

INSTRUMENTACIÓN GEOMECÁNICA EN EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS. ¿TECNOLOGÍA O NECESIDAD?

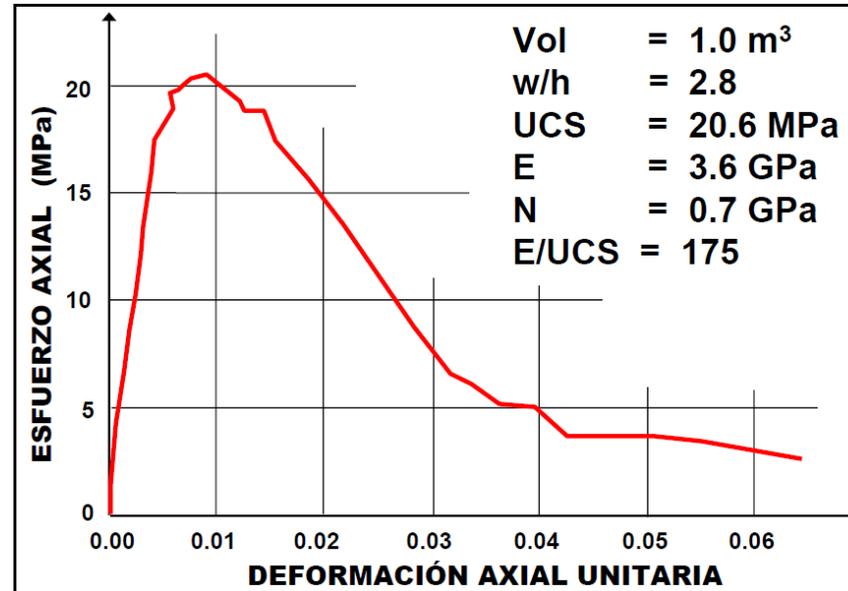
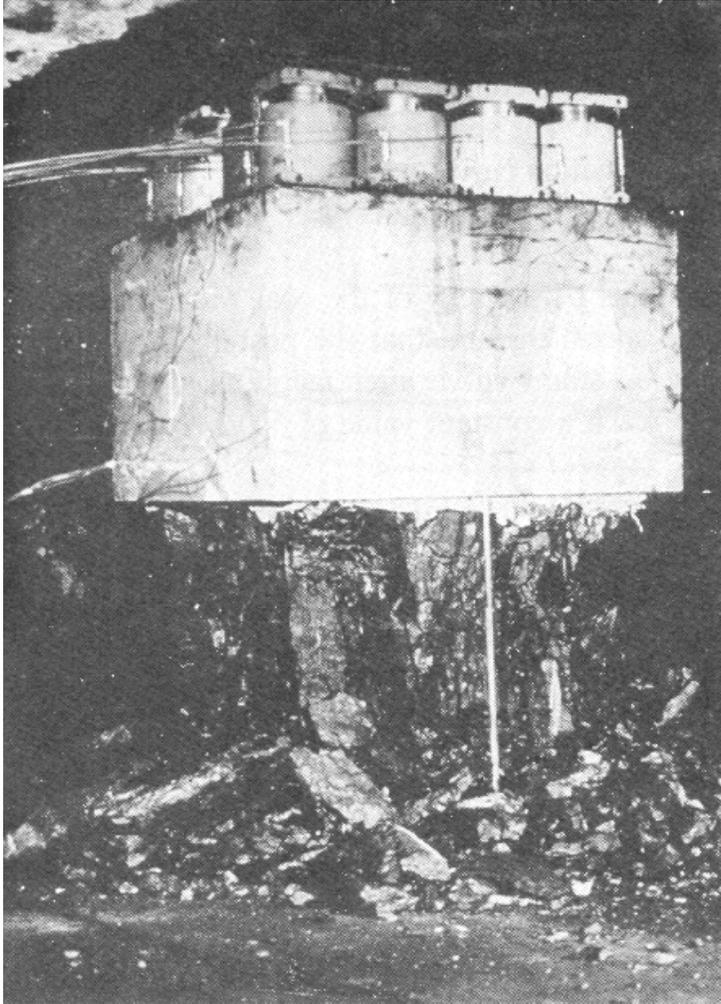
Arthur Matos – MecRoc Engenharia





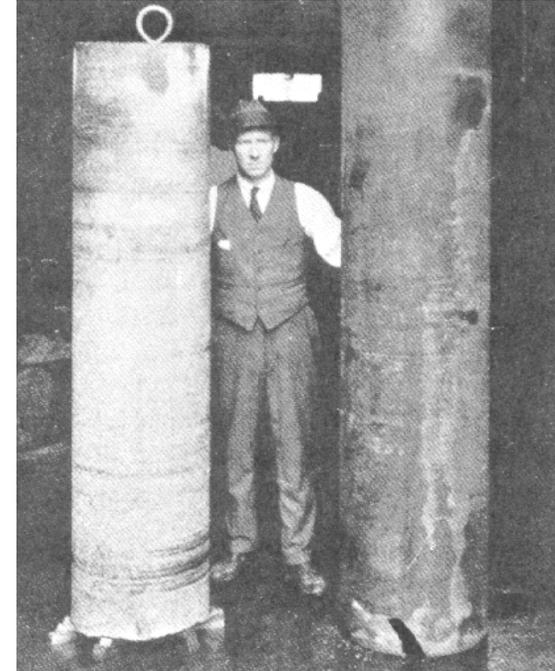
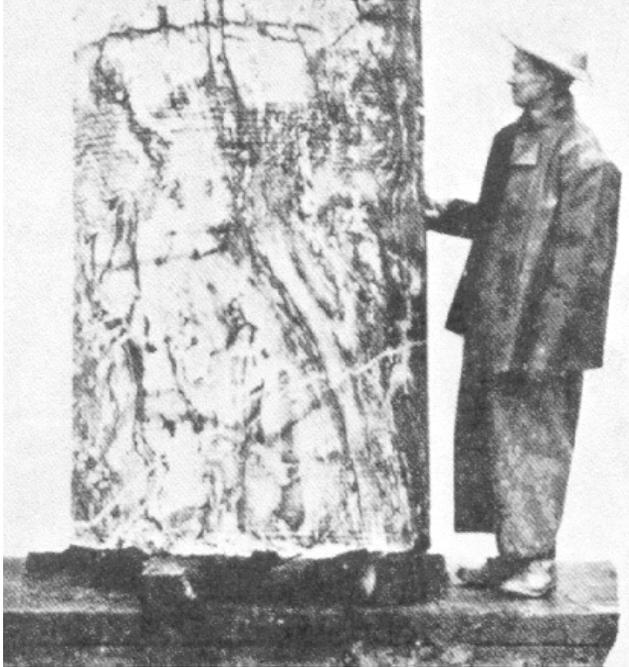
INTRODUCCIÓN

Historia de la instrumentación geomecánica



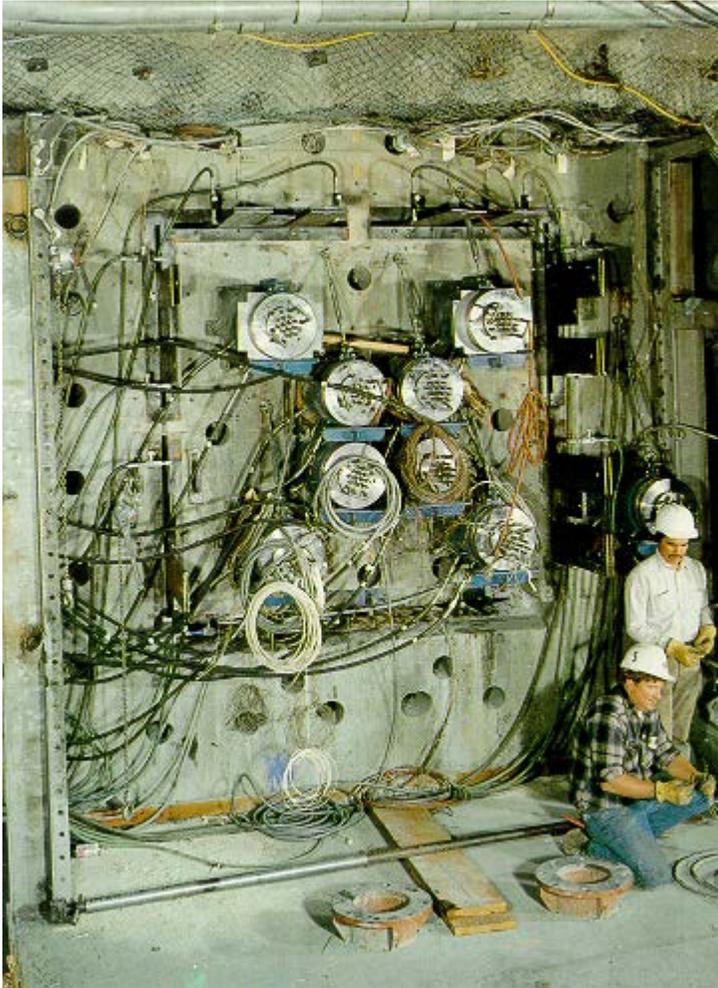
Pilar de carbón después de la falla / ruptura por una prueba de compresión uniaxial *in situ*.

Historia de la instrumentación geomecánica



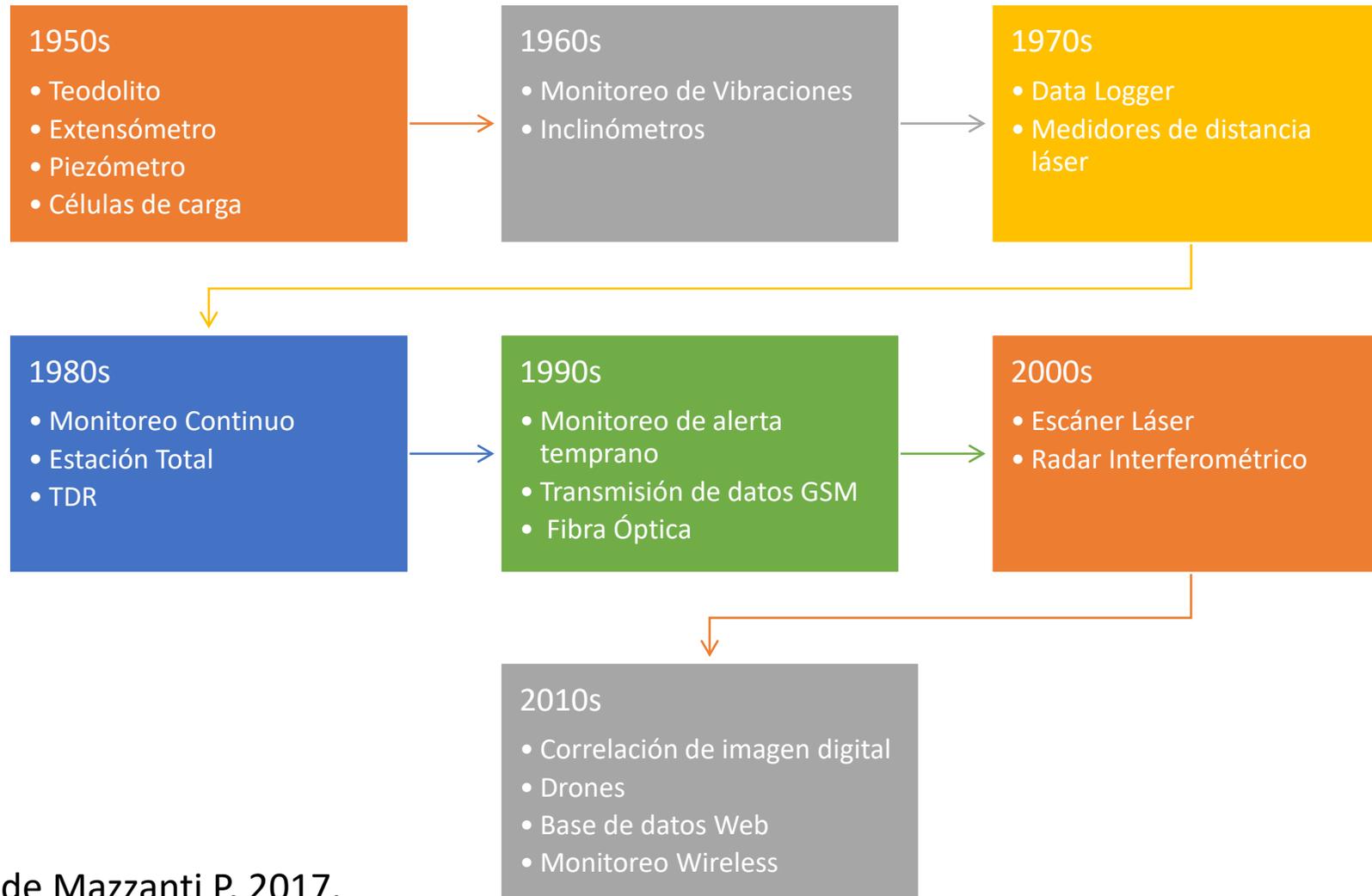
- Núcleos de roca de gran diámetro obtenidos mediante voladura controlada con precorte (*shot core drilling*)
 - Núcleos de rocas de gran diámetro obtenidas por perforación de gran diámetro. (*calyx drilling*).
-

Historia de la instrumentación geomecánica



**Prueba triaxial in situ de un gran bloque de basalto
(*Basalt Nuclear Waste Isolation Project, Hanford, USA*).**

Evolución instrumentación Geomecánica/Geotécnica



Fuente: Adaptado de Mazzanti P. 2017.

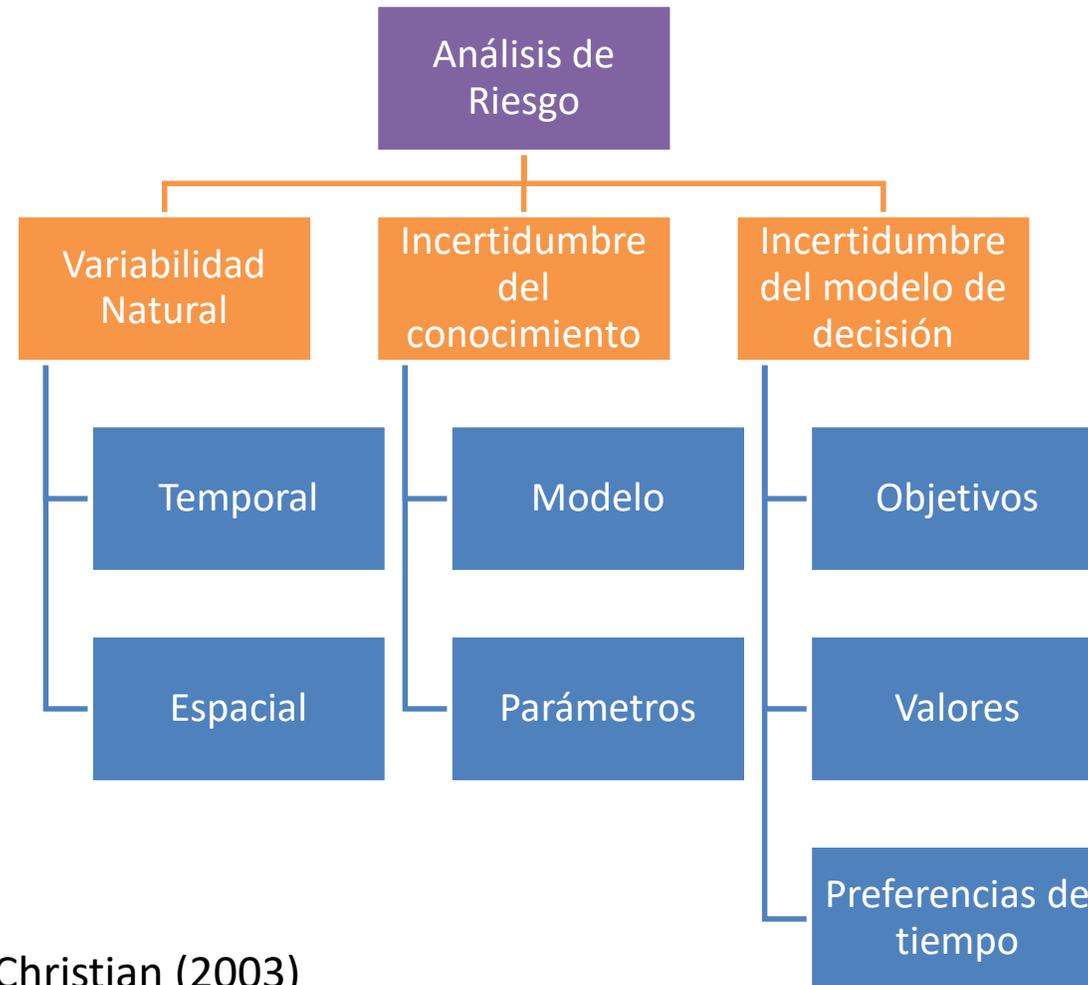
Etapas de un plan de monitoreo



Fuente: Adaptado de Junqueira F. 2017.

Etapas de un plan de monitoreo

La ingeniería geotécnica está inherentemente asociada con varias fuentes de incertidumbre



Fuente: Adaptado de Baecher & Christian (2003)

Activos em excavaciones subterráneas



Activos em excavaciones subterráneas

Recursos Físicos

Hormigón Proyectado

Pernos

Mallas

Instrumentos Geomecánicos

Equipos



Activos em excavaciones subterráneas

Recursos de Datos

Mapas geológicos

Reportes Geotécnicos

Descripción testimonial

Perfilado de taladros

Monitoreo del desempeño

Datos de laboratorio

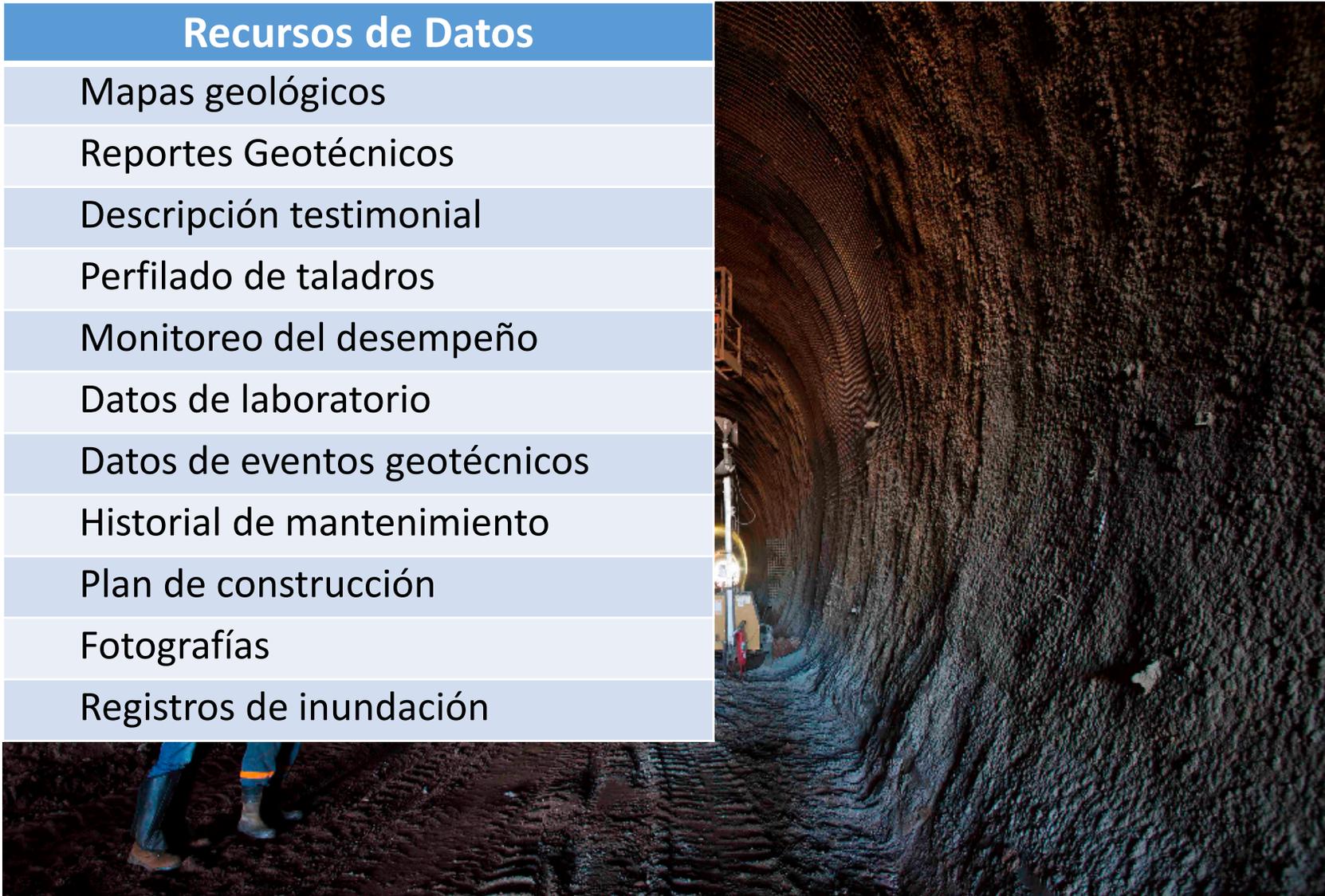
Datos de eventos geotécnicos

Historial de mantenimiento

Plan de construcción

Fotografías

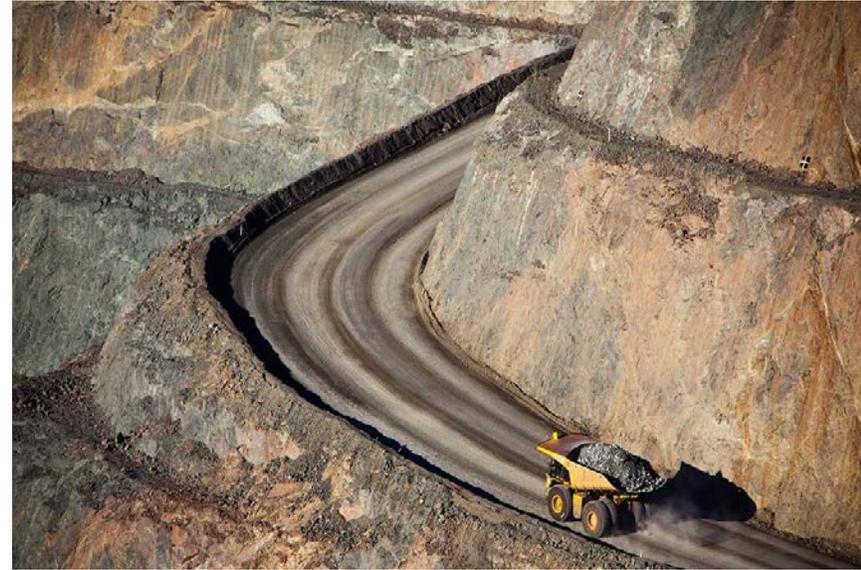
Registros de inundación



¿Qué monitoreamos?

Parámetros	Instrumentos de contacto	Instrumentos remotos
Desplazamiento / deformación	Inclinómetro, medidor de grietas, medidor de convergencia, fibra óptica, medidor de inclinación, TDR	GNSS, estación total, radar, fotogrametría, correlación de imagen digital, SAR
Vibración	Acelerómetro, Geófono, Velocímetro, Sismógrafo	Radar interferométrico terrestre, correlación de imagen digital.
Presión de agua	Piezómetro, chimeneas	n.a.
Tensión	Células de presión, medidor de estrés	n.a.
Carga y deformación	Células de carga, medidor de tensión	n.a.
Temperatura	Termómetro, termopar	Cámara infra roja

¿Dónde monitoreamos?

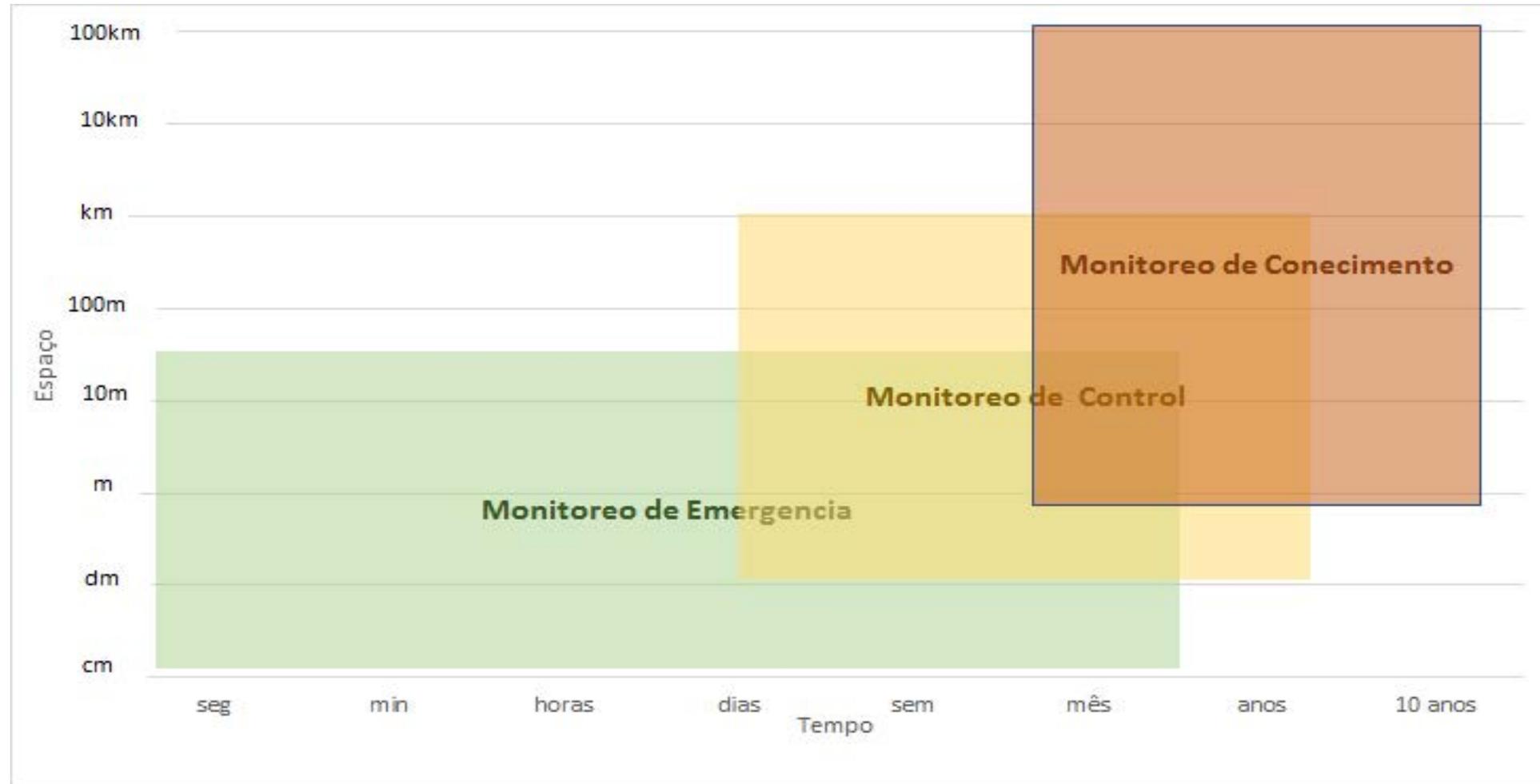


¿Por qué monitoreamos?



- Monitoreo de conocimiento (ósea, test, evaluación)
 - Monitoreo de control (ósea, verificación periódica)
 - Monitoreo de emergencia (ósea, sistema de aviso previo)
-

¿Por qué monitoreamos?



¿Por qué monitoreamos?

	Tipo de Aplicaciones	Tipos de Instrumentos
Monitoreo de conocimiento	Fase del proyecto Mantenimiento estándar Selección después de eventos paroxísticos	Fotogrametría, Inclinómetro, Piezómetro, Sismógrafo, Acelerómetro, TDR, SMDR.
Monitoreo de control	Fase de construcción en zonas de riesgo moderado Mantenimiento avanzado Comprobación de áreas críticas	Fotogrametría, Estación total, Inclinómetro, Piezómetro, Extensómetro, Crackmeter, Celda de carga, Sismógrafo, Acelerómetro, TDR, SMDR.
Monitoreo de emergencia	Fase de construcción en zonas de alto riesgo Sistemas de alerta temprana para operar en áreas críticas	Estación total, inclinómetro, piezómetro, extensómetro, medidor de grietas, celda de carga, sismógrafo, acelerómetro, TDR, SMDR, medidor de tensión, fibra óptica.

ESTUDIOS DE CASOS

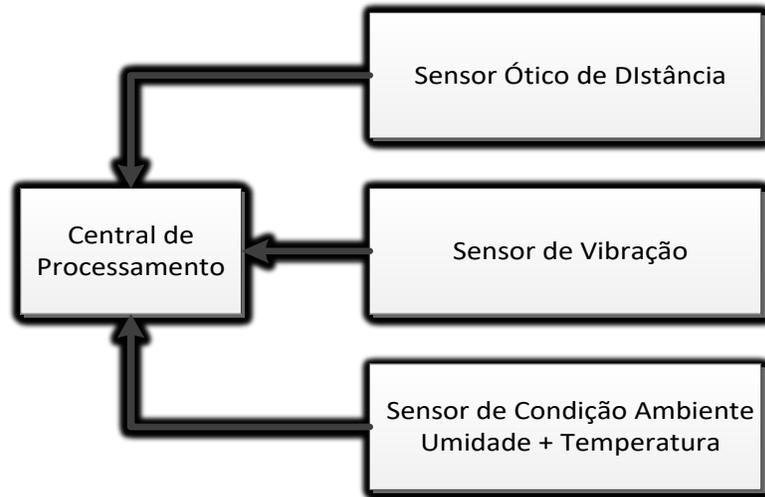
- SMDR
- TDR
- SISMOGRAFIA
- HoleCam
- Extensómetros
- Cable instrumentados



Sistema de Monitorio de Dinâmica de Rocas (SMDR)



ASTM D4403



Sistema de Monitorio de Dinâmica de Rocas (SMDR)

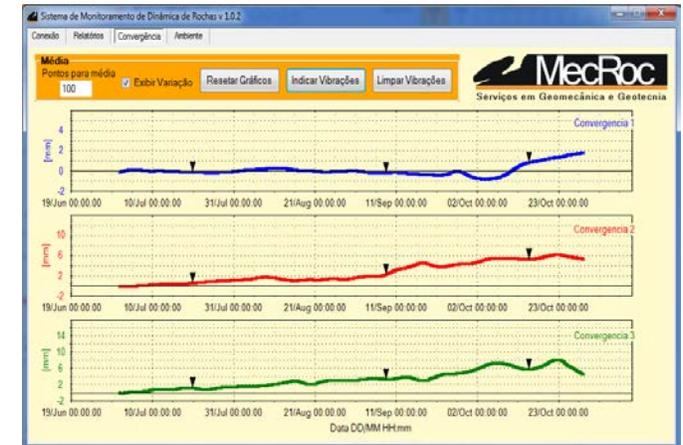
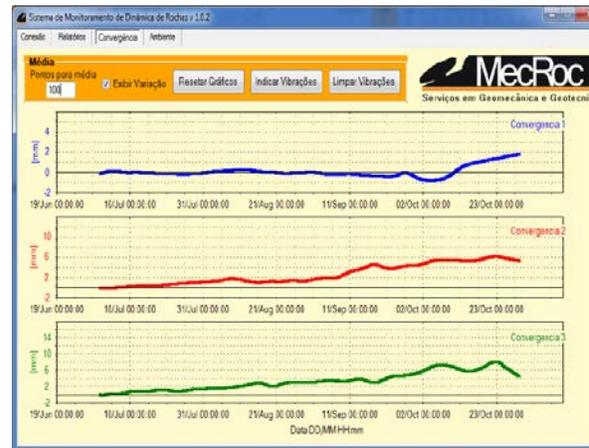
- Reducir los riesgos de exposición personal;
- Rapidez en tiempo de respuesta de monitoreo;
- Alta capacidad de procesamiento y almacenamiento;
- Posibilidad de comparación con vibraciones inducidas;
- Consistencia de adquisición, tanto en lecturas, como en registros.

Ajustes da Convergência

	Mínimo	Máximo	
Conv. 1	1020	1120	[mm]
Conv. 2	1450	1550	[mm]
Conv. 3	2650	2750	[mm]

Alterar Configuração

Intervalo de Aquisição: 30 min



Instrumentos y Aplicaciones: Variación de dislocamiento/convergencia

Publicaciones:

Mecânica das Rochas para Recursos Naturais e Infraestrutura
SBMR 2014 – Conferência Especializada ISRM 09-13 Setembro 2014
© CBMR/ABMS e ISRM, 2014

Utilização de Sensor Ótico para Monitoramento Contínuo de Convergência em Ambientes Subterrâneos

Alexandre Assunção Gontijo
MecRoc Engenharia Ltda, Belo Horizonte, Brasil, alexandre.gontijo@mecroc.com.br

Romero Cesar Gomes
Escola de Minas - NUGEO, Ouro Preto, Brasil, romero@em.ufop.br



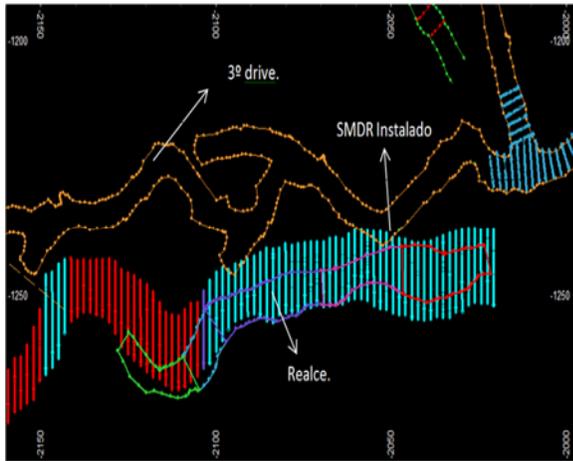
Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas – SBMR 2018
Engenharia de Rochas no Desenvolvimento Urbano
Conferência Especializada ISRM 28 de Agosto a 01 de Setembro, Salvador, Bahia, Brasil
© CBMR/ABMS e ISRM, 2018

Sistema de Monitoramento Contínuo de Convergência em Escavações Subterrâneas

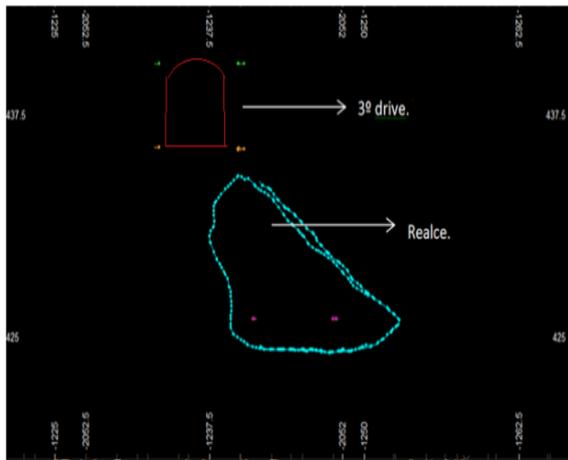
Arthur Resende Matos
MecRoc Engenharia, Belo Horizonte - MG, Brasil, arthur.matos@mecroc.com.br

Alexandre Assunção Gontijo
MecRoc Engenharia, Belo Horizonte - MG, Brasil, alexandre.gontijo@mecroc.com.br

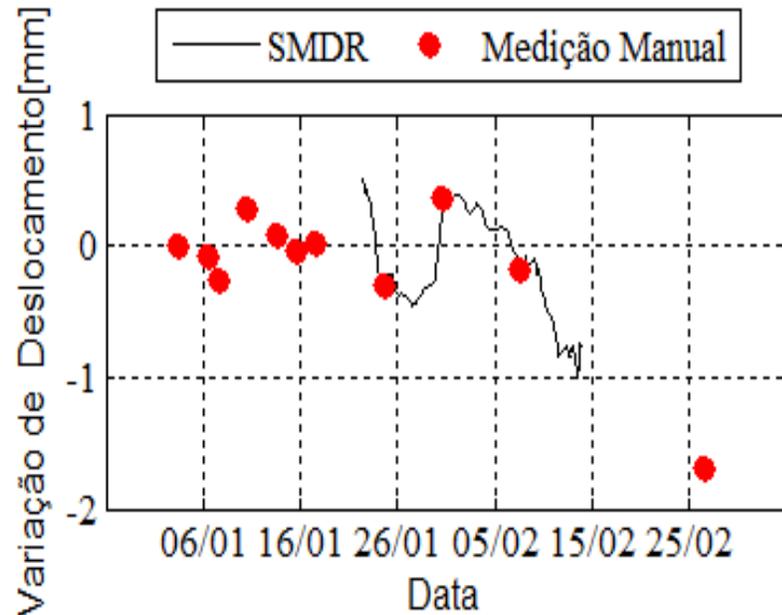
Estudio de Caso: SMDR – AGA Mina Cuiabá



- Dimensión de la excavación: 5.5 m x 5.5 m
- Litología: BIF`s (*Banded Iron Formation*) y Esquisto Carbonoso (*Footwall*)



Estudio de Caso: SMDR – AGA Mina Cuiabá



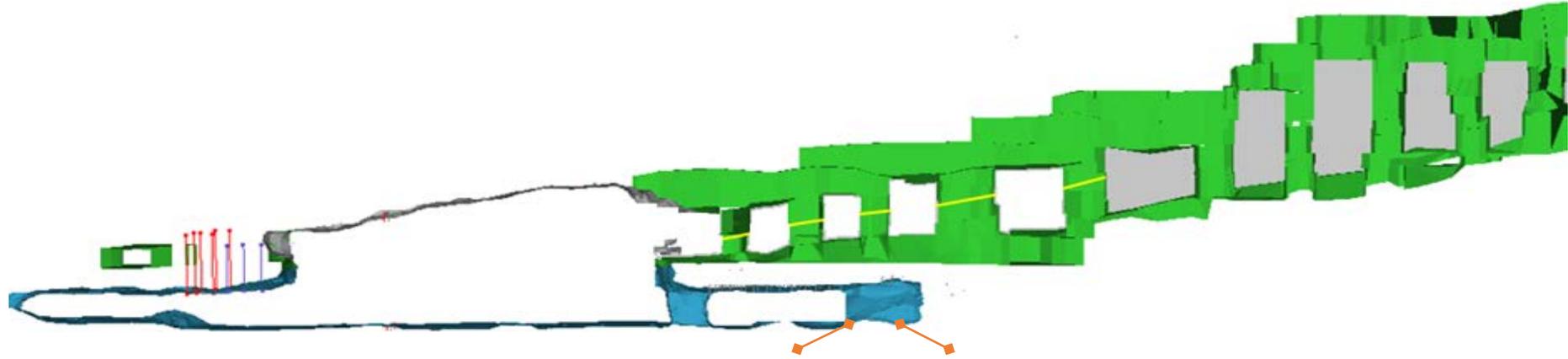
» Taxa de aquisição

Tipo de Medição	Taxa de Aquisição Média (pontos/dia)
SMDR	46000
Medição Manual	0.1

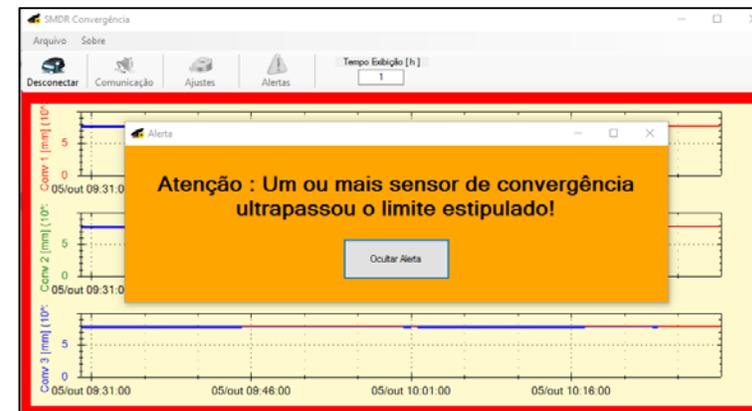
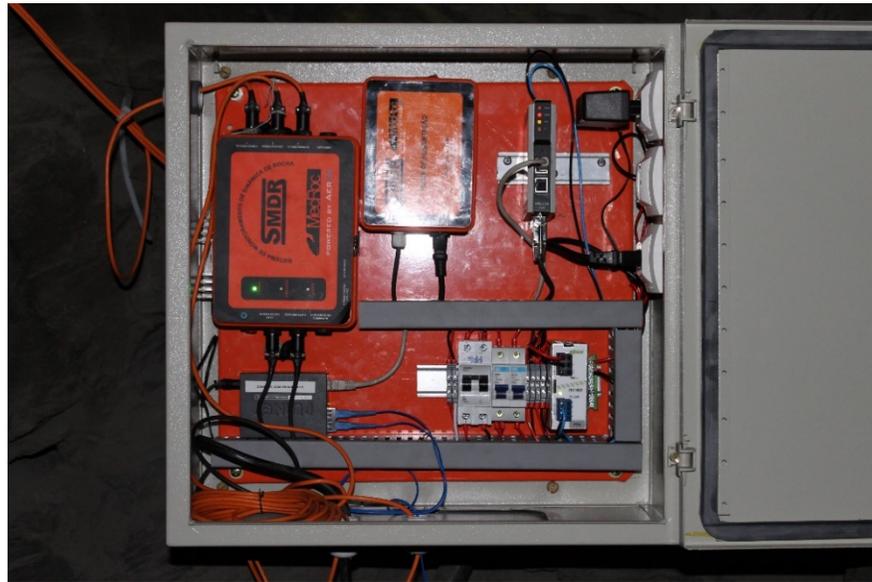
» Comparativo SMDR x Convencional

Dia	Erro Relativo [%]	Deslocamento SMDR [mm]	Deslocamento AngloGold [mm]
24/01	2.7	-0.292	-0.30
30/01	-4.3	0.354	0.37
07/02	3.9	-0.173	-0.18

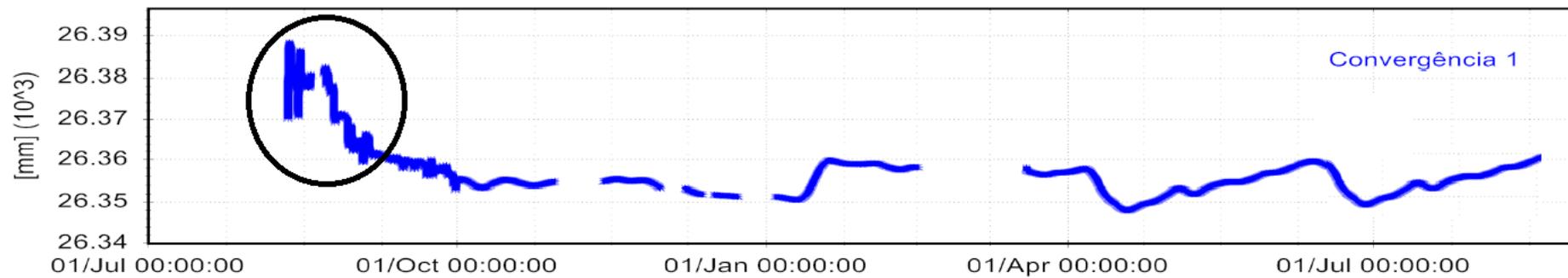
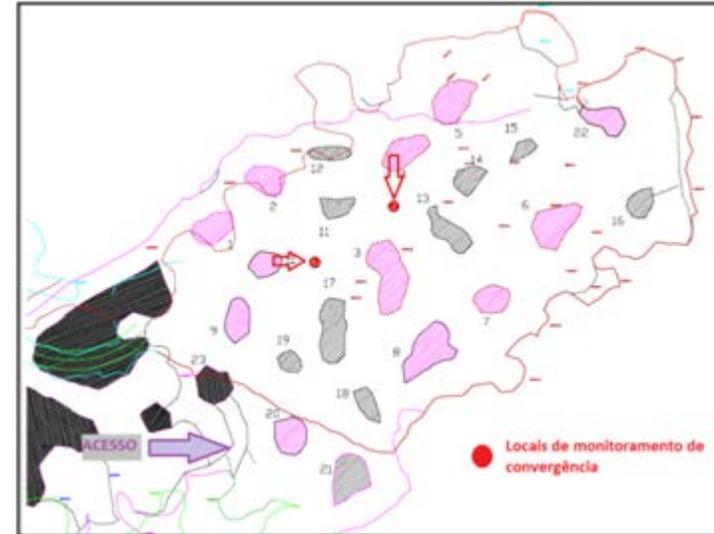
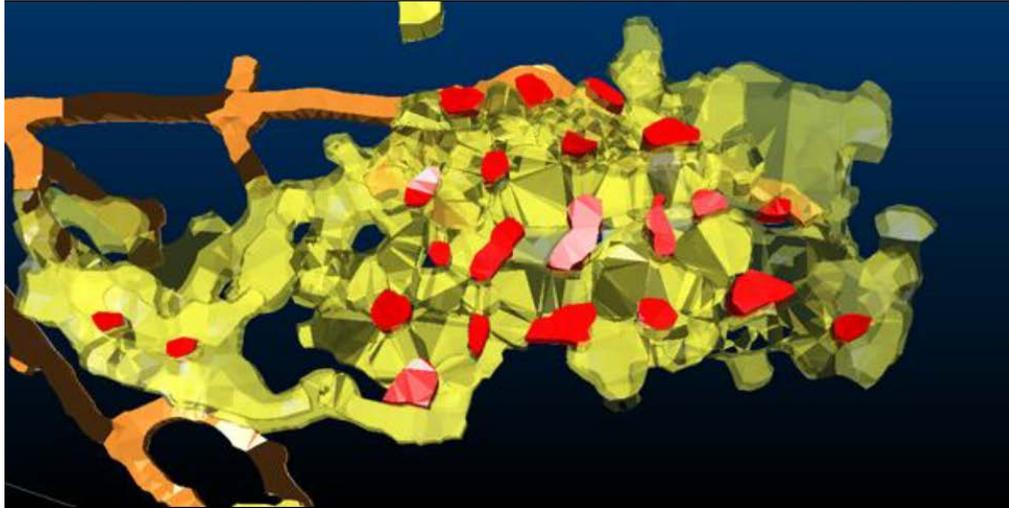
Estudio de Caso: SMDR – AGA Mineração Serra Grande



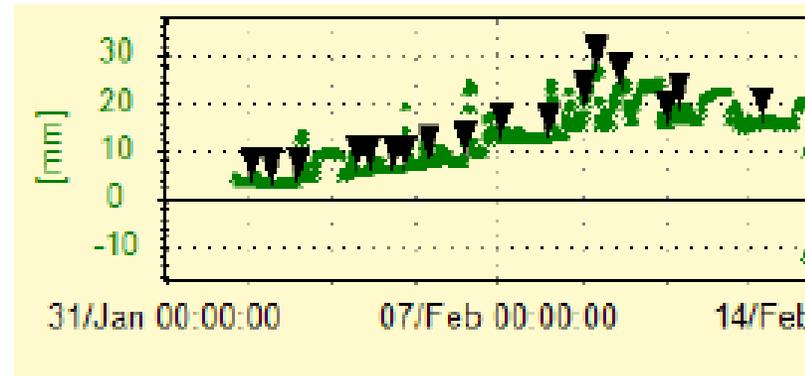
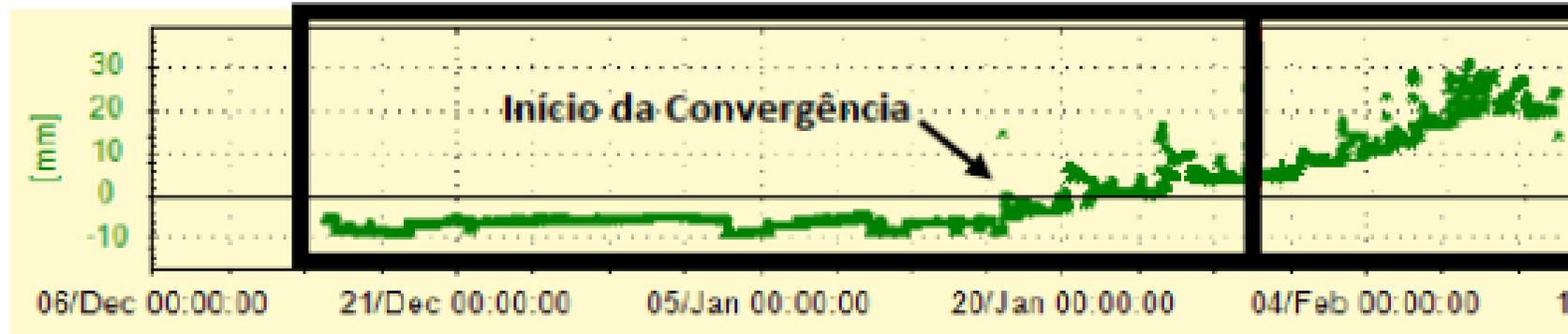
Estudio de Caso: SMDR – AGA Mineração Serra Grande



Estudio de Caso: SMDR – Nexa Morro Agudo



Estudio de Caso: SMDR – Nexa Morro Agudo



TIME DOMAIN REFLECTOMETRY (TDR)

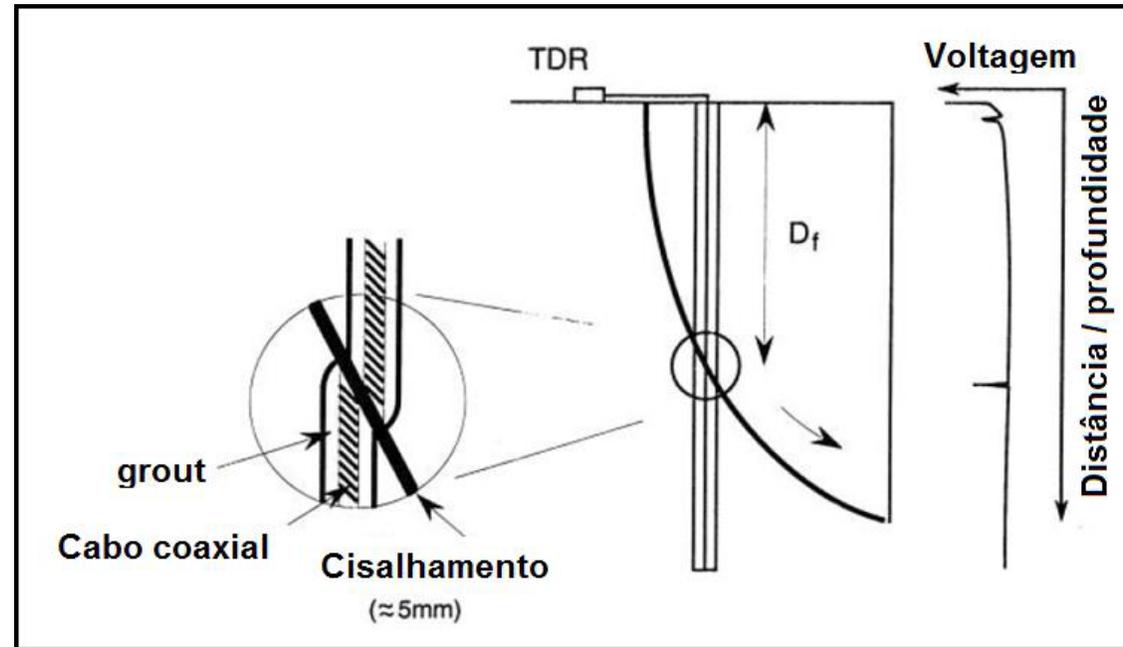


Figura - Princípio geral de funcionamento del TDR.
Fuente: Dowding, 1985.

Instrumentos y Aplicaciones

Publicaciones:



Detailing the use and installation of the Time Domain Reflectometer in geomechanics monitoring

Arthur Resende Matos

MecRoc Engenharia, Belo Horizonte - MG, Brazil, arthur.matos@mecroc.com.br

Alexandre Assunção Gontijo

MecRoc Engenharia, Belo Horizonte - MG, Brazil, alexandre.gontijo@mecroc.com.br

Leandro Roque Fonseca

MecRoc Engenharia, Belo Horizonte – MG, Brazil, leandro.fonseca@mecroc.com.br

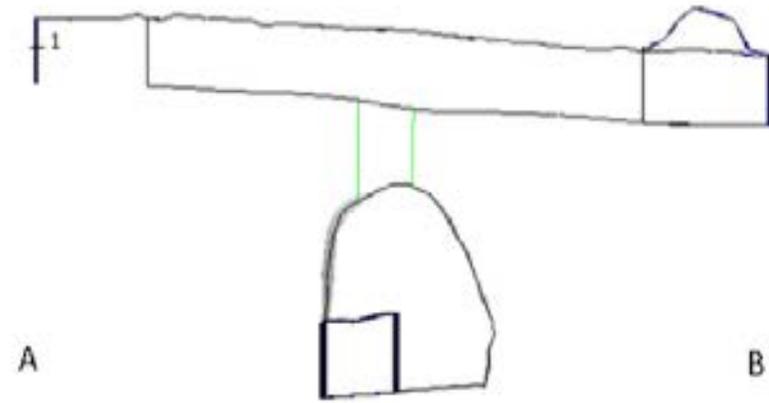
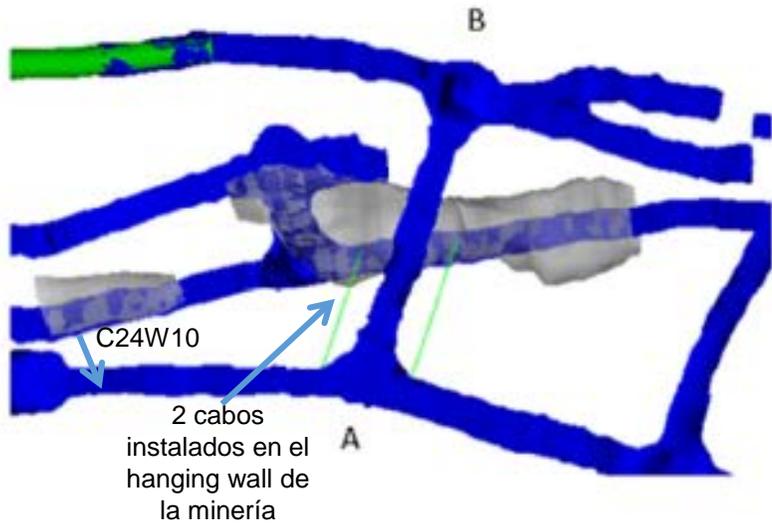
Gustavo Antônio Pereira Batista

AngloGold Ashanti, Crixás – GO, Brazil, GABatista@anglogoldashanti.com.br

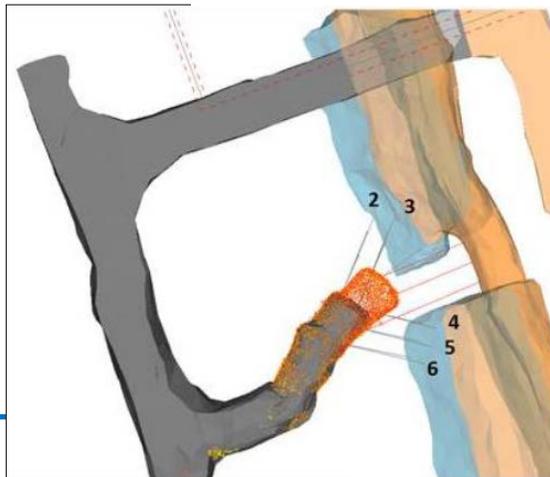
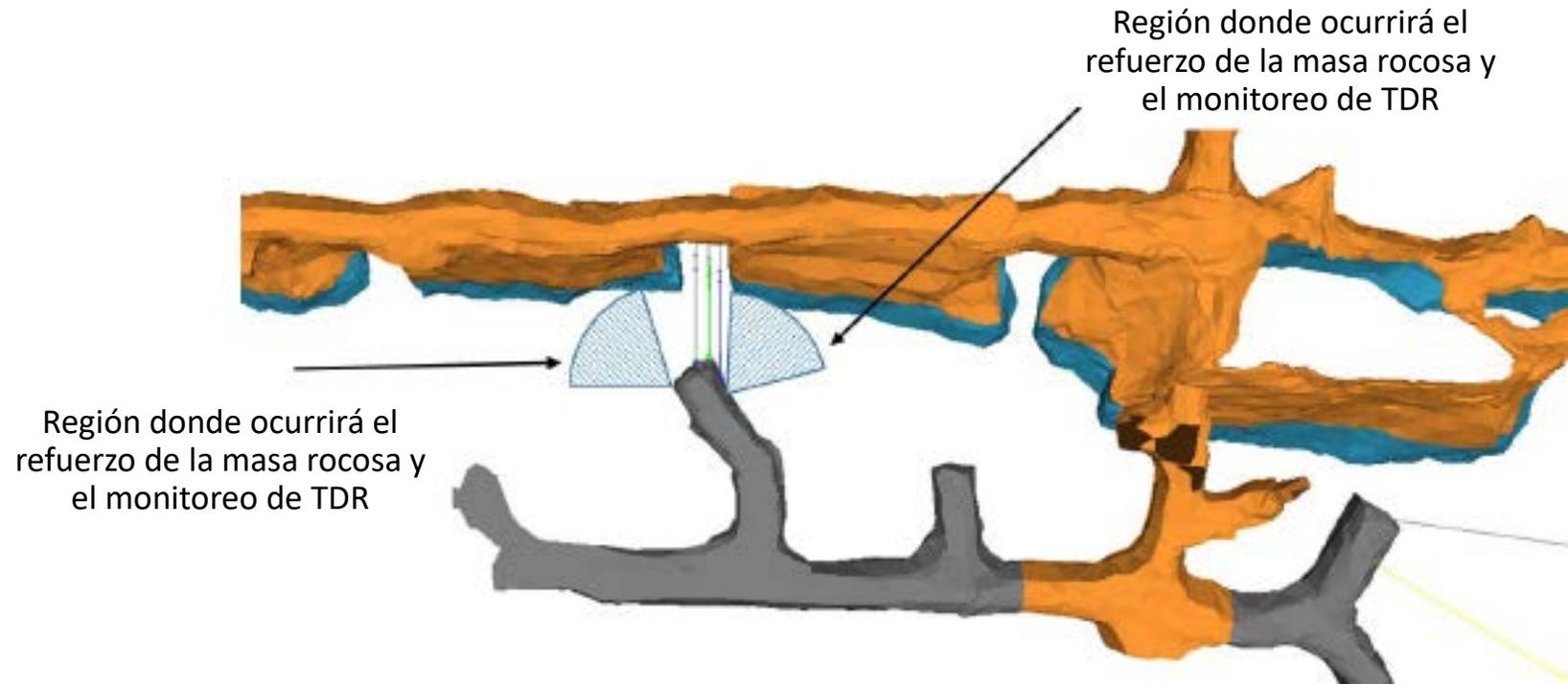
Gérson Rincon Ribeiro

AngloGold Ashanti, Crixás – GO, Brazil, GRRibeiro@anglogoldashanti.com.br

Estudio de Caso: TDR — Fazenda Brasileiro Desenvolvimento Mineral



Estudio de Caso: TDR – AGA Mineração Serra Grande

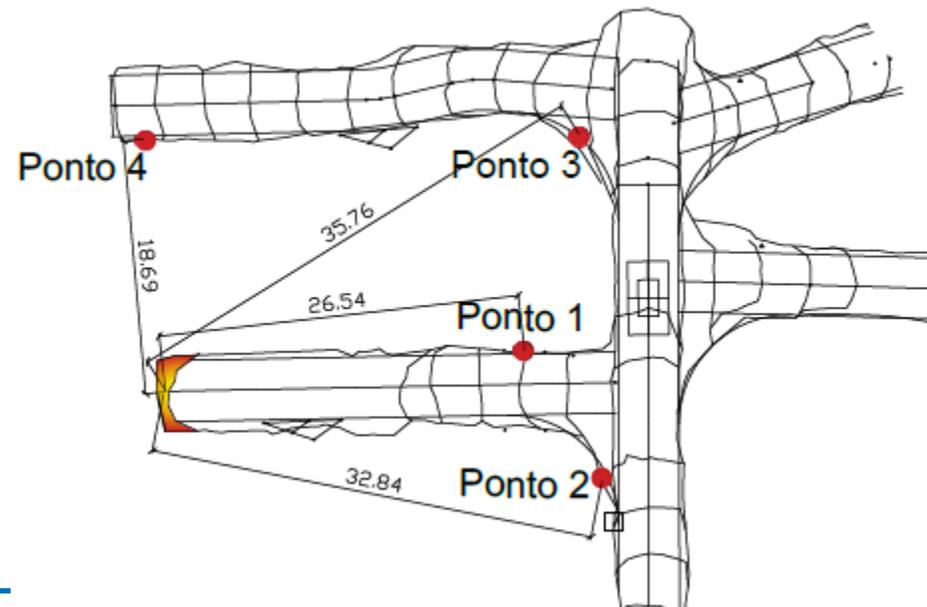


Estudio de Caso: TDR – AGA Mineração Serra Grande

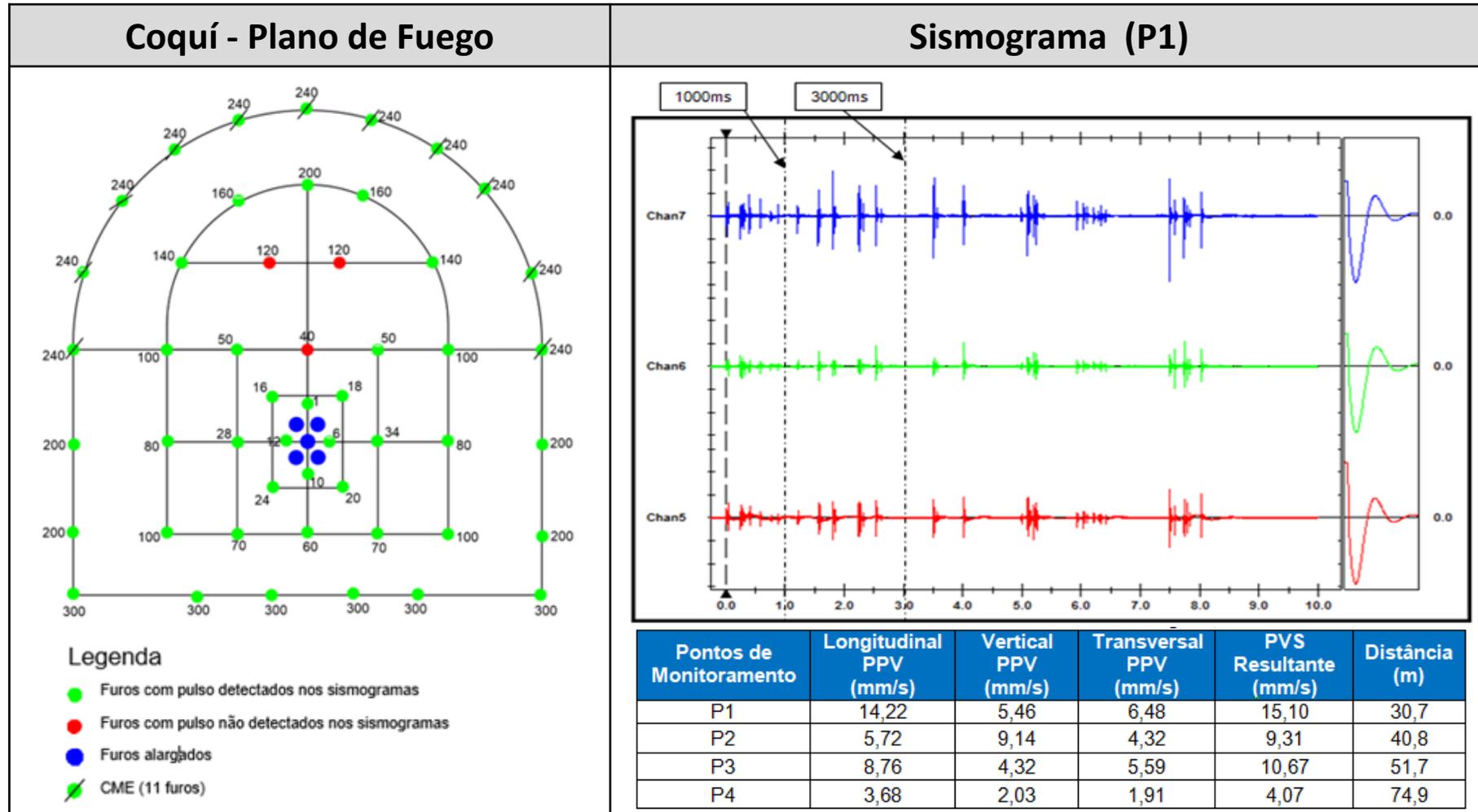


Sismografía de vibraciones inducidas por voladura

- Elaborar curva de atenuación para las detonaciones ocurridas en la minería y desarrollo, en el macizo rocoso de los cuerpos de mineral/mina;
- Definir PPVmínimo (CANMET,1977);
- Cuantificar distancias de posibles daños en el macizo rocoso;
- Identificar oportunidades de mejoría en la operación de carga de explosivo.

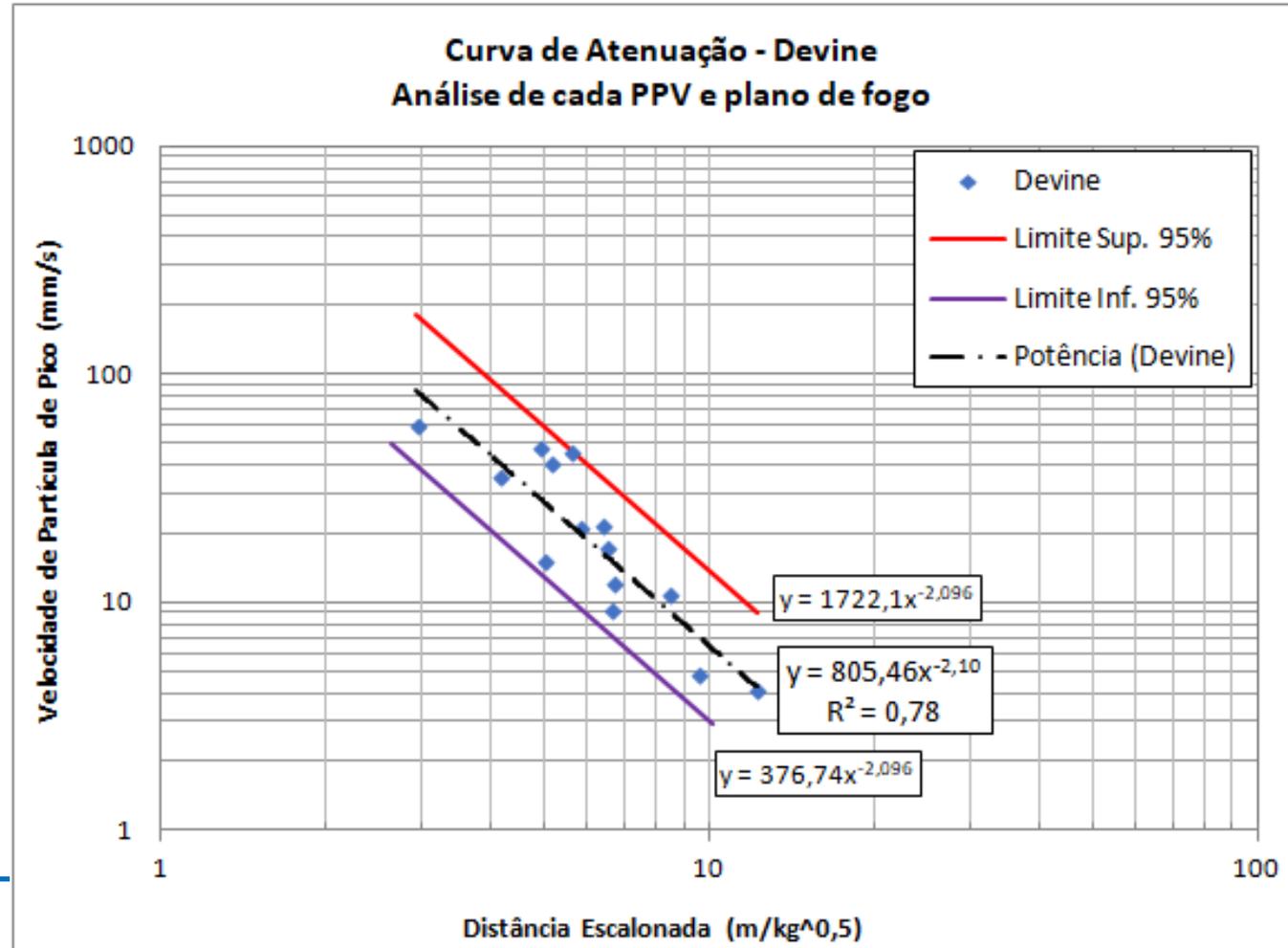


Sismografia de vibrações induzidas por voladura



Sismografia de vibrações induzidas por voladura

$$PPV = k \times \left(\frac{d}{W^{1/2}} \right)^\alpha$$



Sismografia de vibraciones induzidas por voladura

Ábaco de vibración según la cantidad máxima de carga por retardo - curva sin intervalo de confianza

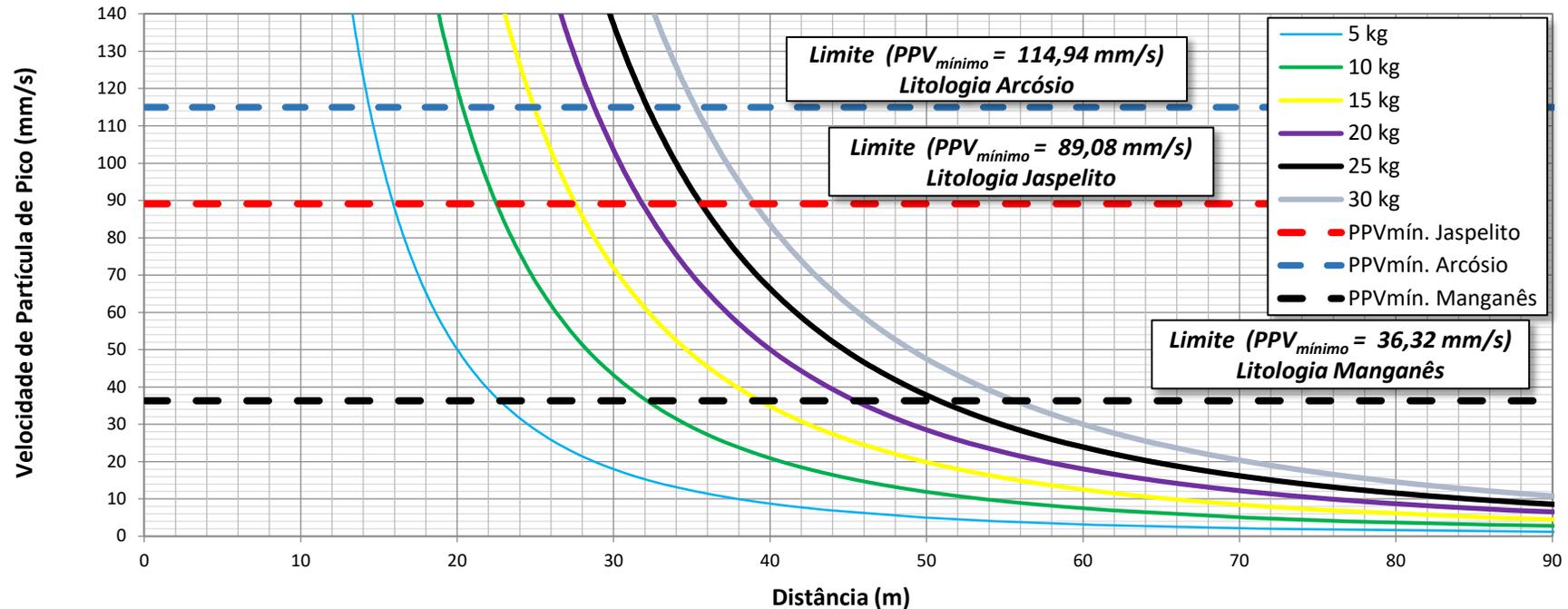
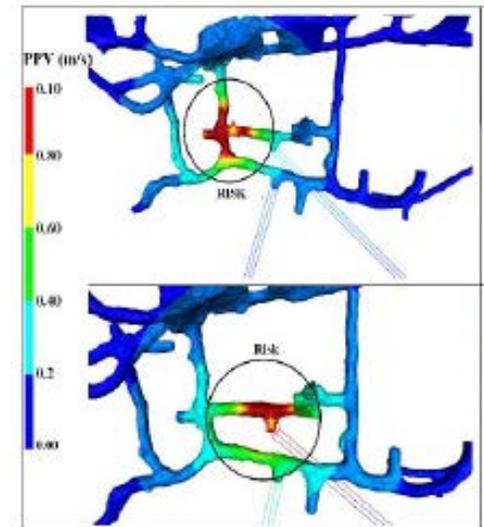
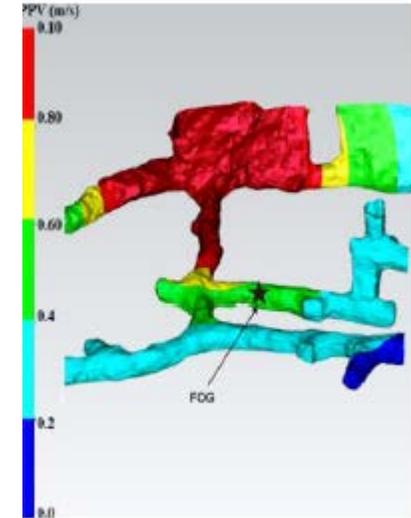
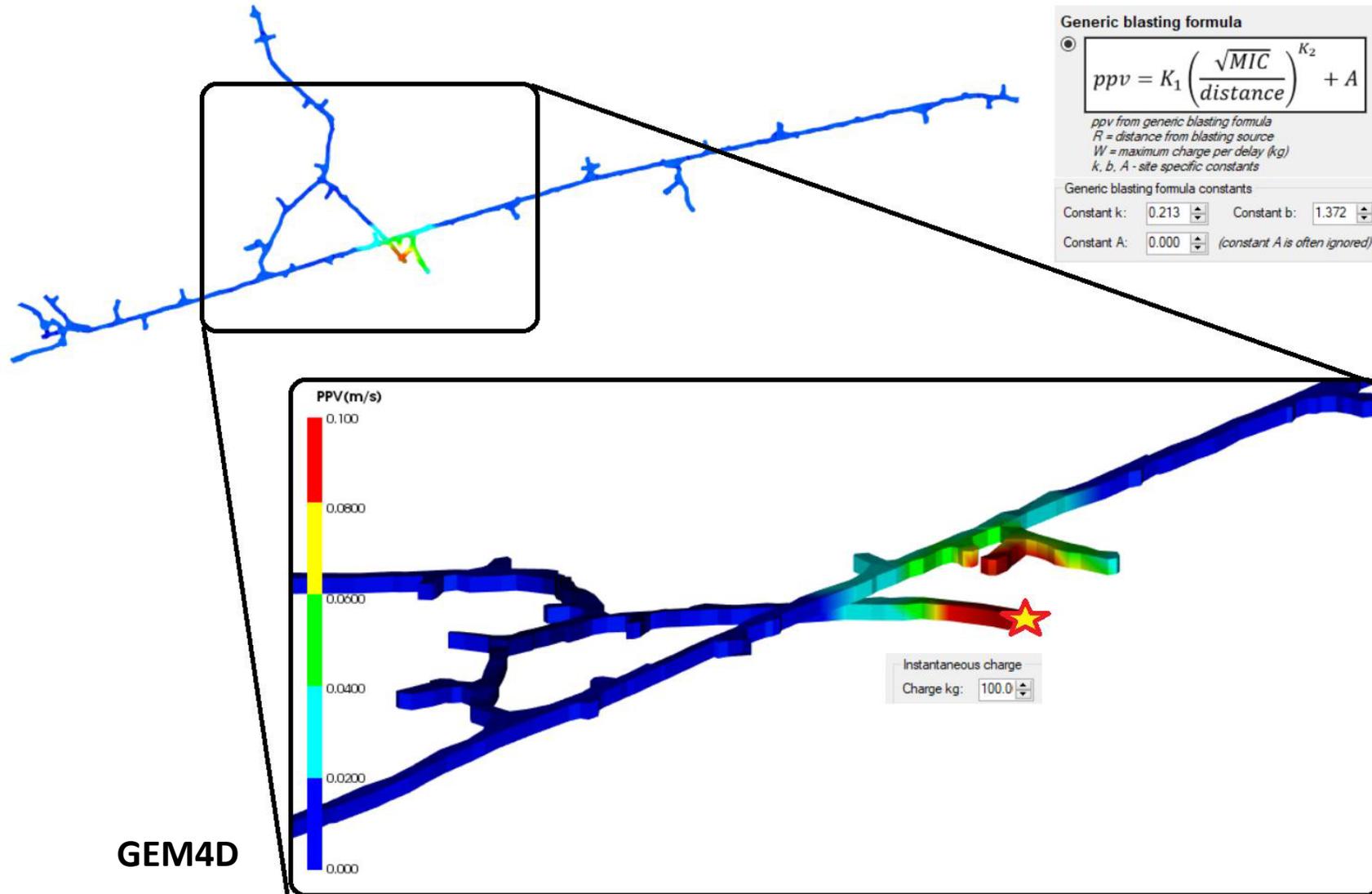


Tabla para cálculos de distancia, según PPV y la carga máxima por retardo (PPV Mínimo)		
PPV (mm/s)	CME (Kg)	Distância (m)
89.08	10.0	22.57
89.08	20.0	31.91
89.08	30.0	39.08

Sismografía de vibraciones induzidas por voladura



Instrumentos y Aplicaciones: Análisis de Daño/Vibraciones

Publicaciones:

ARMA 19–1917

THE EFFECT OF BLASTING ON FALLS OF GROUND IN UNDERGROUND MINES



Batista, G.A.P.

AngloGold Ashanti, Crixás, GO, Brazil

Da Silva, J.H., Ramires, J.E.F., Carvalho, A.S. and Campos, M.P.

AngloGold Ashanti, Crixás, GO, Brazil

Gontijo, A.A. and Matos, A.R.

MecRoc Engenharia, Belo Horizonte, MG, Brazil

Seismic analysis of vibration induced by rock blasting in underground mining



A. R. Matos, A. A. Gontijo & L. R. Fonseca

MecRoc Engenharia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

F. B. Pereira, B.B. Frontini, A. R. Rati, L. C. Costa & G. A. Costa

AngloGold Ashanti, Sabará, Minas Gerais, Brazil

Instrumentos y Aplicaciones: Análisis de Daño/Vibraciones

Publicaciones:



Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas – SBMR 2018
Engenharia de Rochas no Desenvolvimento Urbano
Conferência Especializada ISRM 28 de Agosto a 01 de Setembro, Salvador, Bahia, Brasil
© CBMR/ABMS e ISRM, 2018

Análise Sísmica de Detonações em Minerações Subterrâneas

Alexandre Assunção Gontijo

MecRoc Engenharia, Belo Horizonte/MG, Brasil, alexandre.gontijo@mecroc.com.br



Gerenciamento de Risco: Atenuação da onda sísmica e sua utilização na prevenção de acidentes causados por queda de bloco de rocha - Estudo de Caso Mineração Serra Grande – Crixás / GO

Gustavo A. Pereira Batista, AngloGoldAshanti, gabatista@anglogoldashanti.com.br

Alexandre Assunção Gontijo, MecRoc Engenharia, alexandre.gontijo@mecroc.com.br

Jairo Henrique da Silva, AngloGoldAshanti, jhsilva@anglogoldashanti.com.br

Arthur Resende Matos, MecRoc Engenharia, arthur.matos@mecroc.com.br

Marcelo Pereira Campos, AngloGoldAshanti, mpcampos@anglogoldashanti.com.br

Rafaela Santo Olaia Bressan, UNESP, rafaela_bressan@hotmail.com

HoleCam (micro cámara de investigación)



Instrumentos y Aplicaciones

Publicaciones:

AngloGold Ashanti Brasil
34,754 followers
3mo • Anyone

A inovação pode e deve ser aplicada a favor da segurança. Uma tecnologia recém empregada pela nossa empresa exemplifica bem esse conceito. Trata-se da câmera de microfilmagem, que permite identificar e monitorar quebras, falhas o ...see more

See translation



524 • 17 Comments

Vale@Informar

Vale Informar > Brasil > Mato Grosso do Sul >

09/09/2019

Inovação aplicada a favor da segurança geotécnica



Interior do furo mostrando a ocorrência de estruturas geológicas

A instrumentação geomecânica nas escavações subterrâneas desempenha um importante papel na investigação e controle de riscos geotécnicos. Assim, buscando encontrar soluções inovadoras para os desafios inerentes à operação no subsolo na Mina Urucum, a área de Geotecnia tem aplicado as melhores práticas para garantia da segurança da unidade.

A instrumentação geomecânica nas escavações subterrâneas desempenha um importante papel na investigação e controle de riscos geotécnicos. Assim, buscando encontrar soluções inovadoras para os desafios inerentes à operação no subsolo na Mina Urucum, a área de Geotecnia tem aplicado as melhores práticas para garantia da segurança da unidade.

Uma tecnologia recém empregada pela Vale exemplifica bem esse conceito. Trata-se da câmera de microfilmagem, que permite identificar e monitorar quebras, falhas ou trincas dentro das rochas, algo essencial para garantir uma operação segura na mina.

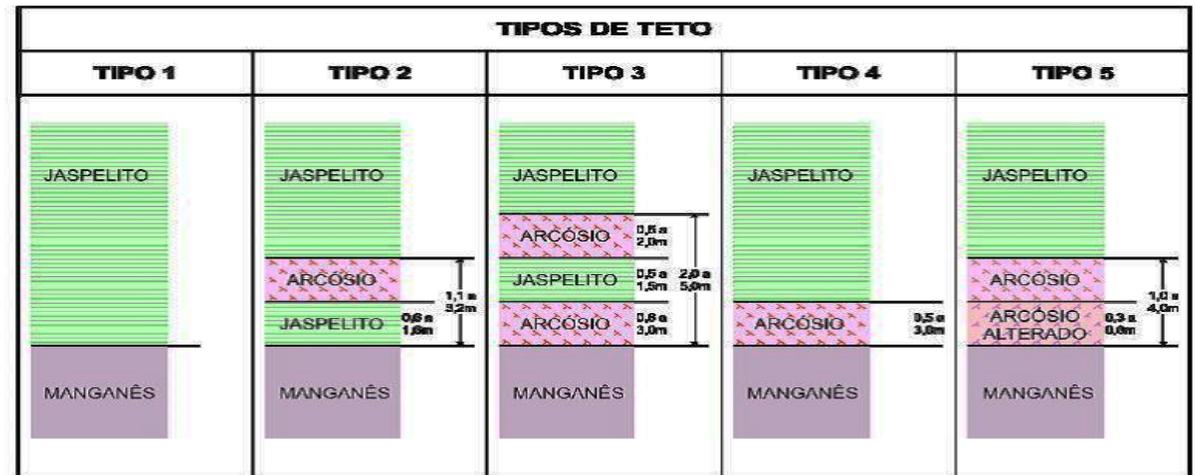
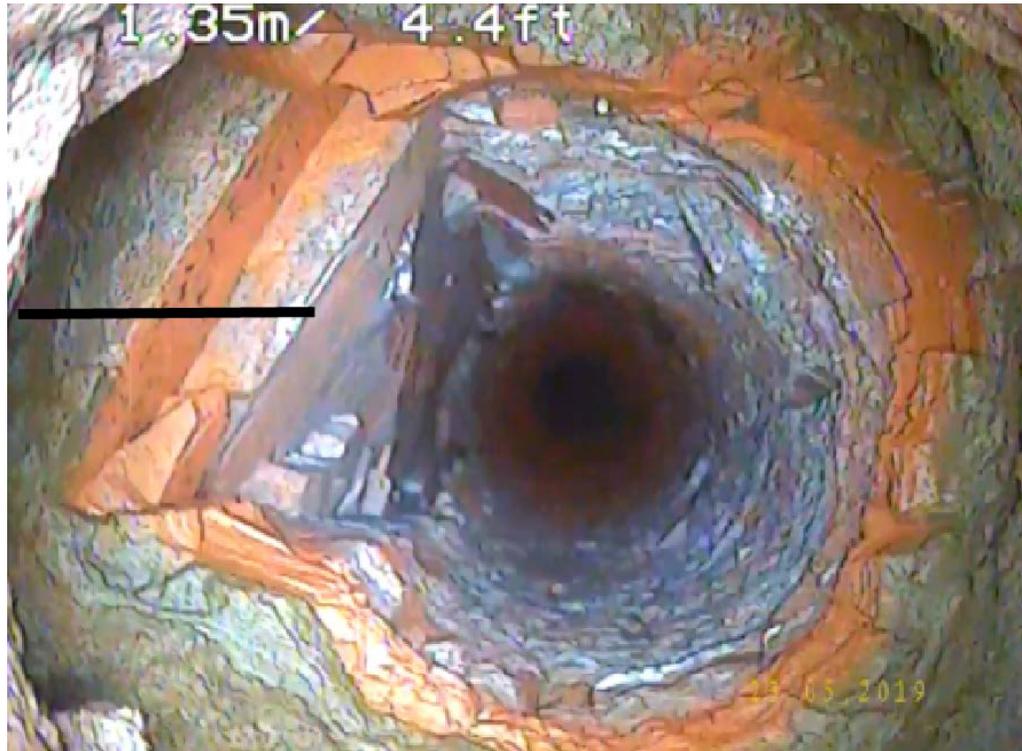
Adquirido no mês de julho, o equipamento observa o que ocorre no interior do maciço da mina subterrânea de Urucum. A novidade aumenta ainda mais a segurança no subsolo. Além de ter a função secundária de realizar a sondagem na rocha para confirmar a presença de contatos geológicos e descontinuidades no maciço, aperfeiçoa, também, o dimensionamento do reforço no teto.

"Inovação e emprego de tecnologias em busca de um maior controle sobre a mina, afim de aumentar a segurança e otimizar a produção. É por esse caminho o time de Geotecnia da unidade caminha. A inovação pode e deve ser aplicada a favor da segurança.", diz Leonardo Silva, supervisor de Geotecnia da Mina Urucum.



Operação de filmagem do teto

Estudio de Caso: HoleCam – Vale Mina Urucum



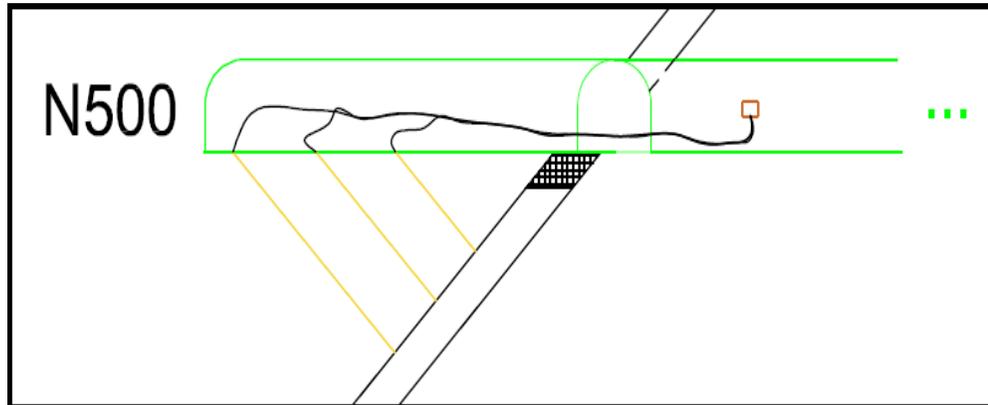
Estudio de Caso: HoleCam – Mineração Caraíba



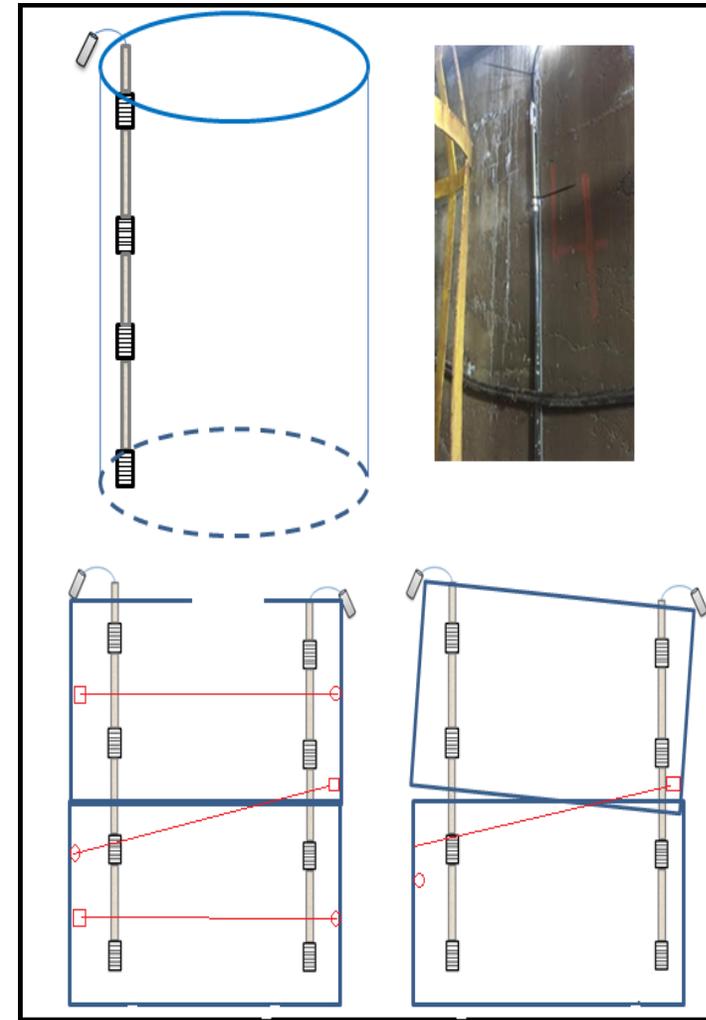
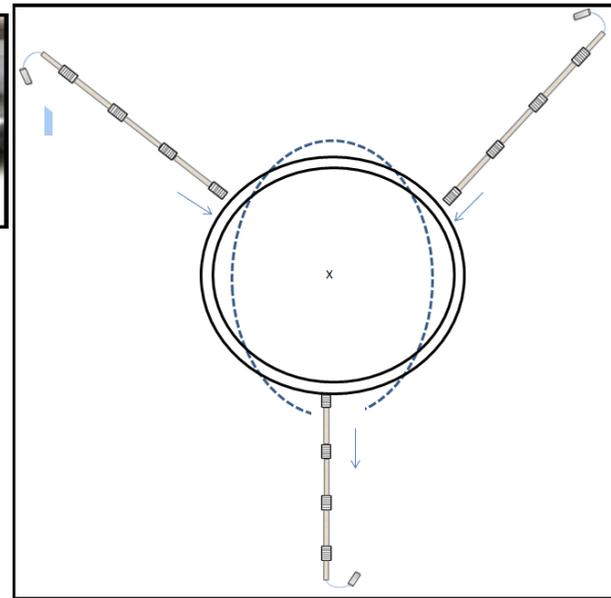
HoleCam (micro câmera de investigação)



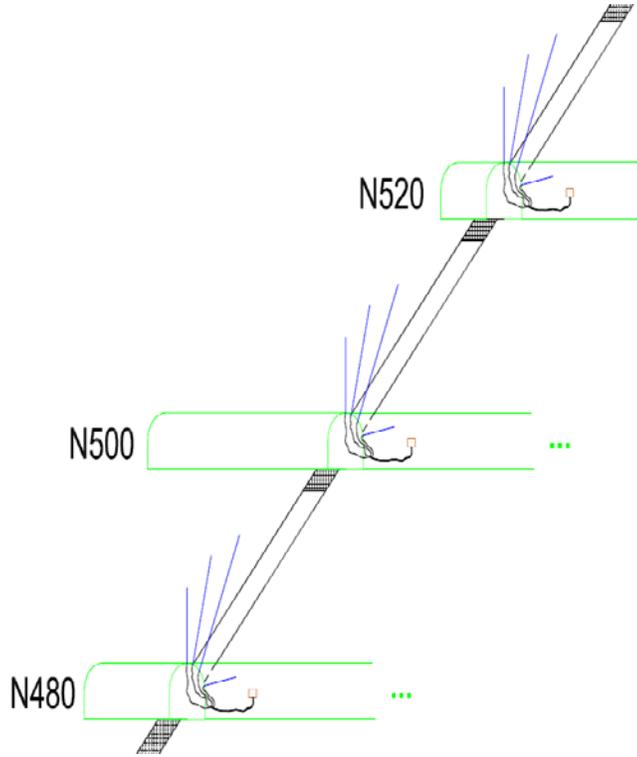
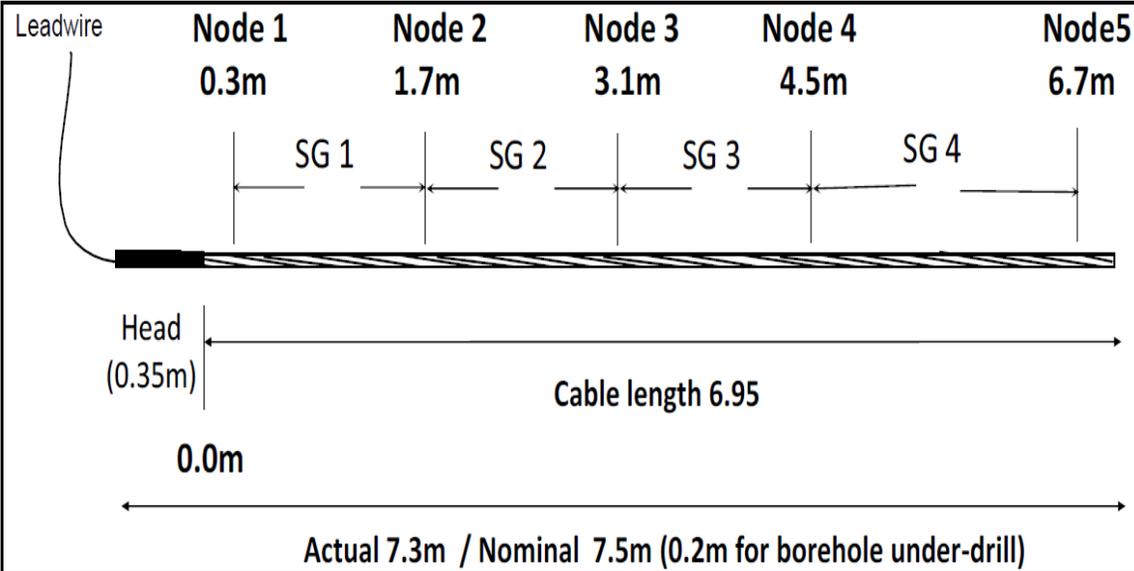
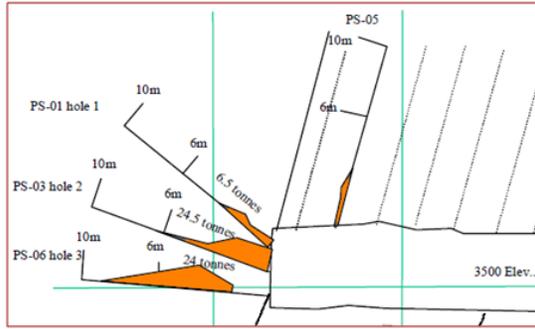
Extensómetros



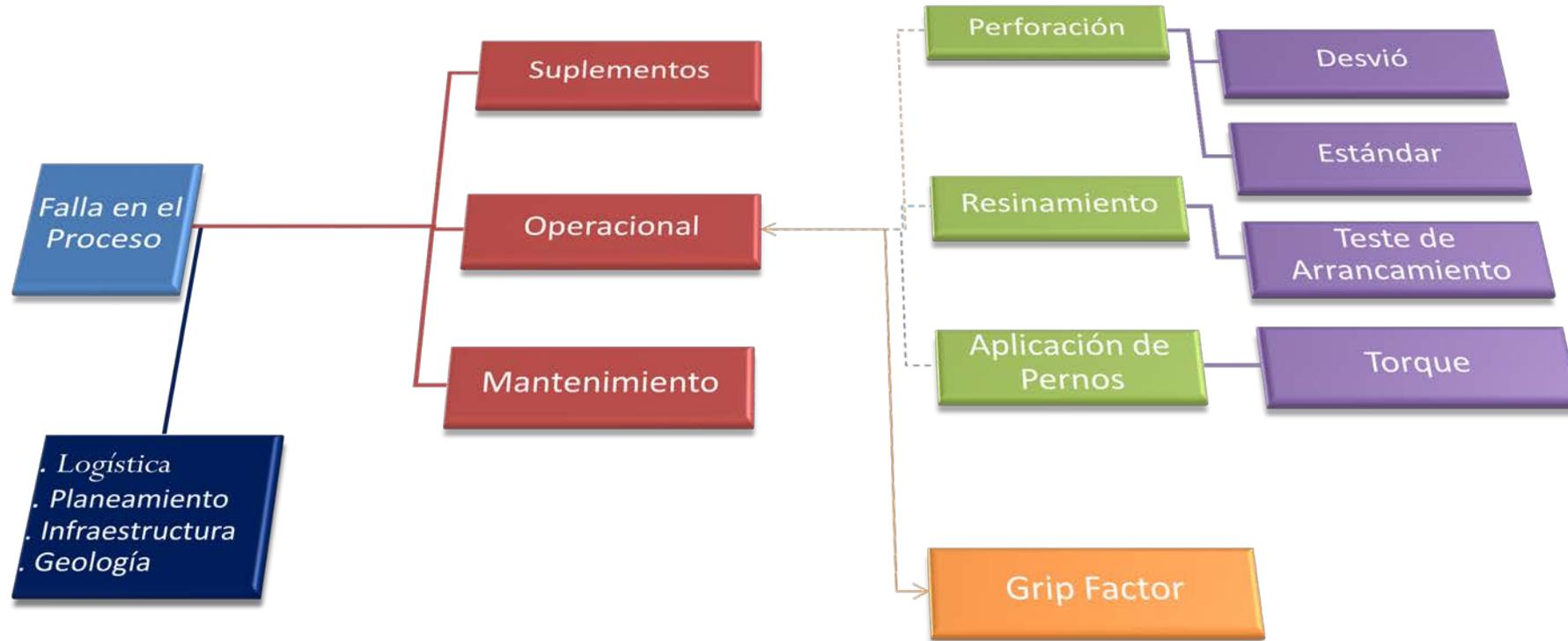
ASTM D4403



Cable Instrumentados



Control de Calidad de Aplicación de Pernos



Instrumentos y Aplicaciones

Publicaciones:

Quality control of support system in hard rock mines



ISRM 14TH
INTERNATIONAL
CONGRESS OF
ROCK MECHANICS
September 13 to 16, 2016 - Espoo, Finland - Brazil

P.F.S. Resende, G.A.P. Batista, A.S. Carvalho, J.H. da Silva, J.E.F. Ramires, B.R.F. Araújo & G.R. Ribeiro
AngloGold Ashanti, Crixás, Brazil

A.A. Gontijo, A.R. Matos
MecRoc Engenharia, Belo Horizonte, Brazil



**DIAGNÓSTICO E ANÁLISE TÉCNICA DA OPERAÇÃO DE ATIRANTAMENTO
MECANIZADO UTILIZANDO JUMBO E CARTUCHOS DE RESINA LONGA**

Arthur Resende Matos, MecRoc Engenharia, arthur.matos@mecroc.com.br

Alexandre Assunção Gontijo, MecRoc Engenharia, alexandre.gontijo@mecroc.com.br

Instrumentos y Aplicaciones

Publicaciones:



Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas – SBMR 2018
Engenharia de Rochas no Desenvolvimento Urbano
Conferência Especializada ISRM 28 de Agosto a 01 de Setembro, Salvador, Bahia, Brasil
© CBMR/ABMS e ISRM, 2018

Avaliação de Transferência de Carga em Tirantes ancorados com Resinas de Poliéster

Alexandre Assunção Gontijo
MecRoc Engenharia, Belo Horizonte, Brasil, alexandre.gontijo@mecroc.com.br

Arthur Resende Matos
MecRoc Engenharia, Belo Horizonte, Brasil, arthur.matos@mecroc.com.br

Julio Lopez
ProdiMin, Lima, Peru, jclopez1051@gmail.com

Gustavo A. Pereira Batista
AngloGold Ashanti, Crixás, Brasil, gabatista@anglogoldashanti.com.br

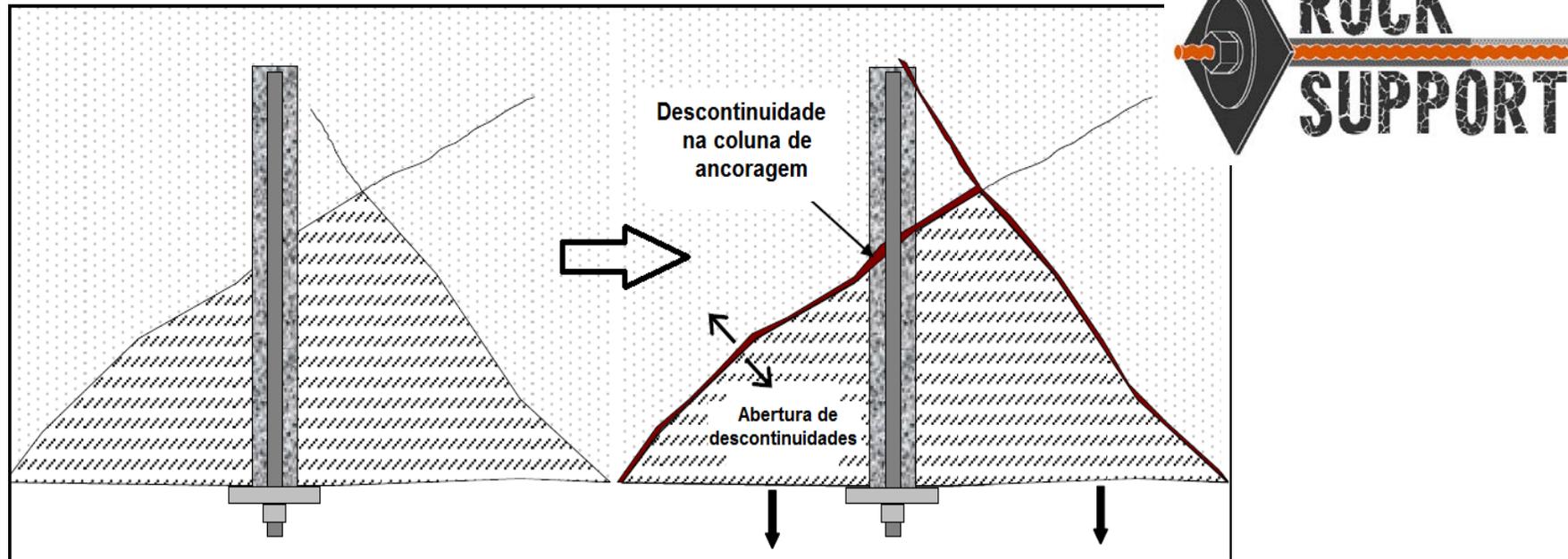
Luiz Claudio G. Couto
Couto Geotecnia, Vazante/MG, Brasil, luiz.c.couto@hotmail.com

Rafael Maurin Grittin
Nexa Resources, Vazante, Brasil, Rafael.gritti@nexaresources.com

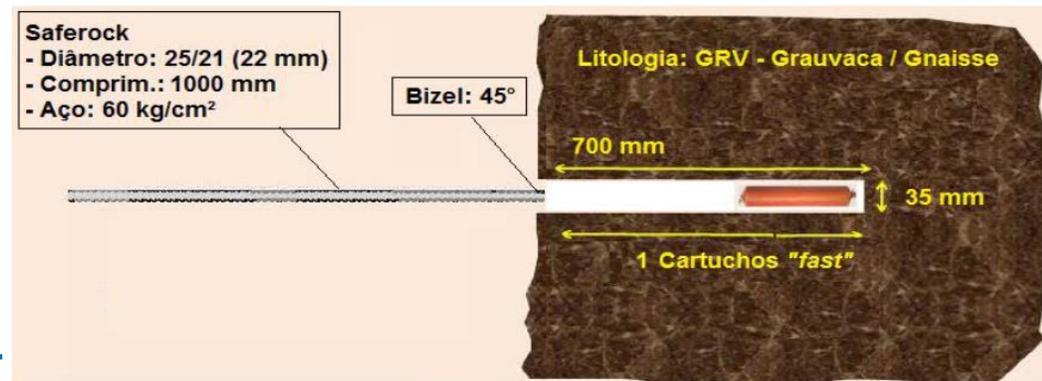
João Paulo Silva de Freitas
Caraiba Metais, Pilar/BA, Brasil, joao.paulo@minacaraiba.com

Estudio de Caso: SMDR – AGA Mina Cuiabá

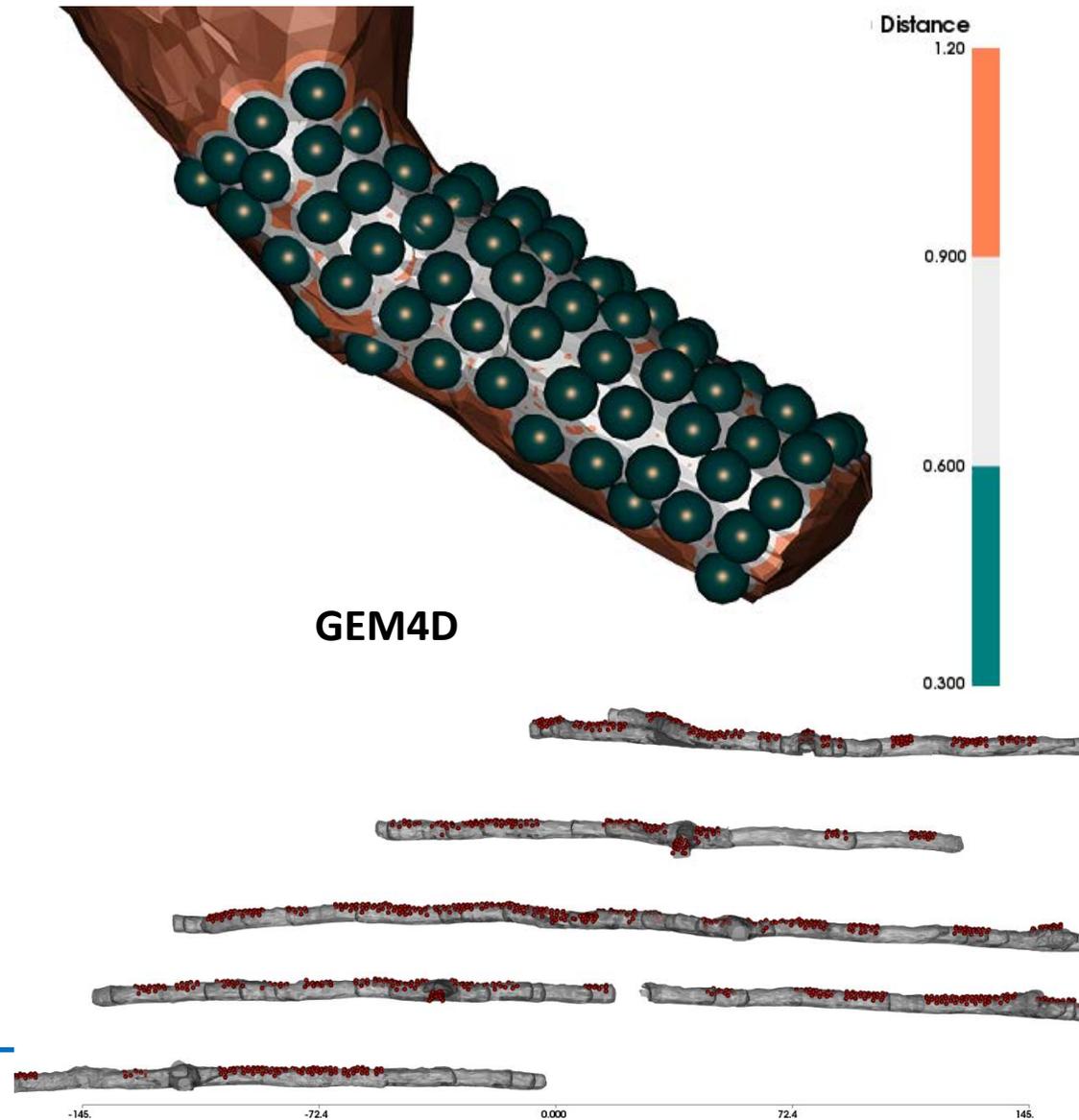
Transferencia de Carga



- **Determinar la menor resistencia à adherencia aceptable**



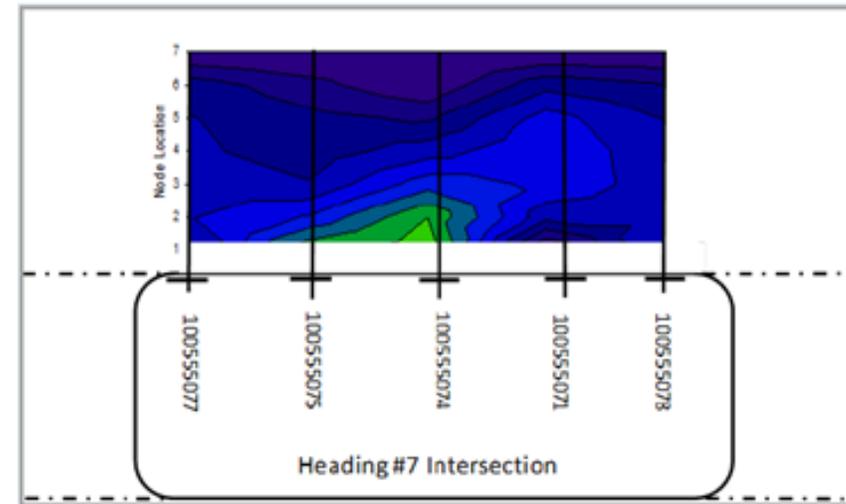
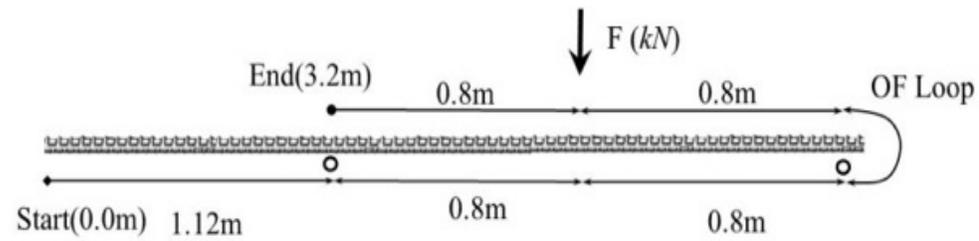
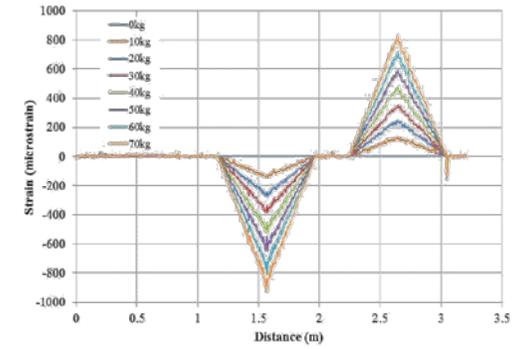
Estudio de Caso: SMDR – AGA Mina Cuiabá



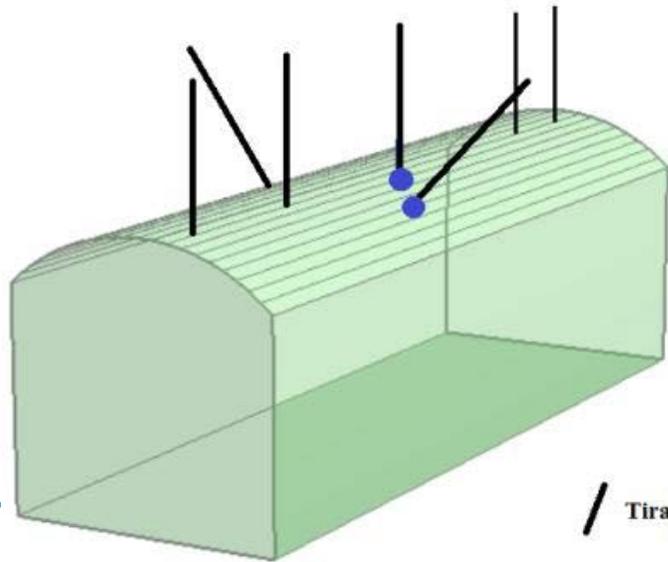
Crackmeter



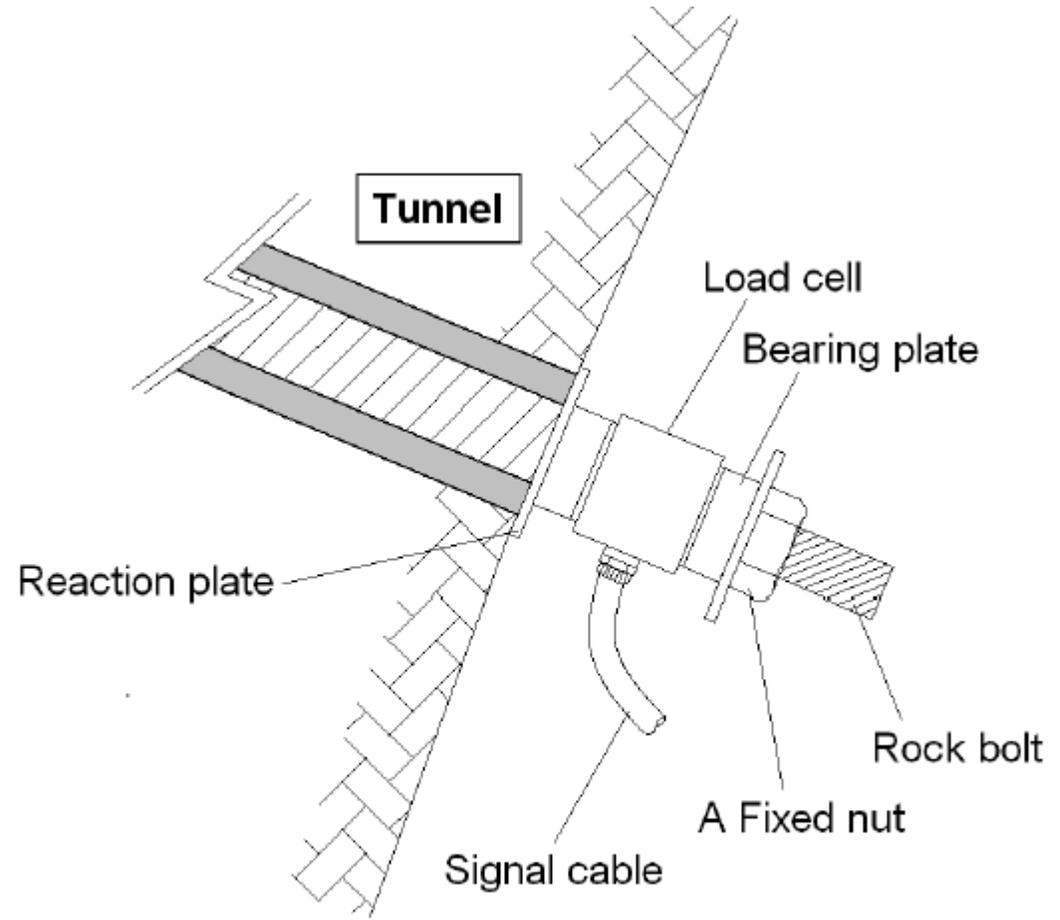
Pernos Instrumentados



Células de Carga



- / Tirante Instrumentado
- Célula de Carga



[Installation in Rock Bolt]



ES MEJOR PLANIFICAR EN TIEMPOS DE PAZ QUE GESTIONAR EL CAOS

LEONARDO DE CASTRO FARAH

Muchas Gracias!!

Arthur Matos
+55 (31) 99588-4252

arthur.matos@mecroc.com.br

