

PLEC DE PRESCRIPCIONS TÈCNIQUES

Implementació de processos de Machine Learning en l'anàlisi de les dades TLS (escàner làser terrestre) per a la detecció d'activitat i indicis de desprendiments a la muntanya de Montserrat i a Castellfolit de la Roca

EXPEDIENT: S-128/24 (ICGC-2024-20)

1 OBJECTE

L'objecte d'aquesta contractació és l'assistència tècnica per a la identificació de desprendiments i per la detecció de moviments precursors fent ús de tècniques de Machine Learning (ML) a partir de les dades de làser escàner terrestre (TLS) preses per l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (en endavant ICGC) durant els anys 2023-2024 a la muntanya de Montserrat i a Castellfolit de la Roca.

2 CARACTERÍSTIQUES DELS SERVEIS A PRESTAR

L'ICGC en el marc de les seves funcions i projectes vigents, porta a terme el monitoratge dels desprendiments de roca en diversos emplaçaments de Catalunya. Una de les tècniques emprades és la comparació de campanyes TLS i el posterior tractament de núvols de punts 3D que se'n deriven. En la seva comparació temporal aporten informació imprescindible per la caracterització de l'activitat de desprendiments, que permet el càlcul de relacions magnitud/freqüència de desprendiments, i la identificació de moviments precursors, que poden ser interpretats com a indicis d'instabilitat. Tots aquests aspectes són fonamentals en la determinació de la perillositat del fenomen i en la prevenció dels riscos associats.

Així doncs, aquesta anàlisi consisteix en la detecció de dos tipus de canvis en la superfície rocosa:

- C1: Detecció de desprendiments ocorreguts per diferències positives entre dues campanyes successives. Extracció dels seus atributs, tals com el volum.
- C2: Detecció de moviments precursors d'instabilitat per diferències negatives entre la primera i la darrera campanya. Pels blocs detectats, retrospectiva de la sèrie evolutiva de campanyes.

La metodologia descrita en publicacions científiques per poder realitzar aquesta anàlisi de forma semi-automàtica exigeix una elevada dedicació d'hores d'especialista en la interpretació manual dels resultats, en particular en la classificació dels clústers de punts que corresponen a desprendiments.

En aquesta contractació s'encarrega l'adaptació de les metodologies de Machine Learning (Figura1), prèviament desenvolupades a les parets de Degotalls N i E, a altres parets detallades més avall en aquest plec. Aquesta adaptació permetrà automatitzar les parts d'interpretació dels resultats per tal de reduir la tasca manual i assolir un major automatisme i sistemàtica per a la identificació de desprendiments.

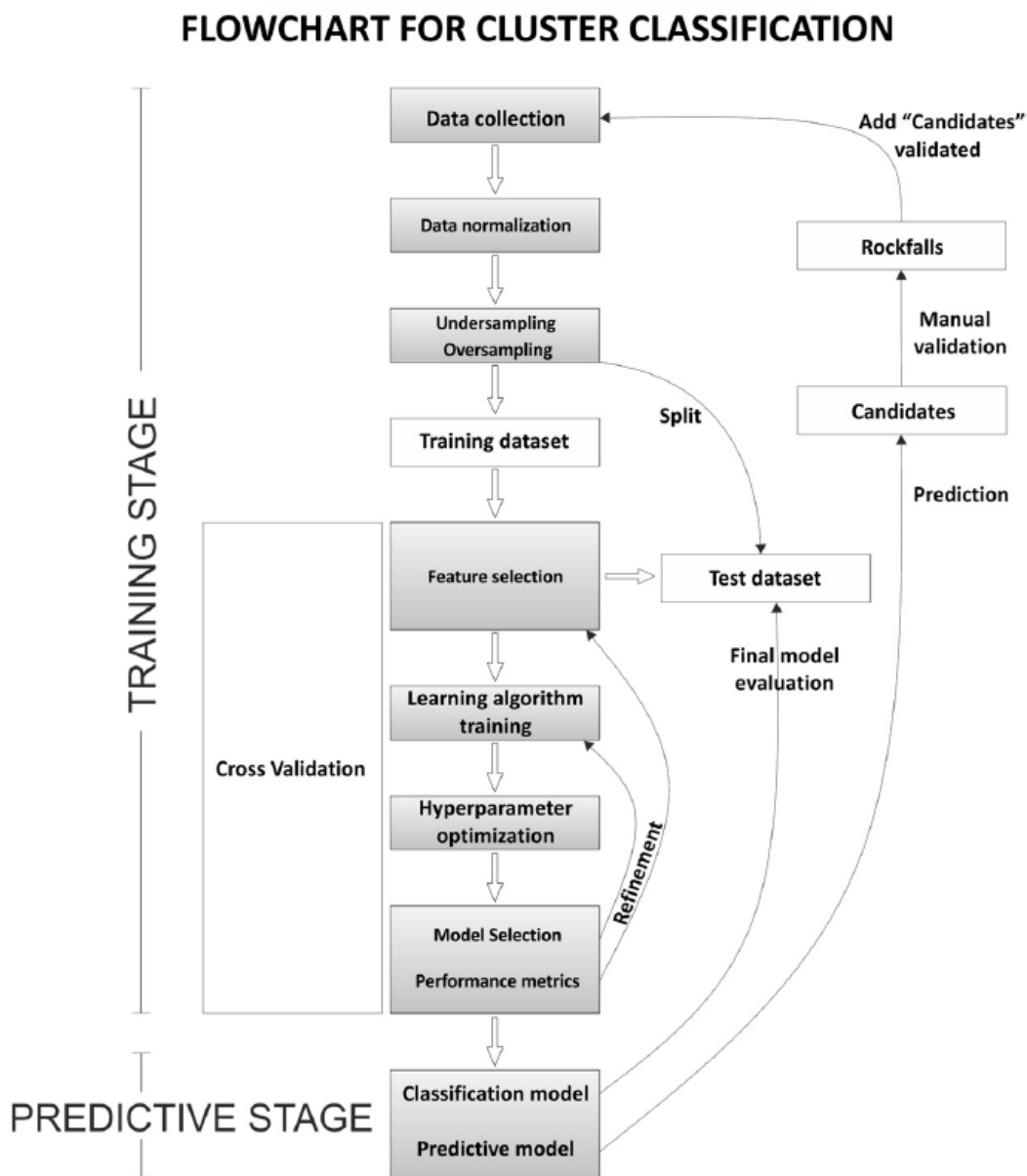


Figura 1. Workflow del processament realitzat en la metodologia de Machine Learning per a la detecció del canvi C1 de desprendiments.

El punt en que es basa la feina és l'aplicació de la metodologia *Machine Learning* publicada per:

Blanco L, García-Sellés D, Guinau M, Zoumpekias T, Puig A, Salamó M, et al. Machine Learning-Based Rockfalls Detection with 3D Point Clouds, Example in the Montserrat Massif (Spain). Remote Sens. 2022;14 4306.

Zoumpekias T, Puig A, Salamó M, García-Sellés D, Blanco Nuñez L, Guinau M. An intelligent framework for end-to-end rockfall detection. Int J Intell Syst. 2021;(April).

L'anàlisi s'anirà traslladant progressivament a altres emplaçaments, fent les adaptacions dels models i ajustos d'aprenentatge pertinents. Al llarg del període 2023-2024 es preveu seguir pels emplaçaments Monestir – Fra Garí de Montserrat i Escarpament Fluvià de Castellfollit, a confirmar en el desenvolupament del projecte, segons els resultats d'aplicabilitat assolits

Les dades a processar corresponen a quatre campanyes d'adquisició (dues per any) a la muntanya de Montserrat i a Castellfollit de la Roca, en els emplaçaments que s'indiquen a continuació (Taula 1).

Localitzacions escàners	Nº campanyes anuals
Muntanya de Montserrat	
Degotalls (N)	2
Degotalls (E)	2
Monestir – Fra Garí	2
Castellfollit de la Roca	
Escarpament Fluvià	2
Total Localitzacions= 4	Total campanyes = 8

Taula 1. Resum de les dades a analitzar en aquest contracte

L'ICGC farà la captura de les imatges TLS mitjançant làser escàner terrestre model P50 de Leica Geosystems i posteriorment (en un termini aproximat de 15 dies) proporcionarà les dades a l'entitat adjudicatària del contracte.

L'ICGC també proporcionarà informació addicional tal com GigaFotos corresponents a tots els emplaçaments previstos o altre tipus d'informació que estigui en la seva possessió i es consideri necessària pels treballs.

En el cas de Castellfollit de la Roca es preveu que caldrà posar especial atenció amb el tractament de la vegetació i el reconeixement de mecanismes de ruptura addicionals als que es coneixen a dia d'avui.

En cas que algun dels emplaçaments descrits no es pogués desenvolupar correctament el treball o els resultats no siguin satisfactoris, ICGC podrà escollir per acord mutu amb l'entitat

adjudicatària un nou emplaçament per implementar la metodologia Machine Learning i el corresponent anàlisis.

3 TASQUES A REALITZAR I RESULTATS A LLIURAR

La contractació planteja una tasca a realitzar segons la finalitat i característiques del servei exposades anteriorment.

Tasca:

Revisió de les series de dades TLS

Per tal d'implementar aquesta metodologia de Machine Learning es revisarà el conjunt de dades TLS disponibles des de l'inici de la captura de dades per cada emplaçament. Aquest fet respon al requeriment d'una posada a punt dels models i ajust de l'aprenentatge i per aquest motiu la metodologia s'implementarà progressivament.

Sessions de treball Empresa adjudicatària-ICGC

Els resultats obtinguts mitjançant la metodologia *Machine Learning* seran contrastats, en sessions de treball, amb els resultats que l'ICGC pugui obtenir amb metodologia semi-automàtica amb l'objectiu de valorar l'operativitat de cada mètode i la convergència de resultats.

Tractament de dades i nous desenvolupaments

Aquesta tasca està orientada a la recerca i vol impulsar el progrés en els mètodes i eines d'anàlisis, així com introduir noves formulacions i desenvolupaments per proveir de noves solucions. En aquest encàrrec la recerca tindrà un enfocament preferent cap a aquests propers reptes:

- Distingir els mecanismes de despreniment identificats a Montserrat en la classificació de clústers candidats a activitat de despreniment. Mirar si s'identifiquen i s'escau una classificació de mecanismes de ruptura a Castellfollit de la Roca.
- Refinar els processos per a l'obtenció de moviments precursors d'inestabilitat amb Machine Learning, i rebaixament del nivell de detecció, atesa la baixa deformabilitat del massís a Montserrat.
- Desenvolupar estratègies de guany de valor al llarg de la sèrie temporal. Assajar atributs en els núvols de punts que manifestin la propensió al soroll o la coherència de les mesures.

Redacció de memòria

Es redactarà una memòria amb la descripció metodològica i que reflecteixi els resultats més importants.

Lliuraments:

La realització de la tasca descrita anteriorment conclourà amb el lliurament dels documents i fitxers següents:

- ✓ Inventari dels despreniments detectats amb la metodologia *Machine Learning* en cada emplaçament. Aquest recollirà tant els atributs obtinguts amb TLS com l'extracció de les GigaFotos corresponents als estats previ i posterior. La informació s'estructurarà en format compatible i complementari a l'inventari de despreniments detectats amb una altra metodologia que elabora l'ICGC. (Excel/Word/PDF). El lliurament per cada campanya processada inclou:
 - Arxiu TXT dels centroides identificats com a despreniment amb els següents camps; coordenades x, y, z, el volum, i el número de despreniment assignat en cada període.
 - Arxiu TXT dels clústers identificats com a despreniment amb els següents camps; coordenades x, y, z, dels punts que formen part del clúster, distància entre punts dels núvols de punts comparats, número de clúster i posició del punt dins del clúster, el volum i el número de despreniment assignat en cada període. També ha d'incloure els atributs de clúster influents en la classificació, segons s'ajusti els models.
- ✓ Memòria metodològica, que descriu la implementació de la metodologia ML i els resultats obtinguts en cada localització. Complementàriament s'inclourà els resultats de la anàlisi de moviments precursors d'inestabilitat en l'emplaçament de Castelfollit de la Roca pels blocs detectats. (Word/PDF).
Es preveu un lliurament únic final.

A petició de qualsevol de les dues parts, es preveu la realització de sessions de treball conjunt amb la finalitat de posar en comú resultats parcials i discutir els avenços dels desenvolupaments de la metodologia en cada localització. Es preveu una sessió semestral. Es compartirà la documentació de treball, gràfics, esquemes, presentacions, etc. No es considera com a lliurament, sinó que és una labor implícita del seguiment.

Difusió de la recerca:

En la mesura que els desenvolupaments assolits i els resultats obtinguts ho permetin, les dues parts potenciaran la seva publicació científica en articles de revista i congressos. Aquestes accions es faran des del principi de cooperació, amb formes de coautoria i reconeixement mutu. Es buscarà també la màxima disseminació oberta i accessible per a un retorn al conjunt a la societat.

4 EQUIP DE TREBALL I MITJANS MATERIALS NECESSARIS PER EXECUTAR EL CONTRACTE

Per a l'execució de les tasques descrites en aquest PPT, l'entitat adjudicatària ha de posar a disposició un equip de treball que consti, d'almenys, 2 experts/es en riscos geològics i en tractament de dades de TLS per a l'execució de les tasques acordades. Un dels experts serà designat com a director/a del treball, i serà la persona que ha de canalitzar totes les peticions, accions i tasques a executar. El director/a del treball assignarà les tasques segons l'execució del grau d'expertesa que puguin ser necessaris i l'àmbit d'acció. A nivell de recursos materials, es requereix disposar del hardware i software adequat a les tasques a desenvolupar per al tractament de núvols de punts d'alta densitat.

5 TERMINIS DE LLIURAMENTS I REUNIONS DE SEGUIMENT

El termini de durada del present contracte s'estableix pel període comprès entre la data de formalització i el 31 de juliol de 2025, data límit per al darrer lliurament, d'acord amb el següent:

- Lliurament al juliol de 2024, o als 4 mesos des de l'inici contracte, amb l'anàlisi de les dades TLS del 2023.
- Lliurament al juliol de 2025 amb l'anàlisi de les dades TLS del 2024.

Tenint en compte que, l'ICGC ha de lliurar les dades TLS, a l'entitat adjudicatària, amb un mínim de 4 mesos abans de la data de lliurament dels resultats per part del contractista.

Cada lliurament inclourà de l'inventari de desprendiments detectats per cada campanya processada. Aquests lliuraments donaran dret a facturació, amb caràcter d'anualitat.

Les sessions de treball conjunt i seguiment, previstes com a mínim una anual, permetran fer un avançament de resultats corresponent a la darrera campanya efectuada.

Pròrroga:

Es preveu la possibilitat de prorrogar el contracte en una anualitat, amb el mateix import de les anualitats del contracte. En tal cas, el contingut tècnic serà una continuació dels treballs en el mateix sentit que aquí es defineix:

Continuació de l'anàlisi dels 4 emplaçaments descrits i seguir desplegant la metodologia *Machine Learning* en 2 emplaçaments més per anualitat que l'ICGC tingui interès en analitzar, amb els corresponents ajustos, i progressar en els desenvolupaments plantejats.

6 VALORACIÓ ECONÒMICA, FACTURACIÓ I CONDICIONS DE PAGAMENT

El pressupost base de licitació del present contracte és de vint-i-cinc mil cent nou euros amb noranta dos cèntims (25.109,92 €) i es desglossa de la manera següent:

	2024	2025	Total
Pressupost	10.376,00 €	10.376,00 €	20.752,00 €
Import total de l'IVA (21%)	2.178,96 €	2.178,96 €	4.357,92 €
Pressupost base de licitació (IVA inclòs)	12.554,96 €	12.554,96 €	25.109,92 €

La quantitat anterior serà abonada per l'ICGC dins els terminis legals corresponents, contra presentació d'una factura anual a data de finalització dels treballs, i vinculada als dos lliuraments descrits anteriorment.

Cada factura haurà de tenir un únic detall o concepte que coincidirà amb l'establert en el plec de clàusules administratives, és a dir "*Implementació de processos de Machine Learning en l'anàlisi de les dades TLS (escàner làser terrestre) per a la detecció d'activitat i indicis de desprendiments a la muntanya de Montserrat i a Castellfollit de la Roca*", que correspondrà a l'annualitat de la prestació dels serveis realitzats segons el pla de treball i facturació previst i, per la quantia adjudicada.

Les entitats recollides a l'article 4 de la Llei 25/2013, de 27 de desembre, d'impuls de la factura electrònica i creació del registre comptable de factures del Sector Públic, tindran l'obligació de lliurar la factura que hagin expedit pels treballs realitzats per mitjans electrònics, d'acord amb l'establert a l'apartat 33 del plec de clàusules administratives.

En la **facturació electrònica** s'ha de fer constar el codi A09024763 als camps òrgan gestor, unitat tramitadora i oficina comptable (Llei 25/2013).

Les dades fiscals de l'Institut que han de constar a la factura són les següents:

- **INSTITUT CARTOGRÀFIC I GEOLÒGIC DE CATALUNYA**
Parc de Montjuïc s/n
08038 Barcelona
NIF: Q0801980D

Miriam Moysset i Gil
Directora

P.D. 2 d'abril de 2014 (DOCG núm. 6601, de 10 d'abril de 2014)