

MODELOS DIGITALES DE PRECISIÓN APLICADO A LA DETERMINACION DE ZONAS DE INUNDACION POR ALUVIONES

1

GONZALO LUIS ORTEGA CANDIA
M Sc en GEOMATICA
UNIVERSIDAD BERNARDO O'HIGGINS

INTRODUCCIÓN

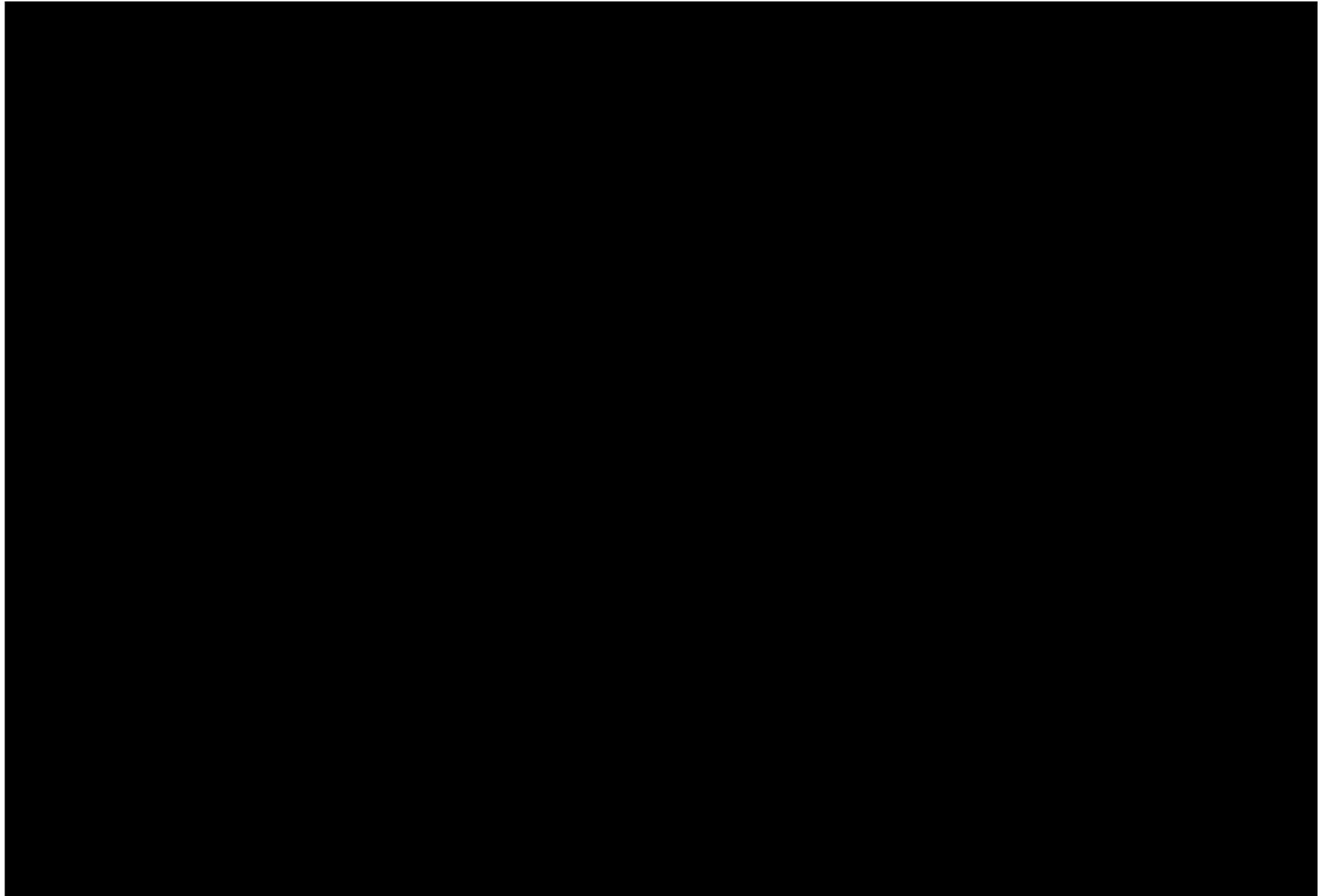
- El 24 de marzo del año 2015 se desencadenaron fuertes precipitaciones en la zona norte de Chile.
- La Provincia y Comuna de Chañaral fue una de las localidades mas afectadas por el desborde del rio Salado, provocando la destrucción de casi el 80% del poblado.
- En este trabajo se mostrara el efecto de la remoción en masa correspondiente a el flujo de detritos, barro y demases, en la comuna de Chañaral, utilizando para estos fines un MDT de precisión obtenido de un levantamiento topografio con sistema LiDAR y utilizando diferentes técnicas y software Geomaticos para la elaboración digital del alcance del aluvión.

UBICACIÓN

- Chañaral ($26^{\circ}17'00''$ S; $69^{\circ}52'00''$ O)
- Comuna de la tercera Región de Atacama
- Ubicada aprox. a 750 Km de Mendoza.
- Región de precipitaciones esporádicas y en ocasiones fuertes, existiendo periodos extensos de sequia y periodos esporádicos con precipitaciones intensas.
- La tasa de precipitaciones en un año normal son del orden de 10 a 25 mm/año.



EL EVENTO ALUVIONAL



EL EVENTO ALUVIONAL

- En pocas horas de precipitación cayeron mas de 65 mm. de agua, lo que equivale a 4 veces mas de lo registrado en un año normal.
- En diversas zonas del interior de la región se presentaron numerosos aluviones distribuidos de cordillera a mar.
- Es considerado a la fecha uno de los eventos aluvionales mas grande que se tenga registro en nuestro país.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar a partir de herramientas Geomáticas. los alcances y la importancia de la utilización de un MDT de precisión para realizar un modelamiento hidráulico de flujos y obtener resultados cartográficos de precisión.

Objetivo Específico

- Mostrar el flujo de trabajo para obtener un de MDT de precisión a partir de levantamiento topográficos con sistema LiDAR aerotransportado.
- Obtención de insumos cartográficos a partir de un modelamiento hidráulico de flujos utilizando software de distribución gratuita (Hec-RAS).
- Realizar una comparación cualitativa de los resultados con imágenes satelitales post evento del 25 de marzo de 2015.
- Realizar la comparación de los resultados del modelamiento hidráulico entre el MDT obtenido con LiDAR y un MDT Global como es el caso del SRTM.

PROBLEMÁTICA ALUVIONAL EN CHILE

- Archipiélago Juan Fernández, julio 1934, daños a infraestructura.
- Quebrada de Macul, Santiago, 1936, serios daños en el cruce con el Canal San Carlos, arrasando con terrenos agrícolas.
- Arica, febrero de 1944, daños en infraestructura.
- Punta Arenas, abril de 1945, centenar de familias damnificadas.



REVISIÓN HISTÓRICA DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA



- Quebrada de Macul, Santiago 1908, daños agrícolas.
- Quebrada de Macul, Santiago 1936, diversos daños.
- Quebrada de Macul, Santiago 1991, 26 muertos y 32.646 damnificados.



REVISIÓN HISTÓRICA DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

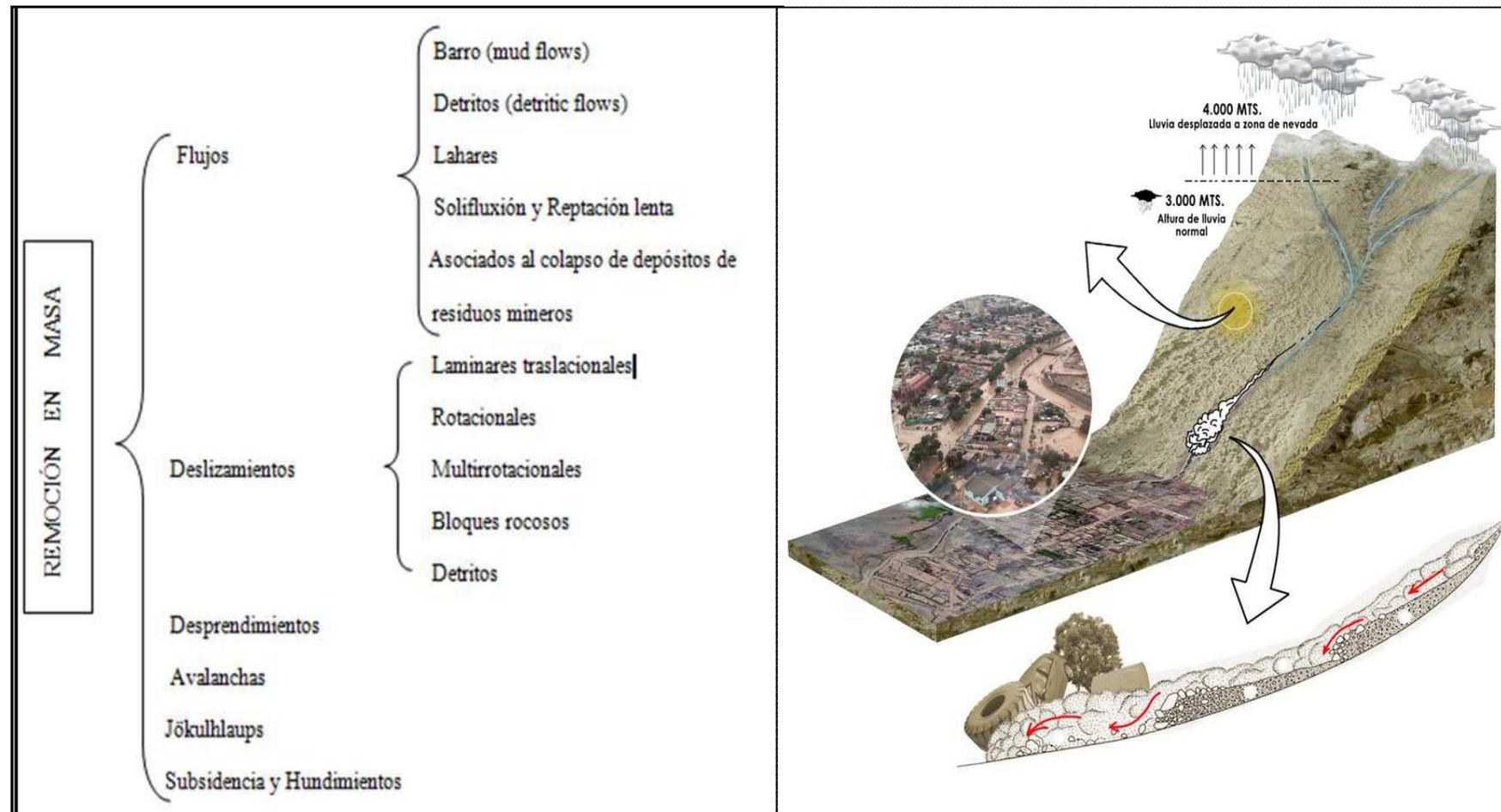
- Taltal, agosto de 1930, daños en infraestructuras.
- Taltal, junio de 1940, 2 muertos y decenas de heridos.
- Antofagasta: Junio de 1991, un aluvión deja 91 víctimas fatales, 35 desaparecidos, 70.000 damnificados y 6.000 casa destruidas.



REVISIÓN HISTÓRICA DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

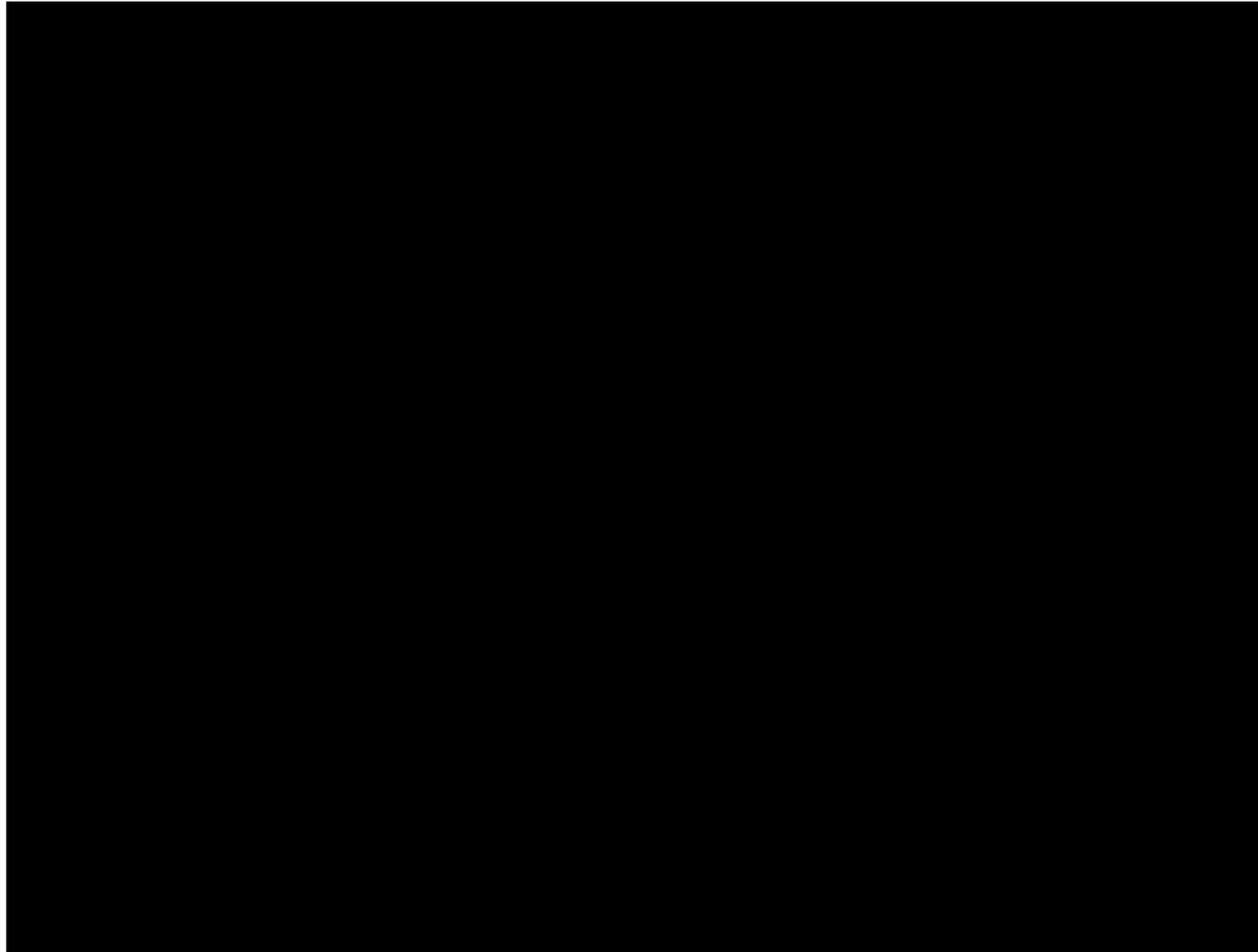


CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA



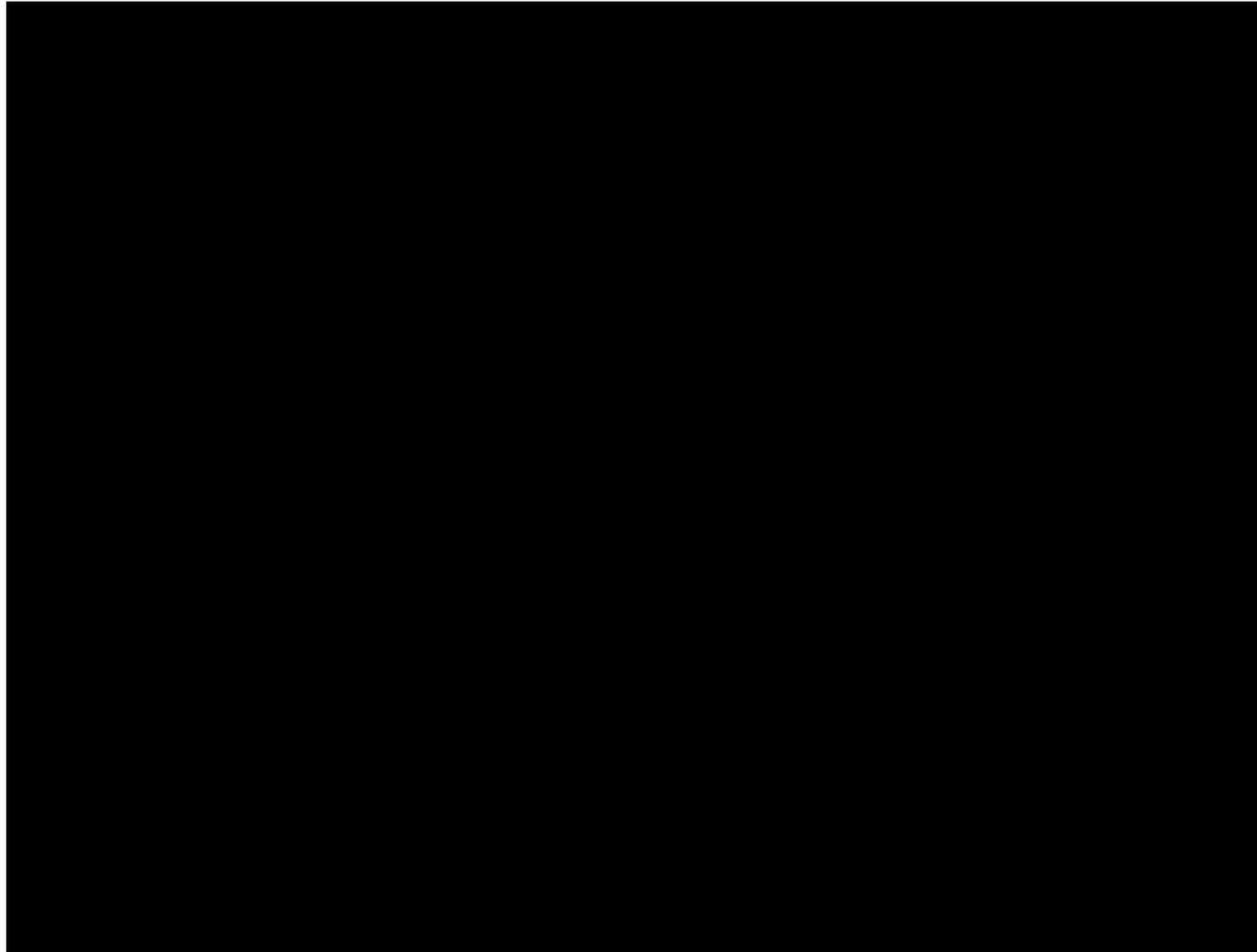
ALUVIONES

Flujos de Barro



ALUVIONES

Flujos de Detritos



GENERACIÓN DE MDT

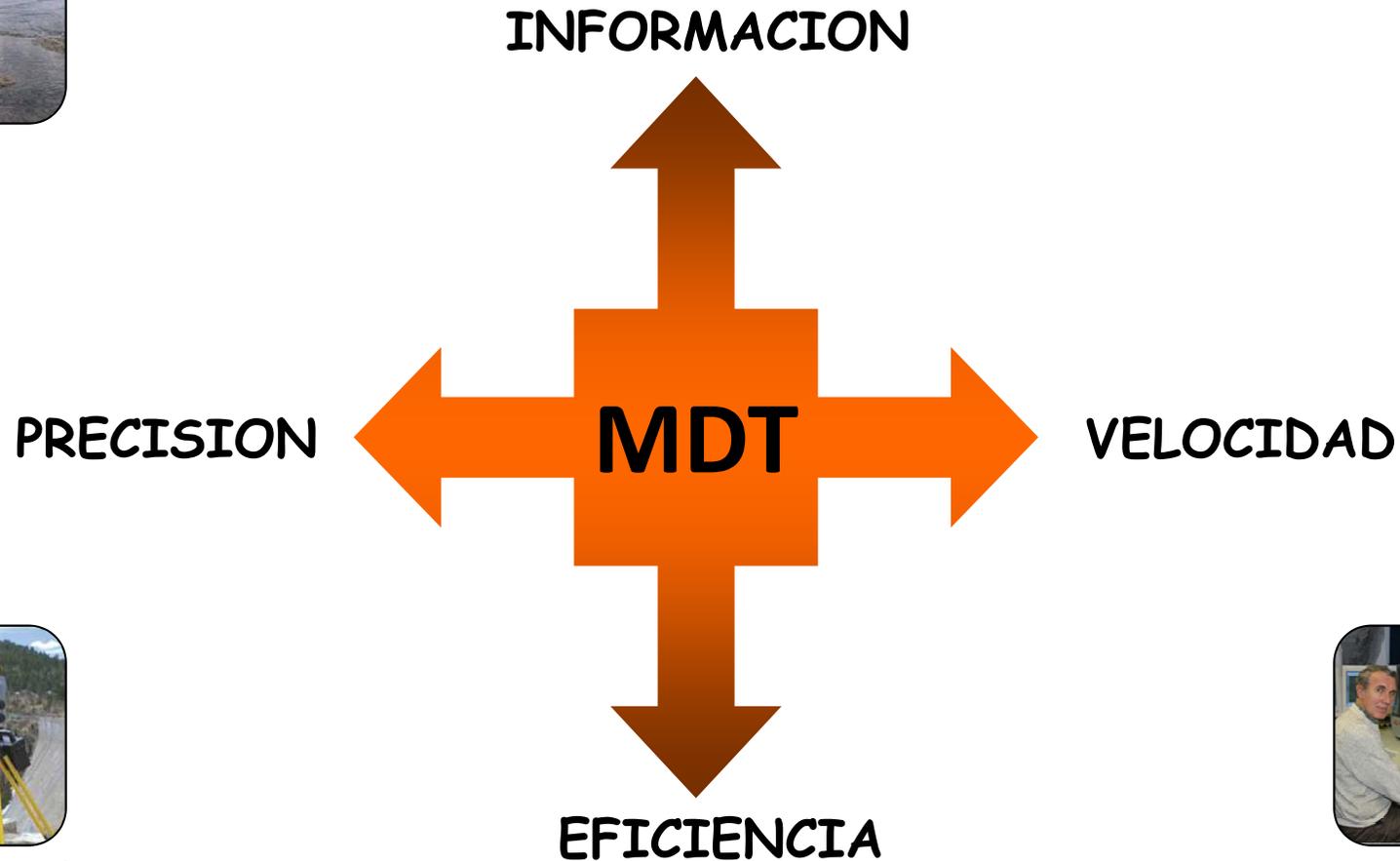
Un modelo digital de terreno (MDT) es un conjunto de datos numéricos almacenados digitalmente que describen la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua

METODO DIRECTO (Fuentes Primaria)	TOPOGRAFIA	Estaciones totales con salida digital
	GNSS	Posicionamiento satelital
	ALTIMETRIA	Altímetros radar, láser aerotransportados, satelitales, móviles y estáticos.
METODO INDIRECTO (Fuentes Secundaria)	RESTITUCION	Estéreo-imágenes satelitales, análogas, digitales o interferometría radar
	DIGITALIZACION	Manual o mediante scanner

Integración de Tecnologías



RTK

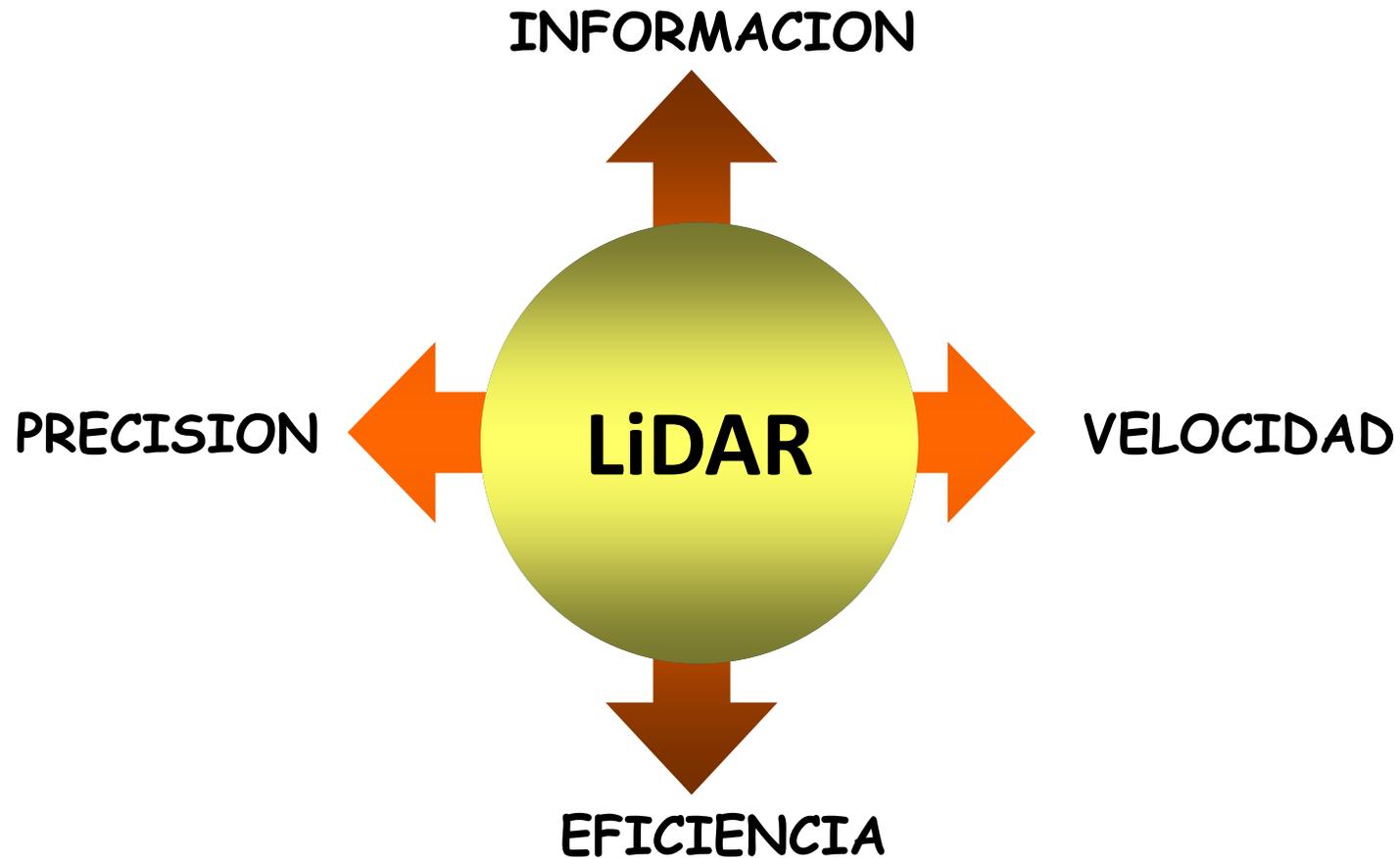


Estación Total/
Láser Terrestre



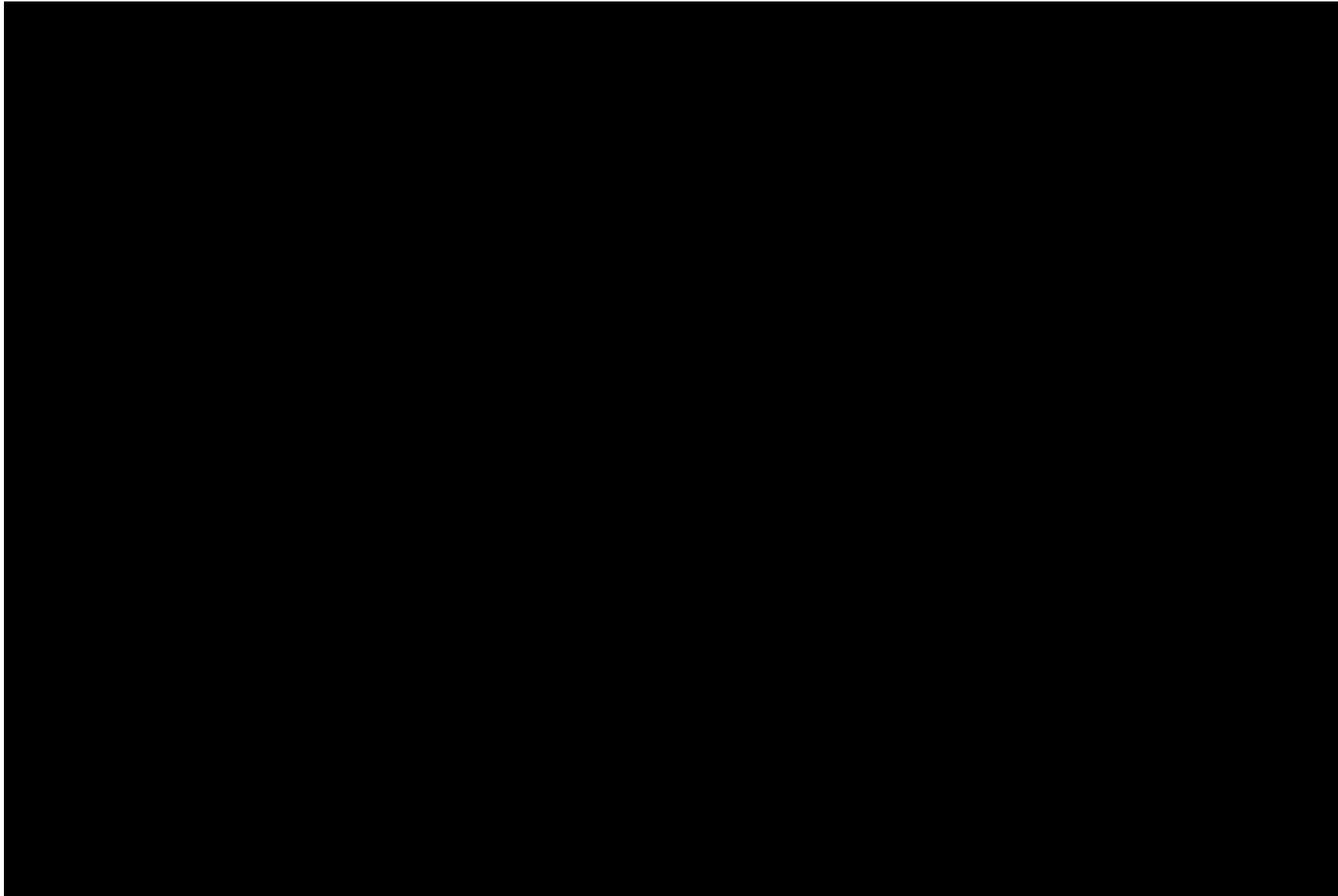
Aerofotogrametría

Integración de Tecnologías



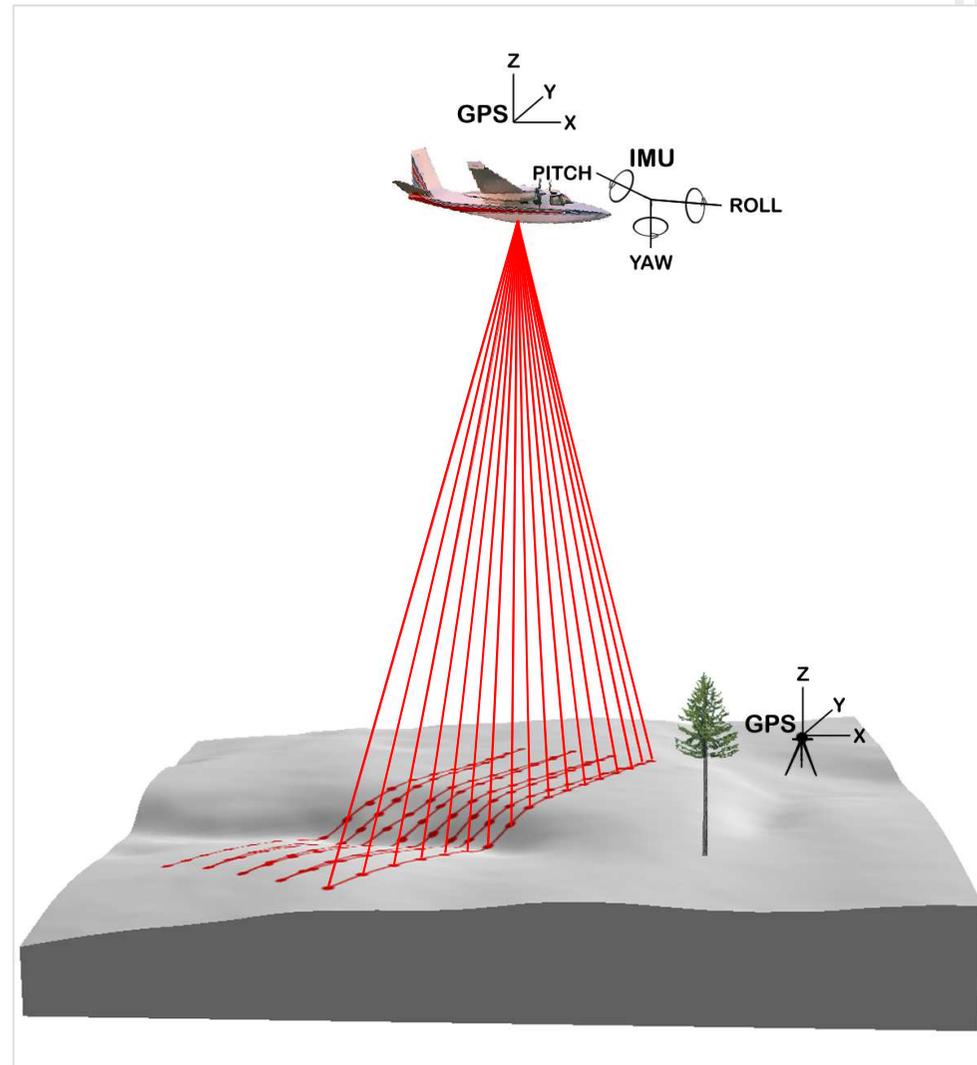
Sistema LIDAR

Es un sistema que contiene un sensor activo, que va montado sobre una plataforma aérea, que utiliza la radiación electromagnética en la frecuencia óptica y en la del infrarrojo cercano para realizar mediciones de distancia, siendo en la actualidad la técnica Geomática de mas alta productividad y precisión.

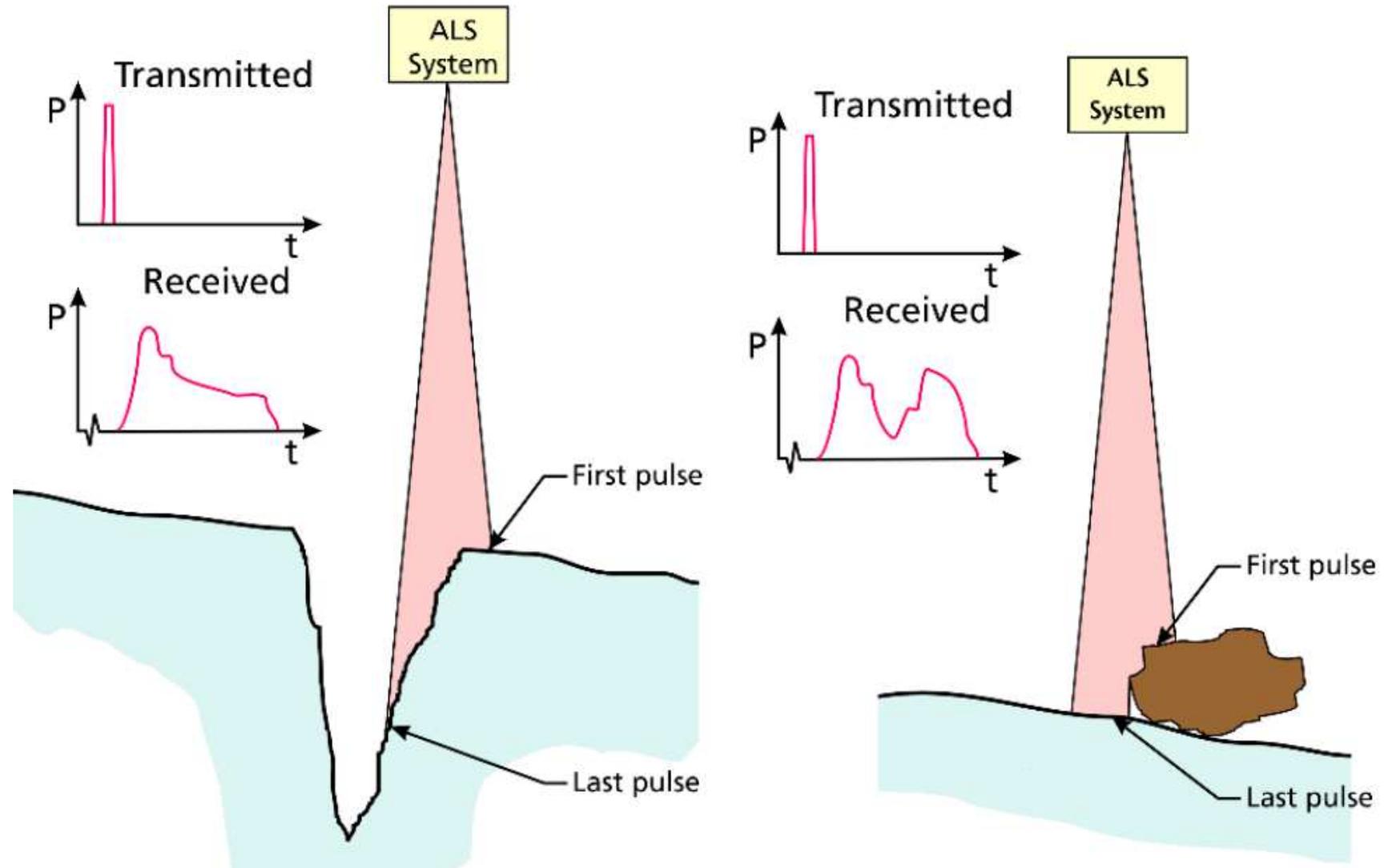


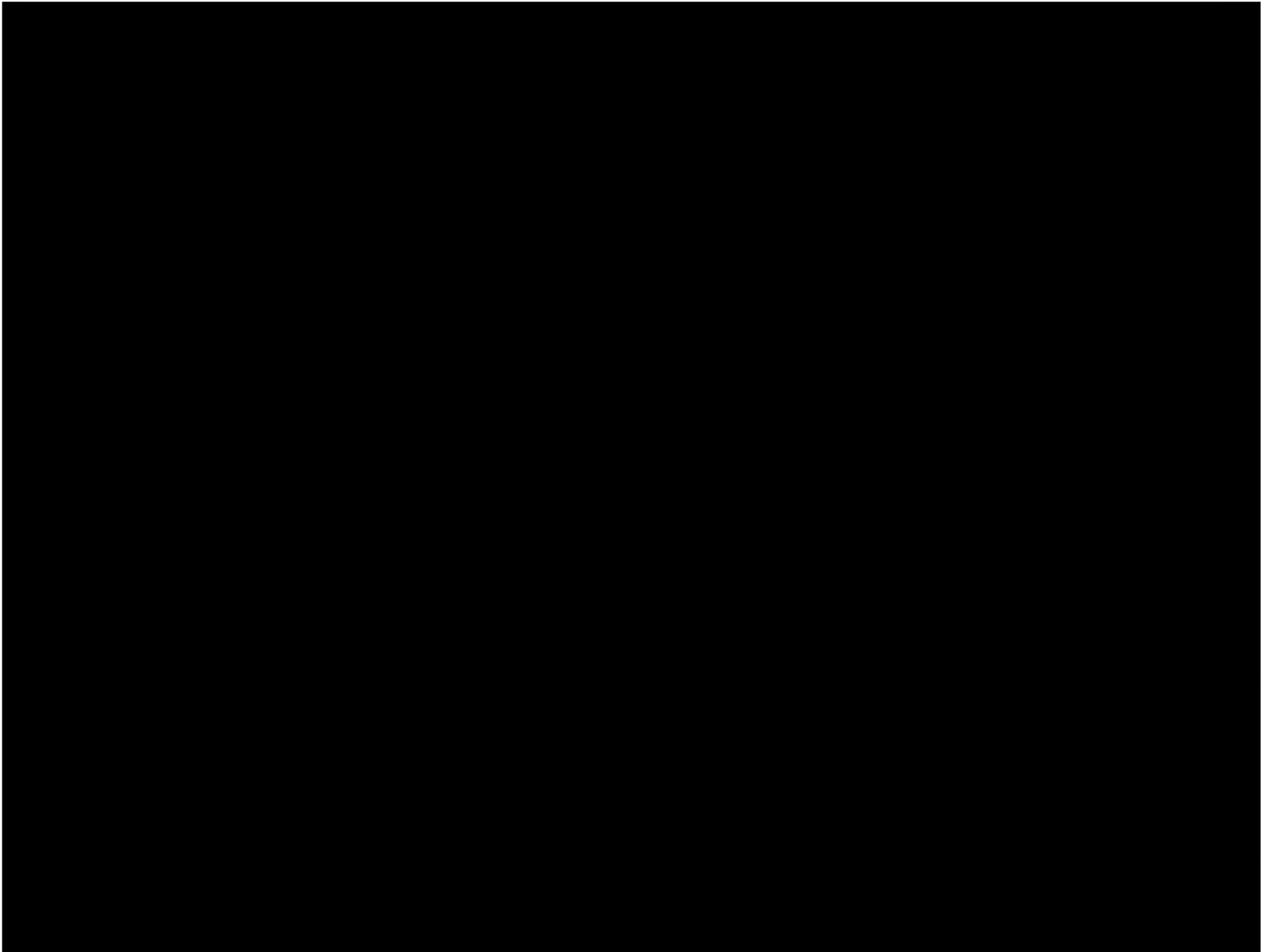
COMPONENTES DEL SISTEMA LiDAR

1. Sensor Láser
2. Sistema de navegación Inercial.
3. Diferencial GPS
4. Aeronave
5. Cámara digital o de video

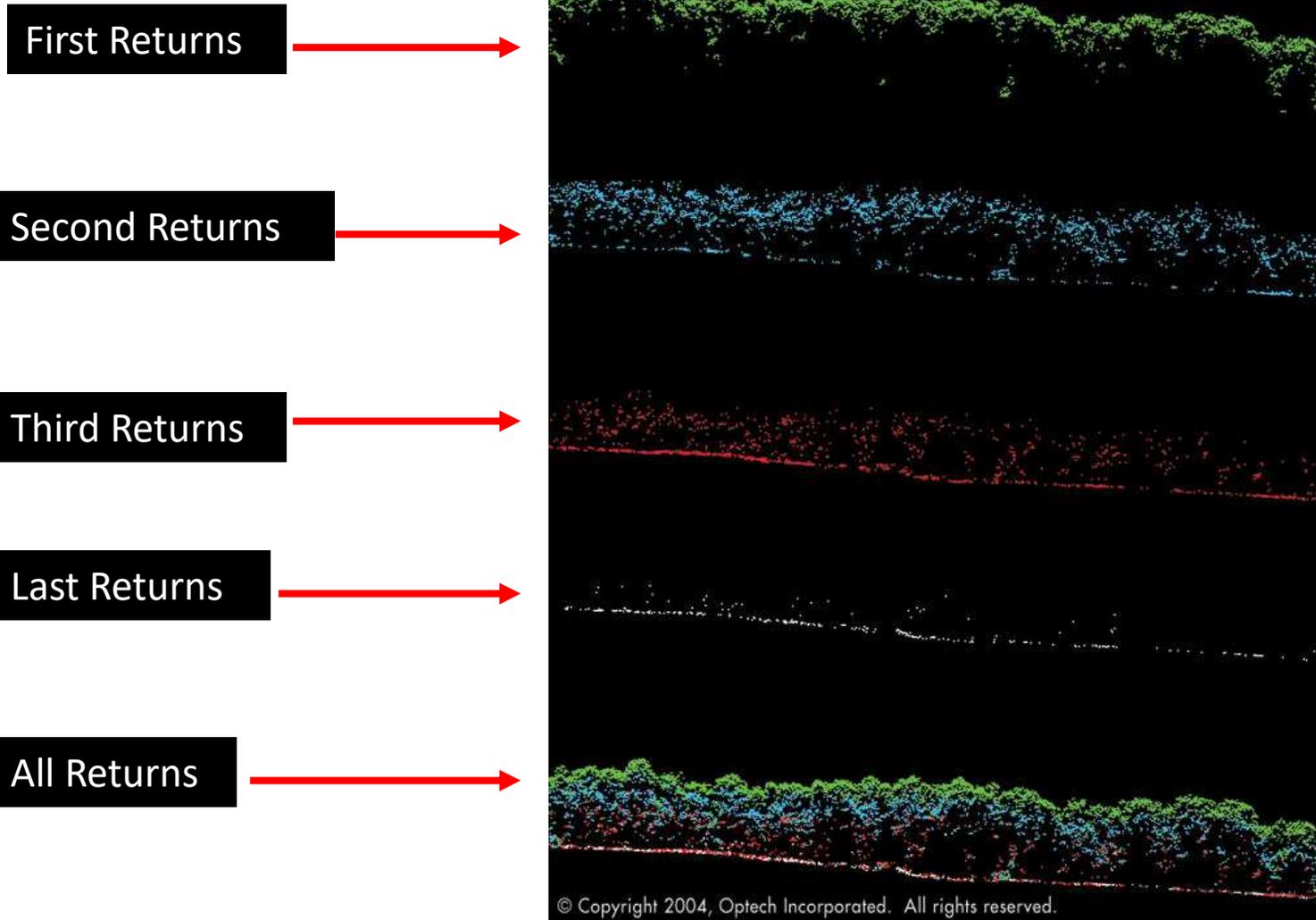


INTERACCIÓN CON LOS OBJETOS





INTERACCIÓN CON LOS OBJETOS



VENTAJAS

1. En poco tiempo se obtiene gran cantidad de información.
2. Adquiere datos con precisión en zonas remotas y de difícil acceso.
3. Homogeneidad espacial y detalle.
4. Visualizar y analizar información bajo la cobertura vegetal.
5. Generar un MDE con densidad y precisión superior a la fotogrametría tradicional.
6. No es restrictiva, es decir los levantamientos se pueden realizar de día o de noche.

DESVENTAJAS

1. Dificultad de identificar efectivamente el cuerpo sobre el que impacta.
2. En proyectos pequeños es de alto costo debido a todo lo que implica la ejecución de un levantamiento con ALS.
3. Requiere de cierto grado de control manual (clasificación de datos láser).
4. No permite obtener mediciones sobre la superficie del agua (IRC) esto porque depende de las características propias del sensor y de la reflectancia que tiene el agua.
5. La precisión depende de la altura de vuelo, no es capaz de traspasar las nubes y la potencia del equipo limitan las alturas de vuelo en los ALS entre 500 y 3000m.

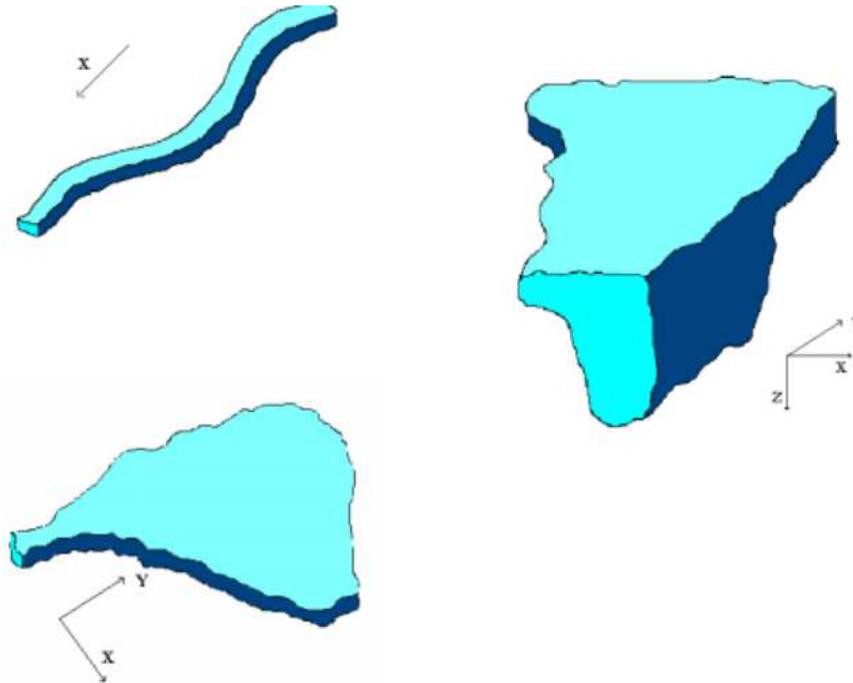
MODELAMIENTO HIDRÁULICO

- Un modelo es una representación abstracta, conceptual, gráfica o visual-física, matemática, de fenómenos, sistemas o procesos a fin de analizar, describir, explicar, simular -en general, explorar, controlar y predecir- esos fenómenos o procesos.
- La modelación se usa para estudiar situaciones difícilmente observables en la realidad.

TIPO DE MODELOS HIDRÁULICOS

Respecto a las características dinámicas del flujo, los modelos se pueden clasificar en:

- Unidimensionales
- Bidimensionales
- Tridimensionales



MODELOS UNIDIMENSIONALES

- Se asume que una de las dimensiones prevalece sobre las otras dos. Esta dimensión es la longitudinal a lo largo del eje del río o canal.
- Únicamente son capaces de analizar un flujo descendente.
- Se asume que el flujo es perpendicular a la sección transversal, lo cual es una de sus limitaciones.

MODELAMIENTO COMPUTACIONAL

The image displays the website for the Hydrologic Engineering Center (HEC) of the US Army Corps of Engineers, specifically the HEC-RAS software page. The website header includes the HEC logo, the text "US Army Corps of Engineers", and a navigation menu with links for "ABOUT", "NEWSLETTERS", "SOFTWARE", "PUBLICATIONS", "TRAINING", "VISITORS", "LINKS", and "CONTACT". Below the header, a breadcrumb trail reads "HOME > SOFTWARE > HEC-RAS".

On the left side of the website, there is a vertical menu with the following items: "HEC-RAS", "Features", "What's New", "Downloads", "Documentation", "Known Issues", "Bug Report", "Suggestions", "Demo", "Sponsors", "Collaborators", and "Support Policy".

The main content area shows a screenshot of the HEC-RAS 4.1.0 software interface. The interface is divided into several windows:

- HEC-RAS 4.1.0**: The main application window, showing a project titled "Coyote Valley Dam Failure Study". It includes a toolbar and a menu bar.
- Cross Section**: A window displaying a cross-section of the river channel. The y-axis is labeled "Elevation (ft)" and ranges from -50 to 250. The x-axis is labeled "Stationing" and ranges from 0.0 to 0.5. The plot shows the river bed, water surface, and channel banks.
- Profile Plot**: A window displaying a profile plot of the river channel. The y-axis is labeled "Elevation (ft)" and ranges from -200 to 1000. The x-axis is labeled "Stationing" and ranges from 0 to 10000. The plot shows the river bed, water surface, and channel banks.
- RAS Mapper**: A window displaying a topographic map of the study area. The map is color-coded by elevation, with red representing high elevations and blue representing low elevations. The river channel is highlighted in blue. The window includes a legend and a list of layers.

MODELAMIENTO COMPUTACIONAL

- HEC-RAS (River Analysis System), es un software que ha sido desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers (HEC, 2000), de los Estados Unidos.
- Es uno de los software mas utilizados en la modelización hidráulica de cauces.
- Es un software liberado desde 1995, en constante actualización.

VENTAJAS DE HEC-RAS

- Está disponible en el dominio público, y disponible para su descarga gratuita desde el sitio web de HEC.
- La descarga directa de HEC incluye una amplia documentación.
- Otra de sus ventajas es la rapidez de ejecución y explotación por el usuario.
- Cuenta con un modulo Hec-GeoRAS compatible con ArcGIS.

DESVENTAJAS DE HEC-RAS

- Los usuarios inexpertos pueden encontrar problemas de inestabilidad numérica.
- HEC-RAS es un modelo unidimensional hidrodinámico. No va a funcionar bien en ambientes que requieren de modelos multidimensionales.
- Tiene una excesiva dependencia de la distancia y orientación de los perfiles transversales, especialmente en zonas de meandros.

DESARROLLO DEL TEMA

La zona de estudio se encuentra emplazado en la Provincia de Chañaral, Región de Atacama donde se realizo un levantamiento topográfico con sistema láser aerotransportado del Rio Salado, con una longitud de 13 km y una superficie de 1940 has aproximadamente.



EQUIPOS UTILIZADOS

EQUIPO LASER

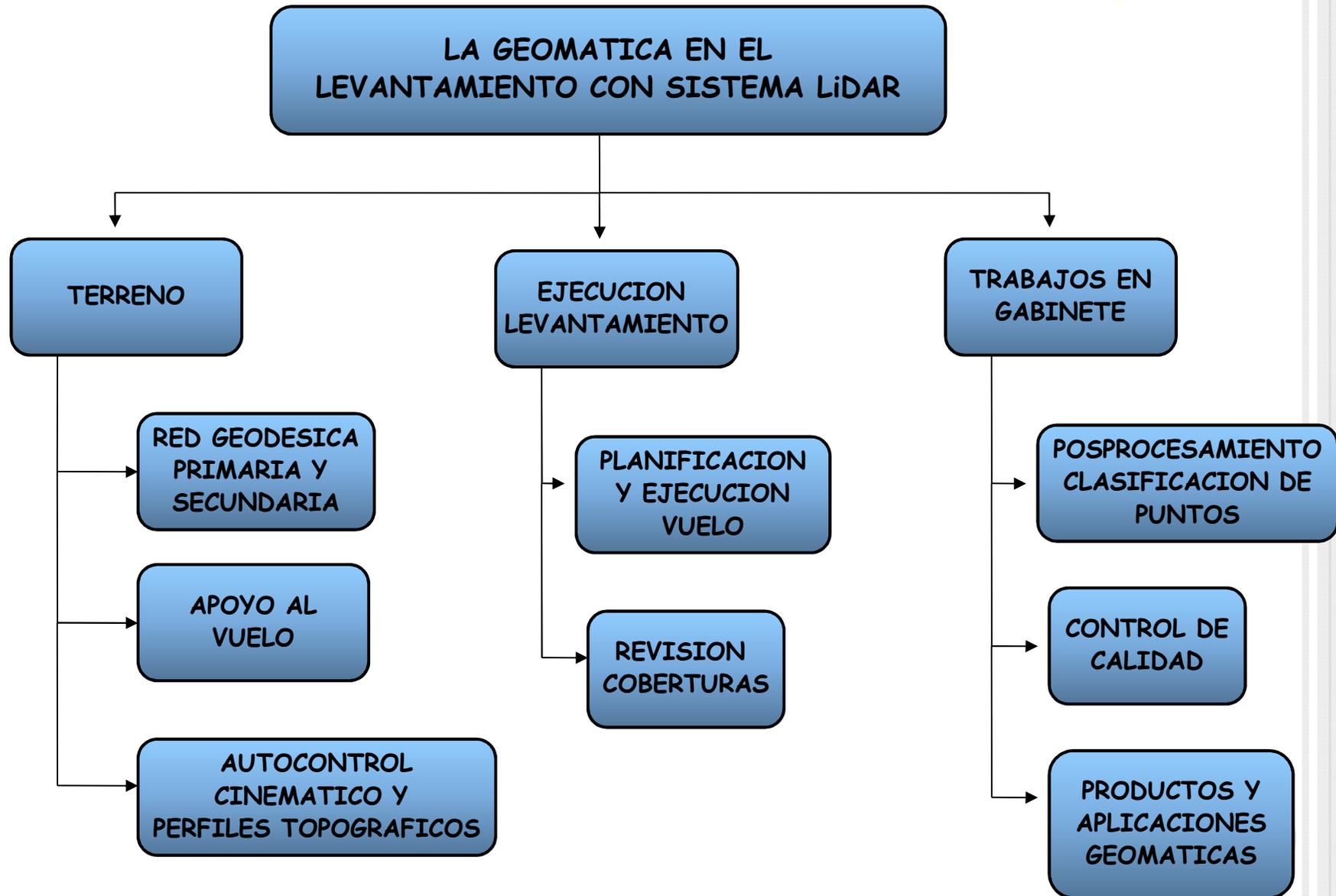
- Marca **Optech**
- Capaz de operar a gran altura
- Instalación en avión o helicóptero



CAMARA DIGITAL

- Marca **PHASE ONE**
what the world's best photography is made of
- Integración total con el sistema láser
- Dorso Digital de 60 Megapíxeles





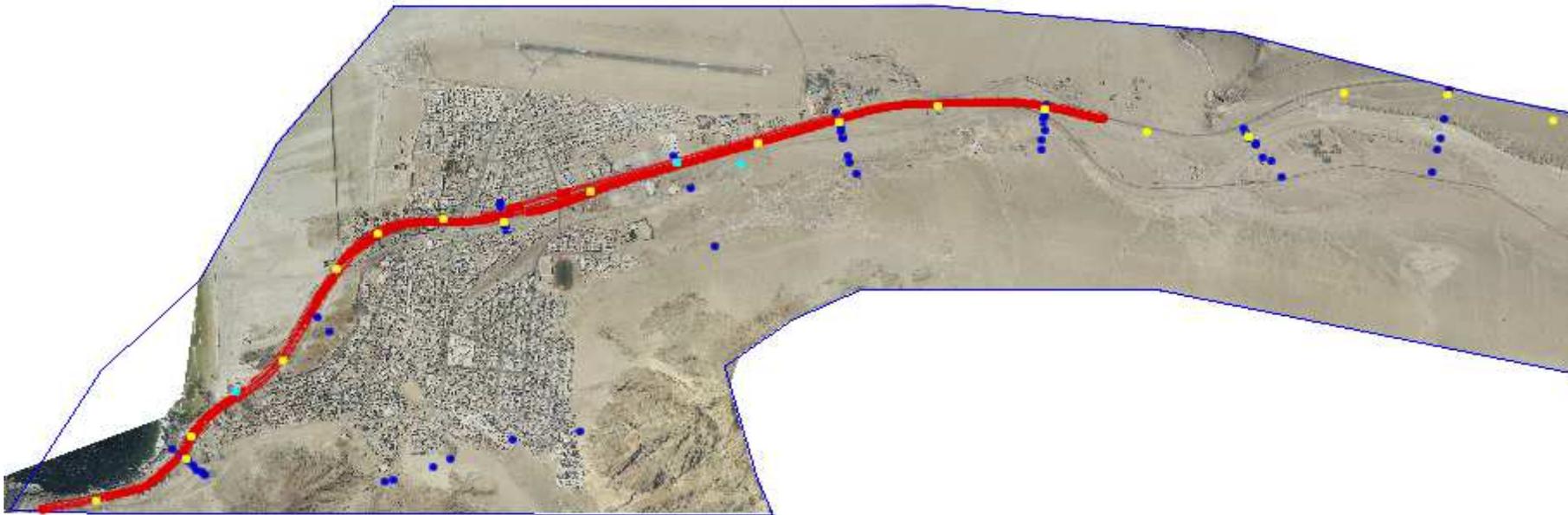
TRABAJOS TOPOGRÁFICOS EN TERRENO

Red de referencia Principal: 8 puntos

Red Secundaria (STC) : 89 Puntos

Perfiles Topográficos: 17

Levantamiento Cinemático (PPK): 1293 puntos



EJECUCION DEL LEVANTAMIENTO

Planificación de Vuelo

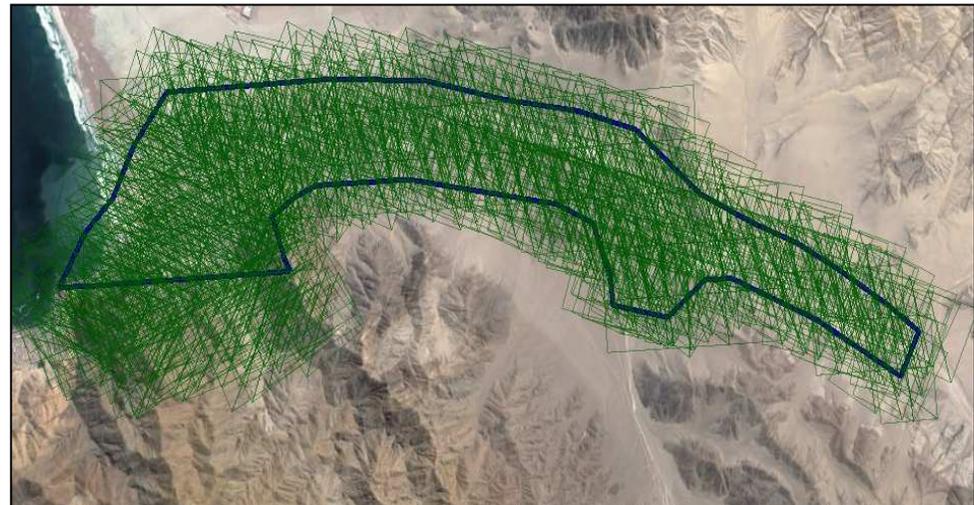
Altura de vuelo promedio en metros (AGL)	800 Metros
Ancho cada línea de vuelo en metros	550 Metros
Ángulo de escaneo LIDAR	+/- 20º
Velocidad promedio en Nudos	90 a 100 Nudos
Frecuencia escaneo LIDAR	50 Hz
Repetición de Pulsaciones	100 kHz

COBERTURAS DEL LEVANTAMIENTO

Cobertura de Puntos laser fue de 3008 hectáreas, con una densidad de promedio de 13.5 ppm2 aproximadamente.

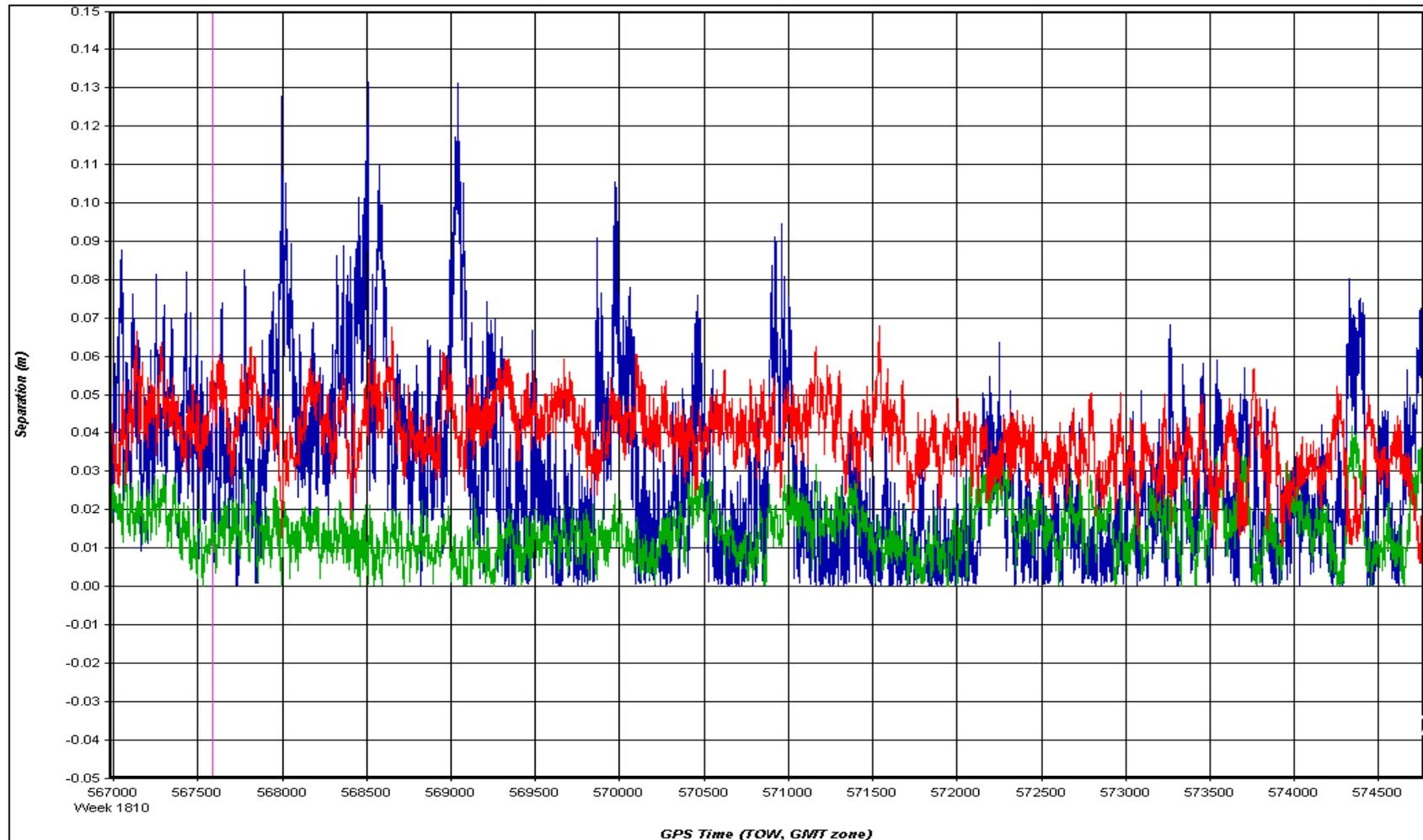


Cobertura de Fotografías Digitales fue de 3200 hectáreas aproximadamente con un total de 895 Imágenes.



PROCESAMIENTO GABINETE

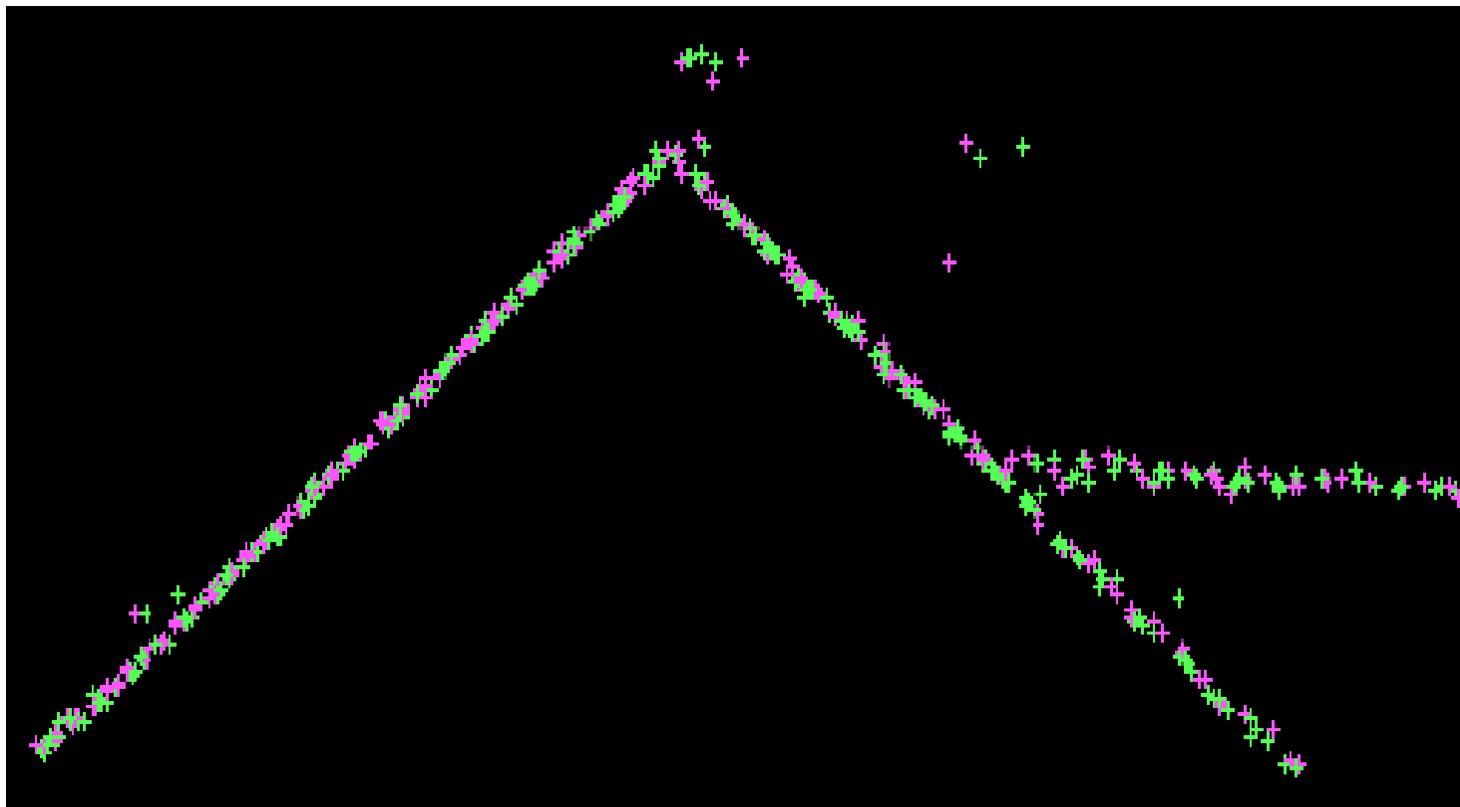
Solución DGPS día 1



PROCESAMIENTO GABINETE

Proceso de Calibración

Corrección	Promedio
Heading	0.00259590
Roll	-0.00280648
Pitch	-0.00471048
Scale Factor	0.00093122



PROCESAMIENTO GABINETE

Clasificación Automática y Manual

Segmentación : Separar puntos en función de sus características, ej: intensidad, eco, color, altura.

Clasificación : Diferenciar puntos en función del objeto al que pertenecen, ej: suelo desnudo, edificación, vegetación, líneas eléctricas, etc.

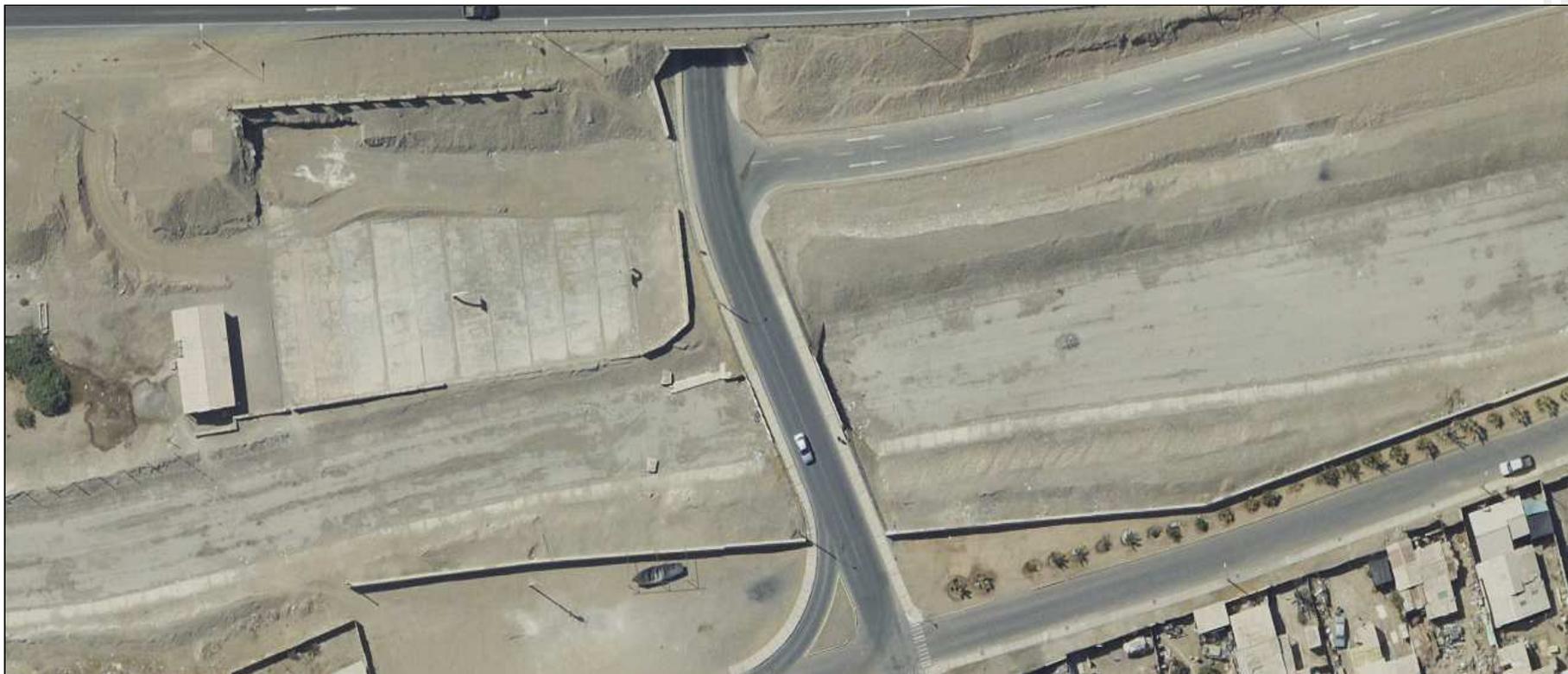
Filtrado : Operación que permite eliminar puntos en función de una segmentación o clasificación previa, ej: DEM solo del suelo desnudo.



PROCESAMIENTO GABINETE

Generación de Ortofotos

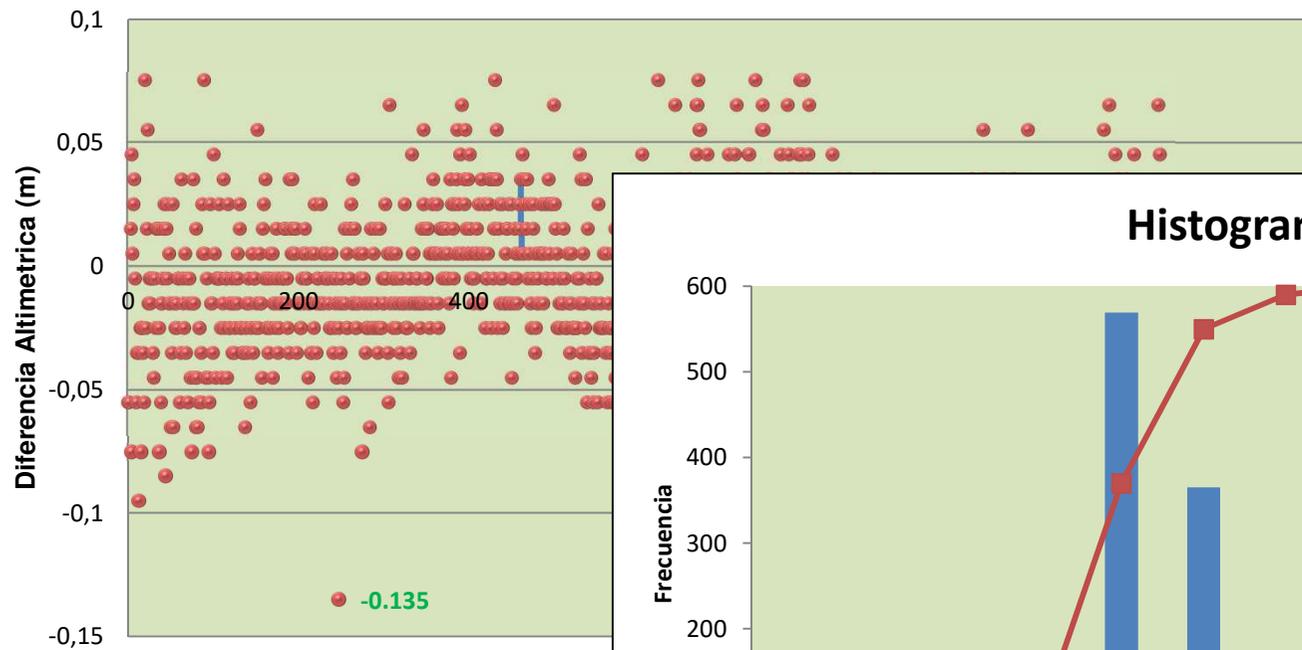
Start average	34.72 cm
Final average	5.36 cm



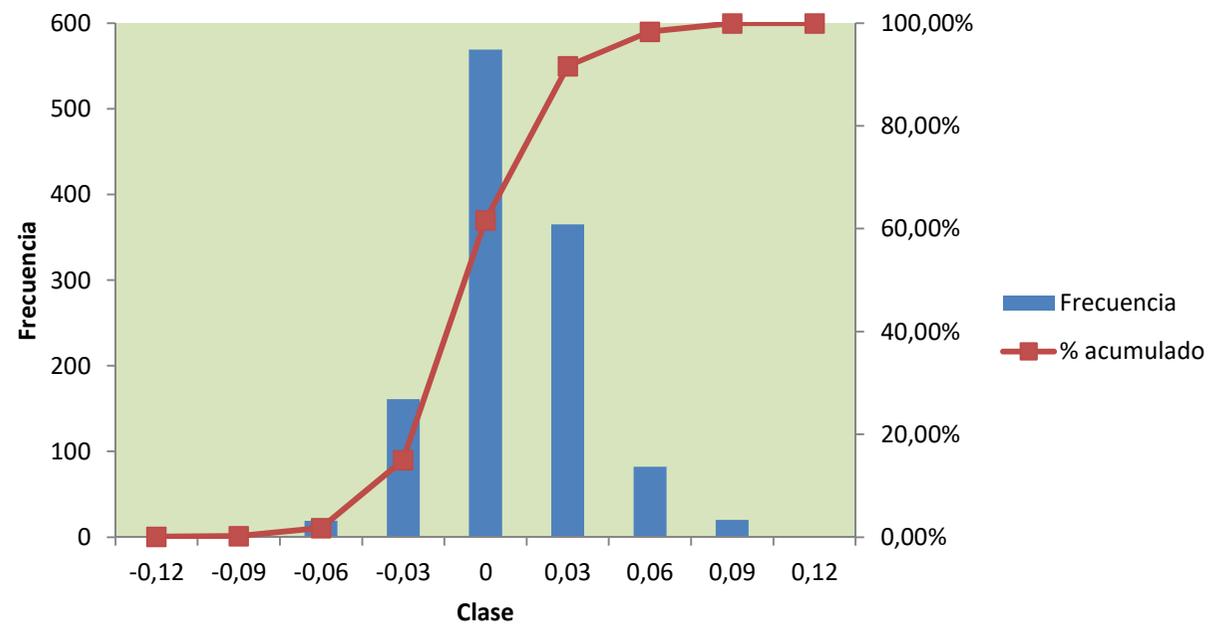
PROCESAMIENTO GABINETE

Control Cuantitativo

Gráfico Dispersión Cinemático

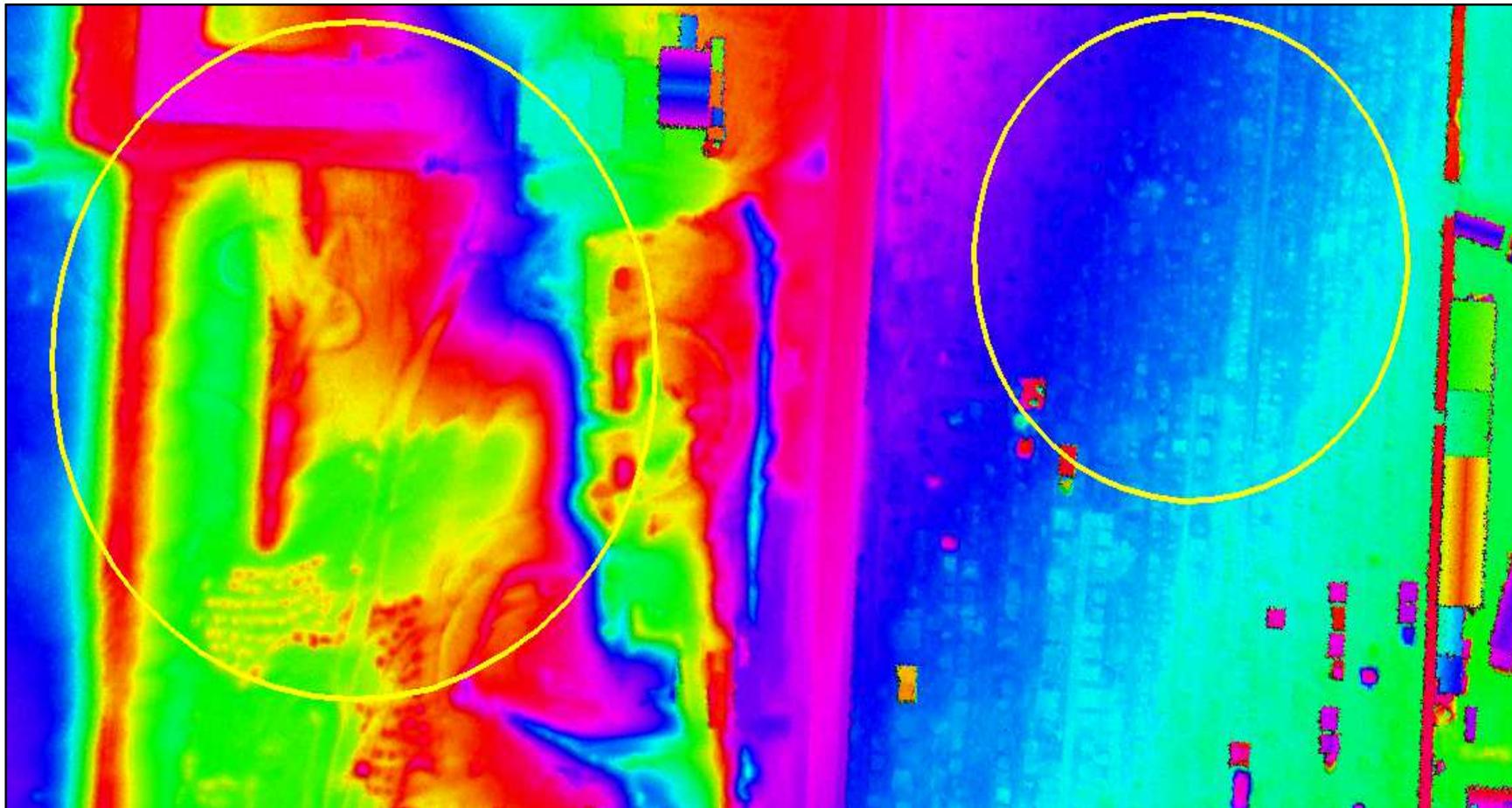


Histograma

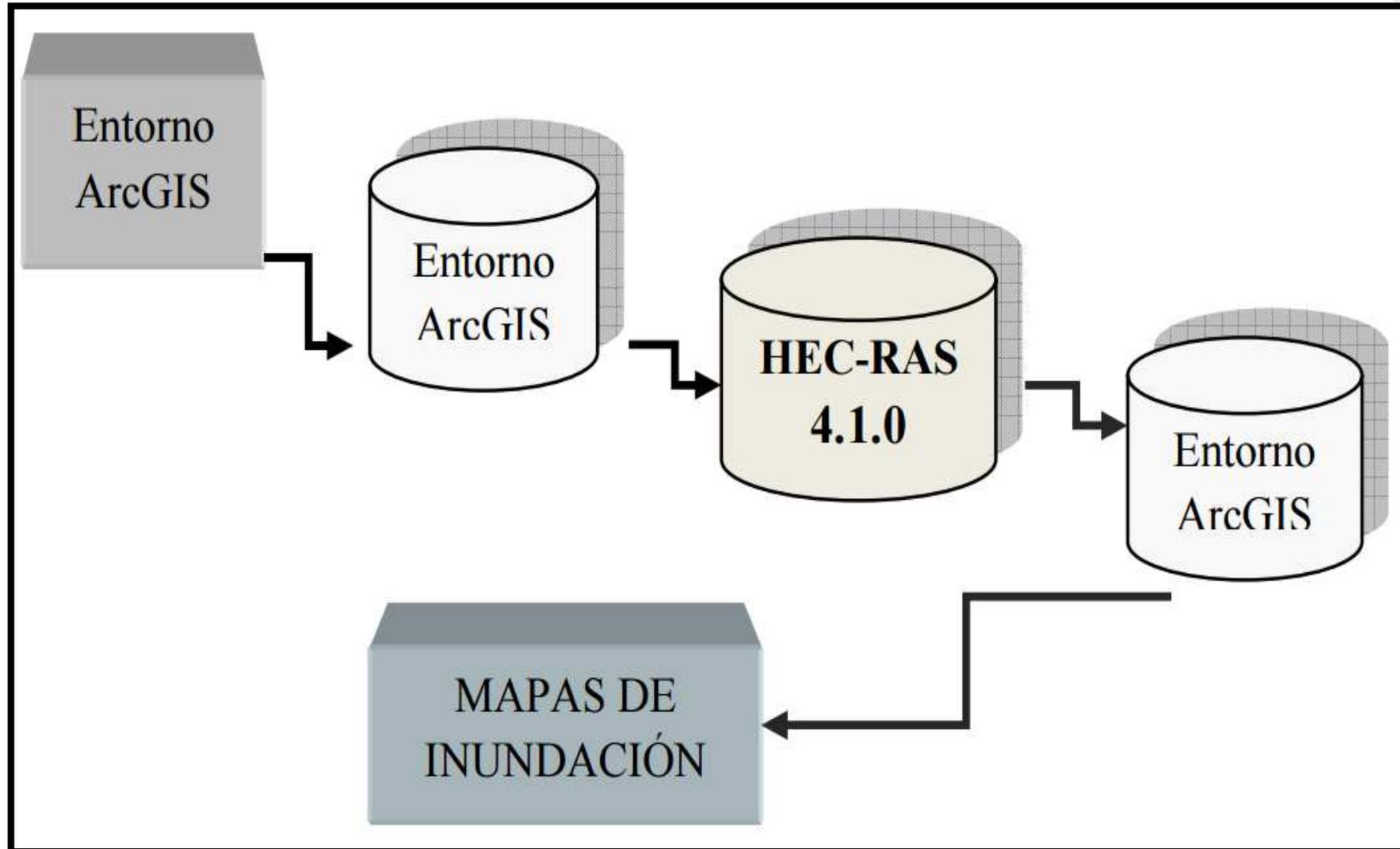


PROCESAMIENTO GABINETE

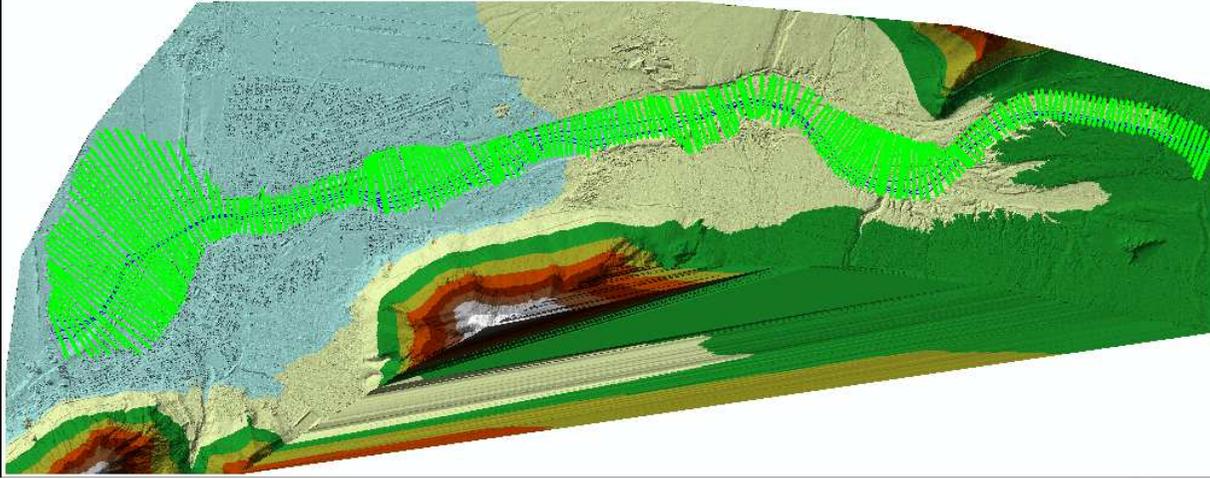
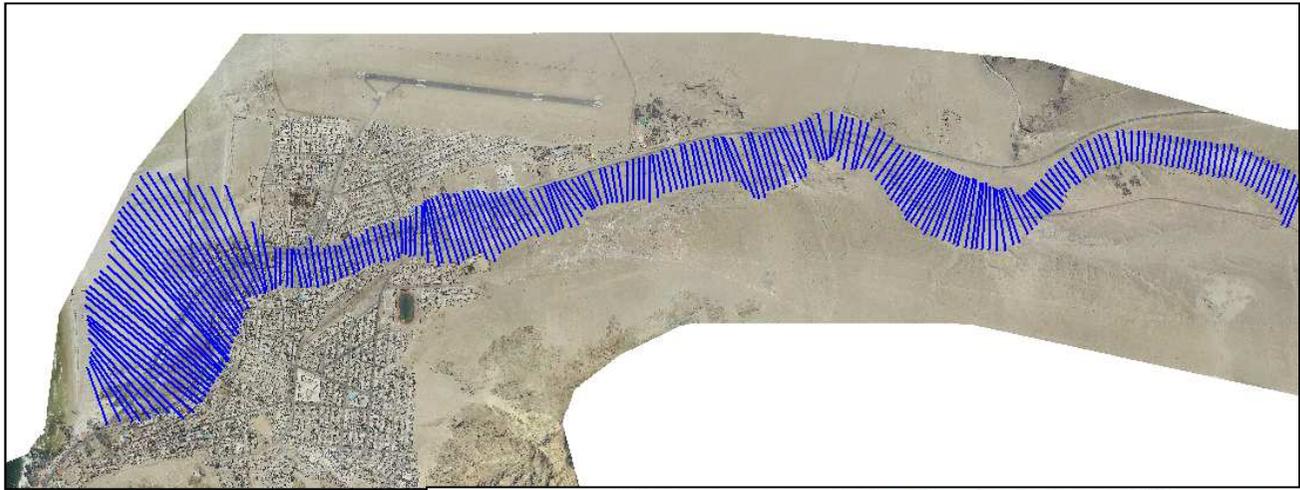
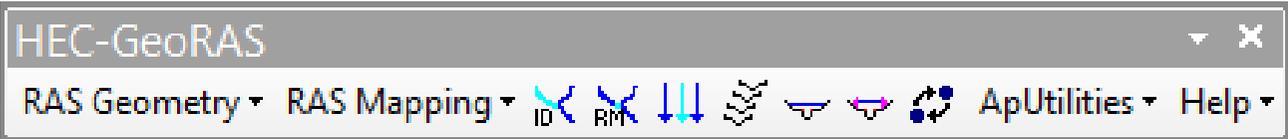
Control cualitativo



SIMULACIÓN HIDRÁULICA



PRE-PROCESO ARCGIS



MODELACIÓN DEL FLUJO

Steady Flow Data - flujo

File Options Help

Enter/Edit Number of Profiles (25000 max): Reach Boundary Conditions ... Apply Data

Locations of Flow Data Changes

River: Add Multiple...

Reach: River Sta.: Add A Flow Change Location

Flow Change Location				Profile Names and Flow Rates									
	River	Reach	RS	PF 1	PF 2	PF 3	PF 4	PF 5	PF 6	PF 7	PF 8	PF 9	PF 10
1	Rio_Salado	aluvion	6805.199	0.5	10	50	100	200	300	350	400	500	600

Steady Flow Boundary Conditions

Set boundary for all profiles Set boundary for one profile at a time

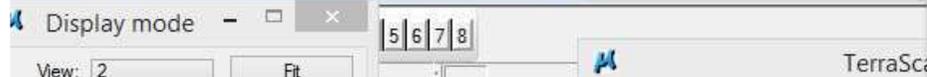
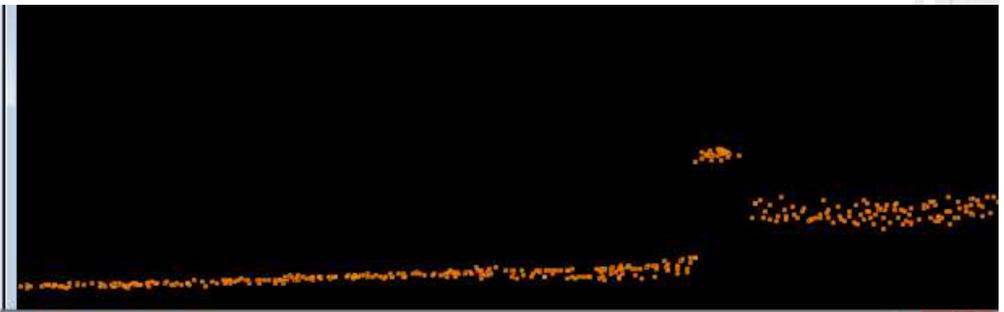
Available External Boundary Condition Types

Selected Boundary Condition Locations and Types

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Rio_Salado	aluvion	all		Normal Depth S = 0.001

Steady Flow Reach-Storage Area Optimization ... OK Cancel Help

MODELACIÓN DEL FLUJO



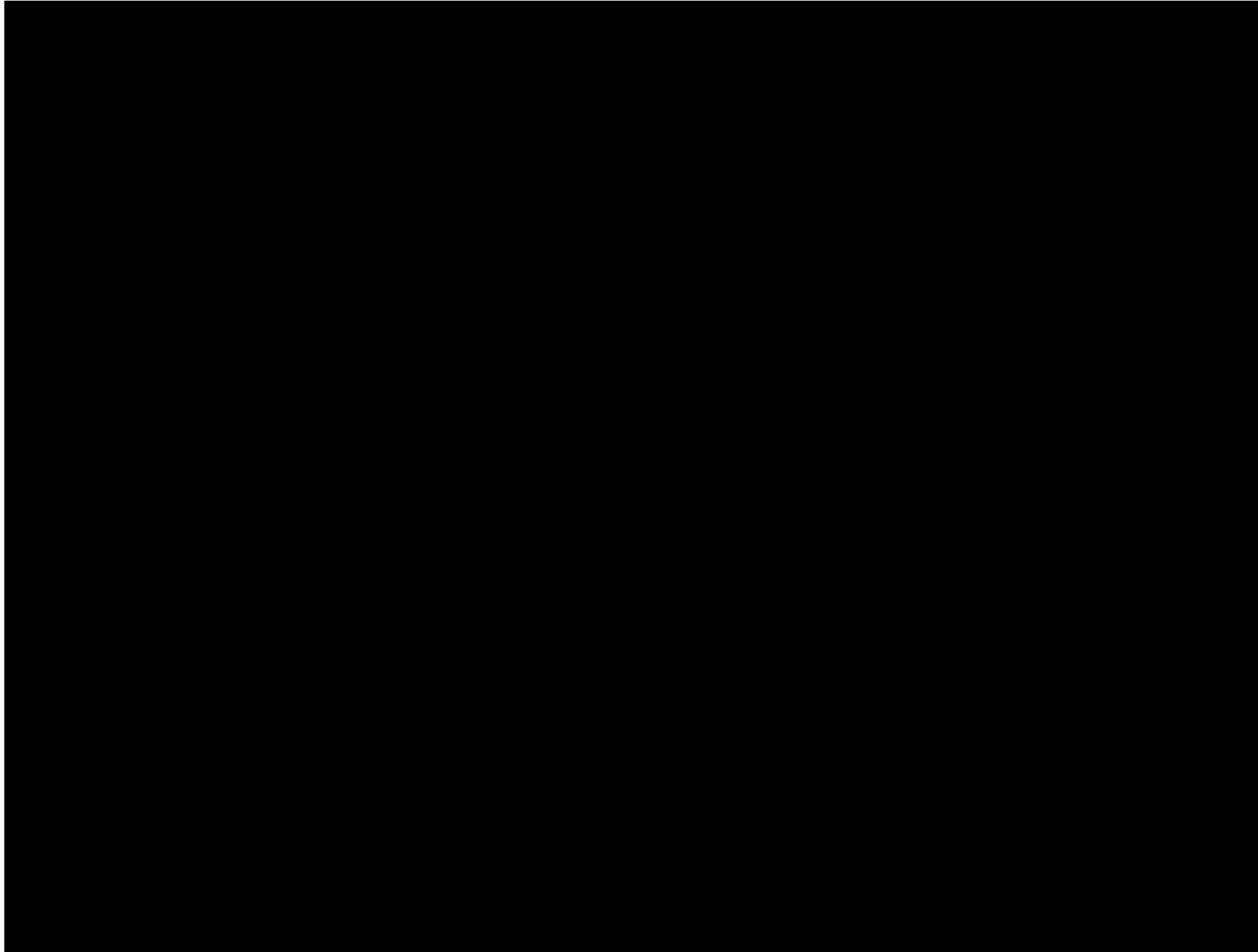
MODELACIÓN DEL FLUJO



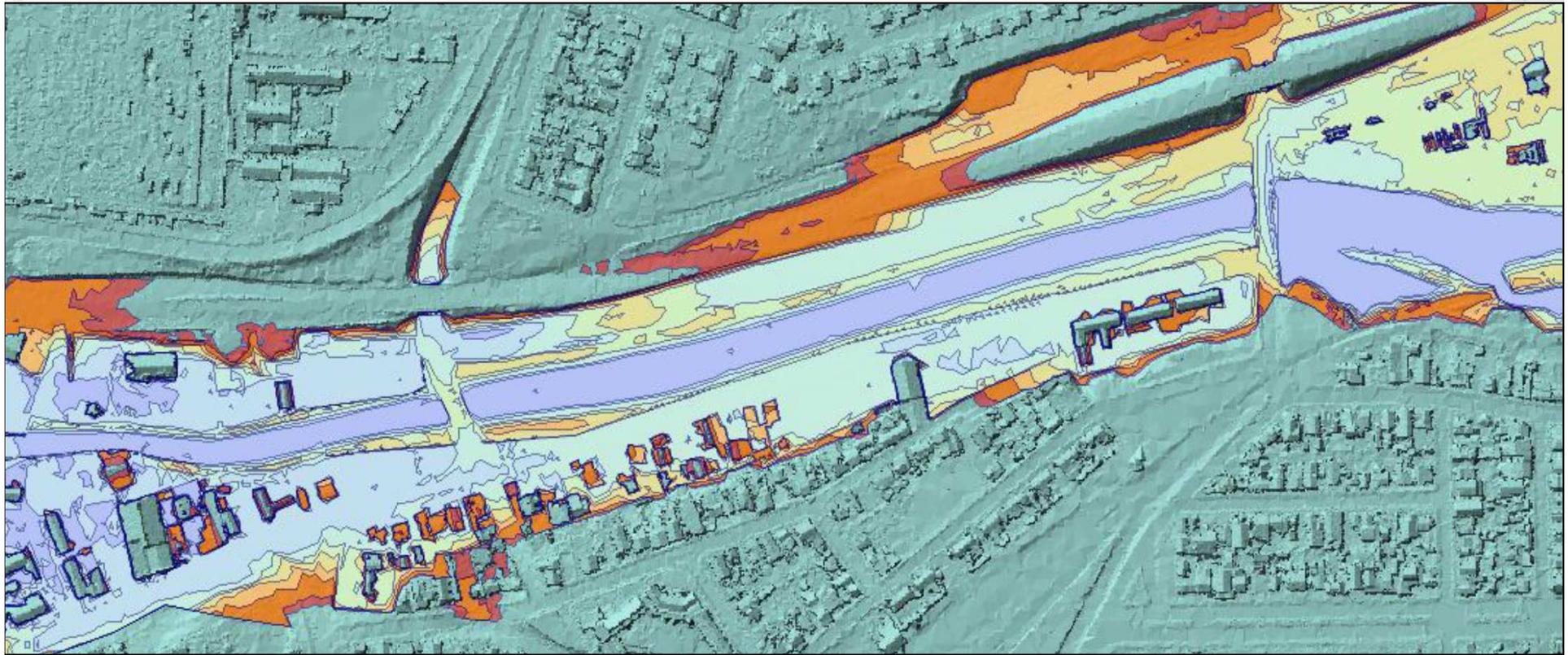
MODELACIÓN DEL FLUJO



MODELACIÓN DEL FLUJO



POST-PROCESO ARCGIS



ANÁLISIS DEL PROCESO DE SIMULACIÓN



ANÁLISIS DEL PROCESO DE SIMULACIÓN



Plan: Plan 01 Rio Salado aluvion RS: 1830.664 Profile: PF 10

E.G. Elev (m)	20.12	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.41	Wt. n-Val.	0.144	0.144	0.144
W.S. Elev (m)	19.71	Reach Len. (m)	23.27	25.35	27.39
Crit W.S. (m)	19.37	Flow Area (m ²)	47.02	69.26	99.90
E.G. Slope (m/m)	0.078403	Area (m ²)	47.02	69.26	99.90
Q Total (m ³ /s)	600.00	Flow (m ³ /s)	125.45	224.19	250.36
Top Width (m)	135.51	Top Width (m)	28.21	32.32	74.98
Vel Total (m/s)	2.78	Avg. Vel. (m/s)	2.67	3.24	2.51
Max Chl Dpth (m)	2.23	Hydr. Depth (m)	1.67	2.14	1.33
Conv. Total (m ³ /s)	2142.8	Conv. (m ³ /s)	448.0	800.6	894.1
Length Wtd. (m)	25.31	Wetted Per. (m)	29.33	32.34	77.06
Min Ch El (m)	17.48	Shear (N/m ²)	1232.48	1646.86	996.69
Alpha	1.04	Stream Power (N/m s)	7823.24	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.66	Cum Volume (1000 m ³)	482.63	161.73	1217.45
C & E Loss (m)	0.07	Cum SA (1000 m ²)	244.75	49.04	513.17



Superficie inundada con Q= 600 m³/S (Hec-GeoRas)



Velocidad con un Q= 600 m³/S (Hec-GeoRas)

ANÁLISIS DEL PROCESO DE SIMULACIÓN



SIMULACIÓN CON SRTM



Modelo de Inundación LIDAR y SRTM sobre la ciudad de Chañaral



Modelo de Inundación LIDAR y SRTM antes de la ciudad de Chañaral

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los fundamentos técnicos y teóricos demuestran que el sistema LiDAR se basa efectivamente en la integración y la sinergia que tienen varias técnicas Geomáticas de captura, procesamiento y análisis de información geoespacial.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Respecto de la simulación

- Es fundamental utilizar modelos de precisión para la modelización hidráulica para lograr una mejor aproximación a los efectos de un fenómeno de remoción en masa
- La poca existencia de antecedentes técnicos tales como el coeficiente de Manning, caudales, flujo, entre otros, no fueron un impedimento para lograr una aproximación bastante certera de la simulación del aluvión.
- Las diferencias en los resultados obtenidos al utilizar modelos con precisiones distintas como son el SRTM y LiDAR muestran las bondades de los modelos de precisión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Recomendaciones

- La Geomática puede contribuir a dimensionar las debilidades del territorio frente a un fenómeno como es un aluvión o la crecida de un río.
- Para una división político administrativa como una provincia, comuna o departamento (para el caso de Argentina) de escasos recursos una alternativa puede ser utilizar software de código libre, que integre al SIG y al modelamiento hidráulico, como son HEC-RAS, QGIS o GISWATER, entre otros.
- Integrando esta zonificación sobre un Sistemas de Información Geográfica (SIG), es posible, por ejemplo cuantificar con certeza la cantidad de viviendas afectadas a causa de una inundación, las personas que fueron afectadas por este fenómeno, discretizarlas por sexo y edad de manera de optimizar y distribuir de manera eficiente los recursos, cuantificar la cantidad de albergues necesarios para la emergencia, etc. reiterando la importancia que tiene una buena representación cartográfica para el planeamiento y ordenamiento territorial.



**MUCHAS GRACIAS POR VUESTRA
ATENCIÓN**

**SI VAS A PREGUNTAR, QUE SÉA
FÁCIL**

memegen.com