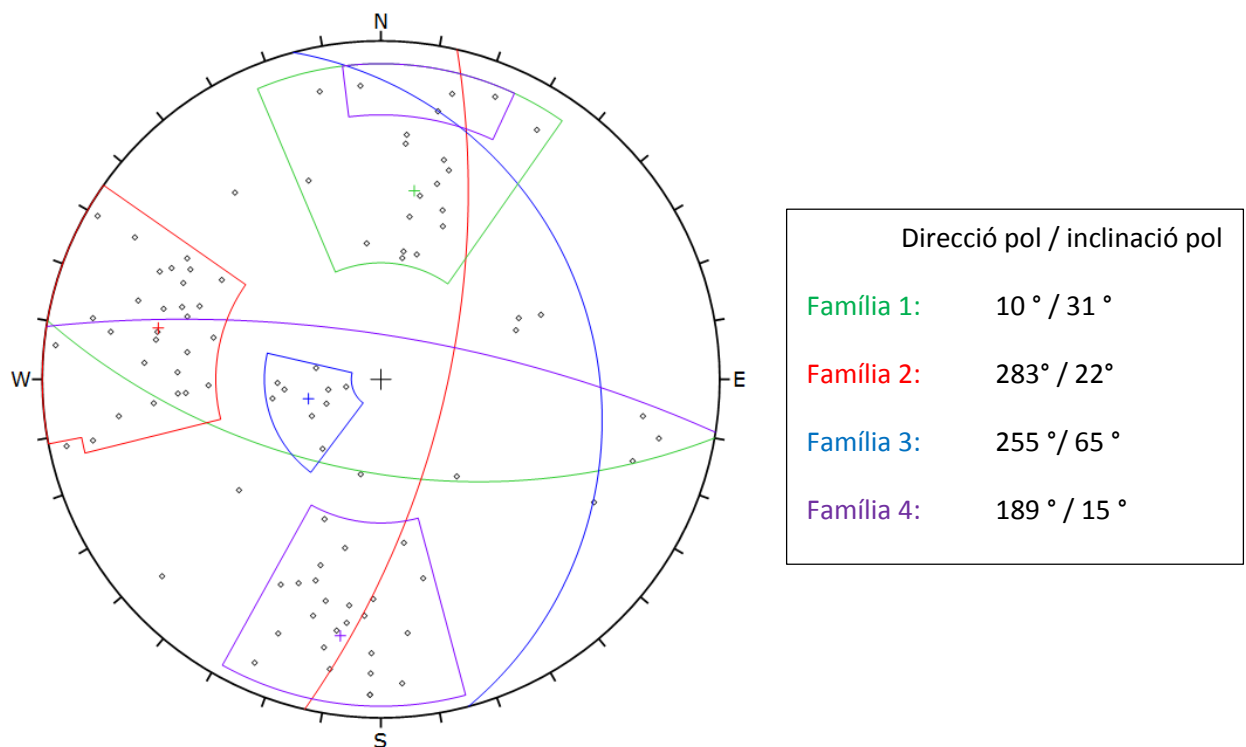


Fig. 14. Projecció estereogràfica de la mina 1

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

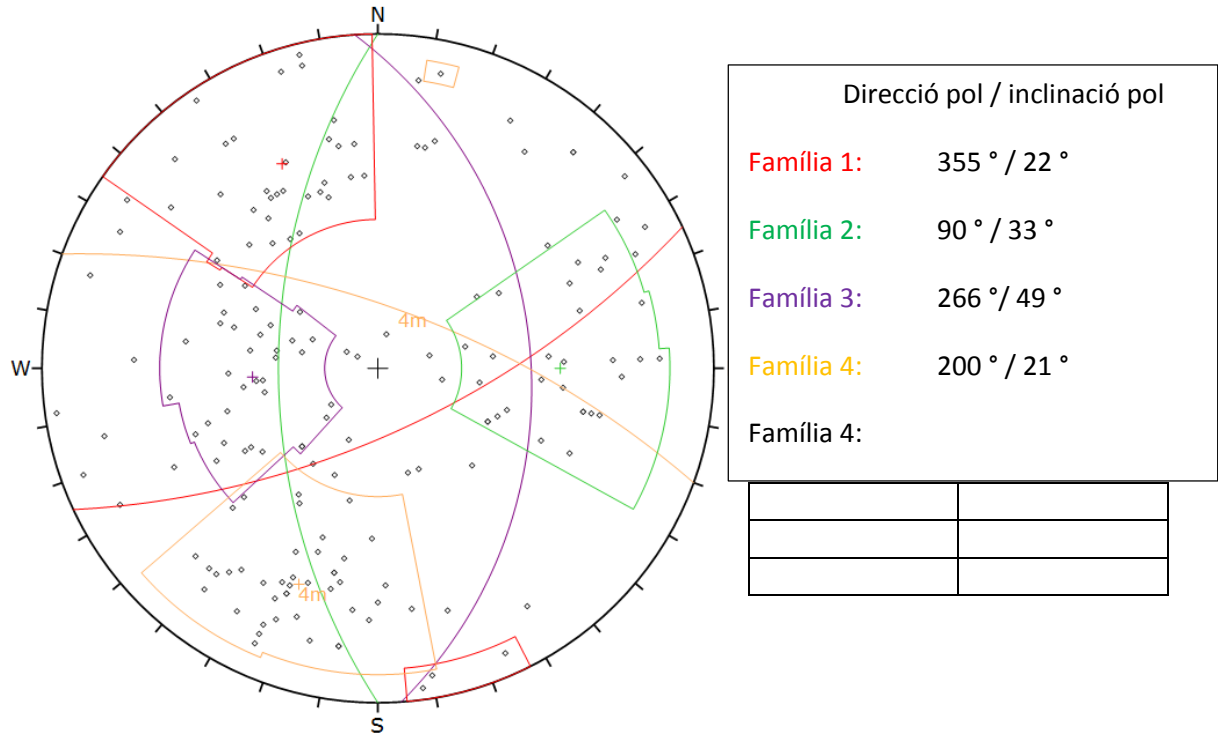
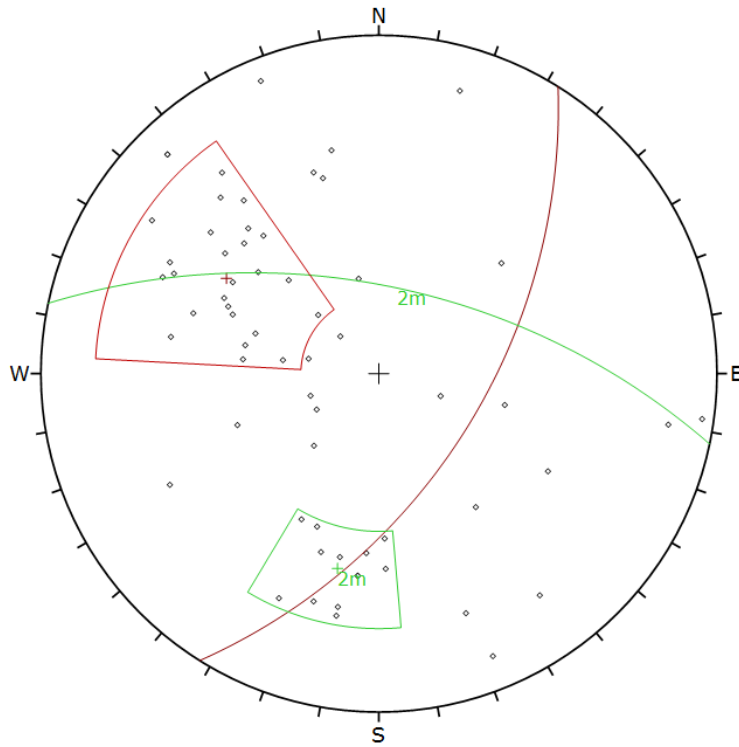


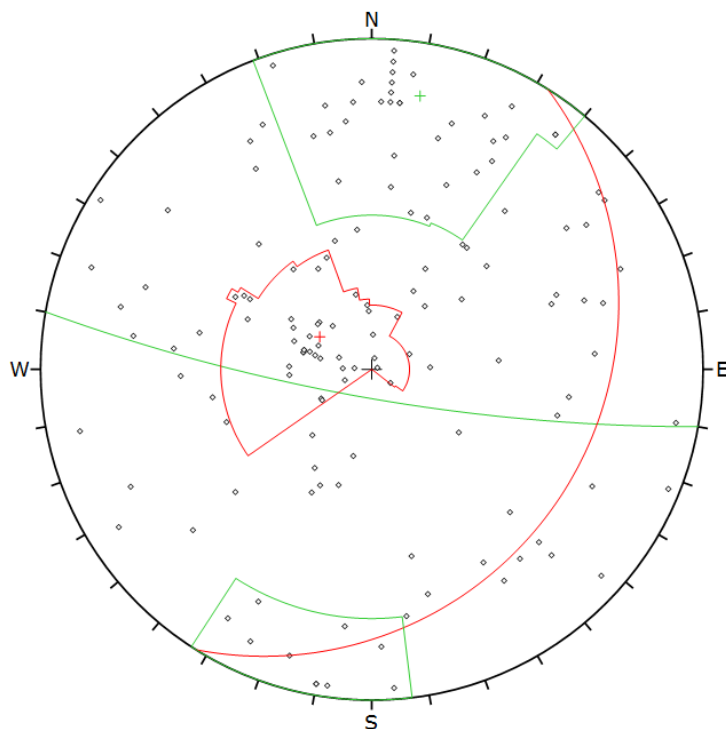
Fig. 15. Projectió estereogràfica de la mina 2 (galeria principal)

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



Direcció pol / Inclinació pol	
Família 1:	302 ° N / 34 °
Família 2:	192° N / 29°

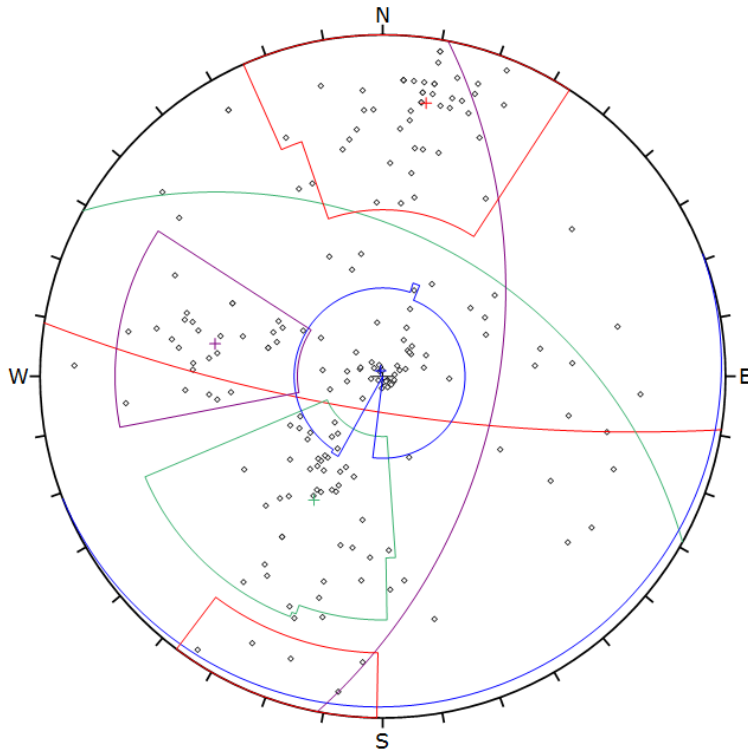
Fig. 16. Projecció estereogràfica de la mina 2 (fronts d'explotació)



Direcció pol / Inclinació pol	
Família 1:	10 ° N / 10 °
Família 2:	302° N / 69°

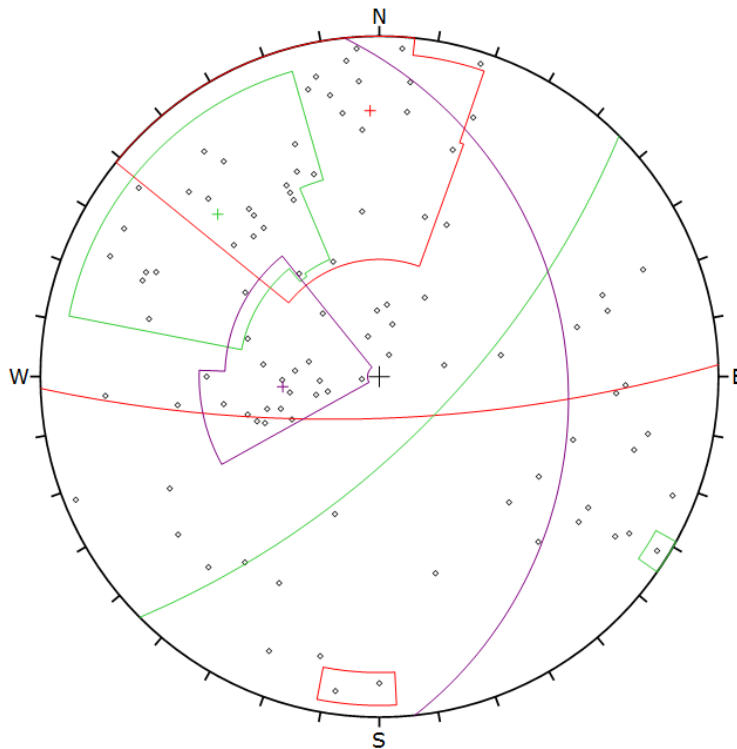
Fig. 17. Projecció estereogràfica de la mina 3

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



Direcció pol / Inclinació pol	
Família 1:	9° N / 12°
Família 2:	209° N / 45°
Família 3:	339° N / 88°
Família 4:	281° N / 37°

Fig. 18. Projectió estereogràfica de la mina 4



Direcció pol / Inclinació pol	
Família 1:	358° N / 14°
Família 2:	315° N / 22°
Família 3:	264° N / 59°

Fig. 19. Projectió estereogràfica de la mina 5

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

9.3. Discussió dels resultats

9.3.1. Predicció de propietats físiques i mecàniques

Ozcelik (2011) va desenvolupar unes equacions per predir diferents propietats físiques i mecàniques de les roques tenint en compte la seva resistència a l'abradió obtinguda en l'assaig de Los Angeles (LA). Aquestes propietats són: El pes per unitat de volum, la porositat aparent, la resistència a la compressió simple, la resistència a càrrega puntual i la resistència a la tracció. i. Aquestes equacions són diferents per al tres tipus de roca: sedimentaria, ígnia i metamòrfica.

La roca encaixant del Cisne, amb un 23% de resistència al desgast, és una roca ígnia, per tant podem preveure les propietats físiques i mecàniques amb les següents fórmules:

- Pes per unitat de volum: $LA(\%) = 44,661 \cdot X^{-1,1609} \rightarrow X = 1,771 \text{ g/cm}^3$
- Porositat aparent: $LA(\%) = 9,974 \cdot X^{0,3937} \rightarrow X = 8,350 \%$
- Resistència a la compressió simple: $LA(\%) = 132,41 \cdot X^{-0,4743} \rightarrow X = 40,065 \text{ MPa}$
- Resistència càrrega puntual: $LA(\%) = 52,613 \cdot X^{-0,5605} \rightarrow X = 4,377 \text{ MPa}$
- Resistència a la tracció: $LA(\%) = 29,605 \cdot X^{-0,2755} \rightarrow X = 2,500 \text{ Mpa}$

La roca encaixant de la concessió del Canadà, amb un 17 % de resistència al desgast, és majoritàriament chert, que ha patit un procés de metamorfisme. Per tant, aplicant les fórmules per les roques metamòrfiques podem deduir les següents propietats:

- Pes per unitat de volum: $LA(\%) = 13164 \cdot X^{-6,2501} \rightarrow X = 2,899 \text{ g/cm}^3$
- Porositat aparent: $LA(\%) = 33,894 \cdot X^{0,1473} \rightarrow X = 0,009 \%$
- Resistència a la compressió simple: $LA(\%) = 382,26 \cdot X^{-0,645} \rightarrow X = 124,734 \text{ MPa}$
- Resistència Carrega puntual: $LA(\%) = 57,732 \cdot X^{-0,6135} \rightarrow X = 7,336 \text{ MPa}$
- Resistència a la tracció: $LA(\%) = 79,762 \cdot X^{-0,6004} \rightarrow X = 13,127 \text{ Mpa}$

9.3.2. Determinació de la qualitat del massís

Els massissos rocosos, com a medis discontinus, presenten un comportament geomecànic complex que, de forma simplificada, pot ser estudiat i caracteritzat en funció de la seva aptitud per diferents aplicacions (Vallejo et al., 2002). Una de les classificacions geomecàniques dels massissos rocosos més utilitzada és la de RMR (*Rock Mass Rating*) i ha estat desenvolupada per

*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)*

Bieniawski al 1973 amb actualitzacions al 1979 i 1989. Aquesta s'aplicarà en el present estudi i es mostra a l'Annex 8. La classificació té en compte els següents paràmetres:

- Resistència uniaxial de la matriu rocosa.
- Grau de fracturació.
- Espaiament de les discontinuïtats.
- Condicions de les discontinuïtat.
- Condicions hidrogeològiques.
- Correccions per la orientació de les discontinuïtats.

La incidència d'aquests paràmetres en el comportament geomècanic s'expressa amb l'índex de qualitat RMR que varia de 0 a 100 %.

Per aplicar la classificació RMR s'han dividit els massissos rocosos de les diferents galeries de les mines d'acord amb les observacions realitzades en el camp. En aquest estudi s'han tingut en compte les següents consideracions:

- El grau de fracturació

El factor que millor defineix el grau de fracturació és la densitat de fractures. El grau de fracturació del massís rocós és el RQD (*Rock Quality Designation*), que es mesura amb els testimonis de sondeig (Ferrer i Vallejo, 2007). En aquest cas, no disposem de testimonis de sondeig, però també es pot estimar el RQD a partir del paràmetre J_v (nombre total de discontinuïtats per metre cúbic, segons la següent expressió empírica de Palmstrom (1975):

$$RQD=115-3.3 J_v$$

On $RQD = 0$ per $J_v > 35$, i $RQD = 100$ per $J_v < 4.5$

- Mina 1 (de 0 a 60 m): 4 famílies de discontinuïtats.

$$J_v = \frac{100}{15} + \frac{100}{20} + \frac{100}{50} + \frac{100}{20} = 18,67$$

$$RQD= 61,61$$

- Mina 1 (de 60 m als fronts d'exploració): 4 famílies de discontinuïtats.

$$J_v = \frac{100}{15} + \frac{100}{100} + \frac{100}{50} + \frac{100}{30} = 13$$

$$RQD=72,1$$

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

- Mina 2: 4 famílies de discontinuïtats.

$$Jv = \frac{100}{80} + \frac{100}{40} + \frac{100}{60} + \frac{100}{35} = 8,27$$

$$RQD=87,71$$

- Mina 3 (cambra del front d'exploració): 2 famílies discontinuïtats però amb molta fracturació secundària.

$$Jv = \frac{100}{20} + \frac{100}{10} + \frac{100}{5} (\text{frac. sec.}) = 35$$

$$RQD= 0 \%$$

- Mina 4: 4 famílies de discontinuïtats.

$$Jv = \frac{100}{150} + \frac{100}{50} + \frac{100}{60} + \frac{100}{10} = 14,33$$

$$RQD=67,71$$

- Mina 5: 3 famílies de discontinuïtats

$$Jv = \frac{100}{15} + \frac{100}{2} + \frac{100}{10} = 57,67$$

$$RQD=0 \%$$

- Persistència

S'ha estimat una persistència mitja de 3 a 10 m per desconeixement d'aquest valor.

- Correccions per la orientació de les discontinuïtats

Aquestes correccions són aplicables a un massís rocós on es vol construir una gran infraestructura, com és un túnel. Com que, en aquest cas, són petites galeries, s'han desestimat.

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Taula 4. Classificació geomecànica RMR dels massissos rocosos

		Mina 1		Mina 2	Mina 3	Mina 4	Mina 5	
		De 0 a 60 m	De 60m als fronts d'explotació	Total	Cambra explotació	Total	Total	
Paràmetres de classificació								
1	Resistència de la matriu rocosa	57 MPa	122 MPa - 101 MPa	85 MPa	135 MPa - 92 MPa	85 MPa	81 MPa	
	Puntuació	7	12	7	12	7	7	
2	RQR	61,61%	72,10%	88%	35%	68%	0%	
	Puntuació	13	13	17	6	13	3	
3	Separació entre diàclisis	0,26 m	0,49 m	0,5375 m	0,1167 m	0,675 m	0,09 m	
	Puntuació	10	10	10	8	15	8	
4	Estat de les discontinuïtats	Longitud de la discontinuïtat	3-10 m	3-10 m	3-10 m	3-10 m	3-10 m	3-10 m
		Puntuació	2	2	2	2	2	2
		Obertura	1-5 mm	0,1 - 1 mm	<0,1 mm	Cap	<0,1 mm	Cap
		Puntuació	1	3	5	6	5	6
		Rugositat	suau	suau	suau	suau	Suau	Suau
		Puntuació	0	0	0	0	0	0
		Rebliment	Cap	Cap	Cap	Cap	Cap	Cap
		Puntuació	6	6	6	6	6	6
		Alteració	Lleugerament alterada	Lleugerament alterada	Lleugerament alterada	No alterat	Moderadament alterat	Moderadament alterada
		Rebliment	5	5	5	6	3	3
5	Aigua freàtica	Estat general	Lleugerament humit	gotejant	Lleugerament humida	Sec	Sec	Sec
		Puntuació	10	4	10	15	15	15
		PUNTUACIÓ TOTAL	44	55	62	61	66	50

Una vegada obtingut l'índex RMR dels diferents massissos, els podem classificar segons la següent taula (Bieniawski 1989):

Taula 5. Qualitat de massissos rocosos en relació al índex RMR (Bieniawski, 1989)

Classe	Qualitat	Valoració RMR	Cohesió	Angle de fregament
I	Molt bona	100-81	>4 kg /cm ²	>45°
II	Bona	80-61	3-4 kg /cm ²	35°-45°
III	Mitjana	60-41	2-3 kg /cm ²	25°-35°
IV	Dolenta	40-21	1-2 kg /cm ²	25°-25°
V	Molt dolenta	<20	<1 kg /cm ²	<15°

Els massissos rocosos de la mina 1 i 5 corresponen a la classe III i per tant, tenen una qualitat mitjana. En canvi, els massissos de les mines 2, 3 i 4, amb un índex RMR més elevat, són de classe II, per tant, d'una bona qualitat.

9.3.3. Determinació del risc de caiguda de tascons

La ruptura per tascons, es produeix per la intercessió de 3 o més plans de discontinuïtats. Per determinar el risc de caiguda de tascons en les diferents mines, s'ha utilitzat el programa Unwedge. Aquest programa ens permet simular els diferents moviments de caiguda de tascons depenent de la secció de les galeries, la seva orientació respecte el nord i la seva inclinació. Aquest programa, però, té unes limitacions: només simula a la vegada, els tascons formats per la interacció de 3 famílies de discontinuïtats. La següent fórmula ens indica les combinacions possibles de càlcul del programa:

$$\frac{n!}{r!(n-r)!}$$

On n= 3 famílies de discontinuïtats per càlcul i x= nombre total de famílies.

L'anàlisi d'estabilitat es fa amb el mètode d'equilibri límit, que consisteix en comparar les forces del tascó que tendeixen al moviment amb les forces resistent que s'oposen al mateix al llarg d'una determinada superfície de ruptura que, en aquest cas, és la superfície de la galeria (Vallejo et al., 2002). Aquest anàlisi ens proporciona el valor del coeficient de seguretat.

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

$$F_s = \frac{\text{forces estabilitzadores}}{\text{forces desestabilitzadores}} = \frac{\text{tensions tangencial resistens}}{\text{tensions tangencials lliscants}}$$

Quan un tascó té un $F_s < 1$, el valor de les forces desestabilitzadores són més grans que les que estabilitzen el tascó i, per tant, hi ha un risc potencial de despreniment.

A l'hora de escollir els paràmetres necessaris per calcular la formació de tascons, s'han mantingut els valors predeterminats següents:

- Unitat de pes de roca: $0,027 \text{ MN/m}^3$
- Unitat de pes de l'aigua: $0,000981 \text{ MN/m}^3$
- Resistència al cisallament segons el Model Mohr-Coulomb ($\Phi = 35^\circ$, Resistència a la ruptura de tracció = 0 MPa i Cohesió = $0,1 \text{ MPa}$)
- Pressió de l'aigua: 0 MPa constant
- Continuitat de la galeria infinita i sense angle d'ondulació.

El programa Unwedge requereix que dissenyem la secció de la galeria i establim la direcció respecte al nord i la inclinació del seu eix.

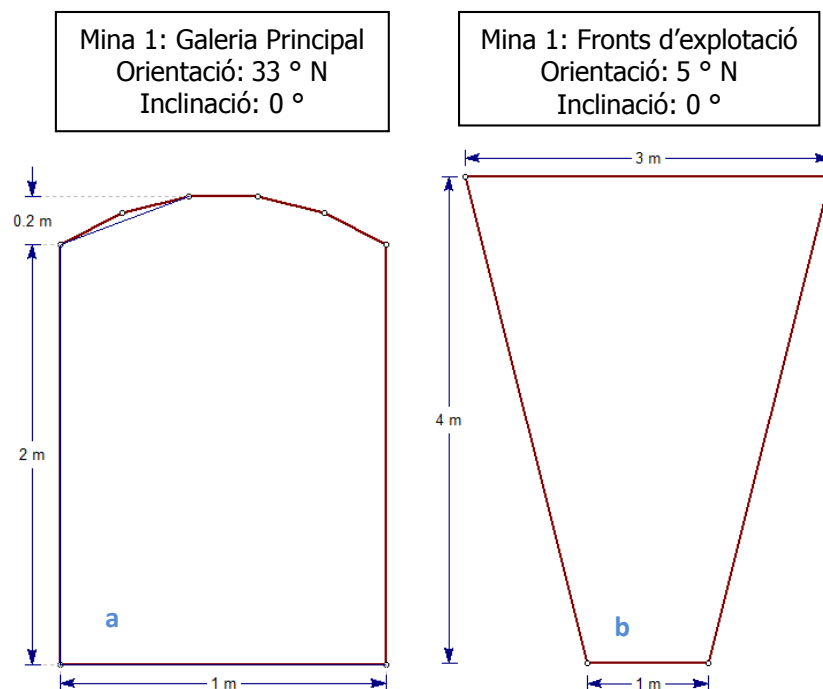


Fig. 20a-b. Secció de la galeria principal (a) i del front d'explotació de la mina 1 (b)

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

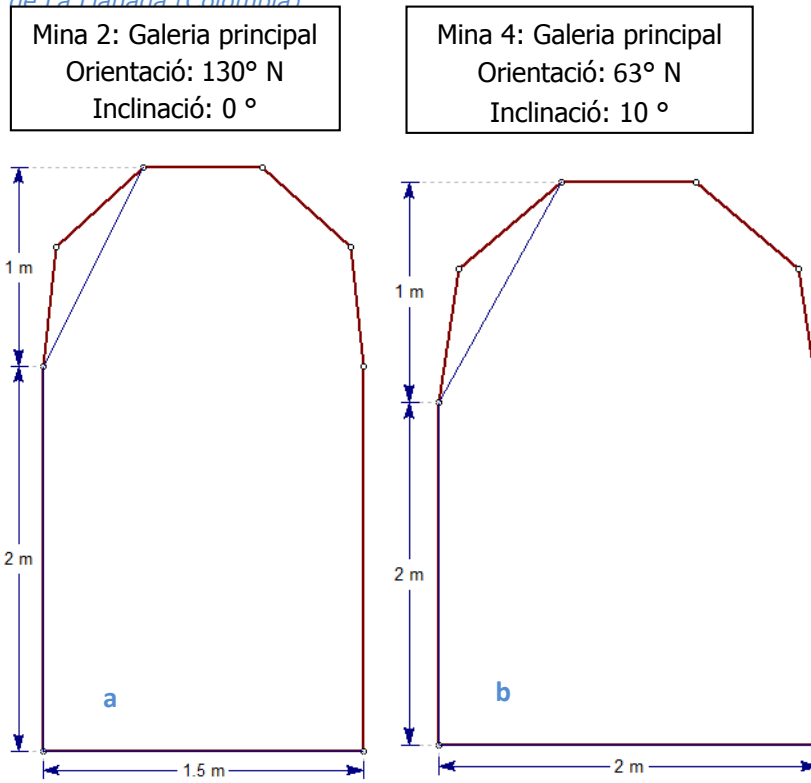


Fig. 21a-b. Secció de la galeria principal de la mina 2 (a) i secció de la galeria principal de la mina 4 (b)

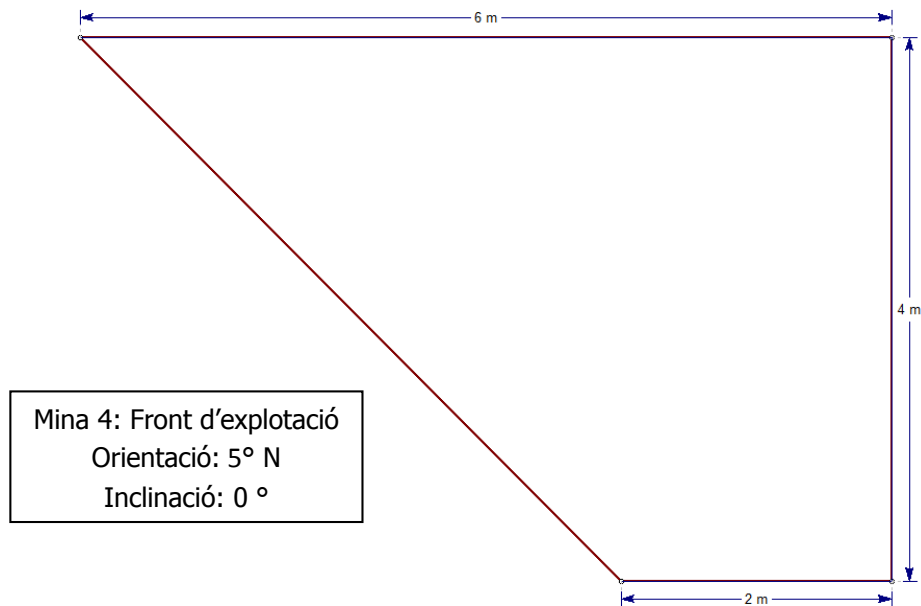


Fig. 22. Secció del front d'exploració de la mina 4

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

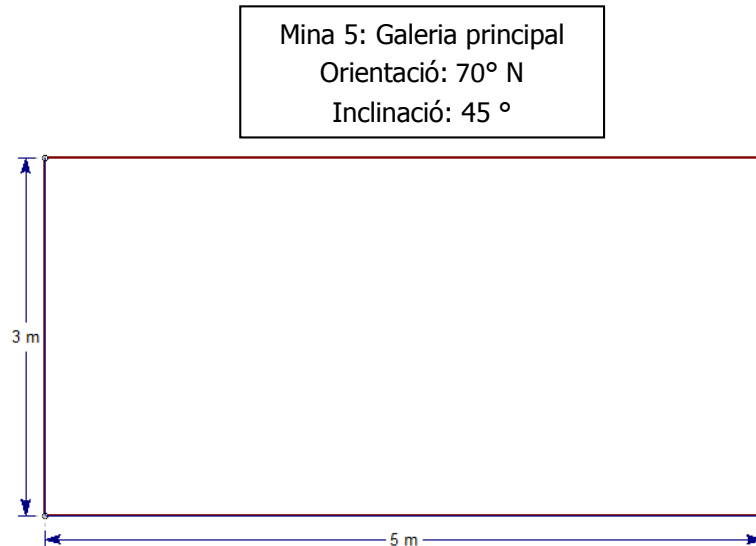


Fig. 23. Secció de la galeria principal de la mina 5

A la mina 3 i als fronts d'exploració de la mina 2 no s'hi poden formar tascons, ja que només hi ha dues famílies de fractures principals. A les galeries dels fronts d'exploració de la mina 4 i a la mina 5 tots els tascons que es formen són estables. En canvi, a la mina 1, a la galeria principal de la mina 2, i a la galeria principal de la mina 4 hi ha risc de lliscament als tascons situats al sostre de les galeries, i només a la mina 1, també hi ha risc a un tascó format a la part superior dreta (Annex 9).

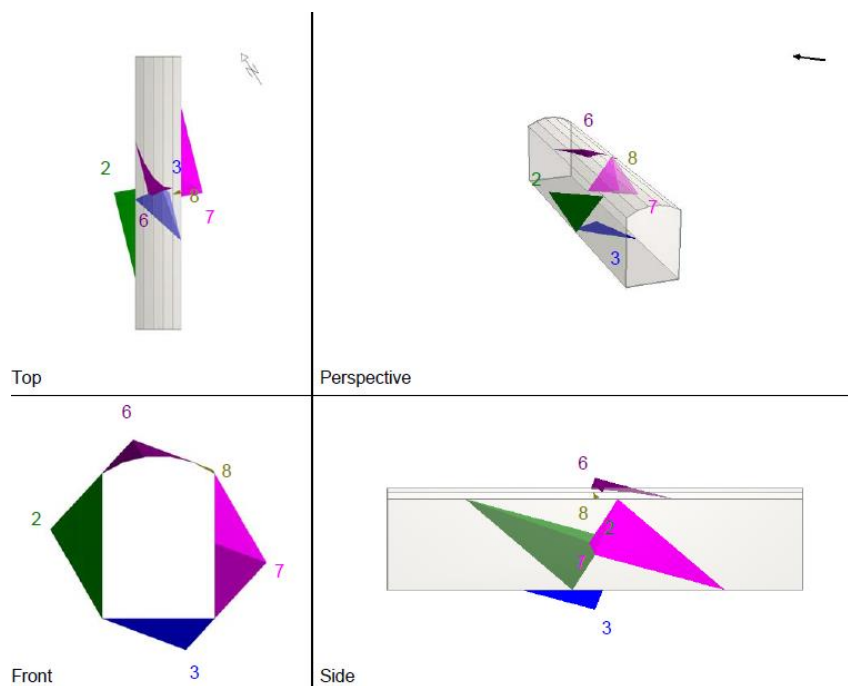


Fig. 24. Vista de la galeria principal de la mina 1 amb programa Unwedge.

9. Conclusions

Les mineralitzacions d'or de La Llanada estan formades principalment per vetes encaixades en tonalita i chert.

Si comparem els resultats de la resistència a la compressió simple de la tonalita (mostra LL15) i el chert (mostra LL24) obtinguts amb l'assaig o deduïts a partir dels assaigs de Los Angeles, veiem que no hi ha correlació entre ells. Per a la tonalita el resultat obtingut amb l'assaig és més elevat que amb les equacions, i pel chert més baix. Per afirmar que els valors de les altres propietats obtingudes són certs i aplicables per aquests tipus de roques, hauríem de fer més assaigs de compressió simple en mostres d'altres zones.

Per altra banda, tot i que els massissos rocosos han estat classificats com a mitjana i bona qualitat, s'ha de considerar l'excessiva simplificació que suposa la classificació RMR, que sobrevalora les propietats mecàniques i resistents, i no té en compte altres propietats i el seu comportament geomecànic.

Finalment, els tascons amb risc potencial de lliscament són els que es formen a la part superior de les galeries, però de petites dimensions. Per tant, el seu lliscament no provocaria el col·lapse a la galeria. En alguns casos, com a la mina 3, en l'estudi de la formació de tascons s'hauria de tenir en compte la fracturació secundària, ja que si és molt abundant, pot influir en el dimensionament de les cambres d'explotació. Realitzar la simulació amb els paràmetres predeterminats pel programa Unwedge (Rocscience©) fa que els resultats no siguin totalment concloents.

10. BIBLIOGRAFIA

ASTM C131 / C131M - 14. (2006). Resistència al desgast dels àrids per mitjà de la màquina de Los Angeles.

Bieniawski, Z. T. (1973). Engineering classification of jointed rock masses. Transactions, South African Inst. of Civil Engineering, vol 15.

Bieniawski, Z. T. (1979). The geomechanics classification in rock engineering Applications. Proc. 4 the International Conference on Rock MEchanics. Balkema.

Bieniawski, Z.T. (1989). Engineering rock mass classifications. Ed. John Wiley and Sons.

Coodmilla (2015). Informe final de exploracion y delimitacion de areas del Municipio de la Llanada. Informe no publicat

Coodmilla (2015). Mapa Geología Regional Distrito Minero de la Llanada

Dieste, A. (2015). De las entrañas de Colombia a la Palma de Cannes: "oro ético" . <http://business-humanrights.org/es/colombia-mineras-en-la-llanada-reconocidas-por-pr%C3%A1cticas-%C3%A9ticas-en-la-producci%C3%B3n-de-oro>.

Ferrer, M., Vallejo, L. I. (2007). Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 2007.

León, J. (2011). La Llanada, la 'tercera vía' en minería. La silla Vacía. <http://lasillavacia.com/historia/la-llanada-la-tercera-en-mineria-22654>.

Millán, (2004). Plan de infraestructura de transporte y portuària para el desarrollo minero en Colombia. Caracterización distritos mineros. Informe. Bogotá, pp 396. <http://www.simec.gov.co/Portals/0/Documental/952.pdf>

Minecol (2001). MINERCOL, Producción y Distribución Regalías año 2002 de Oro, Plata, Platino, Esmeraldas y Níquel.

Ozcelik, Y. Predicting Los Angeles abrasion of rocks from some physical and mechanical properties. Scientific Research and Essays. Vol. 6 (7). 2011.

Palmstrom, A. (1975). Characterization of degree of jointing and rock mass quality. Int. Report Ing. A.B. Berdel, A.S. Oslo.

SIMCO (Sistema de información Minero Colombiano) (2016). http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=116&grupo=496&.

Teilmann-Ibsen, S. (2015). Minas artesanales de Nariño exportan oro ecológico. Las dos orillas. <http://www.las2orillas.co/minas-artesanales-de-narino-exportan-oro-ecologico/>

UNE-EN 1926 (1999). Mètode d'assaig per a pedra natural. Determinació de la resistència a la compressió simple

Vallejo, L. I. et al. (2002). Ingeniería Geológica. Pearson Edición. Madrid, 2002.

*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)*

ANNEXES



*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)*

Annex 1. Aixecament topogràfic Cisne



*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)*

Annex 2. Aixecament topogràfic Canadà

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
 de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Annex 3. Relació de mostres

Mostra	Mina	Concessió	Assaig C.Simple	L. Prima	Difracci ó	Ppm(or)	Los Ángeles	Descripció
LL1	1	El Cisne						Veta quars mineralitzada (front dret)
LL2	1	El Cisne						Material de alteració hidrotermal. Abarca 80 cm omplint una fractura.
LL3	1	El Cisne			X			Material d'alteració hidrotermal. Abarca 1,5 m. Argiles omplint una fractura.
LL4	1	El Cisne						Veta front esquerre
LL5	1	El Cisne		X D06				Sulfurs en la roca encaixant del front dret
LL6	1	El Cisne	X					Roca dels primers 60 m
LL7	1	El Cisne	X					Roca encaixant a partir de 60 m
LL40	1	El Cisne	X					Roca encaixant a 60 m (Regressió entre LL6 i LL7)
LL8	2	El Cisne		X D07				Veta front dret
LL8b	2	El Cisne		X D08				Roca encaixant veta esquerra
LL9	2	El Cisne						Veta front esquerre
LL10	2	El Cisne			X			Material de rebliment a 15 m de l'entrada.
LL11	2	El Cisne			X			Paret esquerra alterada. A 18 m de l'entrada
LL12	2	El Cisne						Aigua
LL13	2	El Cisne		X D09				Roca encaixant front d'exploració
LL14	2	El Cisne						Roca plutònica alterada al principi de la galeria
LL15	2	El Cisne	X	X D10				Roca plutònica de l'interior
LL15b	2	El Cisne					X	Roca plutònica encaixant (aparentment granit)
LL16	3	Canadá – Las Moscas						Veta rica. Part esquerra de la cambra.
LL17	3	Canadá – Las Moscas	X		X			Roca encaixant costat veta

*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)*

Mostra	Mina	Concessió	Assaig C.Simple	L. Prima	Difracció	Ppm(or)	Los Ángeles	Descripció
LL18	3	Canadá – Las Moscas						Veta estèril. Part dreta de la cambra
LL19	3	Canadá – Las Moscas	X		X			Roca encaixant veta estèril
LL52	3	Canadá – Las Moscas				X		Càlcul llei mina Escobar
LL20	4	Canadá	X					Roca encaixant fosca
LL20b	4	Canadá						Roca encaixant fosca dubtosa
LL21	4	Canadá						Roca encaixant clara
LL22	4	Canadá	X					Roca encaixant regressió entre LL20 i LL21
LL23	4	Canadá						Veta front explotació
LL24	4	Canadá	X					Argiles rebliment fractures entrada
LL24b	4	Canadá			X			Roca encaixant entrada galeria
LL25	4	Canadá					X	Roca encaixant gris
LL30	5	Canadá						Roca encaixant marró clar
LL31	5	Canadá						Roca encaixant gris clar
LL32	5	Canadá						Roca sostre amb sulfurs a 25 m de l'entrada
LL33	5	Canadá						Veta amb or visible a ull nú, a 30 m de l'entrada
LL34	5	Canadá		X D11				Roca encaixant superior veta
LL35	5	Canadá						Veta mineralitzada
LL36	5	Canadá						Mineral color crema. Freqüentment acompanya l'or.
LL37	5	Canadá	X	X D12				Roca encaixant front
LL53		Molí				X		Mòlta anterior entrada molí
LL54		Molí				X		Mòlta sortida molí
LL55		Molí				X		Fang molí

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Annex 4. Assaig a la compressió uniaxial

PROVETA	COSTAT 1 (cm)	COSTAT 2 (cm)	COSTAT 3 (cm)	COSTAT 4 (cm)	SECCIÓ (cm ²)	FORÇA (tones)	Esforç C.S (kg/cm ²)
6a	3,16	3,23	3,06	3,45	10,400625	no trenca	-
6b	3,21	3,3	3,3	3,24	10,64390625	7,2	66,2915
6c	3,5	3,2	3,27	3,44	11,23925625	2,8	24,4144
6d	3,38	3,36	3,4	3,34	11,3569	11	94,9203
6e	3,16	3,21	3,13	3,18	10,0489	9,4	91,6717
6f	3,48	3,1	3,2	3,05	10,28805625	3,6	34,2922
6g	3,5	3,43	3,4	3,4	11,78205625	6,4	53,2335
6h	2,91	3,21	3,2	3,21	9,81255625	5	49,9360
6i	3,44	3,415	3,31	3,53	11,72206406	5	41,8015
						MITJANA 6	57,0701
7a	3,3	3,38	3,18	3,34	10,89	11,8	106,1892
7b	3,18	3,4	3,37	3,3	10,97265625	18,8	167,9083
7c	3,32	3,37	3,41	3,32	11,256025	8,8	76,6167
7l	2,85	2,86	3,11	3,03	8,77640625	10	111,6630
7d	3,17	3,1	3,07	3,22	9,8596	5,8	57,6494
7e	2,95	3,11	2,93	3,1	9,13550625	18,8	201,6746
7f	3,41	3,54	3,4	3,44	11,88525625	22	181,4012
7g	3,48	3,52	3,4	3,49	12,05825625	18	146,2898
7h	3,22	3,29	3,16	2,98	10,00140625	14	137,1807
7i	3,285	3,4	3,37	3,465	11,4244	14	120,0938
7j	3,54	3,53	3,415	3,44	12,11910156	11,8	95,4196
7k	3,13	3,51	3,18	3,505	11,09722656	8	70,6483
						MITJANA 7	122,7279
15a	2,28	3	3,03	3,34	8,48265625	4	46,2119
15b	2,14	3,06	3,05	3,1	8,05140625	10,2	124,1522
15c	5,03	4,97	3,16	5,09	20,81640625	18,4	86,6240
15d	5,83	5,07	4,1	4,96	24,9001	no trenca	-
15e	5,13	4,89	4,8	5,24	25,150225	no trenca	-
						MITJANA 15	85,6627
17a	3,07	3,245	3,025	3,33	10,03305625	18	175,8188
17b	3,48	3,29	3,57	3,33	11,67930625	10	83,9091
17c	3,41	3,14	3,2	3,26	10,57875625	minim 27	-
17d	3,285	3,505	3,32	3,16	11,00580625	minim 27	-
17e	3,49	3,405	3,395	3,23	11,4244	17	145,8282
						MITJANA 17	135,1854
19a	3,49	3,44	3,46	3,45	11,9716	9	73,6744
19b	3,4	3,43	3,3	3,54	11,67930625	12	100,6909
19c	3,34	3,27	3,32	3,24	10,84055625	11	99,4414
						MITJANA 19	91,2689

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
 de les mines de La Llanada (Colòmbia)

PROVETA	COSTAT 1 (cm)	COSTAT 2 (cm)	COSTAT 3 (cm)	COSTAT 4 (cm)	SECCIÓ (cm ²)	FORÇA (tones)	Esforç C.S (kg/cm ²)
19d	3,26	3,35	3,445	3,31	11,16395156	5,6	49,1582
20a	3,16	3,2	3,025	3,07	9,695439063	13,2	133,4236
20b	3,15	3,29	3,4	3,18	10,595025	10,2	94,3462
20c	3,36	3,185	3,18	3,2	10,44097656	2,2	20,6494
20d	3,465	3,1	3,03	3,5	10,71743906	7,4	67,6654
MITJANA 20							73,0486
22a	3,04	3,24	3,19	3,04	9,78125625	11,2	112,2146
22b	3,245	3,36	3,25	3,41	10,99751406	22	196,0443
22c	3,31	3,13	3,01	3,45	10,400625	2,4	22,6140
MITJANA 22							110,2910
24a	3,66	3,47	3,48	3,62	12,65580625	11	85,1783
24b	3,4	3,25	3,52	3,6	11,85080625	7	57,8864
24c	3,465	3,3	3,64	3,46	12,01488906	7,2	58,7271
24d	3,25	3,32	3,455	3,38	11,23087656	4,6	40,1393
24e	3,52	3,4	3,3	3,42	11,6281	11,8	99,4487
24f	3,37	3,34	3,55	3,27	11,44130625	12,4	106,2116
24g	3,56	3,465	3,45	3,36	11,96295156	20	163,8392
24h	3,5	3,455	3,51	3,45	12,10170156	8,4	68,0235
24i	3,46	3,33	3,56	3,5	11,98890625	16,8	137,3270
MITJANA 24							90,7535
37a	3,345	3,26	3,27	3,4	11,01410156	9	80,0792
37b	3,12	3,31	3,41	3,12	10,4976	10	93,3547
37c	3,1	3,33	3,42	3,11	10,4976	7,6	70,9496
MITJANA 37							81,4611
40a	3,05	3,15	3,26	3,1	9,8596	6,8	67,5889
40b	3,45	3,13	3,41	3,42	11,23925625	14	122,0721
40c	3,04	3,41	3,535	3,085	10,67655625	10	91,7899
40d	3,47	3,365	3,444	3,29	11,50736006	16,2	137,9639
40E	3,34	3,09	3,11	3,32	10,336225	9	85,3310
MITJANA 40							100,9492

*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)*



Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Annex 5. Assaig de la resistència al desgast



INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

**RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm EN
MÁQUINA DE LOS ÁNGELES NORMA ASTM C131**

Código Laboratorio	E-015-361-049-001	Descripción: CANADÁ
---------------------------	--------------------------	----------------------------

Muestra N°	Gradación	Ciclos	Esferas	Peso inicial de la muestra (g)	Peso ret. Malla N°12 (g)	Desgaste (%)
Muestra N° 1	A	500	12	5015.44	4140.80	17

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



INFORME DE ENSAYOS

Código: FAR-001

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Versión: 00

Solicitud: 007

Código Laboratorio	E-015-361-049-002	Descripción: EL CISNE
---------------------------	--------------------------	------------------------------

Muestra N°	Gradación	Ciclos	Esferas	Peso inicial de la muestra (g)	Peso ret. Malla N°12 (g)	Desgaste (%)
Muestra N° 2	A	500	12	5015.44	3845.20	23



Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Annex 6. Mesures discontinuïtats

Mina 1: de 0 a 20 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
12	68	se	68	102	2
10	68	ne	68	100	2
114	85	ne	85	24	4
102	32	ne	32	12	
112	66	ne	66	22	4
104	82	sw	82	194	4
332	26	ne	26	62	3
30	72	nw	72	300	
106	62	sw	62	196	1
286	42	sw	42	196	1
292	52	sw	52	202	1
210	80	se	80	120	2
290	56	sw	56	200	1
276	70	sw	70	186	1
12	82	se	82	102	2
2	62	ne	62	92	2
10	78	se	78	100	2
352	76	ne	76	82	2
30	66	ne	66	120	2
8	76	nw	76	278	
280	52	sw	52	190	1
292	78	ne	78	22	4
52	40	nw	40	322	
272	86	ne	86	2	4
264	74	nw	74	354	4
30	88	se	88	120	2
354	32	ne	32	84	3
92	78	ne	78	2	4
32	58	ne	58	122	2

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 1: de 20 a 30 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
52	70	se	70	142	
18	76	nw	76	288	
98	68	ne	68	8	4
130	30	ne	30	40	3
280	74	ne	74	10	4
274	70	ne	70	4	4
336	20	se	20	66	3
92	86	ne	86	2	4
12	80	nw	80	282	
348	82	ne	82	78	2
6	88	se	88	96	2
169	18	se	18	79	3
288	64	ne	64	18	4
348	87	ne	87	78	
340	46	sw	46	250	
26	72	se	72	116	2
14	54	se	54	104	2
336	48	sw	48	246	
106	68	sw	68	196	1
104	68	ne	68	14	4
358	34	se	34	88	3

Mina 1: de 30 a 60 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
22	60	se	60	112	2
264	44	se	44	174	1
86	84	ne	84	356	4
262	52	nw	52	352	4
266	82	se	82	176	4
280	40	sw	40	190	1
92	82	ne	82	2	4

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 1: de 60 m a forns d'explotació					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
190	22	ne	22	100	3
108	66	sw	66	198	1
102	78	sw	78	192	4
158	54	nw	54	248	
20	64	se	64	110	2
250	64	se	64	160	1
170	36	se	36	80	3
278	72	ne	72	8	4
272	66	ne	66	2	4
8	60	ne	60	98	2
302	82	sw	82	212	1
108	60	ne	60	18	4
100	82	ne	82	10	4
212	68	se	68	122	2
112	48	ne	48	22	4
100	42	se	42	190	1
356	62	se	62	86	2
258	62	ne	62	348	4
358	54	ne	54	88	2
208	70	se	70	118	2
26	66	se	66	116	2
18	68	se	68	108	2
348	12	ne	12	78	3
258	82	sw	82	168	1
282	78	ne	78	12	4
286	72	ne	72	16	4
174	68	ne	68	84	2
276	72	se	72	186	1
282	54	nw	54	12	4
4	70	se	70	94	2
292	84	se	84	202	4
296	68	ne	68	26	4
356	60	ne	60	86	2
322	56	ne	56	52	
18	74	ne	74	108	2
102	58	se	58	192	1
318	82	ne	82	48	
18	62	se	62	108	2

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 2: de 0 a 35 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
2	72	nw	72	272	2
340	60	ne	60	70	3
272	74	nw	74	2	4
202	42	nw	42	292	2
46	44	nw	44	316	
136	24	ne	24	46	3
148	48	ne	48	58	3
128	80	ne	80	38	4
144	46	ne	46	54	3
136	62	ne	62	46	4
80	86	nw	86	350	1
82	60	se	60	172	1
72	86	se	86	162	1
202	38	se	38	112	3
104	12	sw	12	194	
254	36	ne	36	344	
282	84	sw	84	192	4
34	84	se	84	124	
298	80	sw	80	208	
154	54	ne	54	64	3
16	40	se	40	106	3
104	70	sw	70	194	
204	56	nw	56	294	2
130	76	ne	76	40	4
150	58	ne	58	60	3
62	62	se	62	152	1
100	68	sw	68	190	
190	22	sw	22	280	
98	82	se	82	188	
354	40	ne	40	84	3
16	52	se	52	106	3
304	38	ne	38	34	
178	80	sw	80	268	2
108	68	ne	68	18	4
348	38	ne	38	78	3
80	68	se	68	170	1
58	80	nw	80	328	

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 2: de 0 a 35 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
206	40	nw	40	296	2
298	72	ne	72	28	4
92	54	ne	54	2	4
260	74	sw	74	170	1
84	68	sw	68	174	1
188	60	ne	60	98	3
356	54	sw	54	266	2
236	50	se	50	146	1
156	72	sw	72	246	2
2	72	se	72	92	
124	76	sw	76	214	
10	34	se	34	100	3
316	58	ne	58	46	4
6	34	se	34	96	3
58	62	se	62	148	1
28	56	se	56	118	3
178	76	sw	76	268	2
314	36	ne	36	44	3
122	48	ne	48	32	4
178	70	sw	70	268	2
68	36	nw	36	338	
90	70	ne	70	0	4
300	50	ne	50	30	4
252	58	se	58	162	1
24	24	se	24	114	3
346	78	sw	78	256	2

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
 de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 2: de 35 a 45 m						
pla			cabussament		família	
direcció-n	inclinació	sentit	inclinació	direcció-n		
268	66	ne	66	358	4	
192	64	sw	64	282	2	
312	82	sw	82	222		
18	44	nw	44	288	2	
282	44	ne	44	12	4	
300	80	ne	80	30	4	
308	76	ne	76	38	4	
16	48	se	48	106	3	
20	52	se	52	110	3	
102	68	sw	68	192		
38	76	se	76	128	1	
276	72	ne	72	6	4	
134	76	ne	76	44	4	
142	86	sw	86	232		
352	44	ne	44	82	3	
50	52	se	52	140	1	
74	60	se	60	164	1	
156	80	sw	80	246		
144	40	sw	40	234		
98	80	ne	80	8	4	
328	80	sw	80	238		
34	60	se	60	124	1	
126	74	ne	74	36	4	
28	82	se	82	118		
46	82	se	82	136	1	
164	50	ne	50	74	3	
66	86	nw	86	336	1	
178	48	se	48	88	3	
132	82	sw	82	222		
124	72	ne	72	34	4	
192	26	se	26	102	3	
206	40	nw	40	296	2	
154	68	ne	68	64		
188	42	se	42	98	3	
148	46	sw	46	238	2	
292	70	ne	70	22	4	
152	82	ne	82	62		
354	38	se	38	84	3	
48	70	se	70	138	1	

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 2: de 35 a 45 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
56	78	se	78	146	1
216	32	se	32	126	3
76	86	se	86	166	1
292	78	ne	78	22	4
56	88	se	88	146	1
344	64	sw	64	254	2
100	66	ne	66	10	4
288	60	ne	60	18	4
166	80	ne	80	76	
262	88	nw	88	352	1
58	78	se	78	148	1
192	68	nw	68	282	2
58	64	se	64	148	1
112	26	ne	26	22	
340	86	ne	86	70	
74	74	nw	74	344	
112	68	ne	68	22	4
172	64	ne	64	82	3
100	60	ne	60	10	4
192	66	nw	66	282	2
166	30	sw	30	256	2
78	70	se	70	168	1
204	64	nw	64	294	2
12	64	nw	64	282	2
114	82	ne	82	24	4
112	72	ne	72	22	4
60	62	se	62	150	1
114	84	ne	84	24	4
18	30	se	30	108	3

Mina 2: de 45 a 60 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
18	84	se	84	108	
26	44	se	44	116	3
166	18	sw	18	256	
324	64	sw	64	234	
284	80	ne	80	14	4
294	74	ne	74	24	4
282	64	ne	64	12	4

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 2: de 45 a 60 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
342	56	ne	56	72	3
292	38	ne	38	22	
334	74	sw	74	244	2
294	80	ne	80	24	4
28	12	se	12	118	
328	50	ne	50	58	3
358	58	sw	58	268	2
322	20	ne	20	52	3
44	56	se	56	134	1
354	38	nw	38	264	2
254	56	se	56	164	1
210	8	se	8	120	
256	88	se	88	166	1
314	36	ne	36	44	3
68	58	se	58	158	1
282	68	nw	68	12	4
114	70	ne	70	24	4
52	62	se	62	142	1
186	58	sw	58	276	2
102	64	ne	64	12	4
82	72	nw	72	352	4
332	68	sw	68	242	2
114	62	ne	62	24	4
156	64	sw	64	246	2
240	50	se	50	150	1
108	76	ne	76	18	4
212	50	se	50	122	3
98	80	ne	80	8	4
54	58	sw	58	144	1
184	52	sw	52	274	2
108	56	ne	56	18	4
152	84	sw	84	242	
86	60	sw	60	176	1
172	88	ne	88	82	
188	34	sw	34	278	2
246	68	se	68	156	1

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 2: Front explotació esquerra					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
208	70	se	70	118	1
10	82	sw	82	280	
106	70	ne	70	16	2
276	62	ne	62	6	2
248	84	nw	84	338	
192	44	se	44	102	1
330	24	ne	24	60	
206	54	se	54	116	1
8	32	se	32	98	1
298	52	ne	52	28	2
114	72	ne	72	24	2
24	70	se	70	114	1
48	60	se	60	138	1
18	42	se	42	108	1
6	44	se	44	96	1
226	84	se	84	136	
10	64	ne	64	100	1
26	68	ne	68	116	1
220	66	ne	66	130	1
54	78	nw	78	324	

Mina 2: Front explotació dreta					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
22	50	se	50	112	1
138	52	sw	52	228	
14	42	nw	42	284	
132	32	ne	32	42	
282	58	ne	58	12	2
276	62	ne	62	6	2
266	70	nw	70	62	
2	60	nw	60	300	
284	82	nw	82	196	
46	42	se	42	136	1
224	28	se	28	134	1
12	24	se	24	102	
46	84	se	84	136	
78	32	se	32	168	
32	54	se	54	122	1
252	64	se	64	162	

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 2: Front explotació dreta					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
254	62	sw	62	164	
88	52	nw	52	358	2
20	22	nw	22	290	
38	60	se	60	128	1
40	50	se	50	130	1
342	24	ne	24	72	
100	72	ne	72	10	2
94	56	ne	56	4	2
8	88	sw	88	278	
250	74	nw	74	340	
44	18	se	18	134	
232	74	se	74	142	1
224	58	se	58	134	1
48	70	se	70	138	1
288	58	ne	58	18	2
88	60	ne	60	358	2
52	66	se	66	142	1
248	86	se	86	158	
78	68	se	68	168	
292	52	ne	52	22	2
234	52	nw	52	324	
230	56	se	56	140	1
24	52	se	52	114	1
198	60	se	60	108	1
214	78	ne	78	124	1
100	70	ne	70	10	2
2320	48	se	48	70	

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 3: Galeria principal Las Moscas (de 0 a 20 m)					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
144	72	sw	72	234	
184	6	se	6	94	2
48	20	se	20	138	2
274	84	sw	84	184	1
268	82	sw	82	178	1
158	10	ne	10	68	2
232	72	nw	72	322	
358	20	nw	20	268	
258	60	nw	60	348	
176	28	ne	28	86	2
216	8	nw	8	306	2
286	84	ne	84	16	1
188	62	nw	62	278	
60	68	nw	68	330	
226	62	nw	62	316	
274	86	sw	86	184	1
87	20	se	20	177	2
86	88	ne	88	356	1
260	78	se	78	170	1

Mina 3: Galeria principal Las Moscas (de 20 m fins bifurcació)					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
68	40	se	40	158	2
114	80	sw	80	204	1
272	12	sw	12	182	2
94	80	sw	80	184	1
208	74	sw	74	298	
62	38	se	38	152	2
52	42	se	42	142	2
254	44	se	44	164	
334	78	ne	78	64	
94	78	sw	78	184	1
78	26	se	26	168	2
92	78	sw	78	182	1
114	84	ne	84	24	1
276	78	sw	78	186	1
22	88	nw	88	292	

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 3: Galeria principal Las Moscas (de 20 m fins bifurcació)					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
274	82	sw	82	184	1
284	52	sw	52	194	1
288	76	sw	76	198	1
226	72	nw	72	316	
228	54	se	54	138	
286	72	sw	72	196	1
300	38	ne	38	30	
118	68	sw	68	208	1
148	84	ne	84	58	
200	84	ne	84	110	
330	20	ne	20	60	2
312	30	ne	30	42	
194	60	nw	60	284	
356	42	sw	42	266	
12	56	se	56	102	
130	64	sw	64	220	
72	88	se	88	162	1
12	18	se	18	102	2
276	58	se	58	186	1
162	68	sw	68	252	
46	76	nw	76	316	
2	10	se	10	92	2
80	60	se	60	170	1
276	78	sw	78	186	1
298	76	sw	76	208	1
344	72	sw	72	254	
42	86	nw	86	312	
32	88	se	88	122	
216	36	nw	36	306	
168	84	se	84	78	
10	86	nw	86	280	
264	74	se	74	174	1
204	20	se	20	114	2
8	72	se	72	98	
86	22	sw	22	176	2
96	76	ne	76	6	1
266	78	se	78	176	1

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 3: Galeria principal Las Moscas (de 20 m fins bifurcació)					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
256	72	se	72	166	1
62	76	se	76	152	
126	50	sw	50	216	
160	60	sw	60	250	
40	24	se	24	130	2
82	74	ne	74	352	
196	24	se	24	106	2
328	20	ne	20	58	2

Mina 3: Cambra d'explotació					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
128	84	sw	84	218	1
194	24	se	24	104	2
158	62	sw	62	248	
202	44	se	44	112	2
120	78	sw	78	210	1
98	88	ne	88	8	1
118	84	sw	84	208	1
84	46	se	46	174	
356	68	sw	68	266	
296	76	ne	76	26	1
20	28	se	28	110	2
42	24	se	24	132	2
324	82	sw	82	234	
16	24	se	24	106	2
128	50	sw	50	218	
30	46	se	46	120	2
138	50	sw	50	228	
116	20	sw	20	206	2
110	52	sw	52	200	1
358	60	ne	60	88	
58	74	nw	74	328	
116	45	ne	45	26	
16	22	se	22	106	2
308	84	sw	84	218	1
260	72	se	72	170	1
322	82	sw	82	232	

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 3: Cambra d'explotació					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
76	70	nw	70	346	
326	76	sw	76	236	
28	24	se	24	118	2
338	14	sw	14	248	
32	32	se	32	122	2
218	76	se	76	128	
28	50	se	50	118	2
310	28	sw	28	220	
300	72	sw	72	210	1
28	30	se	30	118	2
318	58	ne	58	48	
280	88	ne	88	10	1
246	78	se	78	156	
280	88	ne	88	10	1
240	70	se	70	150	
344	2	sw	2	254	2
96	66	sw	66	186	1
200	12	se	12	110	2
292	62	sw	62	202	1
160	50	ne	50	70	
106	40	ne	40	16	
102	30	ne	30	12	
98	84	sw	84	188	1
318	72	ne	72	48	
322	38	sw	38	232	
298	38	sw	38	208	
30	48	se	48	120	2
194	24	ne	24	104	2
294	42	ne	42	24	
338	78	sw	78	248	
268	80	nw	80	358	1
14	76	se	76	104	
170	52	ne	52	80	
20	72	se	72	110	
194	20	se	20	104	2
6	62	ne	62	96	
284	4	sw	4	194	2
2	28	ne	28	92	2
300	82	ne	82	30	1
94	88	sw	88	184	1
118	30	se	30	208	

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 4: Galeria principal fins 45 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
192	68	se	68	102	4
22	38	se	38	112	4
108	82	sw	82	198	1
14	52	se	52	104	4
106	80	sw	80	196	1
128	48	ne	48	38	2
120	44	ne	44	30	2
276	76	sw	76	186	1
98	78	sw	78	188	1
212	24	se	24	122	3
96	82	sw	82	186	1
96	74	se	74	186	1
352	12	ne	12	82	3
104	78	sw	78	194	1
84	18	se	18	174	3
146	52	me	52	56	2
104	80	sw	80	194	1
112	24	sw	24	202	3
130	26	ne	26	40	3
108	84	sw	84	198	1
100	82	sw	82	190	1
114	82	sw	82	204	1
16	62	se	62	106	4
112	74	sw	74	202	1
116	82	ne	82	26	1
18	36	se	36	108	4
296	18	sw	18	206	3
94	72	sw	72	184	1
112	88	sw	88	202	1
106	68	ne	68	16	2
94	82	sw	82	184	1
16	60	se	60	106	4
18	8	se	8	108	3
94	4	ne	4	4	3
108	82	ne	82	18	1

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 4: Galeria principal fins 45 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
168	4	ne	4	78	3
60	84	se	84	150	
122	66	ne	66	32	2
168	70	sw	70	258	
4	58	se	58	94	4
8	62	se	62	98	4
354	54	ne	54	84	4
100	56	sw	56	190	1
22	8	se	8	112	3
130	50	ne	50	40	2
74	36	sw	36	164	
58	2	se	2	148	3
94	56	ne	56	4	2
100	80	sw	80	190	1
122	36	ne	36	32	2
72	4	se	4	162	3
128	38	ne	38	38	2
14	58	se	58	104	4
32	60	nw	60	302	
354	74	ne	74	84	4
338	36	nw	36	248	
80	40	se	40	170	
316	22	ne	22	46	3
330	38	sw	38	240	
280	54	ne	54	10	2
100	82	sw	82	190	1
2	22	nw	22	272	3
2	58	se	58	92	4
14	38	se	38	104	4
98	62	se	62	188	1
346	18	ne	18	76	3
190	64	se	64	100	4
268	54	ne	54	358	2
42	12	se	12	132	3
274	82	sw	82	184	1
126	34	ne	34	36	2
84	72	se	72	174	1

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
 de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 4: Galeria principal fins 45 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
94	80	nw	80	4	1
110	30	sw	30	200	3
96	62	ne	62	6	2
8	12	se	12	98	3
30	30	se	30	120	4
26	4	nw	4	296	3
112	40	ne	40	22	2
104	84	sw	84	194	1
304	32	ne	32	34	2
294	34	ne	34	24	2
96	54	sw	54	186	1
102	78	sw	78	192	1
194	68	sw	68	284	
104	68	sw	68	194	1
206	52	se	52	116	4
84	62	nw	62	354	
124	88	ne	88	34	1
118	42	ne	42	28	2
176	60	ne	60	86	4
44	4	se	4	134	3
72	28	nw	28	342	
186	54	ne	54	96	4
306	32	ne	32	36	2
98	80	sw	80	188	1
308	34	ne	34	38	2
52	6	se	6	142	3

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 4: de 45 a 60 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
92	64	sw	64	182	1
292	72	ne	72	22	2
120	62	sw	62	210	1
320	32	ne	32	50	2
292	38	ne	38	22	2
268	64	ne	64	358	
286	34	ne	34	16	2
262	70	se	70	172	1
28	38	se	38	118	4
60	84	se	84	150	
26	36	se	36	116	4
248	74	se	74	158	1
196	46	se	46	106	4
308	24	ne	24	38	3
6	20	se	20	96	3
142	36	sw	36	232	
38	74	se	74	128	
100	88	sw	88	190	1
356	48	sw	48	266	
88	54	se	54	178	1
306	36	ne	36	36	2
14	38	se	38	104	4
66	62	se	62	156	
354	48	ne	48	84	4
300	42	ne	42	30	2
302	28	ne	28	32	3
334	30	ne	30	64	2
80	68	se	68	170	1
290	74	ne	74	20	
322	30	ne	30	52	2
184	74	sw	74	274	
280	68	sw	68	190	1
222	72	sw	72	312	
212	44	nw	44	302	
254	2	sw	2	164	3

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 4: de 45 a 60 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
114	40	ne	40	24	2
318	2	ne	2	48	3
12	58	nw	58	282	
328	32	ne	32	58	2
38	2	nw	2	308	3
246	4	nw	4	336	3
86	80	se	80	176	1
332	34	ne	34	62	2
258	72	nw	72	348	
284	54	ne	54	14	2
44	2	nw	2	314	3
278	46	ne	46	8	2
188	52	se	52	98	4
356	58	sw	58	266	
100	86	sw	86	190	1
142	70	sw	70	232	
86	76	se	76	176	1
324	44	sw	44	234	
258	82	se	82	168	1
312	10	ne	10	42	3
352	4	sw	4	262	3
220	80	se	80	130	
120	68	ne	68	30	2
98	86	ne	86	8	1
138	40	ne	40	48	2
120	14	sw	14	210	3
44	4	nw	4	314	3
246	42	se	42	156	
302	58	ne	58	32	2
134	14	sw	14	224	3
170	50	nw	50	260	
112	32	ne	32	22	2
216	74	nw	74	306	
118	34	sw	34	208	
98	82	sw	82	188	1
250	62	se	62	160	
324	6	sw	6	234	3

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 4: de 45 a 60 m					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
88	2	sw	2	178	3
340	6	sw	6	250	3
98	80	sw	80	188	1
182	84	ne	84	92	
314	12	sw	12	224	3
132	54	ne	54	42	2
342	8	sw	8	252	3
352	52	ne	52	82	4
198	4	nw	4	288	3
100	88	sw	88	190	1
348	14	sw	14	258	3
268	76	se	76	178	1
304	72	ne	72	34	2
202	72	nw	72	292	
334	16	sw	16	244	3
80	2	nw	2	350	3
142	12	sw	12	232	3
108	78	sw	78	198	1
98	78	sw	78	188	1
58	2	mw	2	328	3
98	68	sw	68	188	1
302	58	me	58	32	2
206	52	se	52	116	4
284	72	me	72	14	
318	12	sw	12	228	3
106	64	ne	64	16	2
190	74	se	74	100	4
198	62	se	62	108	4
94	82	sw	82	184	1
206	68	se	68	116	4

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
 de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 5: Galeria principal					
pla			cabussament		
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	família
64	60	se	60	154	2
44	76	se	76	134	2
270	84	ne	84	360	1
48	28	se	28	138	3
132	74	ne	74	42	
334	32	ne	32	64	3
290	78	sw	78	200	
34	80	nw	80	304	
126	68	ne	68	36	
352	6	ne	6	82	3
292	82	nw	82	22	
278	86	nw	86	8	1
182	72	nw	72	272	
166	62	sw	62	256	
192	78	nw	78	282	
266	82	se	82	176	1
264	86	se	86	174	1
46	68	nw	68	316	
350	40	sw	40	260	
24	74	se	74	114	2
24	82	se	82	114	2
16	76	nw	76	286	
248	40	se	40	158	1
114	8	sw	8	204	
158	80	sw	80	248	
256	82	se	82	166	1
228	58	se	58	138	2
38	84	se	84	128	2
32	50	ne	50	122	2
260	80	se	80	170	1
360	54	se	54	90	3
68	66	se	66	158	2
72	64	se	64	162	2
350	30	ne	30	80	3
96	76	sw	76	186	1
222	60	se	60	132	2
46	72	se	72	136	2

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 5: Galeria principal					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
64	64	se	64	154	2
52	42	se	42	142	2
32	88	nw	88	302	2
106	52	sw	52	196	1
52	62	se	62	142	2
64	62	se	62	154	2
294	52	sw	52	204	
764	56	sw	56	314	
288	46	ne	46	18	
4	70	nw	70	274	
266	88	se	88	176	1
344	70	sw	70	254	
250	72	se	72	160	2
338	40	ne	40	68	3
356	20	ne	20	86	3
340	70	sw	70	250	
350	50	ne	50	80	3
116	68	ne	68	26	
264	52	se	52	174	1
344	18	ne	18	74	3
342	34	ne	34	72	3
352	62	ne	62	82	
210	82	se	82	120	2
25	72	se	72	115	2
216	72	nw	72	306	
32	72	nw	72	302	
284	18	sw	18	194	
186	38	se	38	96	3

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Mina 5: Front d'explotació					
pla			cabussament		família
direcció-N	inclinació	sentit	inclinació	direcció-N	
164	38	ne	38	74	3
108	70	sw	70	198	1
12	24	se	24	102	3
4	28	se	28	94	3
232	64	se	64	142	2
254	62	nw	62	344	
358	32	ne	32	88	3
52	80	se	80	142	2
340	42	ne	42	70	3
158	88	ne	88	68	
194	70	se	70	104	2
54	76	se	76	144	2
344	44	ne	44	74	3
74	14	se	14	164	
32	82	nw	82	302	
82	76	se	76	172	1
332	70	ne	70	62	
142	74	ne	74	52	
108	88	sw	88	198	
344	22	ne	22	74	3
52	58	se	58	142	2
22	86	nw	86	292	
96	24	se	24	186	
32	58	nw	58	302	
88	22	se	22	178	
94	88	se	88	184	1
102	80	ne	80	12	
170	22	sw	22	260	
176	78	ne	78	86	
300	30	sw	30	210	
22	74	se	74	112	2
96	82	sw	82	186	1
196	44	se	44	106	3
18	62	nw	62	288	
86	72	se	72	176	1
258	84	se	84	168	1

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Annex 7. Projecció estereogràfica

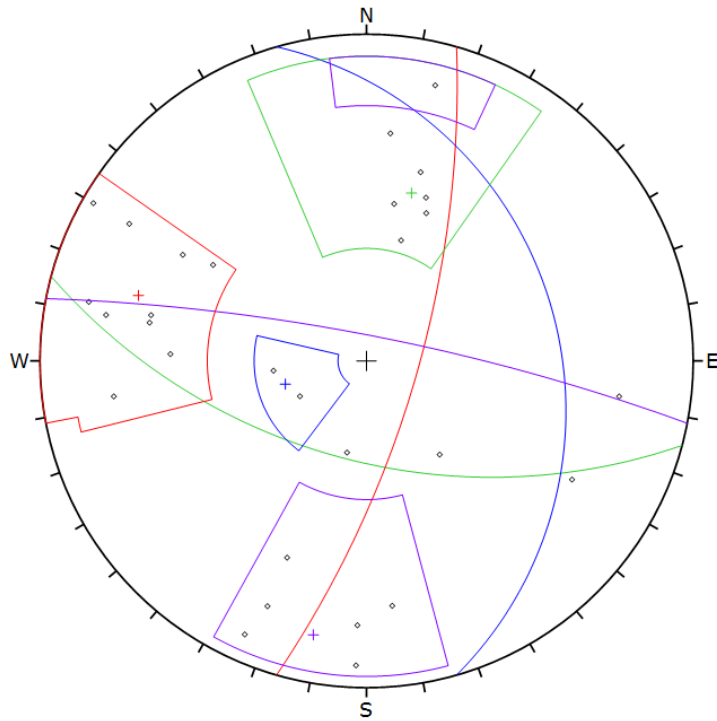


Fig. 25. Projecció estereogràfica de la Mina 1 (de 0 a 20 m)

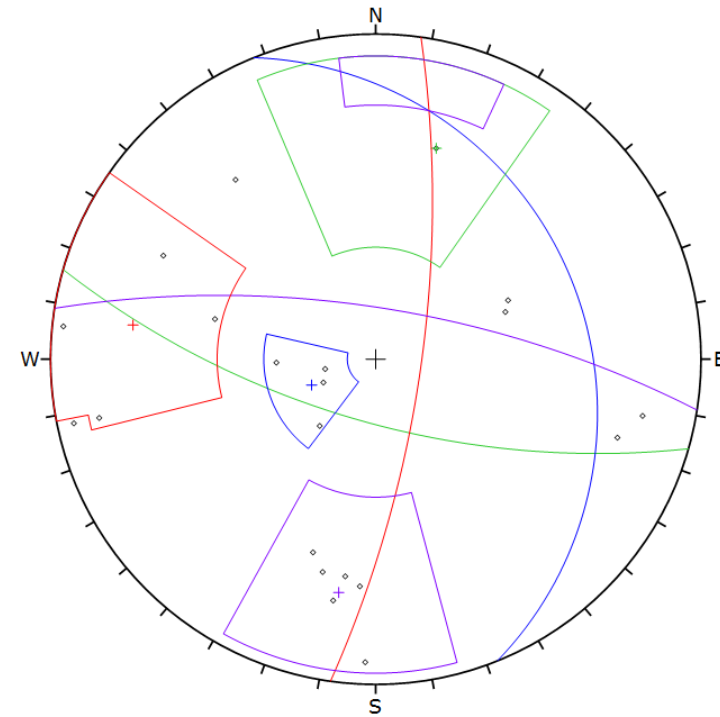


Fig. 26. Projecció estereogràfica de la Mina 1 (de 20 a 30 m)

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic de les mines de La Llanada (Colòmbia)

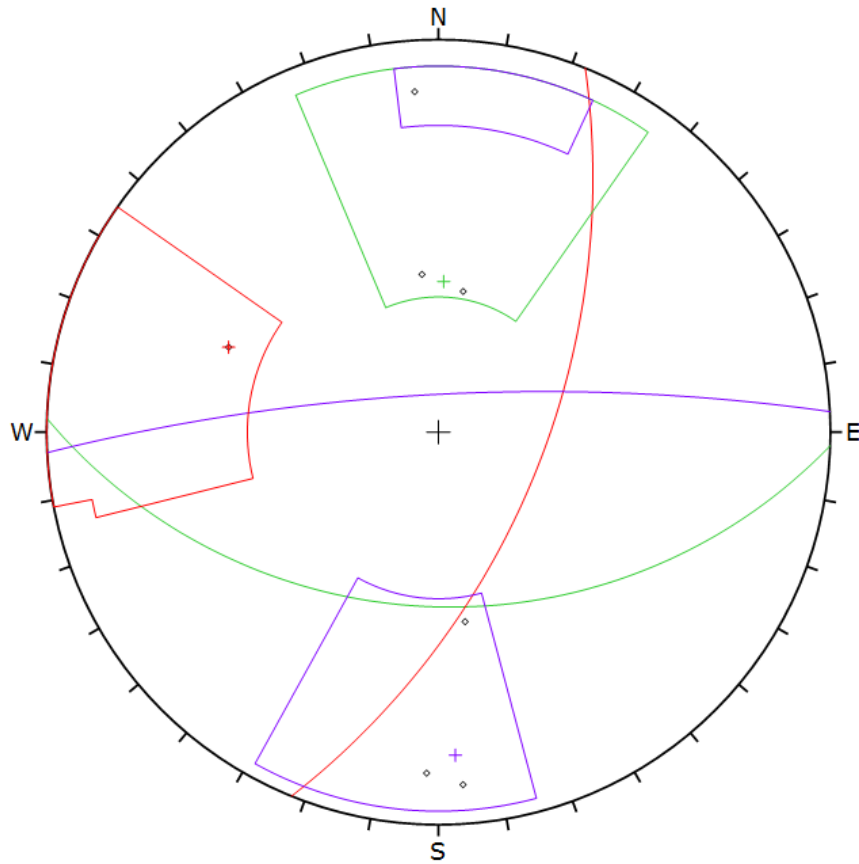


Fig. 27. Projectió estereogràfica de la Mina 1 (de 30 a 60 m)

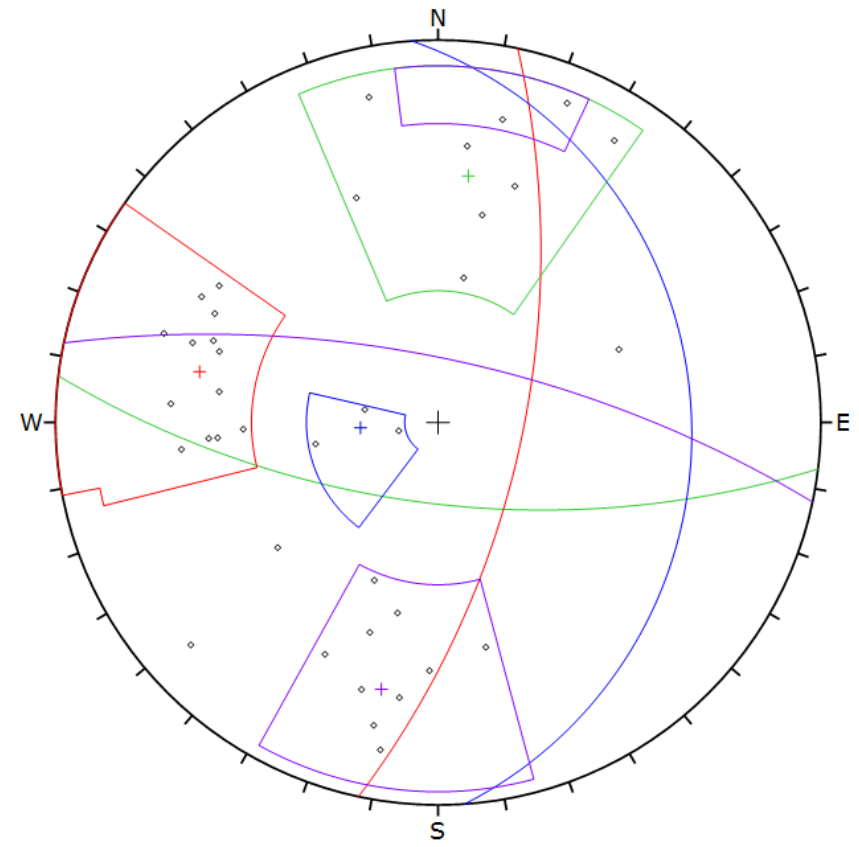


Fig. 28. Projectió estereogràfica de la Mina 1 (de 60 m als fronts d'explotació)

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

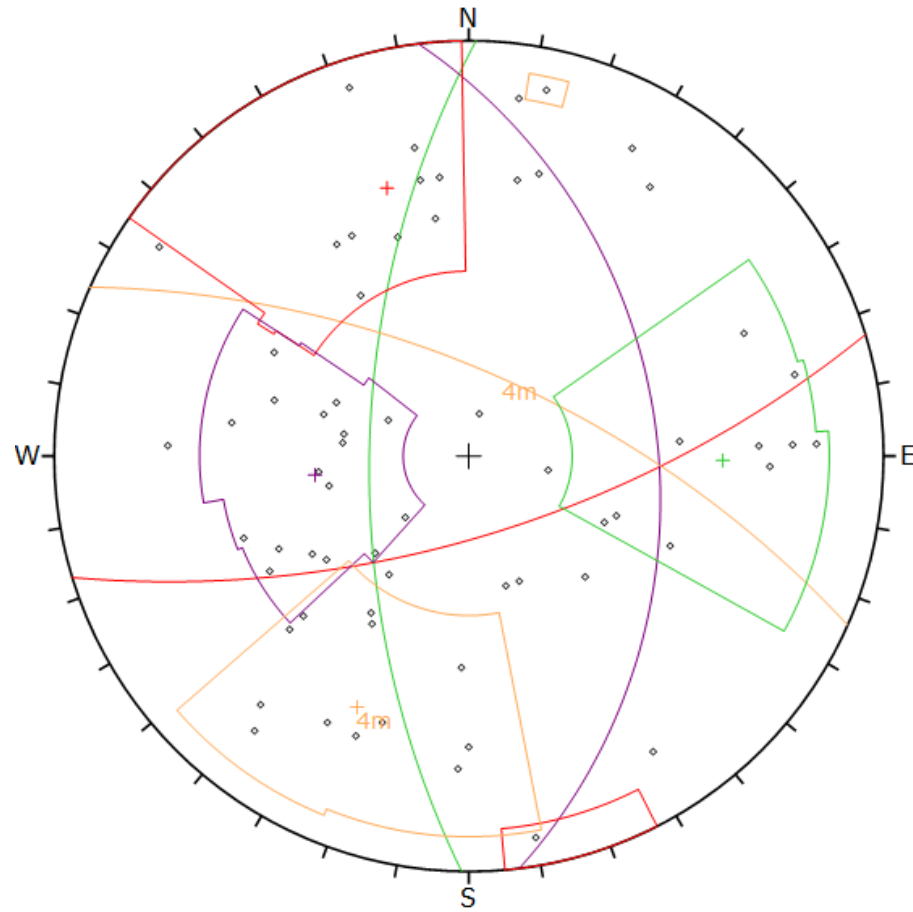


Fig. 29. Projectió estereogràfica de la Mina 2 (de 0 a 30 m)

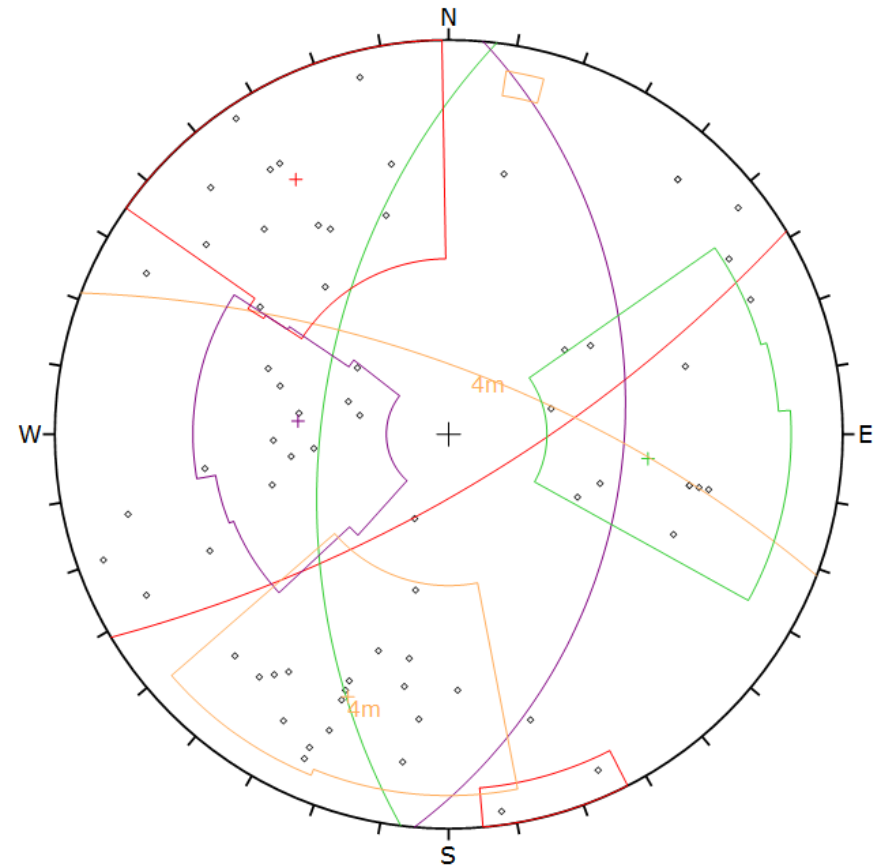


Fig. 30 Projectió estereogràfica de la Mina 2 (de 30 a 45 m)

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

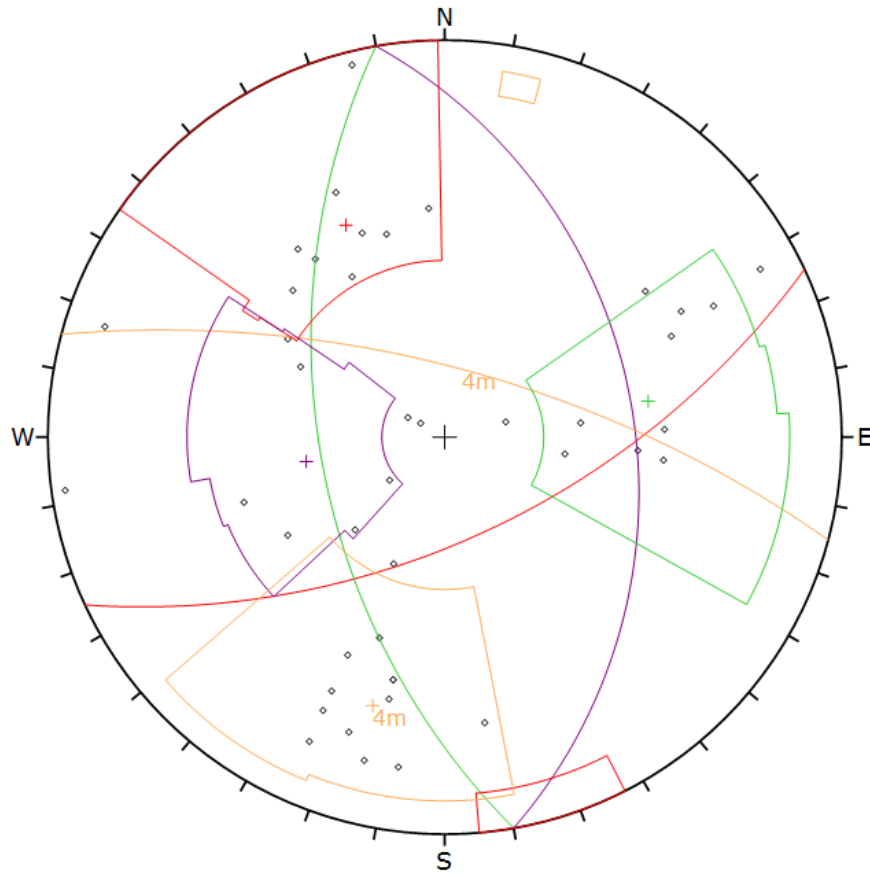


Fig. 31. Projectió estereogràfica de la Mina 2 (de 45 a 60 m)

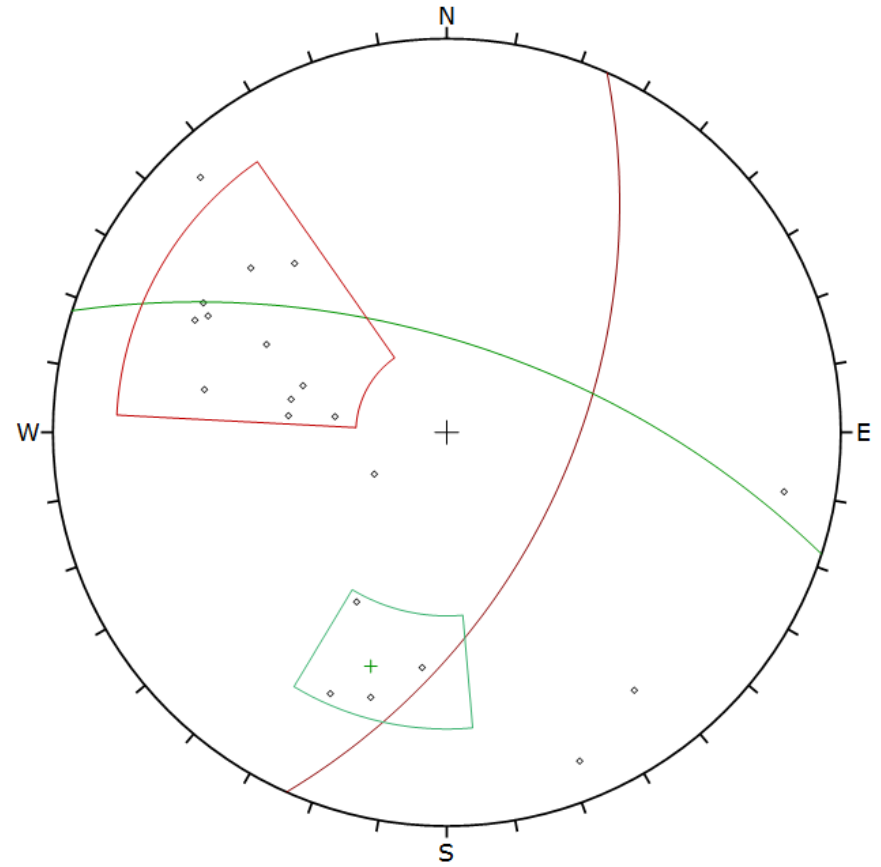


Fig. 32. Projectió estereogràfica de la Mina 2 (front d'explotació esquerre)

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic de les mines de La Llanada (Colòmbia)

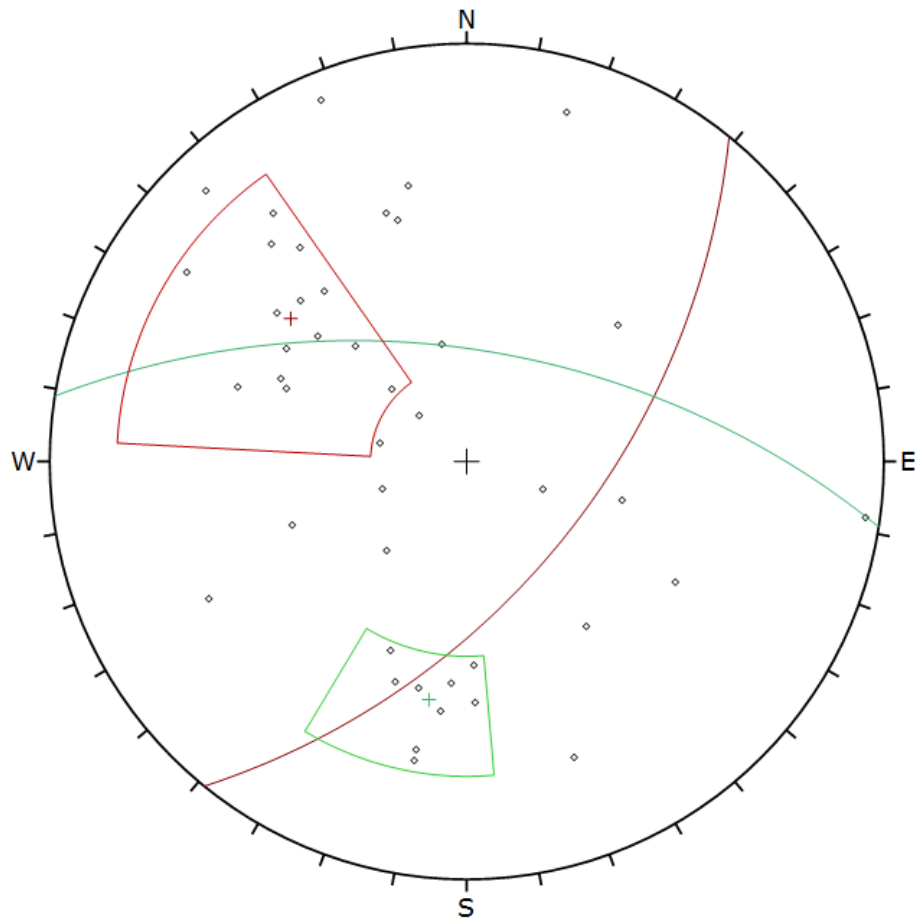


Fig. 33. Projectió estereogràfica de la mina 2 (front d'explotació dret)

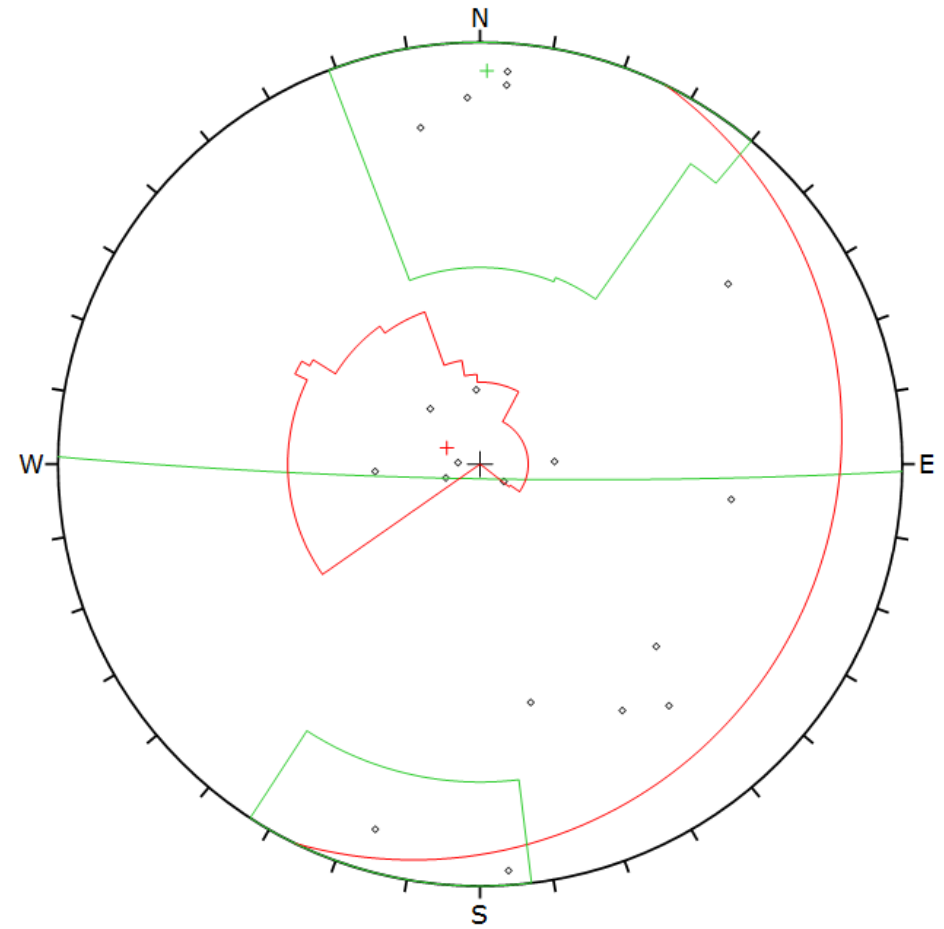


Fig. 34. Projectió estereogràfica de la mina 3, Galeria principal Las Moscas (de 0 a 20 m)

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

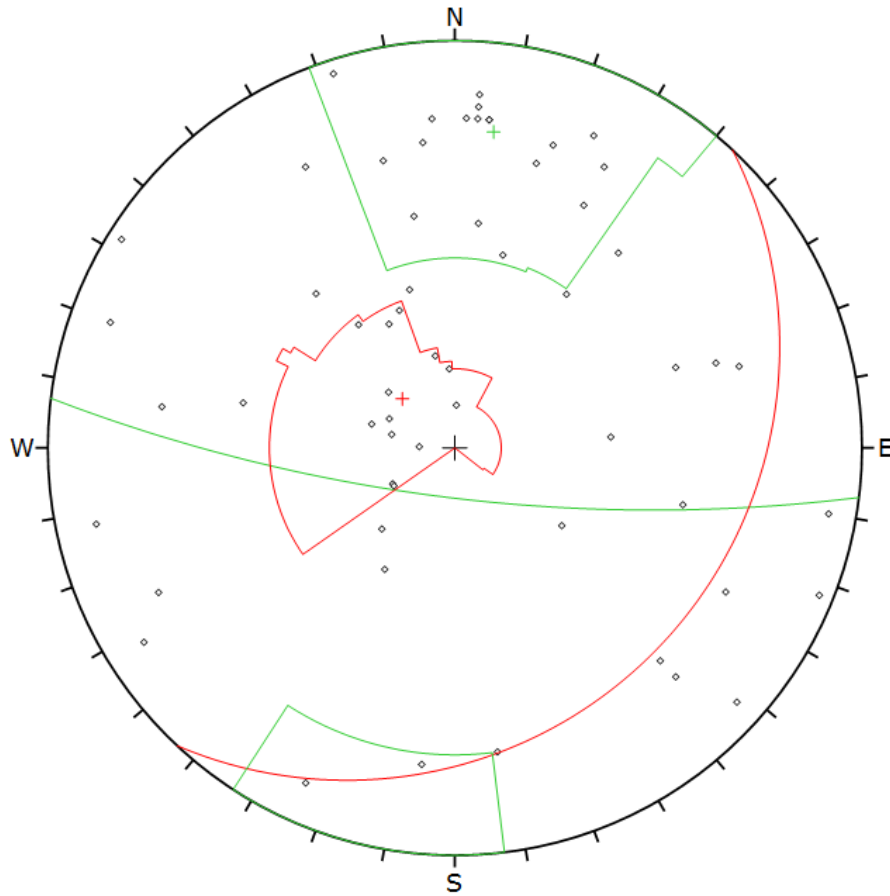


Fig. 35. Projectió estereogràfica de la mina 3, Galeria principal Las Moscas (de 20 m fins bifurcació)

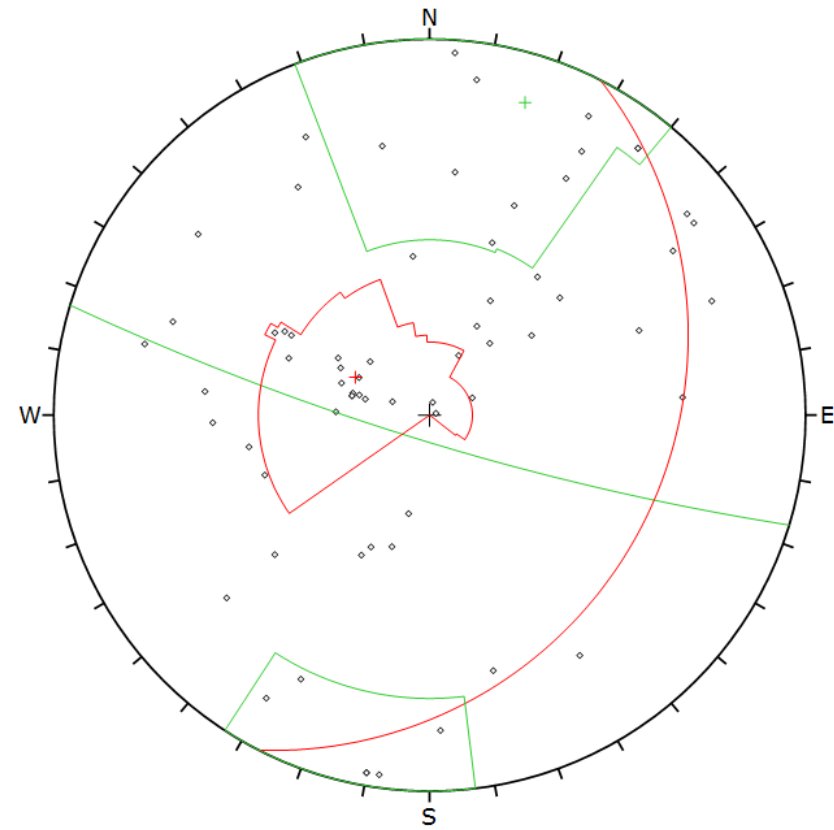


Fig. 36. Projectió estereogràfica de la mina 3 (cambra d'explotació)

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

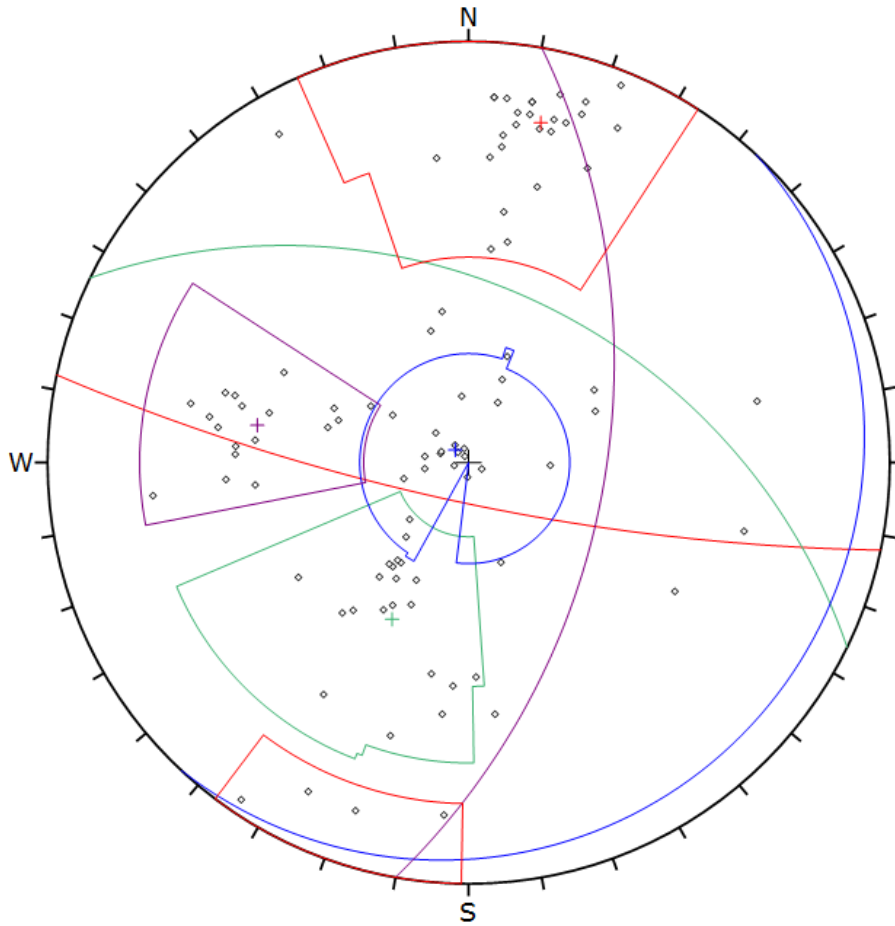


Fig. 37. Projectió estereogràfica de la mina 4 (de 0 a 45 m)

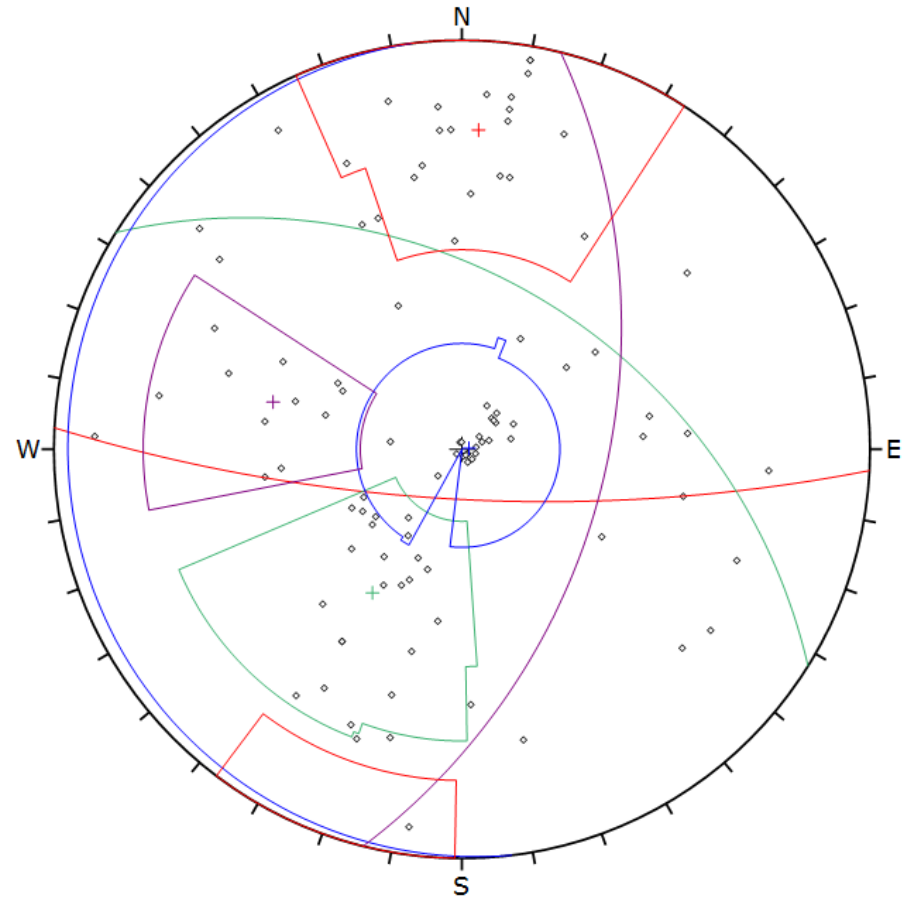


Fig. 38. Projectió estereogràfica de la mina 4 (de 45 a 60 m)

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

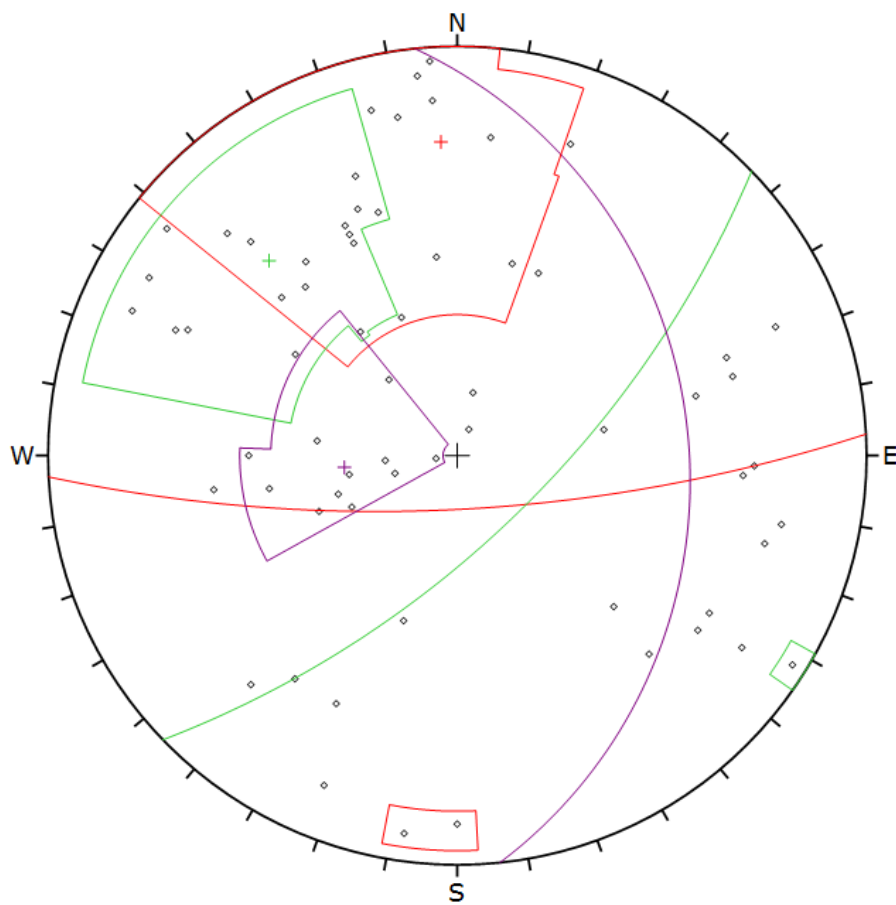


Fig. 39. Projectió estereogràfica de la mina 5, Galeria principal

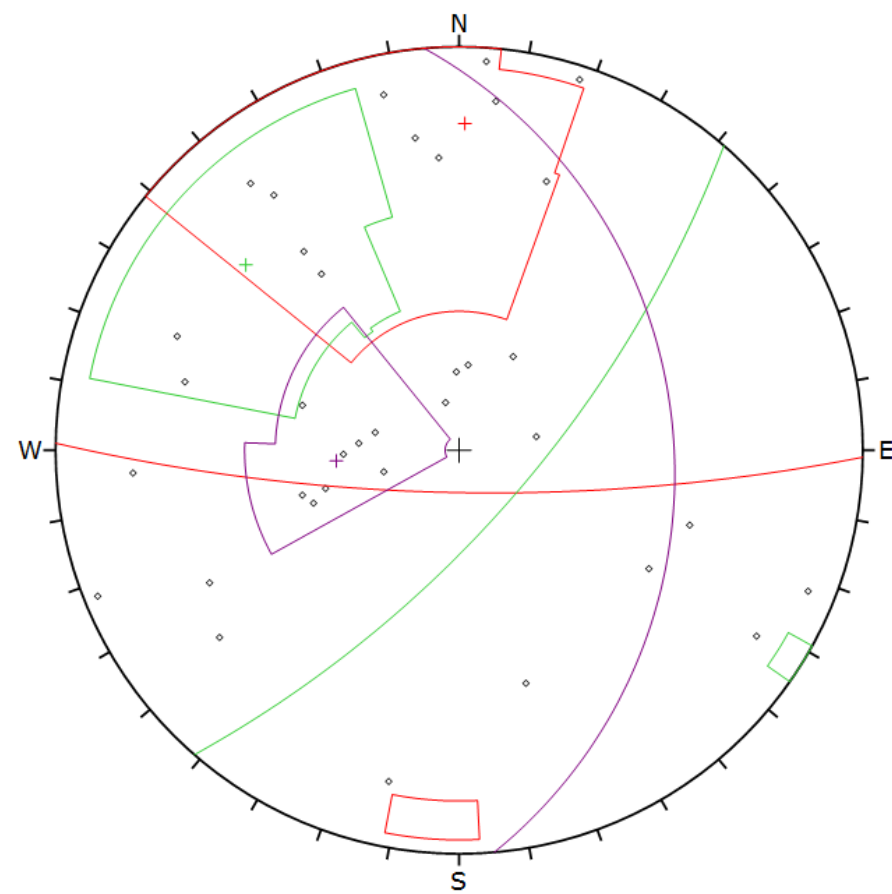


Fig. 40. Projectió estereogràfica de la mina 5 (front d'explotació)

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic de les mines de La Llanada (Colòmbia)

Annex 8. Classificació geomecànica RMR

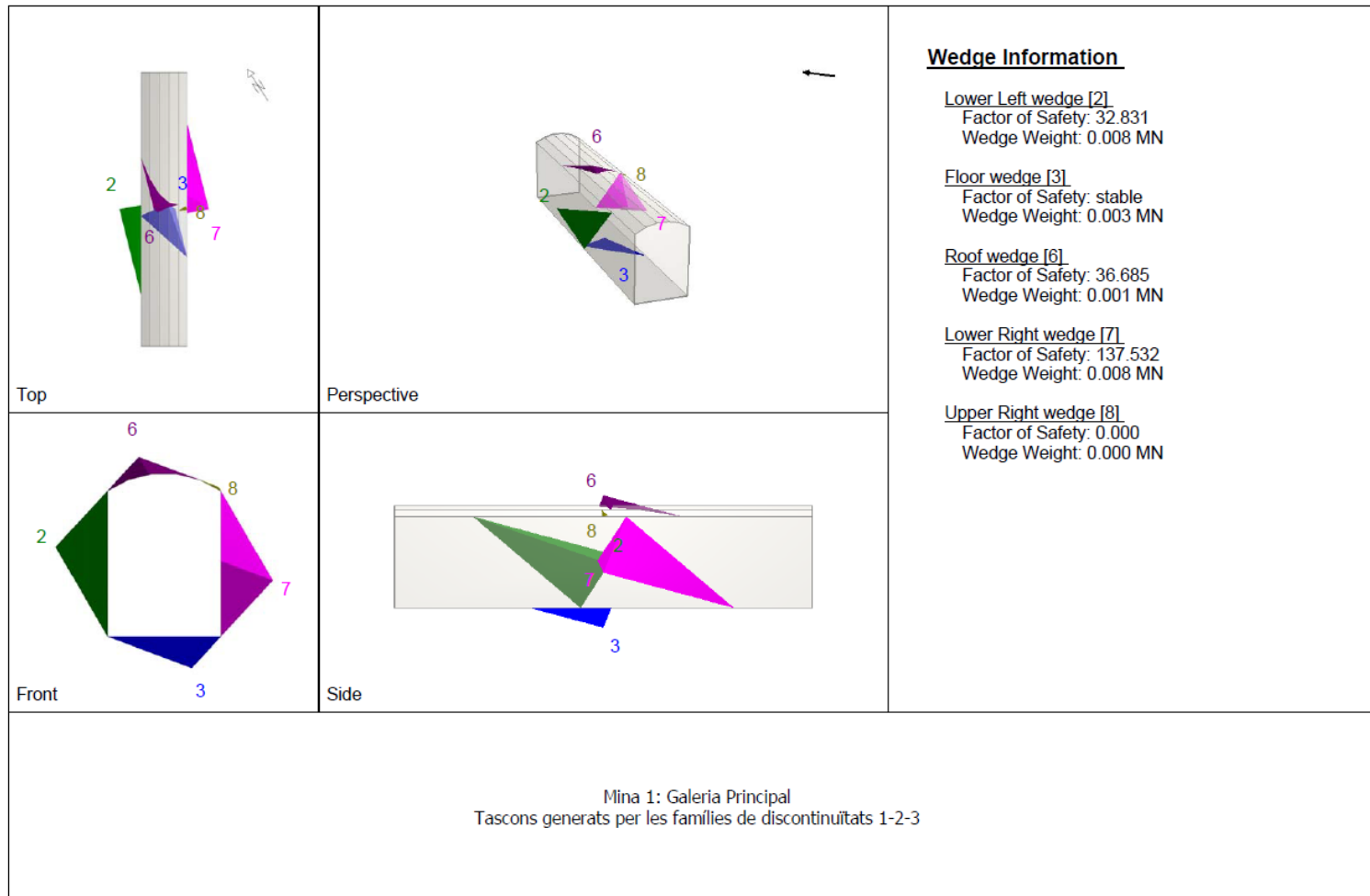
Paràmetres de classificació								
1	Resistència de la matriu rocosa (Compressió simple)	>250 Mpa	250-100 Mpa	100-50 Mpa	50-25	15-5	5-1	<5
	Puntuació	15	12	7	4	2	1	0
2	RQR	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Puntuació	20	17	13	6	5		
3	Separació entre diaclases	>2m	0,6-2m	0,2-0,6	0,06-0,2m	<0,06 m		
	Puntuació	20	15	10	8	5		
4	Estat de les discontinuïtats	Longitud de la discontinuïtat	<1m	1-3m	3-10m	10-20 m	>20 m	
		Puntuació	6	4	2	1	0	
		Obertura	Res	<0,1mm	0,1-1 mm	1-5 mm	>5 mm	
		Puntuació	6	5	3	1	0	
		Rugositat	Molt rugosa	Rugosa	Lleugerament rugosa	Ondulada	Suau	
		Puntuació	6	5	3	1	0	
		Rebliment	Cap	Rebliment dur <5mm	Rebliment dur >5mm	Rebliment tou <4mm	Rebliment tou >5 mm	
		Puntuació	6	4	2	2	0	
		Alteració	Inalterada	Lleugerament alterada	Moderadament alterada	Molt alterada	Descomposta	
		Rebliment	6	5	3	1	0	

*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)*

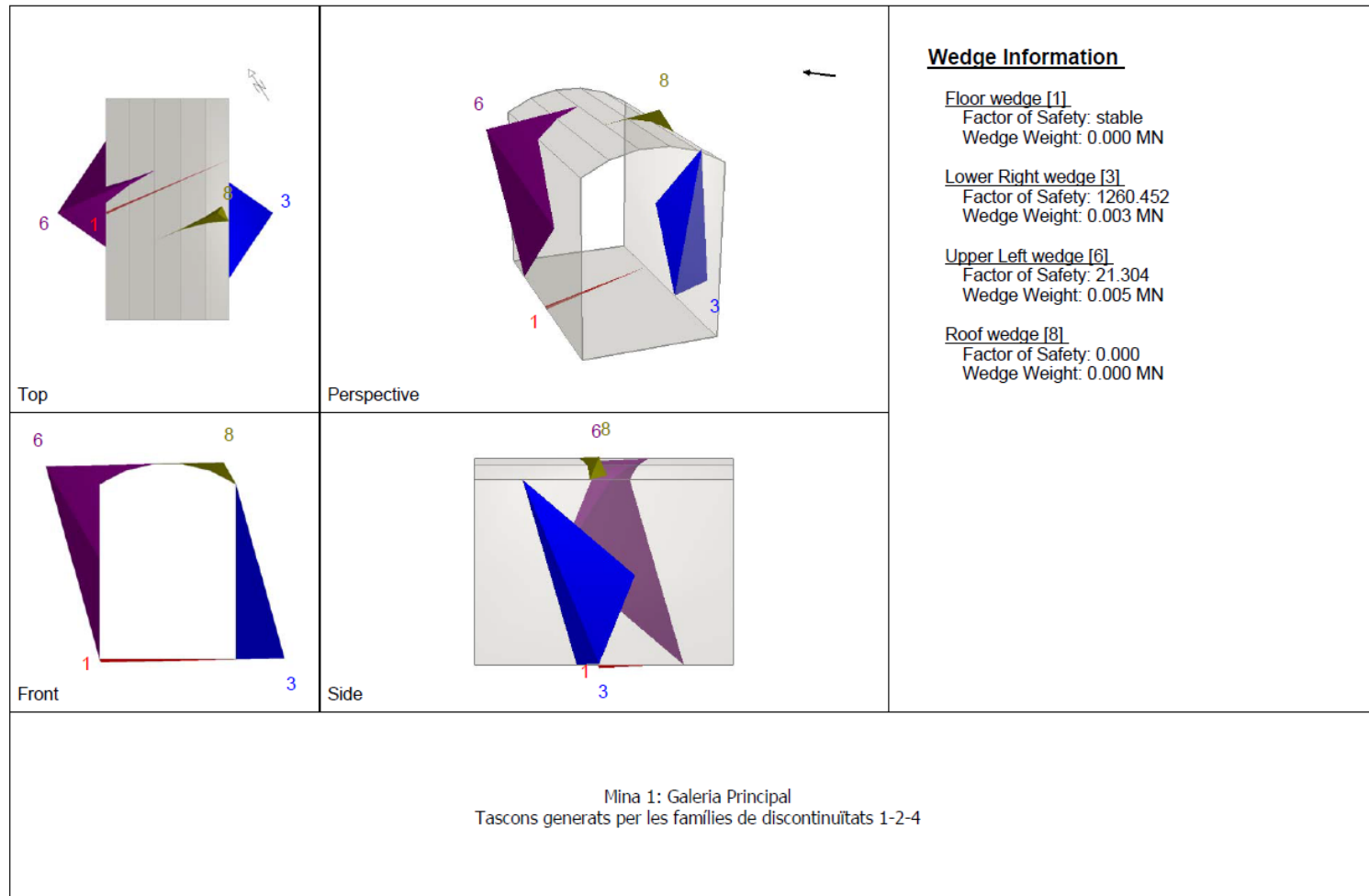
5	Aigua freàtica	Estat general	Sec	Lleugerament humit	Humit	Gotejant	Aigua fluent
	Puntuació		15	10	7	4	0

Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

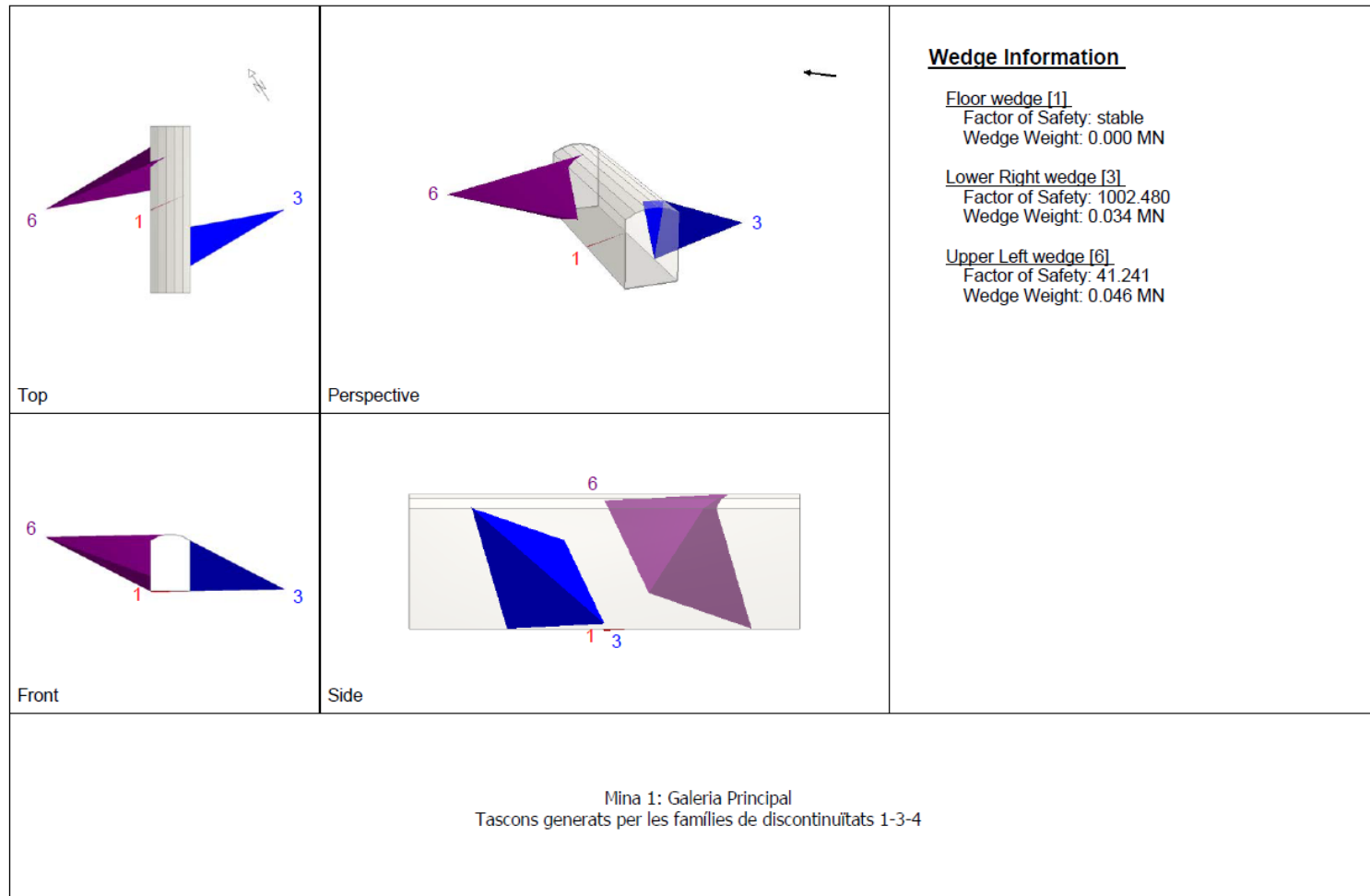
Annex 9. Simulació tascons



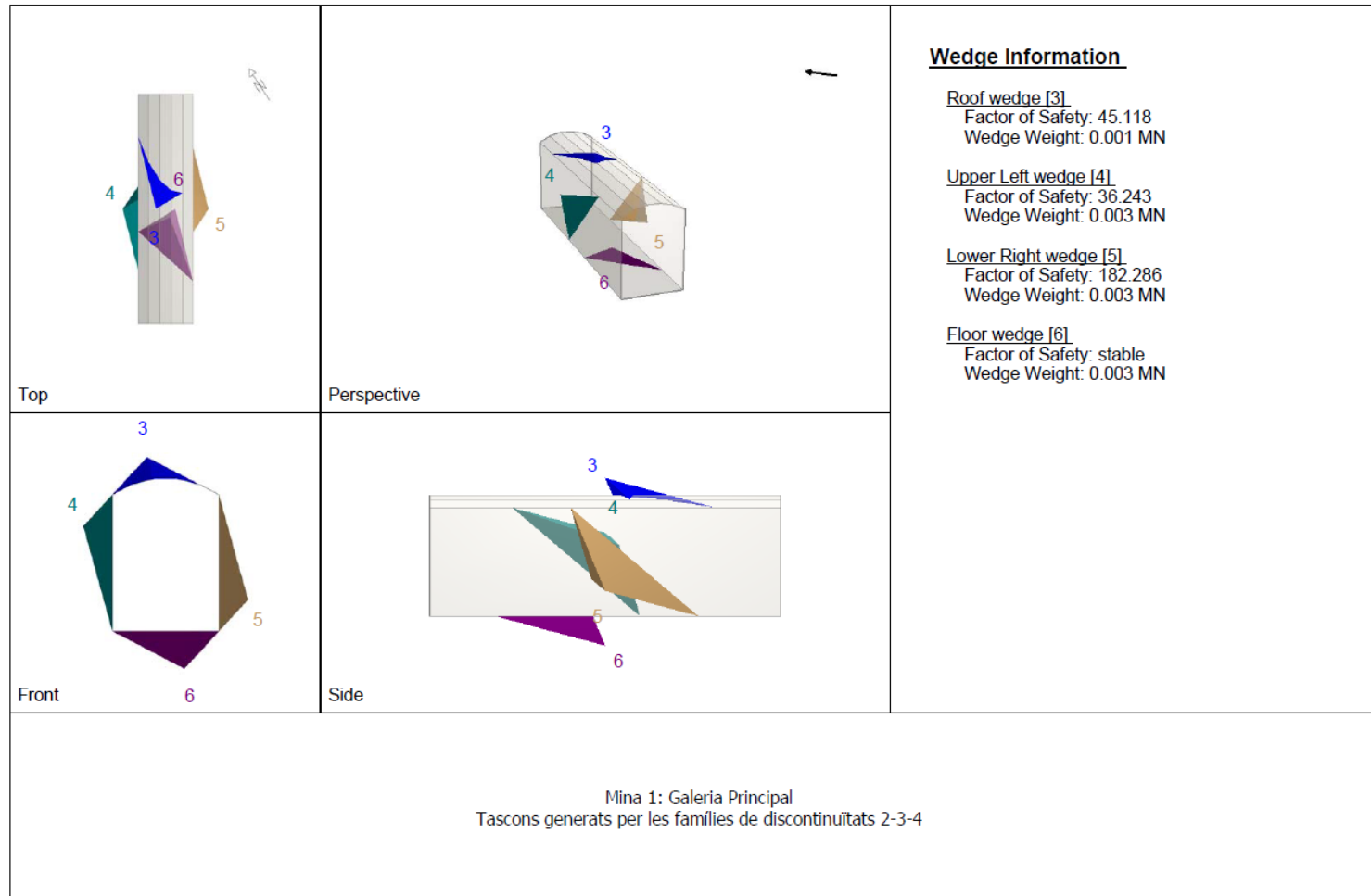
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



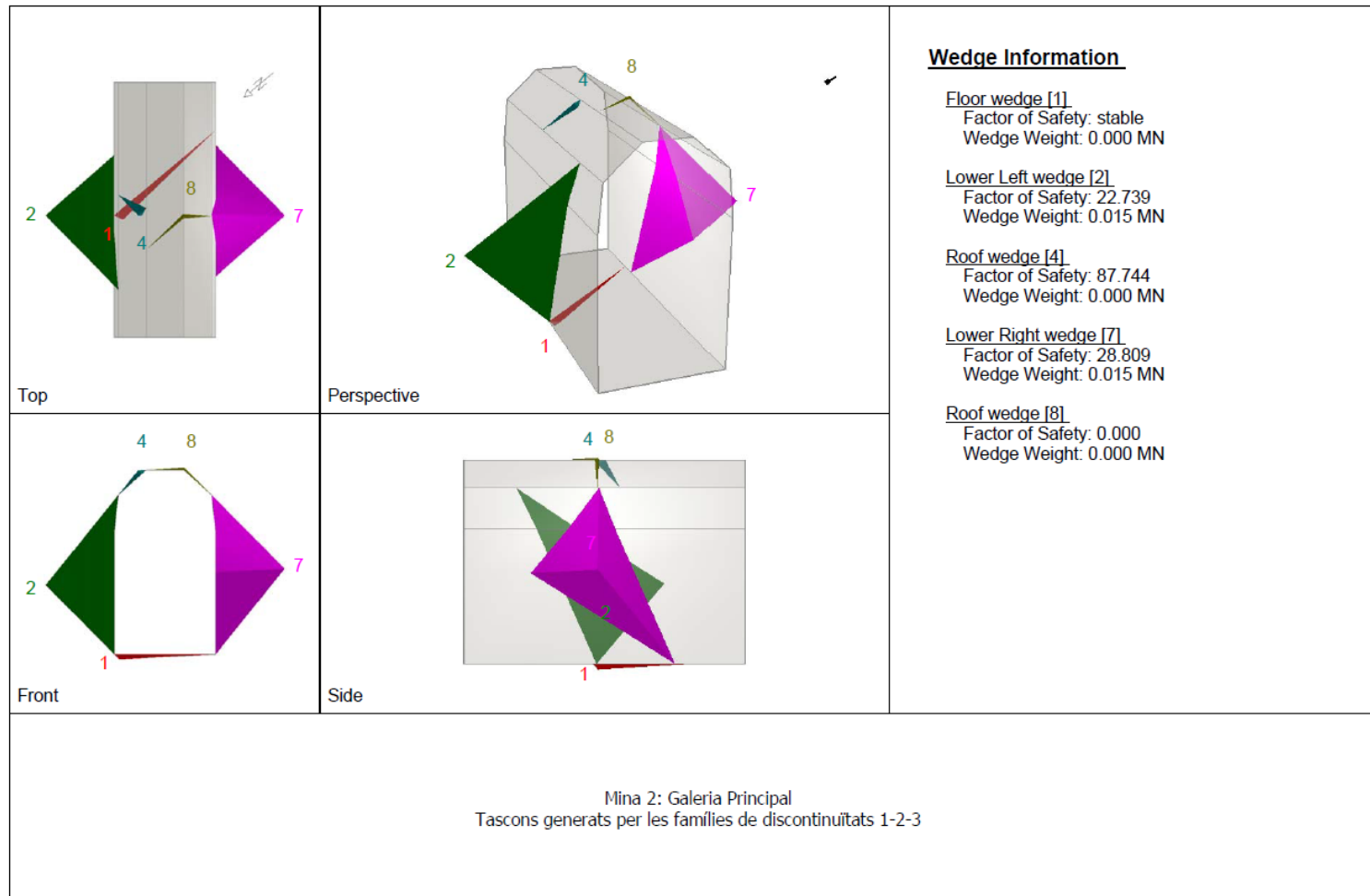
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



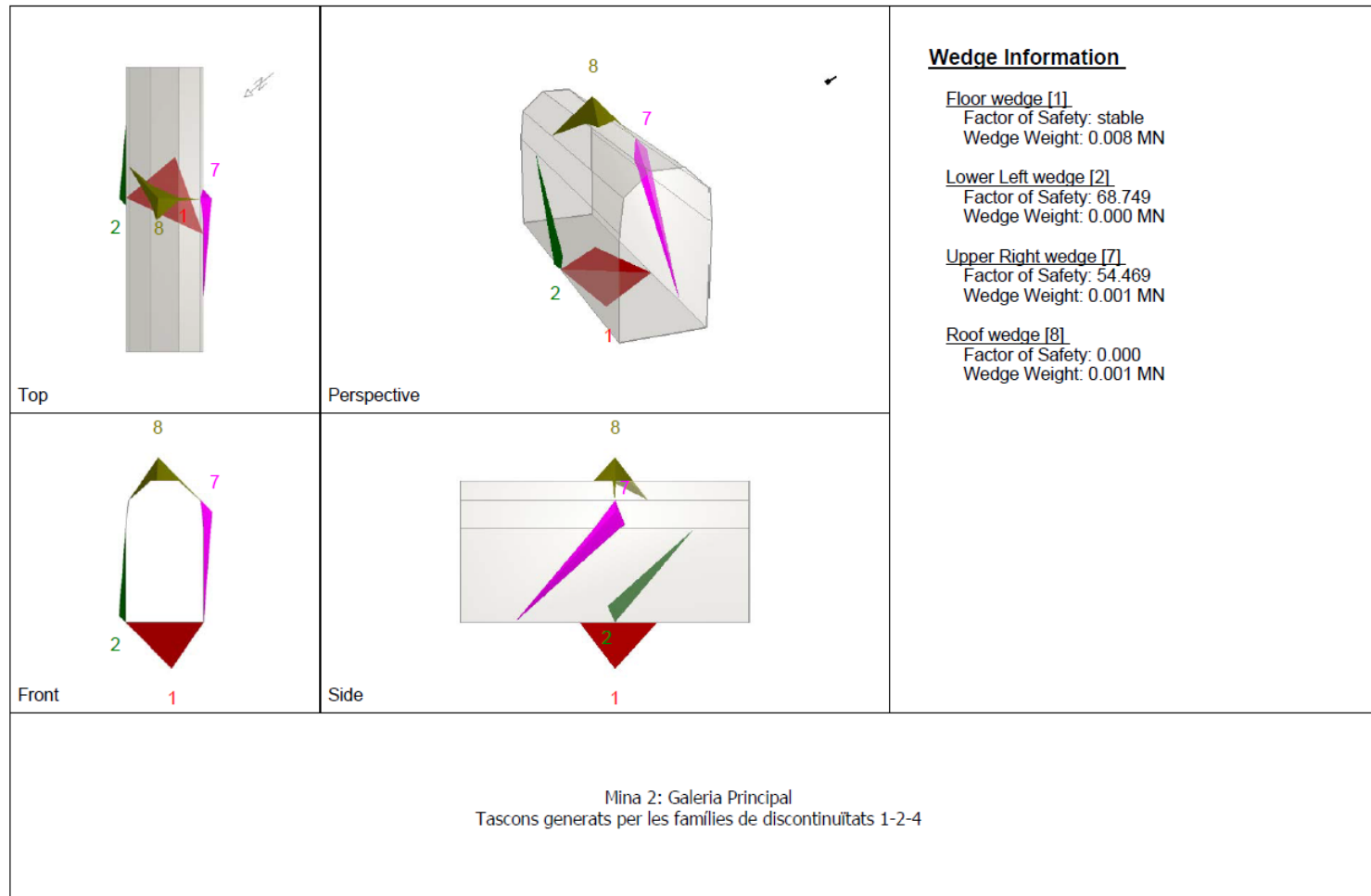
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



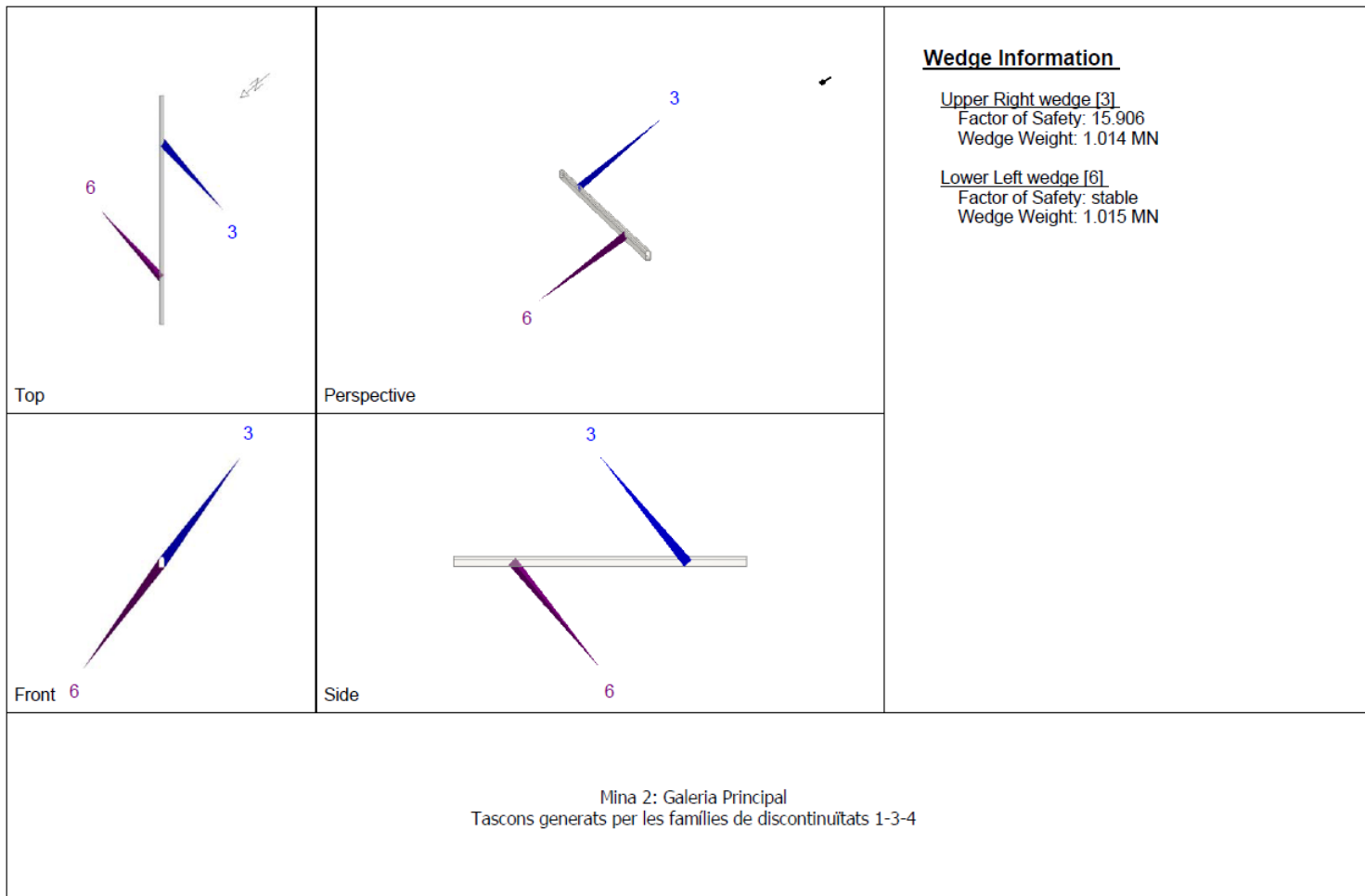
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



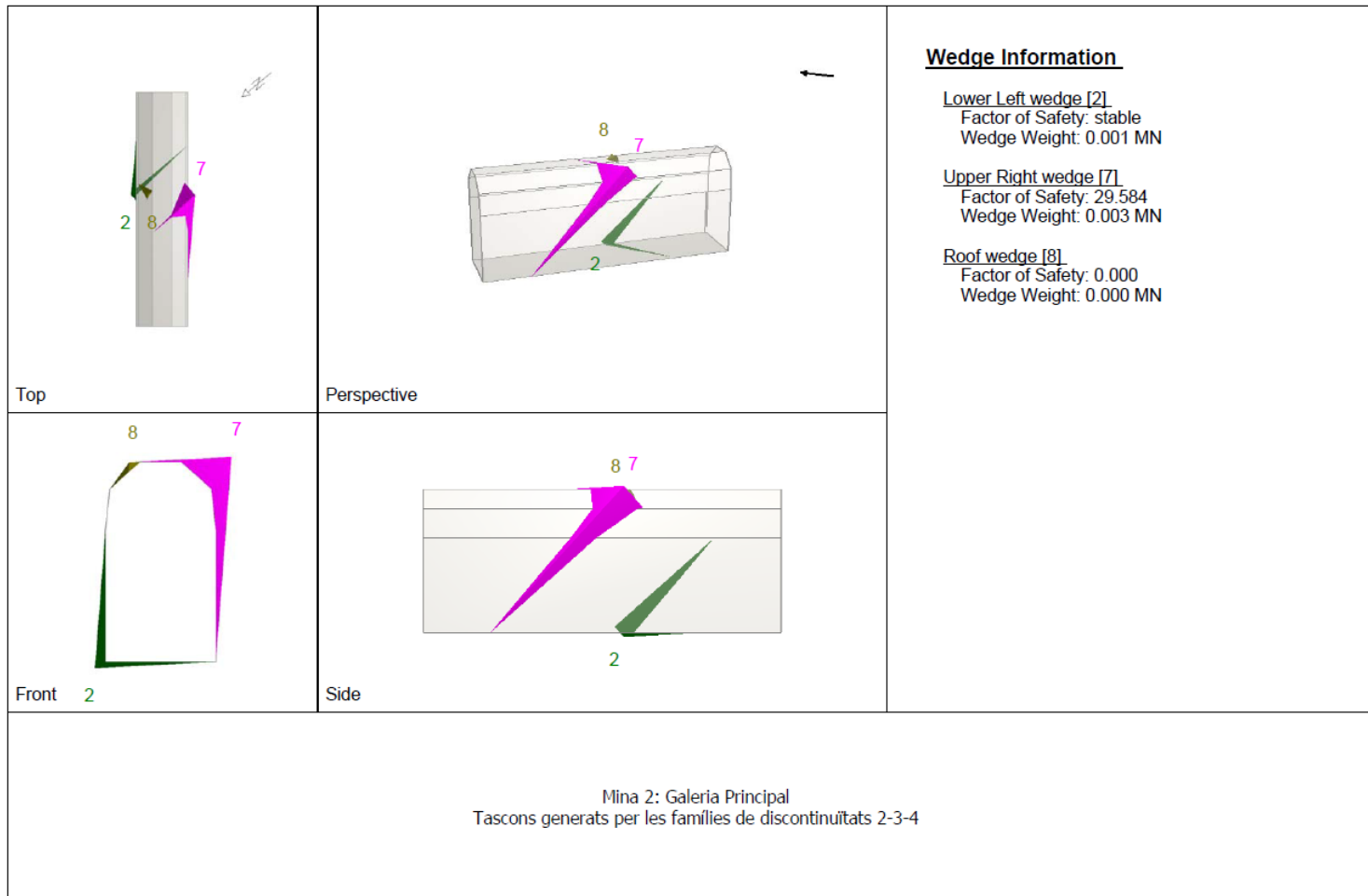
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



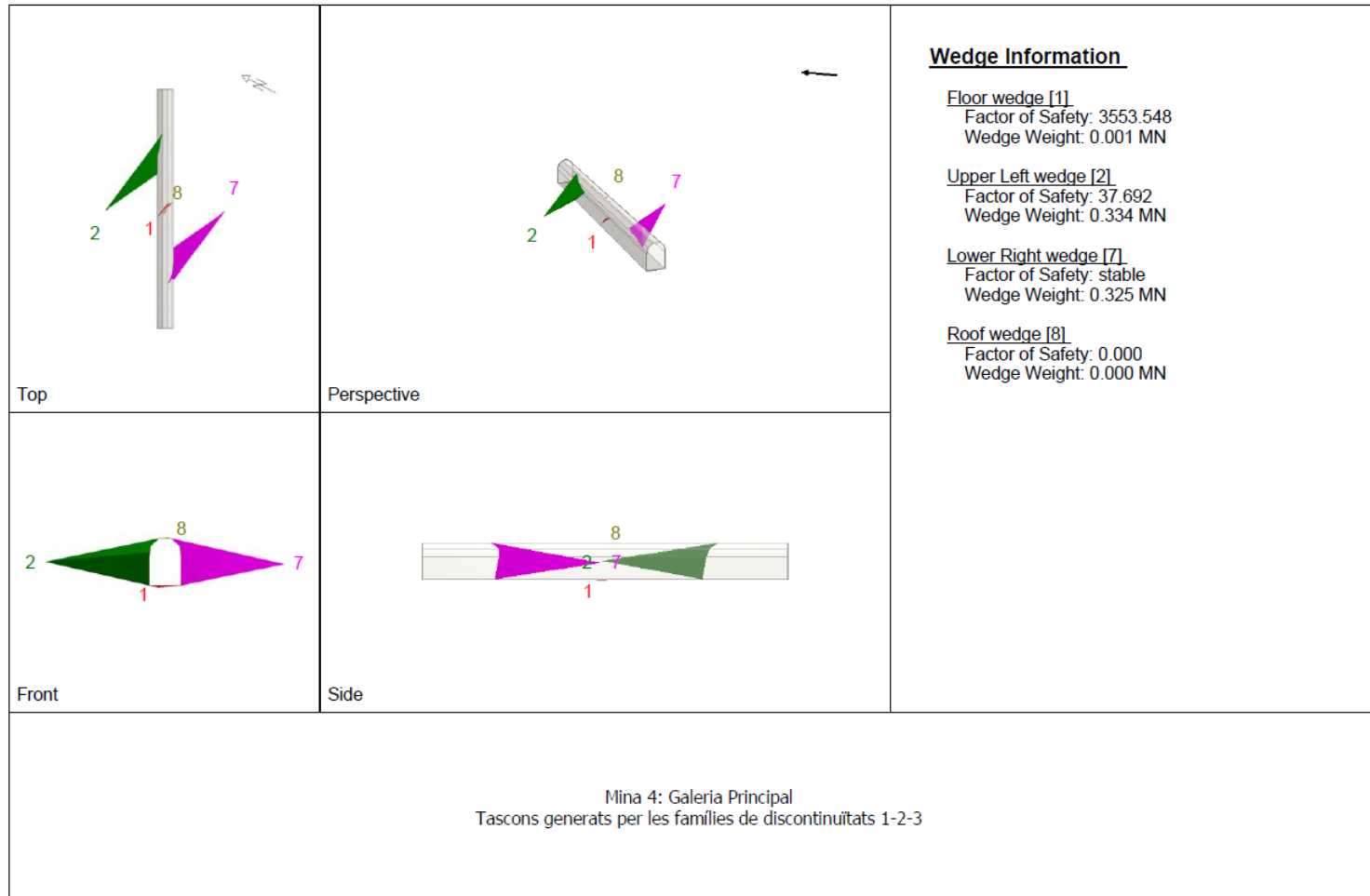
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



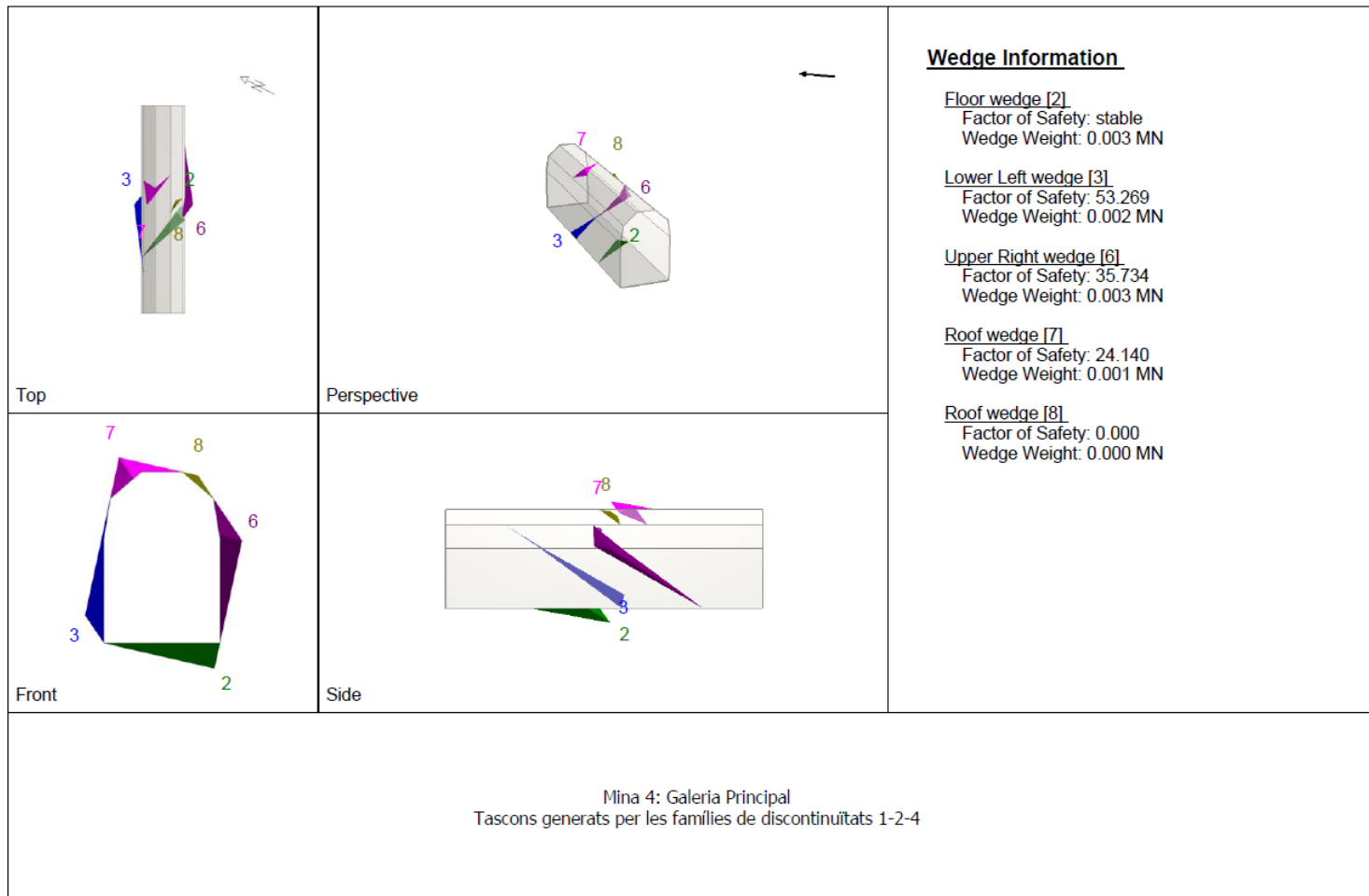
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



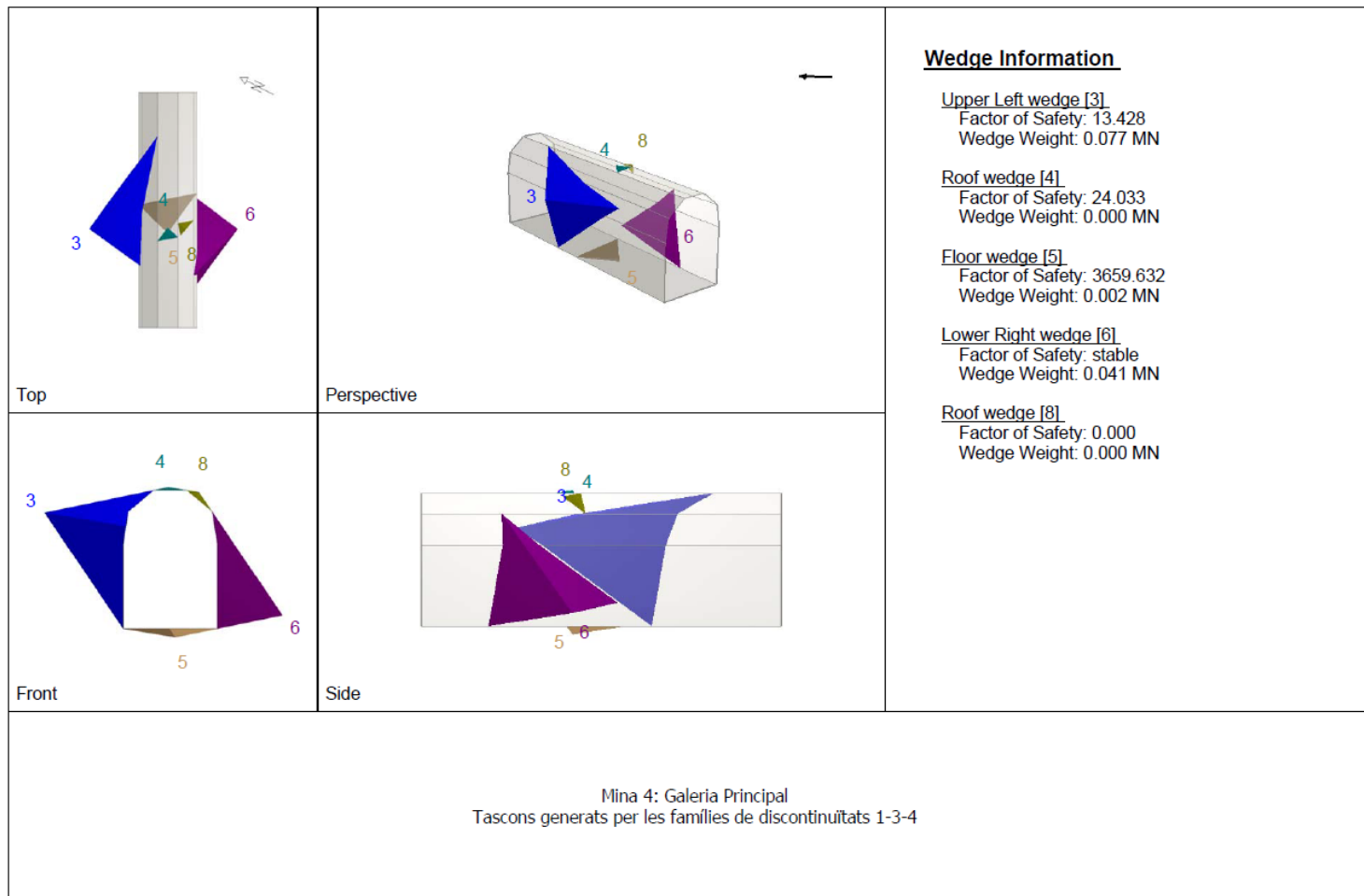
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



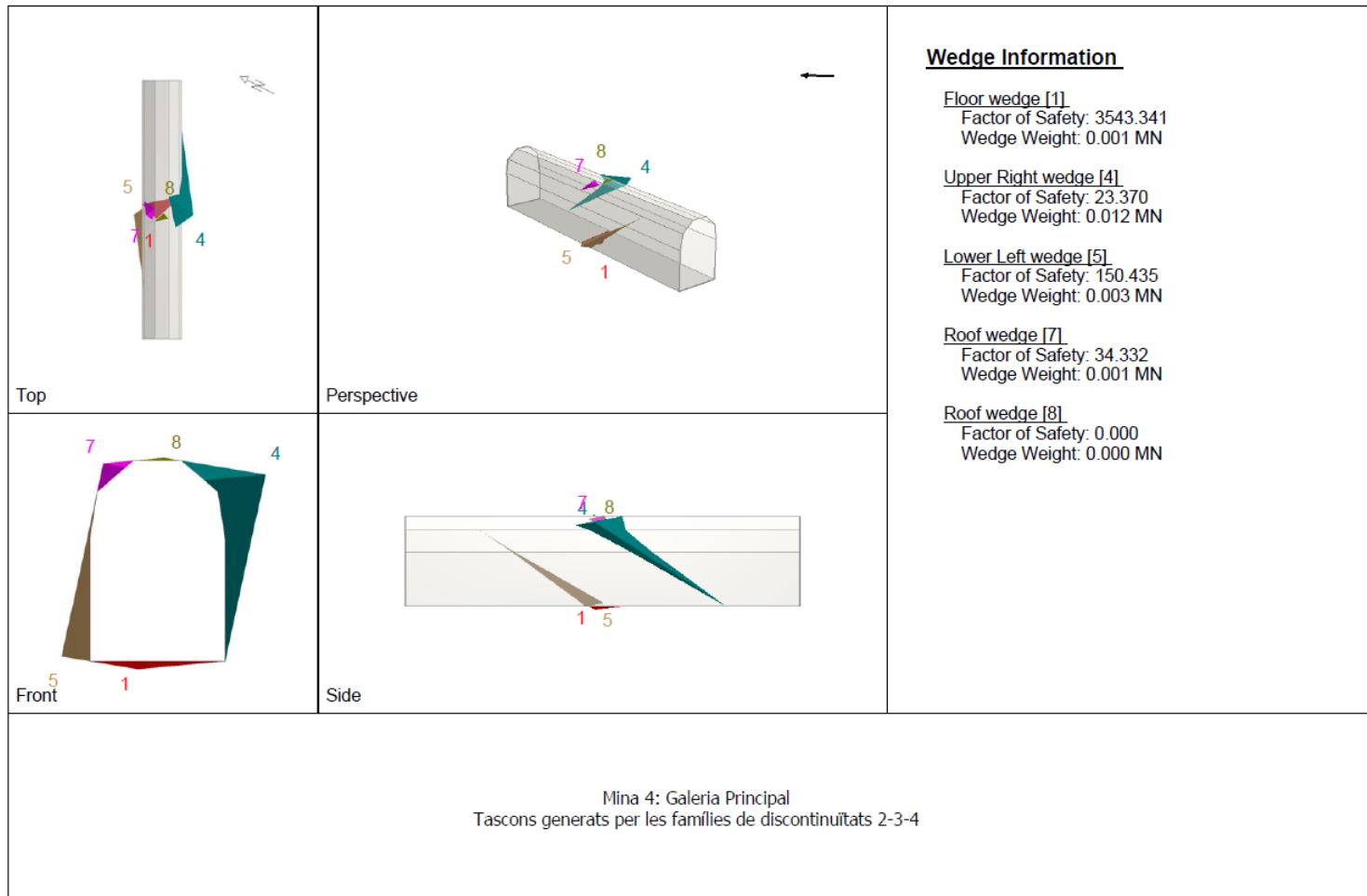
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



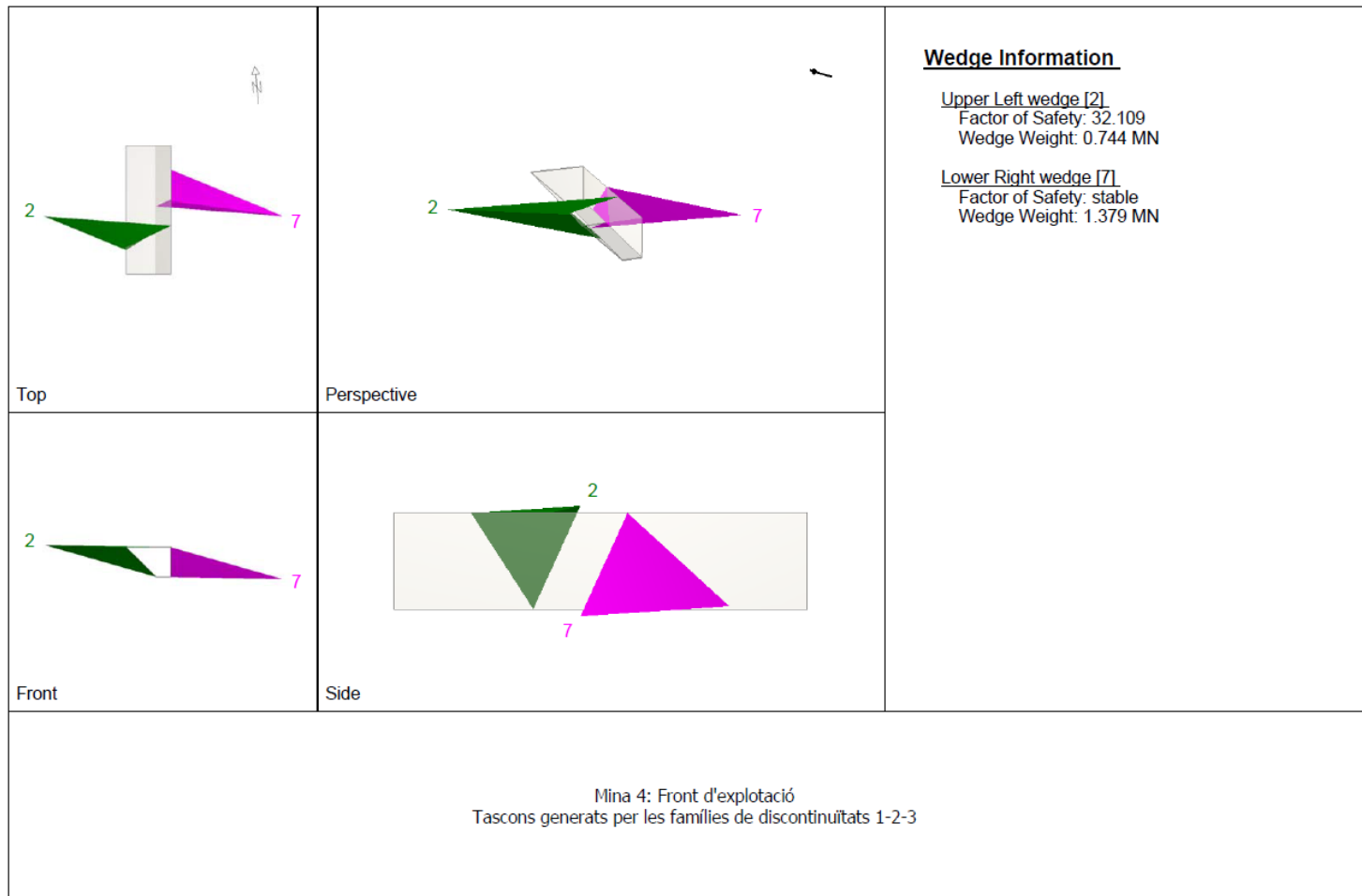
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



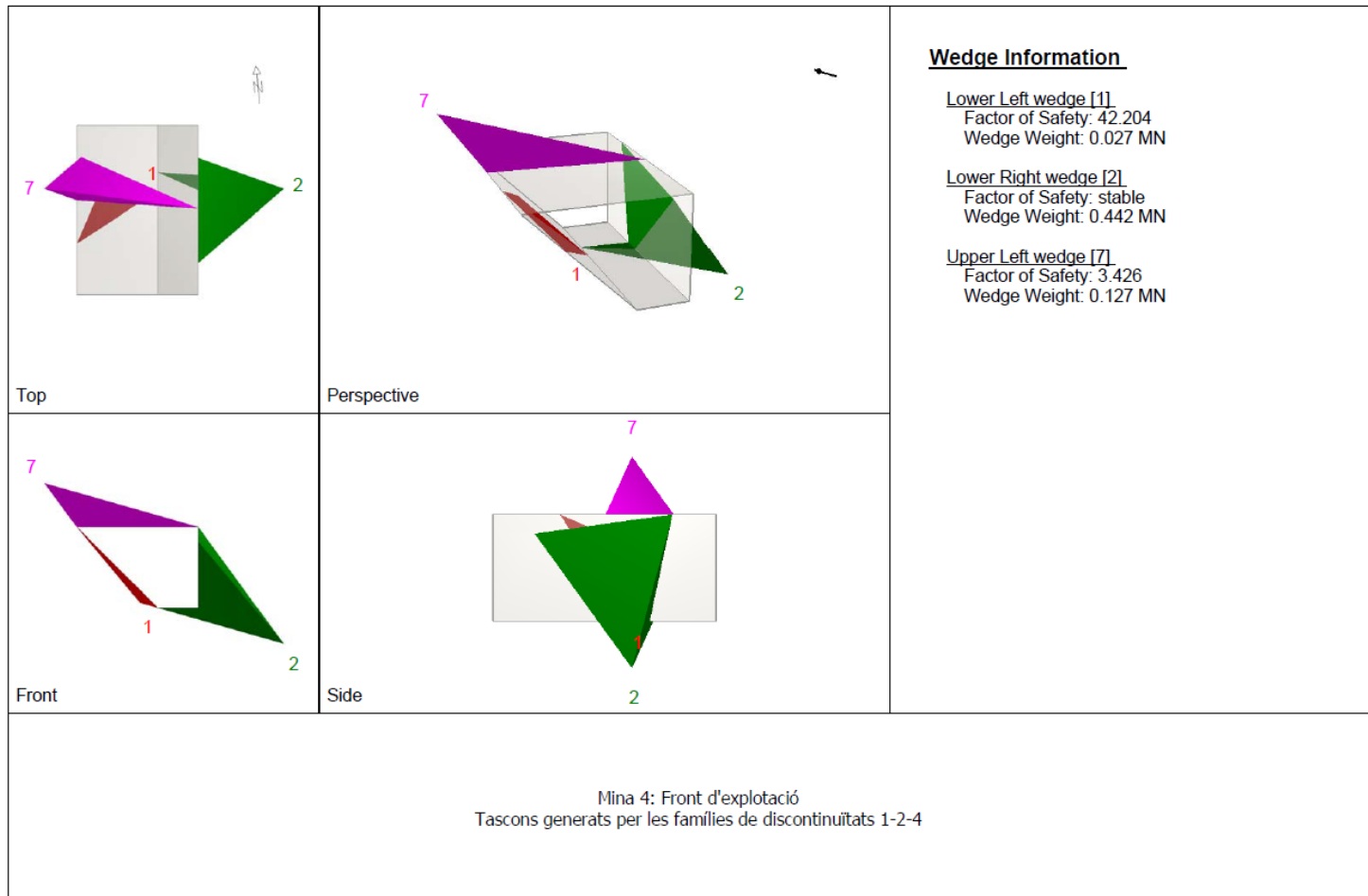
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



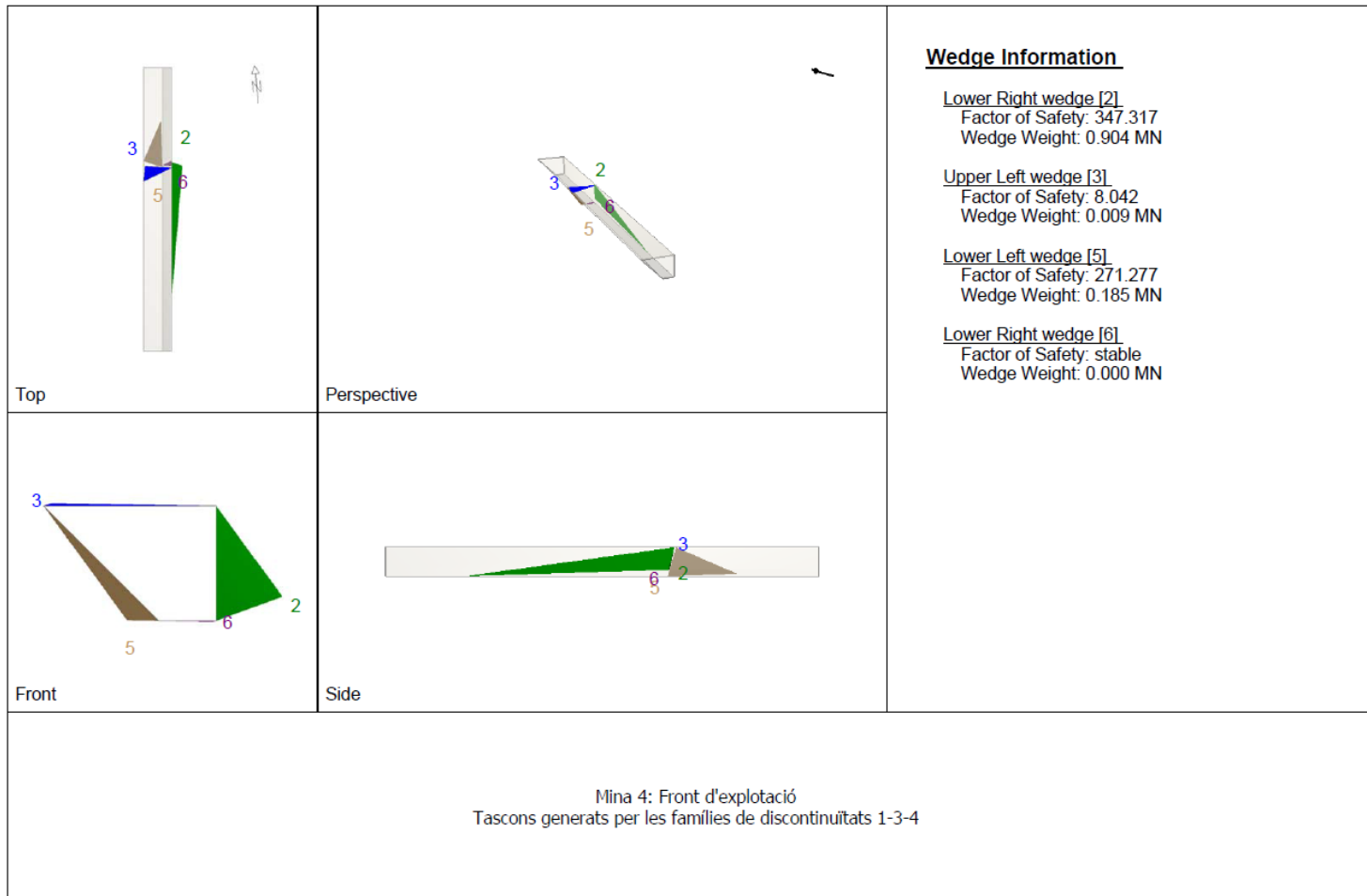
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



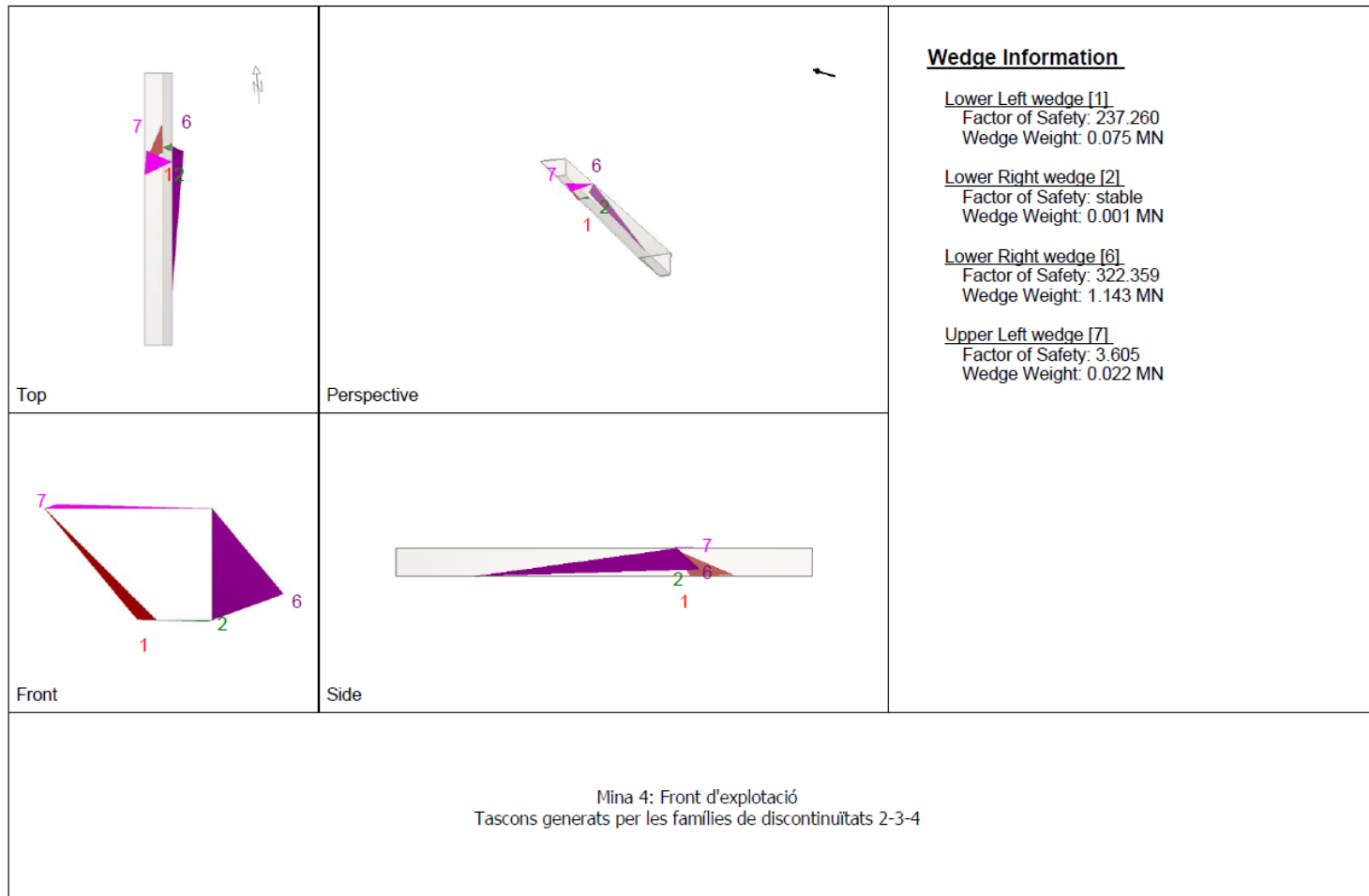
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



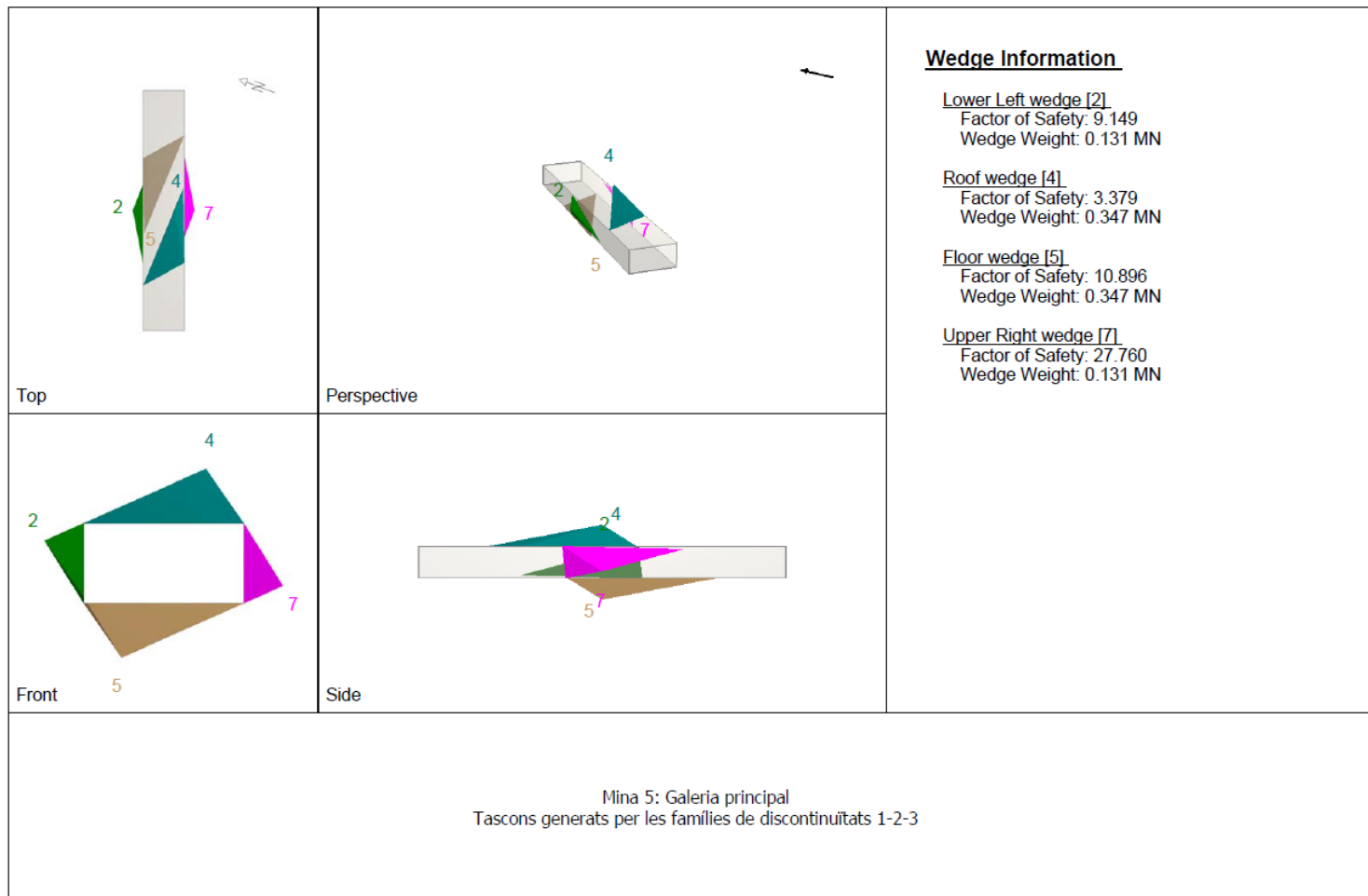
Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)



Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

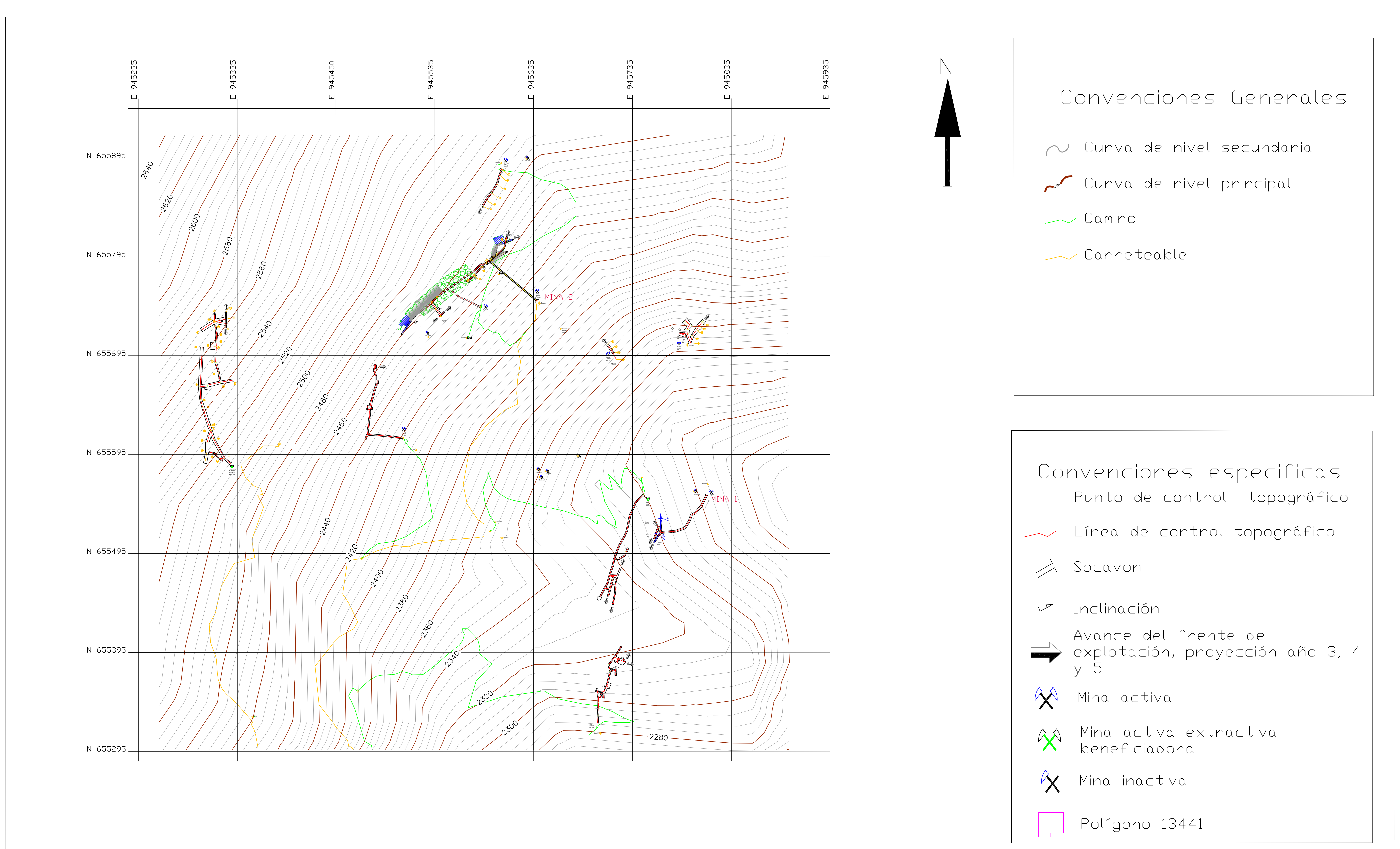


Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)

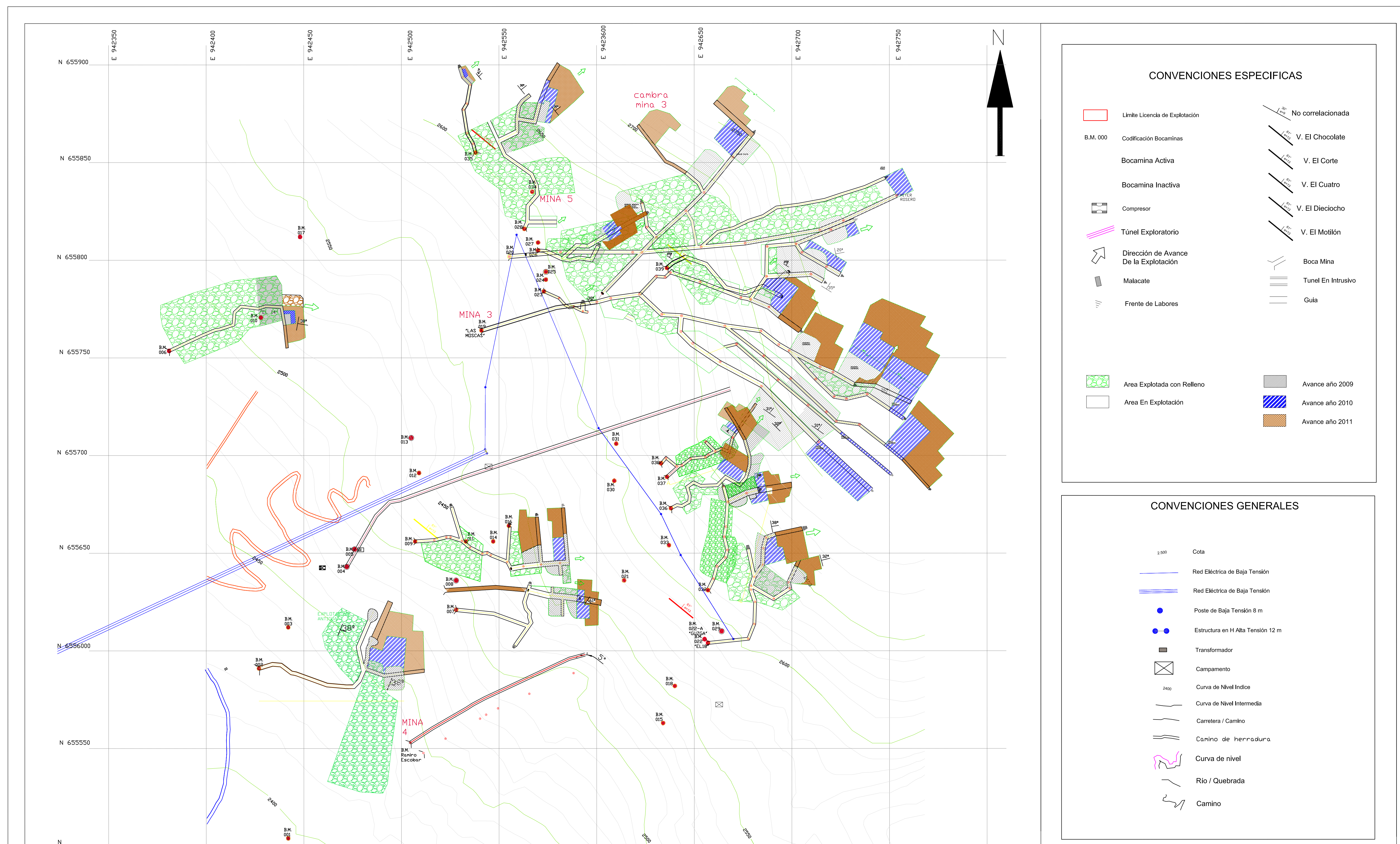




*Cooperació amb ARM mitjançant l'estudi geotècnic
de les mines de La Llanada (Colòmbia)*



Nombre del mapa: LEVANTAMIENTO SUBTERRANEO CISNE		Escala: 1:2500	
Número del título: MINA CISNE LICENCIA 13441	Tipo de título: LICENCIA DE EXPLOTACION	Vereda: CISNE	Municipio: LA LLANADA
Nombre del titular: COOPERATIVA DEL DISTRITO MINERO DE LA LLANADA		Nombre de la mina: EL CANADA	Departamento: NARIÑO
Fecha: DICIEMBRE DE 2012	Elaboración: JORGE LUIS AGUIRRE M. - INGENIERO DE MINAS T.P.: 19218111820 CAU.	Observaciones:	



CONVENCIONES ESPECIFICAS

	Límite Licencia de Explotación		No correlacionada
	Codificación Bocaminas		V. El Chocolate
	Bocamina Activa		V. El Corte
	Bocamina Inactiva		V. El Cuatro
	Compresor		V. El Dieciocho
	Túnel Exploratorio		V. El Motilón
	Dirección de Avance De la Explotación		Boca Mina
	Malacate		Túnel En Intrusivo
	Frente de Labores		Guía
	Area Explotada con Relleno		Avance año 2009
	Area En Explotación		Avance año 2010
			Avance año 2011

CONVENCIONES GENERALES

	Cota
	Red Eléctrica de Baja Tensión
	Red Eléctrica de Baja Tensión
	Poste de Baja Tensión 8 m
	Estructura en H Alta Tensión 12 m
	Transformador
	Campamento
	Curva de Nivel Indice
	Curva de Nivel Intermedia
	Carretera / Camino
	Camino de herradura
	Curva de nivel
	Río / Quebrada
	Camino

Nombre del mapa: LEVANTAMIENTO SUBTERRANEO CANADA		Escala gráfica:		Escala: 1:750	
Número del título: MINA EL CANADA LICENCIA 16032	Tipo de título: LICENCIA DE EXPLOTACION	Vereda: ALTO CANADA	Municipio: LA LLANADA	Departamento: NARIÑO	
Nombre del titular: COOPERATIVA DEL DISTRITO MINERO DE LA LLANADA			Nombre de la mina: EL CANADA	Vo.Bo.: 	
Fecha: ABRIL DE 2012	Plancha: 410-III-A I.G.A.C.	Elaboro: JORGE LUIS AGUIRRE M. - INGENIERO DE MINAS T.P.: 19218111820 CAU.		Observaciones: 	