

Anexos

Anexos Actividad 12: Avances tecnológicos y desarrollo de plataforma para la visualización de datos y la atención de emergencias

En el contexto de la gestión del riesgo de desastres por movimientos en masa, resulta crucial desarrollar herramientas efectivas para el monitoreo de zonas de interés. Con este propósito en mente, el equipo de Geotecnia desarrolló una plataforma que agiliza la toma de decisiones y la implementación de medidas preventivas frente a situaciones de riesgo. La plataforma de visualización de datos constituye una interfaz gráfica de usuario que ofrece una visión integral de los indicadores clave de estado pertinentes. La configuración de la plataforma se orienta hacia la integración de información proveniente del monitoreo en tiempo real y los resultados de investigaciones finalizadas y en curso. Asimismo, busca, mediante la utilización de diversos recursos como gráficos, series temporales, estado de sensores y cámaras, identificar y monitorear cambios en las condiciones hidrometeorológicas del entorno y cambios en el terreno.

El propósito principal de la plataforma es permitir a los usuarios monitorear eficientemente las condiciones del terreno y la actividad de los movimientos en masa. Este monitoreo efectivo contribuye a la adopción de medidas preventivas ante eventos de gran escala. Además, la información de los sensores posibilita la identificación y supervisión de cambios en las condiciones hidrometeorológicas y del terreno, mejorando así la gestión del riesgo. La construcción de la plataforma tiene como objetivo central consolidar información relevante para respaldar a diversas entidades en el monitoreo de emergencias por movimientos en masa en el Valle de Aburrá.

Esta herramienta se denomina SIAMMO: Sistema Integrado de Alertas y Monitoreo de Movimientos en Masa. El desarrollo de esta plataforma hace uso del framework *Dash* que es usado para construir rápidamente aplicaciones de datos en Python. *Dash* es ideal para construir y desplegar aplicaciones de datos con interfaces de usuario personalizadas al estar escrito sobre Plotly.js y React.js. En la Figura 1, se presenta un esquema conceptual representativo de la plataforma de visualización.

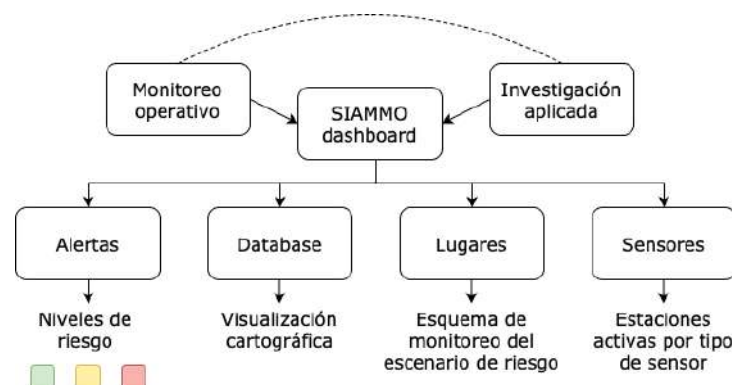


Figura 1: Esquema conceptual representativo de la plataforma de visualización.

Esta plataforma consta de las siguientes secciones:

I. Alertas:

La sección de Alertas se divide en 3 subsecciones.

- **Precipitación:** La primera subsección contiene gráficos derivados de la investigación sobre la relación entre la precipitación y la incidencia de movimientos en masa. En esta subsección se presentan tres gráficas. Las dos primeras comparan la lluvia reciente de 1 y 7 días con la lluvia antecedente de los 90 días previos, con el objetivo de determinar la probabilidad de que ocurran movimientos en masa en diferentes lapsos de tiempo. Los puntos en los gráficos representan los datos de los pluviómetros de la red de SIATA. La tercera gráfica es el resultado de la investigación sobre la relación entre el acumulado y la duración de eventos de precipitación y la incidencia de movimientos en masa. En estos gráficos, cada pluviómetro se representa con un punto cuyo color refleja su posición con respecto a la línea de decisión. Si el punto está por debajo de la línea, su color es cian; si está por encima, cambia a rojo, y si se encuentra dentro del intervalo de confianza, su color es naranja. Las etiquetas de estos puntos, al tratarse de gráficas dinámicas, se despliegan al posar el cursor sobre cada punto, proporcionando información básica como el número de la estación y el nombre del pluviómetro.
- **Valores:** La segunda subsección corresponde a la tabla de Alertas por Valores, donde se visualizan dos tipos de sensores: extensómetros y acelerómetros. Estos se muestran de acuerdo con el deslizamiento asociado para los siguientes periodos: 3, 6 y 12 horas, 1, 7, 30 y 90 días. A cada valor en esta tabla se le asigna un color según la criticidad de los registros para permitir una rápida y asertiva visualización de su estado, utilizando los colores de riesgo: verde, amarillo y rojo.
- **Transmisión:** La tercera subsección corresponde a la tabla de Alertas por Transmisión de Datos. En esta tabla se presentan los sensores que han tenido una transmisión de datos menor al 80 % en los últimos 7 días. Estos valores se actualizan diariamente al mediodía. A cada valor se le asigna un color dependiendo de la criticidad de la transmisión, siendo rojo para valores inferiores al 10 % y amarillo para valores superiores a este umbral.

II. Database:

La sección Database está enlazada con el Visor Geoespacial de la Base de Datos para la Atención de Emergencias, siendo esencial para la delimitación espacial de las variables de interés en el mapa, facilitando así su análisis y comprensión. Este visor incluye el contorno de los municipios del área metropolitana y mapas base satelitales y de terreno. Además, el geovisor cuenta con diversas capas temáticas que ofrecen información detallada sobre el monitoreo e investigación de los movimientos en masa. Concretamente, es posible acceder a la siguiente información:

- **Deslizamientos:** esta capa muestra los contornos espaciales de los movimientos en masa que se están monitoreando, junto con sus metadatos como sector o barrio, municipio, coordenadas y sensores asociados.
- **Inventario:** La capa de “Inventario” abarca un registro exhaustivo de desastres relacionados con movimientos en masa, consolidado a partir de diversas fuentes de información, como DESINVENTAR, el semillero Geohazards de la Universidad Nacional y la base de datos compilada por el DAGRD. En esta capa, cada punto está etiquetado con la tipología específica del movimiento en masa, además de mostrar la fecha y hora de la ocurrencia registrada.
- **Alerta pluviómetros:** esta capa ofrece una visualización geoespacial de la red pluviométrica de SIATA. Cada estación se etiqueta con su número correspondiente, el nombre asociado al pluviómetro e información de la duración y acumulado del evento de precipitación en curso, si lo hay.
- **inSAR:** esta capa presenta el análisis más reciente para el Valle de Aburrá.

Además, la base de datos alberga información geoespacial crucial para la generación de informes durante situaciones de emergencia, como datos sobre geología, geomorfología, coberturas del terreno, modelos digitales de elevación, pendientes y otras variables. Aunque esta información no sea visible en el mapa, resulta vital para realizar consultas rápidas sobre las condiciones de nuevos movimientos en masa, generando informes informativos para consulta institucional y/o pública. Esto facilita el apoyo a las entidades frente a una emergencia.

Al final de todas las capas, se encuentra una sección destinada al dibujo o carga de archivos shapefile, que contienen polígonos o áreas de interés relacionadas con una emergencia específica. Esta funcionalidad permite consultar todas las capas mencionadas anteriormente y generar informes de manera eficiente y rápida. Estos informes posibilitan la visualización de las condiciones del terreno, aspectos geológicos e históricos del lugar, y pueden complementarse posteriormente con la interpretación y las conclusiones de expertos, con el objetivo de ofrecer información precisa en caso de una emergencia.

III. Investigación:

La sección de Investigación incluye un elemento llamado Equipo de Trabajo donde se presenta información básica del equipo de movimientos en masa y sus integrantes, así como sus perfiles profesionales. Además, estructura el contenido relacionado con las tecnologías de monitoreo de movimientos en masa:

- Pluviómetro
- Extensómetro
- Acelerómetro
- Sensor de humedad
- Piezómetro
- GNSS
- Sensor de Nivel de Drenaje
- Reflectometría en el Dominio del Tiempo (TDR)
- Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR)
- Índices de Cobertura
- Cámaras
- Radar Interferométrico Terrestre
- Radar Meteorológico

En general, para cada una de estas secciones se integran diversas herramientas y métodos utilizados para detectar y supervisar los movimientos en masa, con énfasis especial en su funcionamiento, imágenes, procesamiento de datos y aplicabilidad en su comprensión y predicción. Para esto, se tienen en cuenta las siguientes temáticas:

- **Funcionamiento y Objetivo:** Se profundiza en la descripción de cómo cada tecnología opera y cuál es su propósito fundamental en el monitoreo de movimientos en masa. Desde los sensores en tierra hasta los remotos, cada sección aborda cómo estas herramientas capturan datos y brindan información clave para evaluar las condiciones del terreno y la posible ocurrencia de eventos.
- **Imágenes y Ejemplos Visuales:** El contenido incluye imágenes y esquemas que ilustran el funcionamiento y la aplicación de cada tecnología. Estas imágenes proporcionan una representación visual de cómo se despliegan las herramientas en el campo, cómo generan datos y

cómo estos datos se presentan en forma de imágenes o gráficos. Los ejemplos visuales, como imágenes de índices de cobertura o interferogramas generados por el InSAR, permiten una comprensión más clara de cómo se observan los cambios en la superficie terrestre.

- **Lectura y Procesamiento de Datos:** Se profundiza en el proceso integral de recolección y procesamiento de datos de cada tecnología, cubriendo aspectos desde la adquisición de información mediante los sensores, su interpretación mediante los códigos del repositorio RedLands, hasta el procesamiento inicial que implica la evaluación de la calidad de datos, la depuración y organización de los mismos, y la derivación de variables esenciales para comprender las series temporales de manera efectiva.
- **Posprocesamiento y Análisis de Datos:** Se explica cómo se realiza el posprocesamiento de los datos para identificar patrones, tendencias y cambios sutiles en la superficie terrestre que podrían indicar la ocurrencia o evolución de movimientos en masa. Esta sección resalta cómo las tecnologías proporcionan información crucial para la detección temprana y la predicción de estos eventos.
- **Aplicaciones y Futuras Investigaciones:** Cada sección concluye con una mirada a las aplicaciones actuales y futuras de cada tecnología. Desde la detección automatizada de movimientos en masa utilizando sensores remotos hasta la integración de datos de diferentes sensores para una comprensión más completa de las condiciones desencadenantes, se destaca cómo estas herramientas avanzan en la investigación y prevención de estos eventos.

Como último elemento en la sección, se presenta la información sobre “RedLands”. Este apartado hace referencia a la documentación del repositorio de códigos del equipo de Movimientos en Masa. La documentación abarca desde los conceptos fundamentales hasta las funcionalidades avanzadas del repositorio, proporcionando una guía exhaustiva para asegurar una comprensión completa y un uso efectivo de los códigos. Los diversos módulos y sus clases dentro de la documentación del repositorio RedLands se presentan como componentes clave que abarcan una amplia gama de funciones y capacidades. Estos módulos, como “Consultas”, “Reportes” y “Vigilancia”, establecen tres grandes grupos de códigos. A continuación, se describe en detalle la estructura y el contenido de los módulos y sus componentes principales:

- **Módulo de Funciones de Consultas (“funcionesConsultas”):** Este módulo se centra en realizar consultas de datos relacionados con movimientos en masa y deslizamientos. Estas consultas incluyen la recopilación, descarga, limpieza, análisis, visualización y vigilancia de datos. Contiene las siguientes clases:
 - Pluviómetro
 - Extensómetro
 - Acelerómetro
 - Humedad
 - Piezómetro
 - GNSS
 - Nivel
 - TDR
 - Cámaras
 - Radar
 - Deslizamientos
- **Módulo de Funciones de Vigilancia (“funcionesVigilancia”):** Este módulo se encarga de las operaciones de vigilancia y monitoreo en tiempo real. Realiza consultas periódicas para los sensores asociados al monitoreo de movimientos en masa en sus métodos de vigilancia y reporta los datos obtenidos para la creación de informes. Contiene los siguientes métodos:

- Vigilancia
- vigilarPluviometro
- vigilarExtensometro
- vigilarAcelerometro
- vigilarHumedad
- vigilarTDR
- vigilarCamara

- **Módulo de Funciones de Reporte (“funcionesReporte”)**: Este módulo se enfoca en la generación de informes a partir de los datos recopilados. Procesa los datos obtenidos por los sensores para proporcionar una visión de las mediciones realizadas y utiliza esta información para crear gráficos visuales e intuitivos. Estos gráficos abarcan tanto datos pluviométricos como imágenes capturadas por cámaras de vigilancia. La combinación de estas diversas fuentes de información posibilita la generación de informes completos y detallados. Sus métodos son:

- dibujarPluvio
- dibujarCamara
- crearReporteSensores
- crearReporteDeslizamientos

IV. **Generador:**

Esta sección cuenta con dos menú desplegables que contienen los movimientos en masa monitoreados y los sensores con los que cuentan, además de dos seleccionadores de fechas de inicio y final para realizar una consulta y mostrar la gráfica del sensor solicitado entre las fechas de interés.

V. **Lugares:**

Esta sección presentará una lista de todos los movimientos en masa monitoreados. Al dar selección a alguno de ellos, se presentarán las gráficas interactivas con los datos de los últimos 3 meses de los sensores vinculados, la última foto de las cámaras asociadas así como la animación de los últimos 7 días. Además, si la zona corresponde a un SATC, también se mostrarán sensores de nivel y radar.

VI. **Sensores:**

Esta sección muestra una lista de todos los sensores utilizados en el monitoreo de movimientos en masa: pluviómetros (asociados a movimientos en masa), extensómetros, acelerómetros, TDR, sensores de humedad, piezómetros y cámaras. Al seleccionar cada sensor, se puede visualizar un historial de los últimos 3 meses de datos, junto con información básica sobre cada uno de ellos. Además, se presenta una tabla que enumera todos los sensores junto con sus metadatos correspondientes.

En conclusión, la plataforma SIAMMO representa un paso significativo en la gestión integral del riesgo por movimientos en masa, ofreciendo una herramienta robusta y efectiva para la toma de decisiones y la respuesta rápida ante emergencias. La combinación de tecnologías de monitoreo, visualización de datos y análisis espacial proporciona a los usuarios una visión completa de las condiciones del terreno. La sección de Alertas destaca la importancia de la información en tiempo real, mientras que la base de datos geoespacial facilita la comprensión espacial de variables críticas. La sección de Investigación profundiza en las tecnologías utilizadas, asegurando un enfoque integral en su funcionamiento, procesamiento de datos y aplicaciones. La inclusión del repositorio RedLands y sus módulos fortalece la base técnica del sistema. En conjunto, SIAMMO emerge como una herramienta esencial proporcionando una plataforma versátil y completa para enfrentar y alertar sobre los riesgos asociados a movimientos en masa en el Valle de Aburrá.