

RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Máster tiene como objetivo desarrollar e implementar de un sistema de sensores, mediante una aplicación práctica y evaluar su viabilidad técnica, económica y operativa para la monitorización de taludes ferroviarios.

Se estudia su aplicación en el talud de Briones, ubicado en la Línea 700 (Castejón–Bilbao). La investigación se fundamenta en una revisión detallada del estado del arte sobre los procesos de inestabilidad de laderas y los sistemas de alerta temprana, complementada con un análisis del procedimiento de mantenimiento actual en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG).

Se ha realizado una caracterización geológica y geotécnica del talud de estudio, incluyendo una evaluación histórica de eventos relacionados con deslizamientos y precipitaciones. Asimismo, se ha definido e instalado una red de sensores compuesta por clinómetros y estaciones meteorológicas, que permiten correlacionar datos de lluvia y desplazamiento del terreno para anticipar fallos estructurales. A partir de estos datos, se proponen umbrales de actuación específicos y un sistema de gestión de alertas vinculadas a la gestión ferroviaria.

El trabajo concluye con una comparativa económica entre la solución de monitorización y una actuación correctiva tradicional, así como una propuesta de integración de esta tecnología en los protocolos de actuación frente a temporales de lluvia establecidos en el Plan de Contingencias de ADIF. Los resultados obtenidos demuestran el potencial de los sistemas predictivos para reducir riesgos, optimizar recursos y mejorar la seguridad operativa de la infraestructura ferroviaria.

ABSTRACT

This Master's Thesis aims to develop and implement a sensor-based system through a practical application and to assess its technical, economic, and operational feasibility for monitoring railway slopes.

The case study focuses on the Briones slope, located on Line 700 (Castejón–Bilbao). The research is grounded in a detailed review of the state of the art regarding slope instability processes and early warning systems, complemented by an analysis of the current maintenance procedures applied in Spain's railway network (RFIG).

A geological and geotechnical characterization of the studied slope has been carried out, including a historical review of landslide-related events and precipitation patterns. A sensor network consisting of inclinometers and weather stations was installed to monitor real-time data on rainfall and slope movement. This allowed the establishment of specific thresholds for early warning alerts and the definition of a tiered response protocol.

The thesis includes a cost and time comparison between the predictive monitoring system and traditional corrective interventions and proposes the integration of this monitoring strategy into ADIF's official response protocol for heavy rainfall events, as outlined in its Contingency Plan. Results show that predictive maintenance through sensor technology not only enhances operational safety but also significantly improves resource efficiency and reduces the economic impact of slope failures on railway operations.