



## Utilización del levantamiento con escáner láser terrestre para el relevamiento geométrico y geo-mecánico de laderas rocosas



## DESCRIPCION DEL METODO

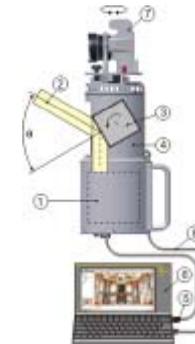
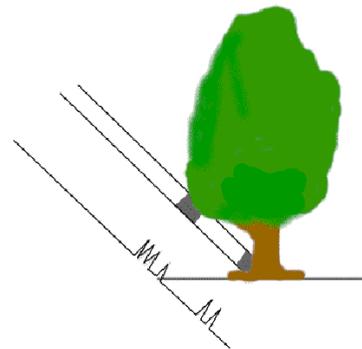
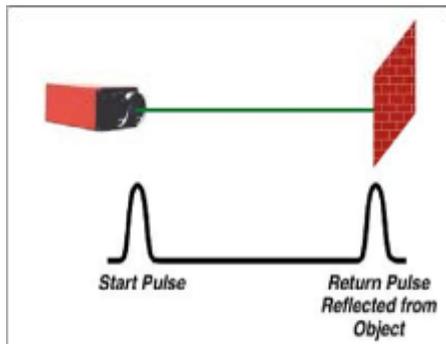
-Instrumentos: Láser escáner de elevado alcance >1km medidas 3D de coordenadas polares, UAV (de ala fija y múltiple rotor), estación total, GPS

### Angulos verticales y horizontales

- determinados por la medición angular de un espejo que dirige el rayo del láser

### Distancia

- determinada con la medición del tiempo que necesita el láser en recorrer la distancia hasta el objetivo y regresar





## DESCRIPCION DEL ESCANER LASER

**Modelo:** RIEGL LMS-Z420i

**Clase de seguridad del láser según EC60825-1:2001:** Laser Class 1 (seguro)

**Alcance máximo:** 1400 m

**Distancia mínima:** 2 m

**Precisión :** típica  $\pm 5$  mm en modo de escaneo múltiple

**Velocidad de medicion:** hasta 12000 puntos/sec

**divergencia del láser infrarojo:** 0.25 mrad

**Escaneo Vertical:** rango  $0^\circ$  a  $80^\circ$

paso angular mínimo  $0.004^\circ$

**Escaneo horizontal:** rango  $0^\circ$  to  $360^\circ$

paso angular mínimo  $0.004^\circ$

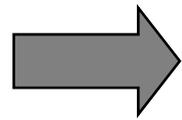
**Máxima resolución:** 20400 puntos/m<sup>2</sup> @ 100 m

**Dimensiones:** 463 x 210 mm (largo x diámetro)/ peso aprox. 14,5 kg

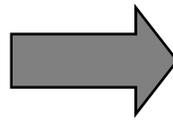




## SERVICIOS



**SE LLEGA MAS  
ALLA DE LA  
TOPOGRAFIA  
CLASICA**



**ELABORACION DE DATOS  
ESPECIFICOS PARA EL ANALISIS  
DE LADERAS ROCOSAS**

- Nube de puntos, Geo-referenciación, DTM, DSM
- Plantas, secciones, vistas
- Identificación de los sistemas de discontinuidad
- Mapas de las condiciones de inestabilidad (test Markland)
- Calculo del volumen rocoso potencialmente inestable de la ladera



## ADQUISICION DE DATOS



Zona de relevar



Instrumento en funcionamiento

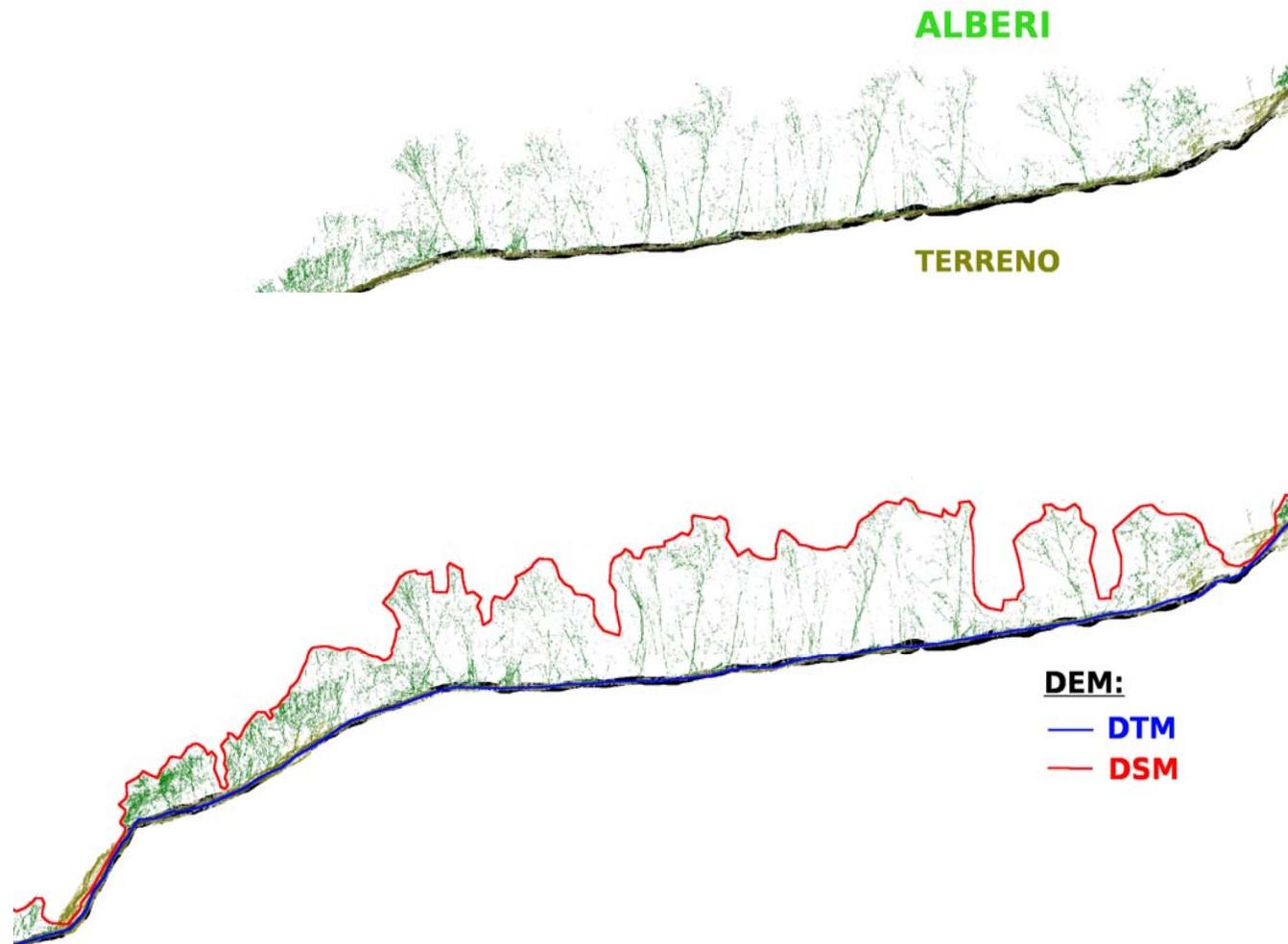


Nube de puntos levantada



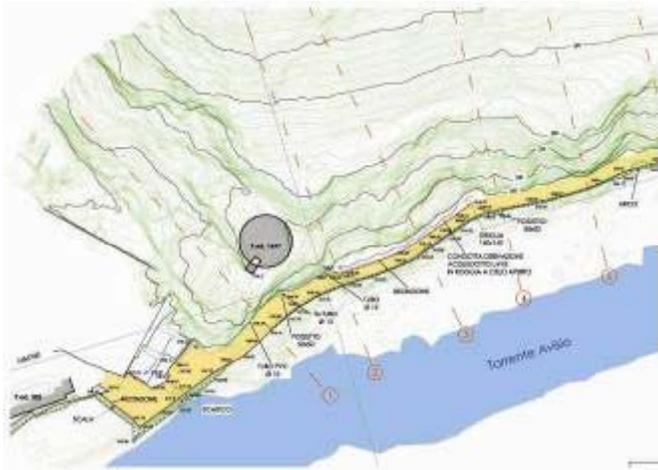
## ELABORACION DE LOS DATOS:

Geo-referenciación, DTM, DSM, nube de puntos

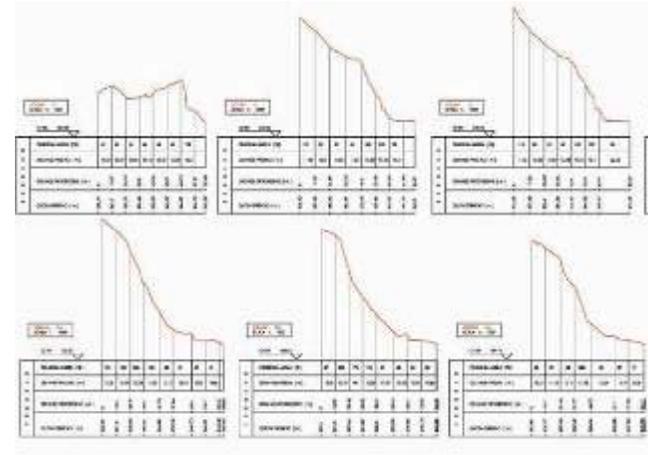




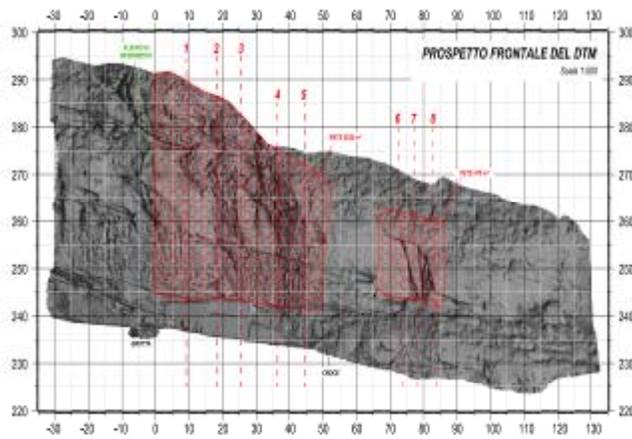
## ELABORACION DE LOS DATOS: Plantas, secciones y vistas



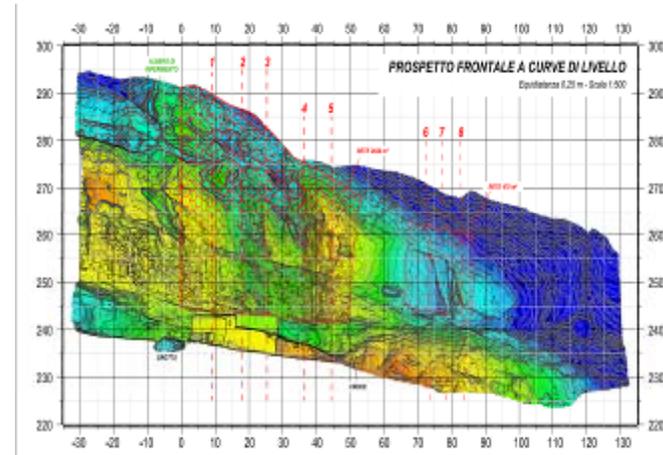
PLANTA CON LAS CURVAS DE NIVEL



SECCIONES



VISTA DE FRENTE



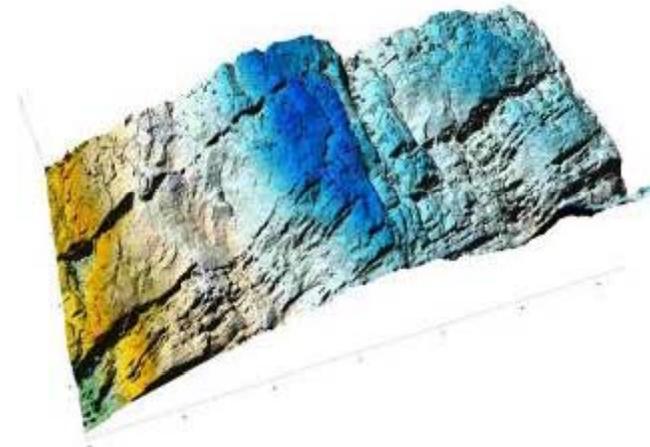
VISTA DE FRENTE CON LA VARIACION DE LA PROFUNDIDAD COLORADA



## ELABORACION DE LOS DATOS: Ortofoto, modelo solido



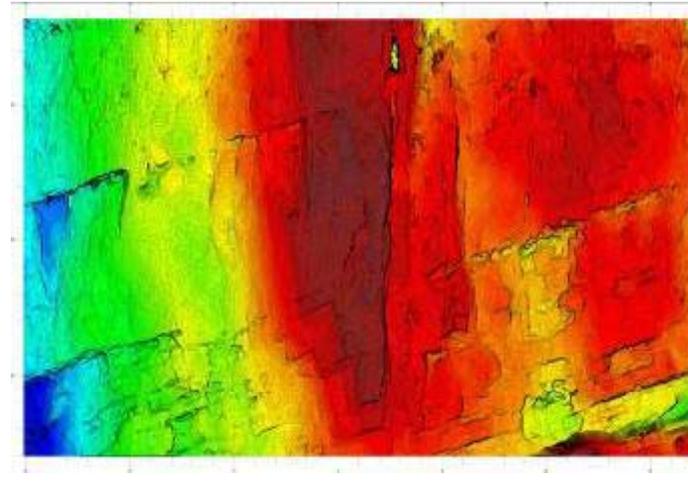
ORTOFOTO



MODELO SOLIDO 3D



CURVAS DE NIVEL SOBRE PLANO 3D



VISTA FRONTAL CON LA VARIACION DE LA PROFUNDIDAD COLORADA



## **ELABORACION DE LOS DATOS: Identificación de los sistemas de discontinuidad**

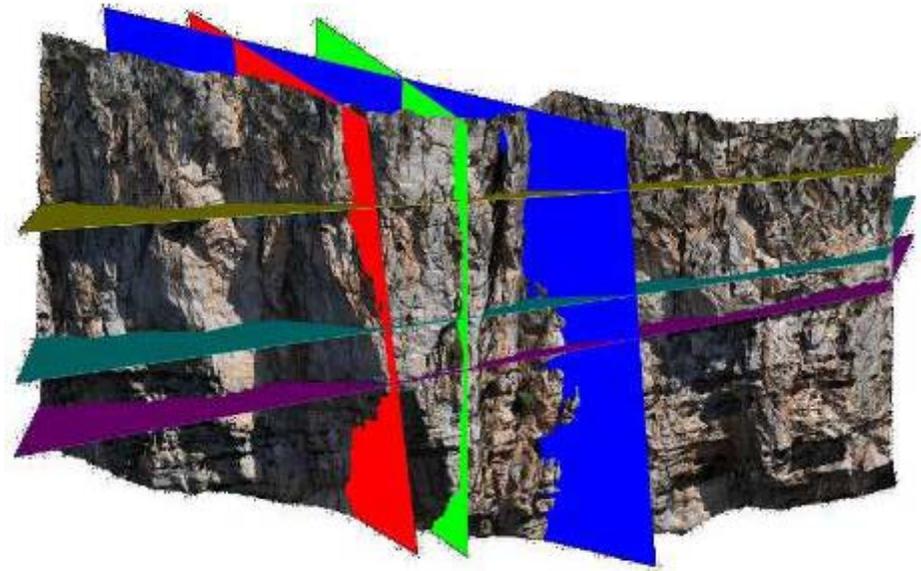
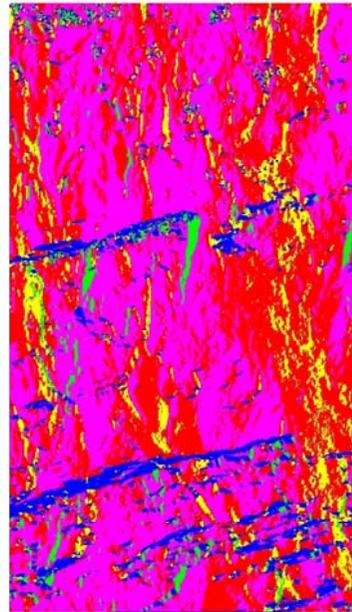
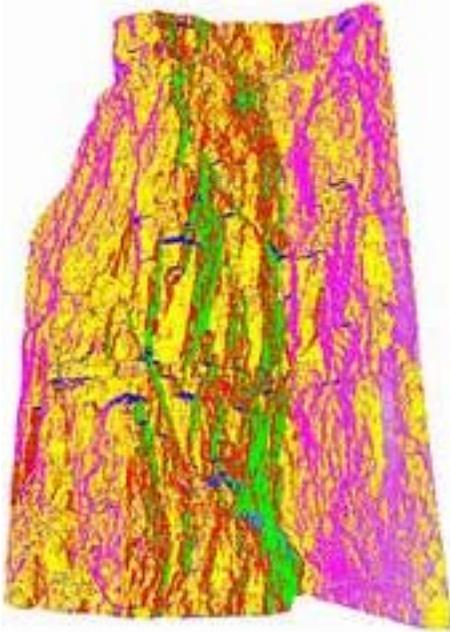
- 1. Recogida de los datos >> posición (x, y, z) + inclinación + dirección**
- 1. Agrupación de los datos recogidos en distinta zonas con características geológicas homogéneas**
- 1. individuación de las principales familias de discontinuidades >> Diagrama polar**
- 1. Calculo estadístico de la separación en las principales familias >> calculo del volumen rocoso unitario**



## ELABORACION DE LOS DATOS: Identificación de los sistemas de discontinuidad

Recogida de los datos >> posición (x, y, z) + inclinación + dirección

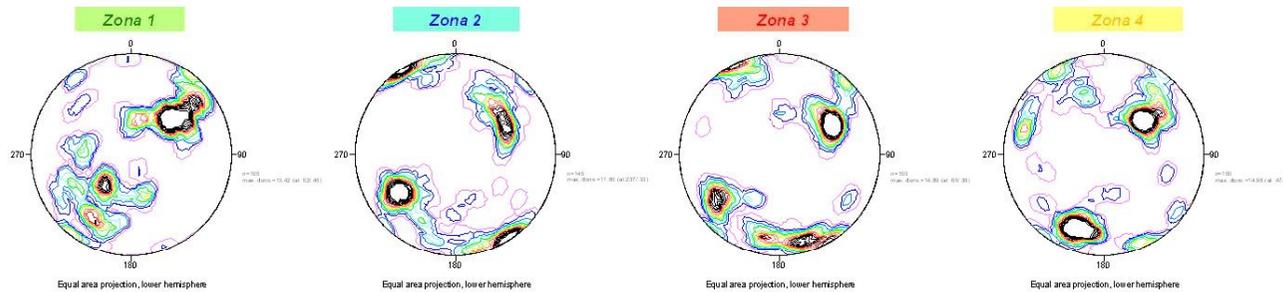
- Análisis automática de toda la población de discontinuidades
- Modelo triangulado de detallado sin interferencias (vegetación, redes, etc.)





# ELABORACION DE LOS DATOS: Identificación de los sistemas de discontinuidad

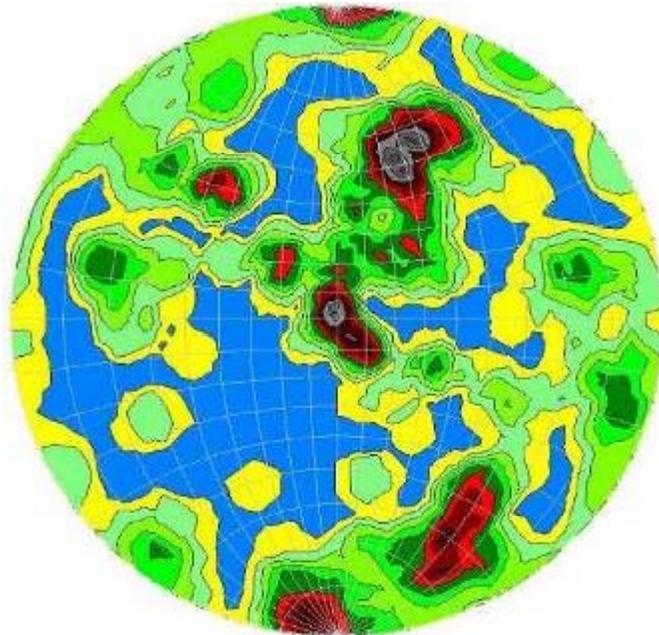
Agrupación de los datos recogidos en distinta zonas con características geológicas homogéneas





# ELABORACION DE LOS DATOS: Identificación de los sistemas de discontinuidad

Diagrama polar



Calculo estadístico de la separación en las principales familias >> calculo del volumen

proceso unitario

## SPAZIATURA FAMIGLIA 56 / 63 - SOGLIA PARALLELISMO 90 %

PIANO	EST	NORD	QUOTA	IMMERSIONE	INCLINAZIONE	Plane014	Plane015	Plane025	Plane035	Plane052	Plane057	Plane079	Plane082	Pla				
Plane014	57355.51	-17172.48	1289.14	59.7	51.7	0	1.22	1.89	28.41	15.63	26.43	19.15	35.86	57.				
Plane015	57347.82	-17166.83	1291.94	66.8	55.9	1.22	0	1.18	26.97	15.91	25.32	18.71	34.31	53.				
Plane025	57326.61	-17144.99	1300.14	55.1	45.8	1.89	1.18	0	29.42	23.35	29.17	24.14	37.41	50.				
Plane035	57290.16	-17132.7	1276.56	43.6	59.4	28.41	26.97	29.42	0	5.72	2.02	1.11	6.9	14.				
Plane052	57337.91	-17167.69	1275.23	30.2	49.6	15.63	15.91	23.35	5.72	0	2.62	8.29	2.93	25.				
Plane057	57279.77	-17126.11	1275.01	35.1	65.2	26.43	25.32	29.17	2.02	2.62	0	2.08	1.66	8.6				
Plane079	57285.04	-17128.64	1278.37	28.8	61.7	19.15	18.71	24.14	1.11	8.29	2.08	0	2.07	11.				
Plane082	57238.96	-17097.96	1271.03	33.7	61.7	35.86	34.31	37.41	6.9	2.93	1.66	2.07	0	3.7				
Plane083	57242.48	-17098.07	1274.82	58.3	70	57.32	53.81	50.37	14.64	25.49	8.64	11.99	3.75	0				
Plane084	57245.41	-17101.25	1276.11	66.5	71.4	63.8	59.76	54.21	17.22	31.93	10.55	14.04	4.57	1.4				
Plane085	57243.9	-17103.44	1271.57	51	76.5	52.74	49.63	47.68	15.02	18.2	8.71	9.25	0.92	2.7				
Plane087	57245.2	-17107.22	1267.44	71.7	56.8	72.47	68.63	64	24.78	31.51	16.95	18.81	3	4.5				
Plane090	57245.66	-17107.94	1269.04	70.8	58.7	71.25	67.44	62.66	23.89	30.57	16.21	18.02	3.28	3.7				
Plane091	57244.26	-17106.31	1269.36	29.4	60.3	34.39	33.32	37.62	8.85	2.05	4.61	4.67	4.59	6.3				
Plane092	57244	-17106.09	1270.37	36.1	89.9	40.47	38.96	41.69	11.05	4.33	6.2	6.52	3.62	5.6				
Plane108	57337.1	-17042.64	1424.14	67.4	60.6	108.64	110.3	118.94	149.6	146.27	150.74	149.78	166.78	161.				
Plane116	57355.18	-17050.41	1425.67	54.8	48.4	137.78	138.05	142.23	169.91	171.04	168.69	167.1	179.56	171.				
Plane121	57330.13	-17045.1				<b>DISTANZA MINIMA :</b>		<b>0.08</b>		<b>DISTANZA MASSIMA :</b>		<b>1.22</b>		<b>MEDIA :</b>	<b>0.78</b>			
Plane134	57368.13	-17061.41																
Plane135	57374.03	-17059.99				Plane380	Plane382	Plane392	Plane397	Plane398	Plane401	Plane452	Plane485	Plane497	Plane514	Plane518	Plane528	Plane549
Plane137	57374.87	-17061.61				73.61	78.75	167.39	125.28	150.68	60.24	67.24	22.28	48.86	39.52	46.22	64.72	15.93
Plane149	57364.78	-17060.21				72.41	78.08	166.97	123.45	149.78	56.73	65.77	20.76	47.53	38.47	45.27	64.96	13.38
Plane152	57346.98	-17051.34				66.59	73.84	162.76	117.34	147.16	51.48	59.09	12.82	40.89	35.82	43.85	63.31	8.92
Plane153	57429.72	-17018.14				78.24	87.39	179.17	132.53	163.21	45.59	51.3	25.52	60.4	26.54	33.11	81.47	16.46
Plane154	57430.86	-17020.05				53.87	60.86	144.76	114.48	138.21	21.39	83.85	44.29	76.42	30.57	41.45	83	44.02
Plane155	57433.6	-17021.11				63.43	73.54	163.3	118.69	149.32	23.64	75.51	47.68	85.14	27.31	40.11	100.02	40.46
Plane156	57424.82	-17020.45				49.25	59.4	146.46	106.16	135.97	5.75	30.57	1.97	39	100.12	49.83	50.86	58.33



## ELABORACION DE LOS DATOS:

### Mapas de las condiciones de inestabilidad (test Markland)

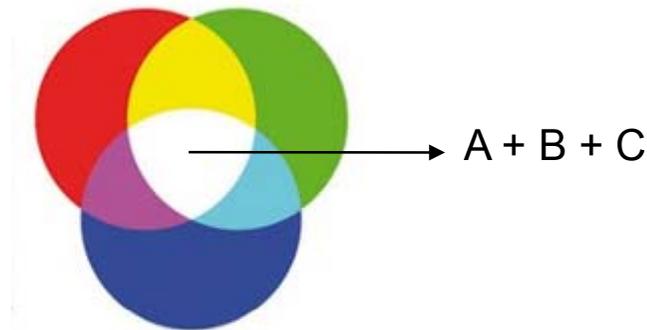
#### - DATOS:

- Angulo de resistencia ( $\Phi$ )
- Dirección ( $\alpha$ ) e inclinación ( $\beta$ ) de la pared rocosa
- Dirección ( $\varepsilon$ ) e inclinación ( $\lambda$ ) del plano de discontinuidad
- Dirección ( $\varepsilon$ ) e inclinación ( $\lambda$ ) de las intersecciones entre los planos de discontinuidad

#### Condición de inestabilidad:

$$B > \lambda > \Phi$$

$$\varepsilon = \pm 20^\circ \alpha$$



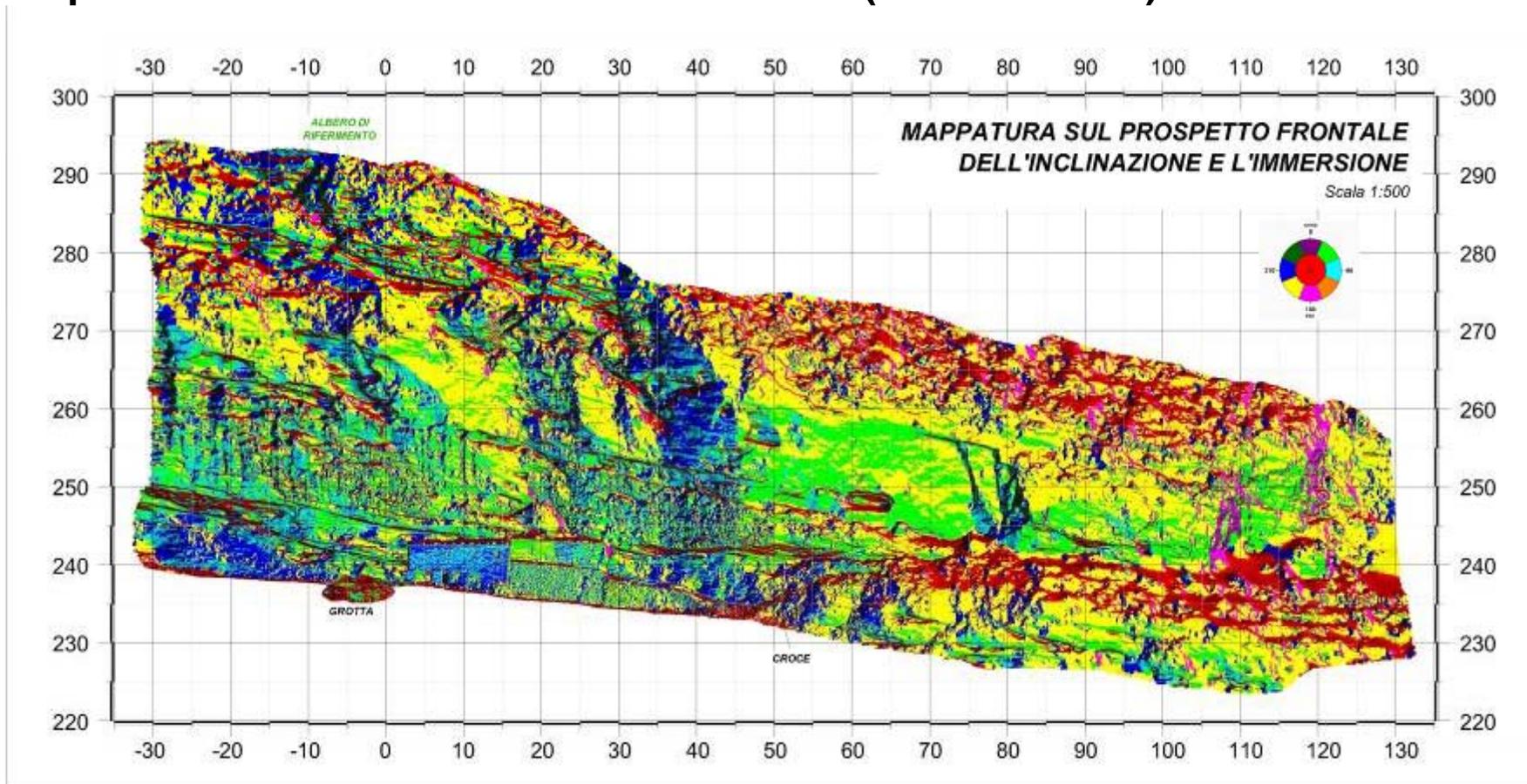
#### RESULTADO:

- mapa con evidenciación de las zonas que cumplen los tres requisitos de inestabilidad



## ELABORACION DE LOS DATOS:

### Mapas de las condiciones de inestabilidad (test Markland)



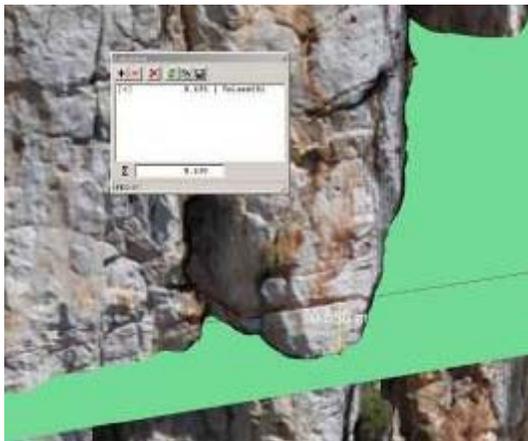


## ELABORACION DE LOS DATOS:

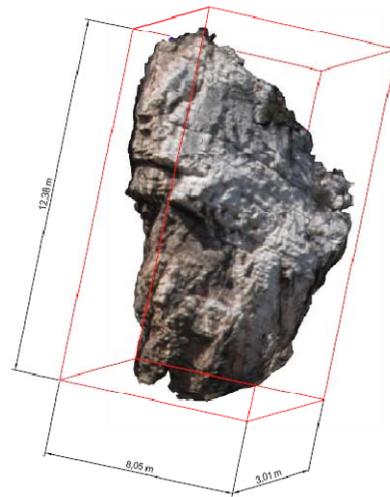
Calculo del volumen rocoso potencialmente inestable de la ladera



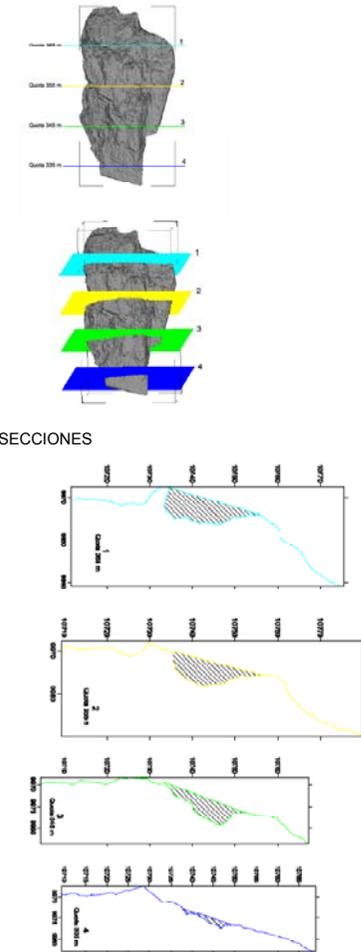
AREA DE ESTUDIO



CALCULO DEL VOLUMEN

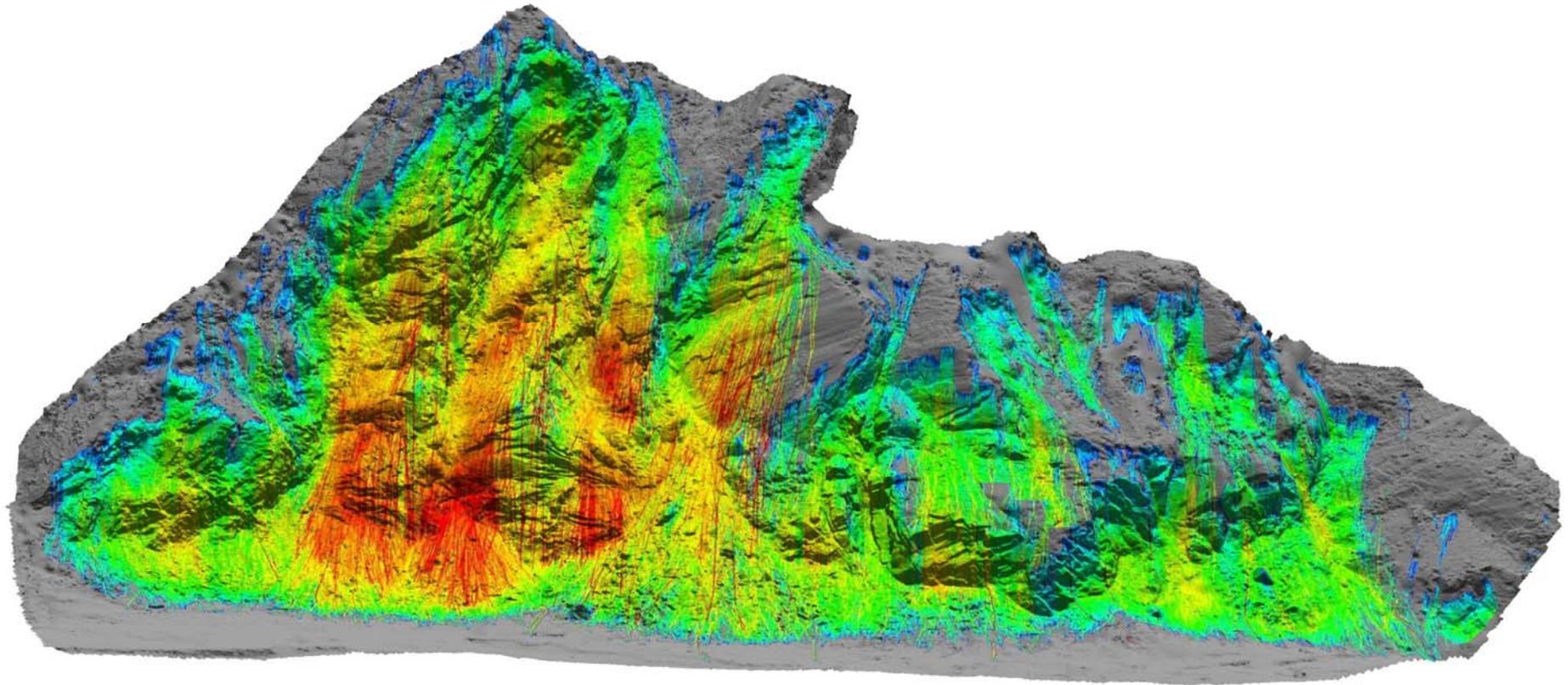


CARATERISTICAS DEL BLOQUE DE PIEDRA INESTABLE





**ELABORACION DE LOS DATOS:** simulación 3D del derrumbe rocoso

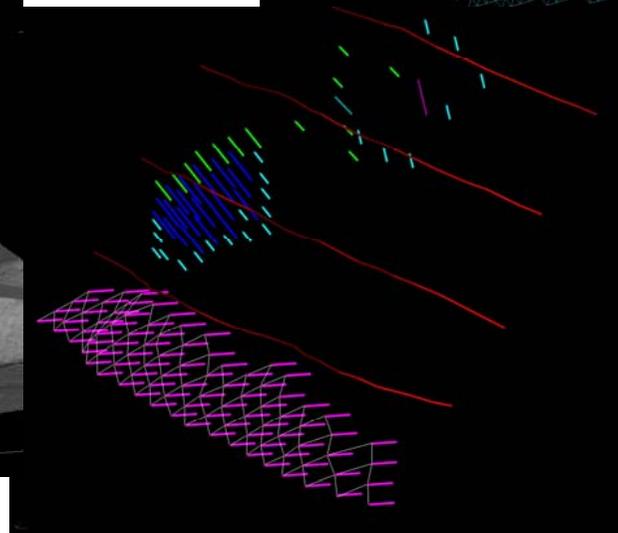
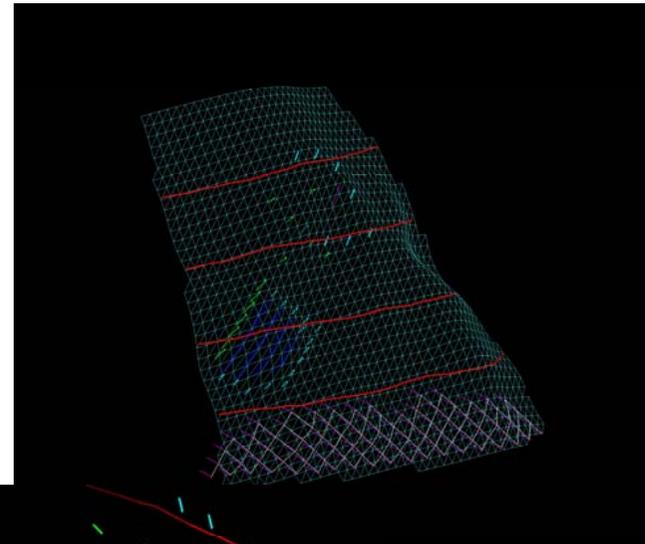
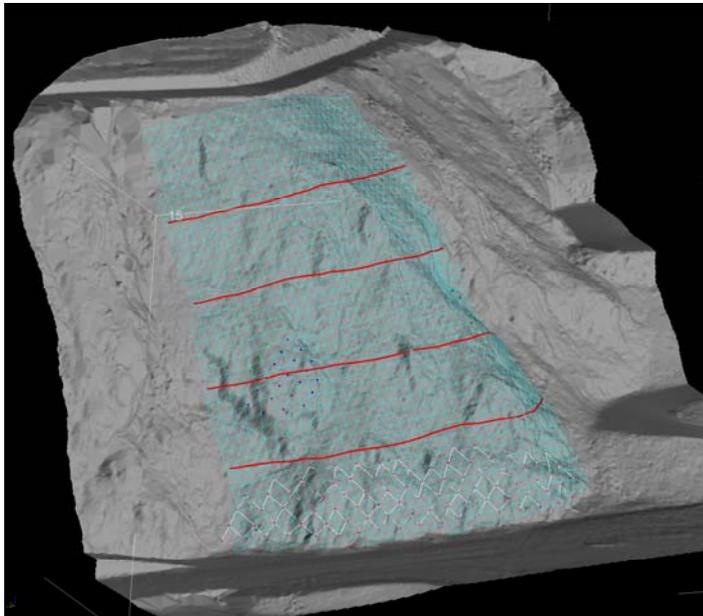




## ELABORACION DE LOS DATOS: Computo métrico 3D de las obras de protección

### **COMPUTO METRICO 3D DE LAS OBRAS DE PROTECCION**

- Superficie 3D de las redes y paneles
- Largo de los tirantes
- Profundidad de los clavos



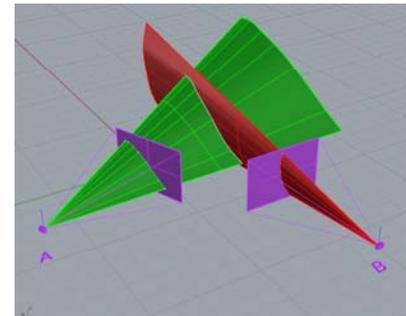
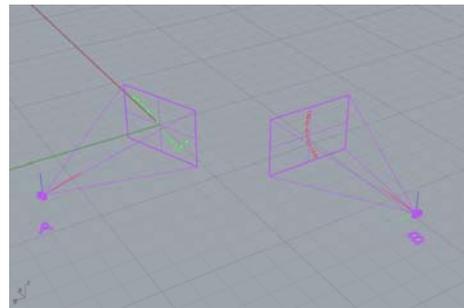


## ELABORACION DE LOS DATOS: Reconstrucción 3D de trayectorias

Importante servicio durante la eliminación de los bloque inestables para reconstruir las trayectorias de la caída

- **Instrumentos:** Láser escáner y maquina fotográfica métrica
- **Datos de entrada:** Escaneo láser de la zona

Mínimo 2 maquinas fotográficas (A,B) colocadas en puntos fijos conocidos con un angulo entre ellas de aproximadamente 70-110°



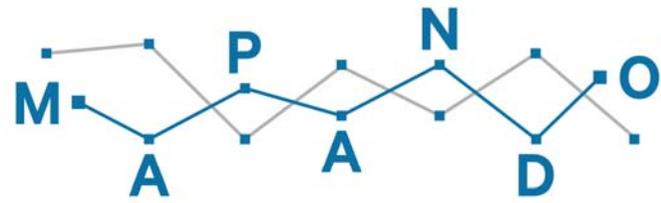
- **Resultado:** Puntos 3D de la trayectoria

Vectores de velocidad y de aceleración



## VENTAJAS DEL ESCANEEO LASER DE FRENTES ROCOSOS

- **Velocidad** en comparación con los sistemas tradicionales;
- **Menor riesgo**: No hay contacto directo con el frente, por consiguiente no hay necesidad de trabajar sobre el frente; el escaneo puede ser realizado desde aproximadamente 1 km
- **Levantamiento detallado de la geometría** del frente rocoso
- **Gran calidad y precisión** de los datos levantados, obteniendo **resultados objetivos** y repetibles
- Integración del análisis geo-mecánico directamente en programas específicos que permiten **definir y calcular en automático el volumen de los bloques inestables**
- **Inspección virtual**: gracias a la fidelidad y resolución de los datos integrados con imágenes fotográficas permiten realizar un modelo de realidad virtual.
- Posibilidad de **integración** con otros programas **CAD**
- Elevada **precisión en el computo 3D** de las obras proyectadas útil durante la redacción de la licitación como así también en la fase de realización de los trabajos para el control de contabilidad



**MAPANDO<sup>®</sup>** by Gaspari Alfredo  
[www.mapando.it](http://www.mapando.it)