

El uso de geotecnologías y análisis multicriterio para apoyar la toma de decisiones en materia de asentamientos irregulares

Análisis de caso: Uruguay

Serie de Notas Técnicas CAF Vivienda en foco

Desafíos y soluciones para atender las demandas habitacionales de América Latina y el Caribe

En el marco de la Estrategia de Vivienda Adecuada y Hábitat 2031

CAF 2026

Construida/Producida por la **Dirección de Hábitat y Movilidad Sostenible**, de la **Gerencia de Desarrollo Territorial Sostenible** dentro de la **Vicepresidencia Corporativa de Programación Estratégica de CAF**.

Julián Suárez Migliozi, gerente de Desarrollo Territorial Sostenible, CAF.

Emil Rodríguez Garabot, director de Hábitat y Movilidad Sostenible, CAF.

Coordinación y redacción

Yuri Resnichenko (coordinación) y **Patricia Machín**

Colaboración

Carol Castañeda, **Carlos Cohn**, **Facundo Correa**, **Ignacio Fagián**, **Mauro Gómez**

Patricia Machín, **Mariana Isis Salas**

Edición y diseño

Dirección de Hábitat y Movilidad Sostenible – CAF: **Amparo Arteaga**, **Pablo Lopez** y **Mariana Poskus**

Diseño y maquetación: **Estefanie Quispe Salas**



Obra digital disponible en la biblioteca virtual de CAF scioteca.caf.com con acceso abierto bajo la licencia

Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC-BY-NC-ND 4.0)

Para ver una copia de esta licencia, visita <http://creativecommons.org/by-nc-nd/4.0>

Las ideas y opiniones expresadas en esta obra son las de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de CAF ni comprometen a la organización. Los términos empleados y la presentación de los datos que en ella aparecen no implican toma alguna de posición de parte de CAF en cuanto al estatuto jurídico de los países, territorios, ciudades o regiones ni respecto de sus autoridades, fronteras o límites.



El uso de geotecnologías y análisis multicriterio para apoyar la toma de decisiones en materia de asentamientos irregulares

Análisis de caso: Uruguay

Yuri Resnichenko (coordinación)

Patricia Machín



Figura 1. Montevideo, Uruguay. Fuente: tomada de <https://www.pexels.com/es-es/foto/punto-de-referencia-edificios-rascacielos-urbano-20840610/> (22 de Octubre de 2024).

Contenido

Resumen ejecutivo — 9

Capítulo 1

Marco contextual — 10

Antecedentes institucionales — 11

Objetivos del proyecto — 12

Asentamientos irregulares: desafíos y estrategias de gestión — 12

Capítulo 2

Una geoplataforma para la toma de decisiones — 12

Fases de la perspectiva técnica — 15

Fase exploratoria — 16

Fase de análisis de datos — 20

Fase de implementación — 23

Fase de difusión — 34

Conclusiones — 35

Bibliografía — 36

Siglas y abreviaturas

ACIJ - Asociación civil por la igualdad y la justicia

AAIL - Asentamientos irregulares

CAF - Banco de desarrollo de América Latina y el Caribe

CND - Corporación Nacional para el Desarrollo

Dinisu - Dirección de Integración Social y Urbana

Dinot - Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial

IIGOT - Infraestructura de Información Geoespacial para el Ordenamiento Territorial

MVOT - Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial

PIAI - Programa de Integración de Asentamientos Irregulares

PMB - Plan de Mejoramiento Barrial

PNR - Plan Nacional de Relocalización de Viviendas

SIT - Sistema de Información Territorial

Resumen ejecutivo

Este proyecto introduce una solución innovadora para la gestión de asentamientos irregulares mediante el desarrollo de un sistema integral de caracterización y análisis. Diseñado para ofrecer a las autoridades una herramienta avanzada, el sistema facilita la implementación de políticas que mejoran las condiciones de vida en estos asentamientos.

La propuesta central del proyecto es un modelo detallado que integra datos sobre el acceso a servicios básicos, métodos multicriterio, planificación territorial y tecnologías geoespaciales. Este modelo se materializa en una geoplataforma interactiva y personalizable, que permite una comprensión espacial y multidimensional de las necesidades prioritarias en estos barrios informales.

La plataforma desarrollada no solo proporciona una visión clara y estéticamente amigable del fenómeno, sino que también ofrece herramientas robustas para la toma de decisiones informada. Incluye un visualizador avanzado, gráficos y estadísticas que permiten ajustar ponderaciones, seleccionar capas de información y realizar análisis personalizados. La plataforma también incorpora definiciones conceptuales para cada dato y facilita la consulta de información mediante filtros y listados por unidades territoriales.

Es fundamental tener presente que, aunque la perspectiva técnica es el enfoque principal de este proyecto, la toma de decisiones sobre asentamientos irregulares está también influenciada por factores económicos, jurídicos y políticos. La perspectiva técnica se enfoca en un análisis objetivo y metodológico, proporcionando una base sólida para la evaluación de las necesidades y soluciones. Por otro lado, la dimensión jurídica aborda aspectos como la titularidad del terreno y los derechos de los ocupantes, que son esenciales para garantizar que las políticas implementadas respeten los derechos legales y se ajusten al marco normativo vigente. La perspectiva económica evalúa la disponibilidad de recursos necesarios para implementar las soluciones propuestas, mientras que la esfera política incorpora elementos del contexto social y gubernamental para una visión integral del problema.

Este proyecto no solo contribuye a una gestión más eficiente de los asentamientos irregulares en Uruguay, sino que también establece un modelo replicable para otras regiones con desafíos similares. Su enfoque multidimensional y especializado promueve una planificación territorial más inclusiva y efectiva.

Capítulo 1.

Marco Contextual

El «Proyecto para la caracterización de asentamientos irregulares (AAIL) y definición de prioridades para la intervención en Uruguay» se formuló como una propuesta innovadora para abordar este tema. El enfoque, basado en una perspectiva geoespacial, utiliza herramientas informáticas que facilitan el análisis y la consulta de la información de manera amigable y personalizable. Esta condición permite que autoridades y técnicos puedan interactuar con la solución desarrollada sin ser expertos en el uso de estas herramientas.

Este trabajo fue una iniciativa liderada por la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial (Dinot) del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MVOT), con el apoyo financiero de CAF - Banco de Desarrollo de América Latina, a través de una Cooperación Técnica No Reembolsable (Resolución P.E. N° 0213/21 del 24 de diciembre de 2021). El objetivo principal del proyecto fue caracterizar los asentamientos irregulares en Uruguay, con el fin de respaldar la gestión del ordenamiento territorial y facilitar la toma de decisiones basada en datos.

Para su ejecución, el MVOT, CAF y la Corporación Nacional para el Desarrollo (CND) establecieron un convenio de cooperación técnica con un período de implementación que abarcó desde octubre de 2022 hasta diciembre de 2023. El proyecto fue implementado por la Dinot en coordinación con la Dirección de Integración Social y Urbana (Dinisu), también perteneciente al MVOT. El equipo central del proyecto estuvo compuesto por varios especialistas contratados: dos geógrafos (uno experto en métodos multicriterio y otro en información geográfica) y dos informáticos (un desarrollador y un programador web). La coordinación y supervisión del proyecto fueron responsabilidad del personal técnico de la Dinot, que trabajó tanto en la construcción teórica como en la ejecución práctica del proyecto.

El trabajo desarrollado se estructuró en varias fases. La primera fase fue exploratoria, durante la que se inventarió, estandarizó y seleccionó la información necesaria para el proyecto. La segunda fase consistió en el análisis de los datos, donde se diagramó el flujo de trabajo para generar los análisis con la información disponible.

En esta etapa, fue fundamental la participación de técnicos de diversas instituciones especializadas al momento de ponderar la información, aprovechando su experiencia y conocimiento en la temática. A continuación, se avanzó a la fase de implementación, en la que se diseñó y desarrolló la geoplataforma, integrando un visualizador, gráficos y estadísticas con una estética amigable para representar el fenómeno estudiado. Finalmente, en la fase de difusión, se crearon guías de uso y se participó en diversos eventos para promover el trabajo realizado.

Antecedentes institucionales

El Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente fue creado en 1990 por la Ley 16.112, que detalla sus funciones en el artículo 3. Entre sus principales responsabilidades se encuentran la formulación, ejecución, supervisión y evaluación de los planes de vivienda y desarrollo urbano, así como la implementación de la política nacional en estas áreas. Además, es la institución que regula la temática de vivienda en zonas urbanas y suburbanas, controla las actividades de las entidades actuantes en dicha materia y procura su coordinación y promoción de las de interés social.

La atención estatal a los asentamientos irregulares como una problemática que afecta al desarrollo potencial del país tiene una larga trayectoria y se ha consolidado como una política de Estado, independientemente de los diferentes gobiernos.

Dentro del Ministerio se han desarrollado diversos instrumentos institucionales para cumplir con la política nacional de vivienda, entre los que se destacan: el Programa de Integración de

Asentamientos Irregulares (PIAI) en 1996, el Plan de Mejoramiento Barrial (PMB) en 1999, el Plan Nacional de Relocalización de Viviendas (PNR) en 2010, el Programa Socio-Habitacional Juntos en 2011 y la Dirección Nacional de Integración Social y Urbana (Dinisu) en 2020.

Por su parte, la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial (Dinot) cuenta con el Sistema de Información Territorial (SIT), una herramienta para el manejo y análisis de información geoespacial, que incluye una extensa base de datos con información geográfica propia y de otros organismos. Este sistema, cuyos objetivos están delimitados por la Ley 18.308 de Ordenamiento territorial y desarrollo sostenible, permite realizar un análisis exhaustivo de la situación de los asentamientos, cuya ubicación geoespacial se actualiza de manera periódica por parte del Ministerio con el apoyo y validación de actores locales como las Intendencias y Alcaldías.

Además, la Dinot ha promovido la creación de la Infraestructura de Información Geoespacial para el Ordenamiento Territorial (IIGOT), concebida como una red para compartir información que sustente la toma de decisiones. Esta nueva institucionalidad busca que cada gobierno departamental establezca su nodo de información geográfica, integrándose en un sistema que garantice datos confiables, actualizados y de calidad para una gestión territorial eficiente.

Objetivos del proyecto

El objetivo general de este proyecto fue **caracterizar los asentamientos irregulares en Uruguay mediante un método multicriterio y presentar los resultados a través de una geoplataforma personalizable, que sirva como apoyo técnico para la toma de decisiones.**

Como objetivos específicos estaban crear una base de datos actualizada y validada que abarcara todos los asentamientos irregulares en Uruguay, permitiendo evaluar y ponderar diversas variables de riesgo a través de una matriz multicriterio. Además, desarrollar una plataforma informática que proporcionara datos geoespaciales actualizados, robustos y confiables, con el fin de apoyar a la gestión y toma de decisiones acerca de las intervenciones en los asentamientos irregulares y facilitar la gestión en los todos los niveles de gobierno.

Asentamientos irregulares: desafíos y estrategias de gestión

A nivel internacional, no existe un consenso sobre qué constituye un barrio informal (BID, 2021). Una aproximación a la definición es la de ONU Hábitat (2020) que conceptualiza a un hogar en un barrio marginal como aquel en el que sus habitantes enfrentan una o más de las siguientes privaciones: falta de acceso a una fuente de agua mejorada, falta de acceso a instalaciones de saneamiento adecuadas, insuficiencia en la superficie habitable, falta de durabilidad de la vivienda e inseguridad en la tenencia de la propiedad. Además, algunos autores amplían esta definición para incluir la localización de estos asentamientos, que frecuentemente se encuentran en zonas peligrosas y propensas a desastres socioambientales, cerca de actividades industriales contaminantes, laderas inestables o riberas inundables. Asimismo, se observa que los residentes de estos barrios suelen tener acceso limitado al espacio público y a áreas verdes. En algunos países, la definición de asentamiento informal varía dentro de su territorio, lo que genera desafíos metodológicos en la recolección de datos y en la evaluación de programas y políticas públicas a nivel nacional.

En Uruguay, **los asentamientos irregulares se definen como «agrupamiento de más de diez viviendas, ubicados en terrenos públicos o privados, construidos sin autorización**

del propietario en condiciones formalmente irregulares, sin respetar la normativa urbanística. A este agrupamiento de viviendas se le suman carencias de todos o algunos servicios de infraestructura urbana básica en la inmensa mayoría de los casos, donde frecuentemente se agregan también carencias o serias dificultades de acceso a servicios sociales» (INE - PIAI/Mvotma, 2006). Esta definición fue consensuada con miras al desarrollo del relevamiento de asentamientos realizado durante el transcurso de ese año en todo el territorio nacional.

De manera general, los asentamientos irregulares pueden caracterizarse por tres componentes esenciales: el tipo de acceso al suelo, la construcción de la vivienda y la obtención de bienes colectivos y servicios urbanos (servicios públicos, equipamientos, infraestructura). En varios países han existido organizaciones públicas que se han puesto en la tarea de regular los asentamientos irregulares, dejando claro que el mayor interrogante de los gobiernos no es el de saber si es necesario o no reprimir el fenómeno, sino por el contrario reunir las condiciones necesarias para asegurar el éxito de una regularización que vaya más allá de la adquisición de un título de propiedad, solucionando de manera coordinada los eventuales problemas jurídicos, urbanísticos o fiscales (Mosquera y Ahumada, 2005).

En tanto, la planificación territorial es una herramienta clave para mejorar el acceso de la población a los servicios urbanos, especialmente para quienes residen en asentamientos irregulares (Montes Lira, 2001). Esta planificación permite que en las políticas públicas se incluyan mecanismos de acceso al suelo y se impulsen amplios planes de vivienda.

En este contexto, **los métodos multicriterio juegan un papel crucial al permitir la evaluación de diversas alternativas para el uso del suelo, la gestión de recursos y la implementación de políticas públicas.** Estas técnicas analíticas están diseñadas para evaluar y comparar escenarios en situaciones que requieren

considerar múltiples criterios simultáneamente. Permiten integrar diversas perspectivas y valorar opciones basándose en factores que suelen ser conflictivos o difíciles de comparar. En temas con clara expresión territorial estos métodos permiten considerar factores como la localización y distribución espacial de recursos o problemas en la evaluación de alternativas, integrando datos geográficos y juicios de valor para proporcionar información útil en la toma de decisiones (Malczewski, 2006).

El enfoque de evaluación espacial multicriterio en asentamientos irregulares implica ponderar factores como la accesibilidad a servicios básicos, la vulnerabilidad a riesgos ambientales y la legalidad de la tenencia de la tierra. Esta técnica requiere integrar datos espaciales y socioeconómicos para priorizar decisiones estratégicas con mayor impacto (Malczewski y Rinner, 2015).

Existen diversos estudios que han aplicado el método multicriterio en el contexto de los asentamientos irregulares. Algunos de estos trabajos se han enfocado en la planificación territorial y mejora de la gestión de los asentamientos, como es el caso de India (2014), Indonesia (2018), Irak e Inglaterra (2023). Otros estudios se han centrado en aspectos ambientales, como la vulnerabilidad hídrica y el saneamiento en países como Chile (2021) y Etiopía (2022). Asimismo, se ha realizado una investigación orientada a predecir la ubicación de asentamientos irregulares en México (2015), por citar algunos ejemplos.

Capítulo 2.

Una geoplataforma para la toma de decisiones

A través del desarrollo de este proyecto se creó una innovadora e interactiva geoplataforma para la caracterización y análisis de asentamientos irregulares en Uruguay. Este producto no solo representó una solución de avanzada para este país, sino que estableció un modelo replicable y adaptable a otras regiones con desafíos similares en la gestión de los barrios informales.

Esta herramienta integral ofrece una visualización clara y estéticamente amigable del fenómeno, junto con herramientas robustas para apoyar la toma de decisiones informada. La plataforma incluye un visualizador, gráficos personalizados y estadísticas que permiten ajustar ponderaciones, seleccionar capas de información y realizar análisis detallados. Además, incorpora definiciones conceptuales para cada dato y facilita las consultas mediante filtros y listados, lo que optimiza la comprensión de las características de los asentamientos irregulares.

Uno de los aspectos más destacados es su diseño intuitivo, que permite la facilidad de consulta por parte de los usuarios, incluso aquellos que no son expertos en tecnologías geoespaciales. La capacidad de personalización y la posibilidad de realizar consultas específicas permiten un análisis flexible y ajustado a diferentes contextos.

Entre las capacidades de la geoplataforma se destaca la construcción del **índice fragilidad socioterritorial de los asentamientos irregulares. Este expresa de manera integrada las condiciones externas que impactan en la calidad de vida de los habitantes de este tipo de asentamientos.** El parámetro se construyó mediante un análisis multicriterio que integró 30 variables representadas en 63 capas de información geográfica. Las puntuaciones resultantes reflejaron el grado de fragilidad, agrupadas en cinco categorías analíticas: Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto, facilitando así su interpretación y uso para la toma de decisiones.

Para que los datos que constituyen la plataforma sean sostenibles, se establecieron principios procedimentales y metodológicos desde la fase de planificación, enfocados en el uso eficiente de recursos y la transferencia de conocimientos, que aseguran que el trabajo se mantenga y evolucione a partir de las capacidades institucionales. Además, el apoyo de la geoplataforma se conforma por datos oficiales, generados y proporcionados regularmente por distintos organismos del Estado, lo que elimina la necesidad de inversiones adicionales.

El equipo contratado para este proyecto tuvo un rol destacado en la construcción de la solución metodológica e informática, tanto por su competencia técnica como por su dedicación. Dentro de sus tareas estaba incluida la transferencia de capacidades al equipo permanente de la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial (Dinot), lo que permitió a la institución continuar con el trabajo sin depender de profesionales externos. El Sistema de Información Territorial (SIT) de la Dinot asume la gestión y mantenimiento de la información geográfica creada, garantizando de esta manera la continuidad de los logros alcanzados en el manejo de datos geoespaciales y fortaleciendo la capacidad institucional de manera sostenible.

Fases de la perspectiva técnica

La toma de decisiones, especialmente en el tema de asentamientos irregulares, implica tener en cuenta múltiples factores y componentes. En este sentido se incluyen variables de distinta índole, desde una **perspectiva económica** donde hay que considerar la disponibilidad de recursos para llevar a cabo las acciones, una **perspectiva jurídica** que asegure aspectos como la titularidad del terreno y los derechos de los ocupantes y toda otra acción a desarrollar, una **perspectiva política** que integre los elementos intangibles y contextuales y la **perspectiva técnica** que se centre en los aspectos objetivos para definir metódicamente las diferentes situaciones.

Este trabajo se enfocó exclusivamente en la perspectiva técnica, sin pretender sustituir a los demás componentes que serán incorporados por los gestores en el proceso de toma de decisión. Para abordar este aspecto del problema, se emplearon técnicas multicriterio, herramientas ampliamente utilizadas en la planificación y las tecnologías de la información geográfica como base para el análisis espacial.

La aplicación de la metodología del proyecto se estructuró en las siguientes cuatro fases: exploración, análisis de datos, implementación y difusión, a continuación se detallan.

1

Fase exploratoria

La fase exploratoria incluyó las tareas de inventariar, seleccionar y estandarizar la información y los procesos relacionados con los dos componentes del proyecto: el conceptual-metodológico y el informático.

Se realizó, entonces, un relevamiento exhaustivo de toda la información geográfica disponible en el país, tanto vectorial como raster, a nivel departamental y nacional. Del conjunto de capas inventariadas se establecieron criterios para la selección de las más pertinentes.

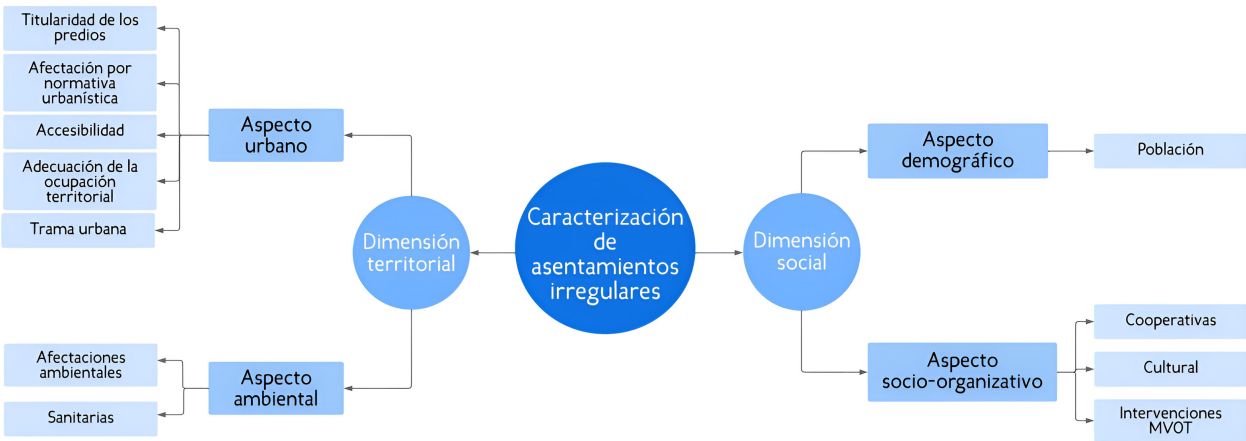


Figura 2. Dimensiones consideradas en la organización de la información. Elaboración propia.

Para esta evaluación se consideraron la actualidad de los datos, la escala y resolución, la interoperabilidad, el área de cobertura, la pertinencia y accesibilidad.

Además, se relevó la bibliografía sobre evaluación multicriterio, con el fin de identificar el método más apropiado para los objetivos del proyecto y la información disponible.

Una parte importante de esta metodología se concentró en cómo estructurar la información para que resultara operativa a las finalidades del proyecto. En la evaluación de los diferentes enfoques se optó por la metodología propuesta por Cecilio y Couriel (2008) en *Caracterización física y social de los asentamientos irregulares y sus entornos*, a la que se le realizaron ajustes metodológicos específicos para este propósito. Las adaptaciones incluyeron la incorporación de nuevas variables de análisis y la modificación de la clasificación de las variables existentes.

En base a estos criterios, la información se organizó en dos dimensiones principales: territorial y social. Cada una de estas dimensiones se subdividió en dos aspectos: urbano y ambiental para la dimensión territorial, y demográfico y socio-organizativo para la dimensión social.

Finalmente, se integraron once temáticas específicas que se organizaron de la siguiente manera: titularidad de los predios, afectación por normativa urbanística, accesibilidad, adecuación de la ocupación territorial y trama urbana quedaron incluidas en el aspecto urbano; afectaciones ambientales y sanitarias dentro del aspecto ambiental; el tema de población conformó el aspecto demográfico; los temas de cooperativas, culturales e intervenciones del MVOT conformaron el aspecto socio-organizativo. A su vez, esas 11 temáticas contenían 31 variables que involucraban 63 capas de información.

2

Fase de análisis de datos

Tomando como base los insumos metodológicos analizados, se procedió a diagramar el flujo de datos para generar la información necesaria y alcanzar los objetivos del proyecto.

Una vez identificados los datos necesarios para el desarrollo del proyecto, las fuentes oficiales que los proveían y la forma de estructurarlos, se procedió a su estandarización.

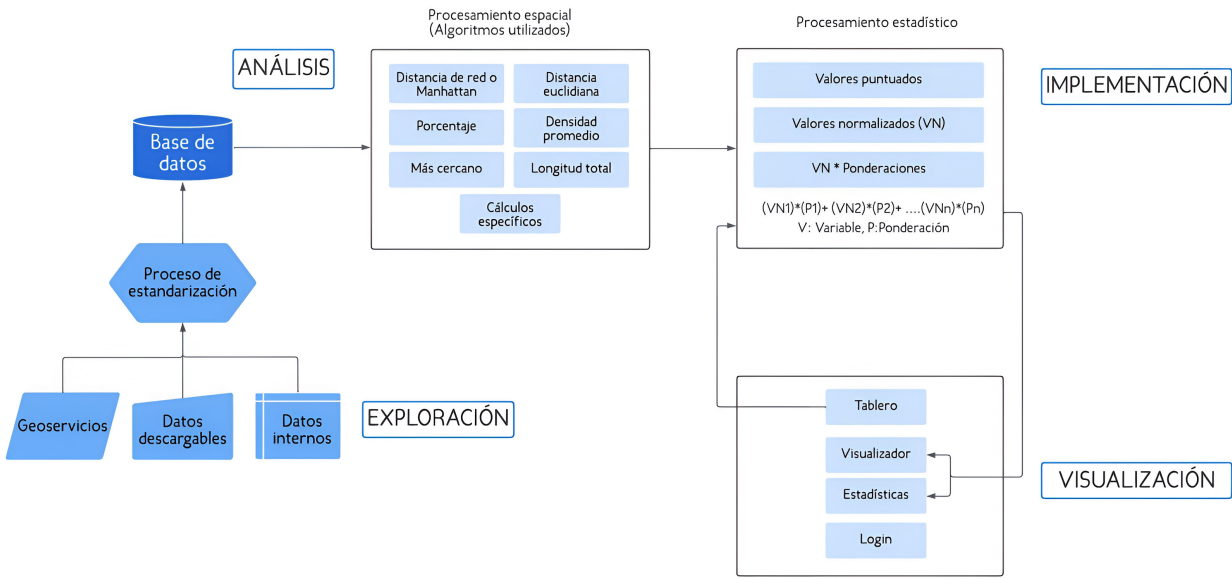


Figura 3. Gráfico de flujo de trabajo. Elaboración propia.

En este punto, es importante destacar que el sistema determinaba si la información estaba disponible a través de geoservicios, mediante descarga desde una web o si requería un ingreso manual. Según esta condición, la información se cargaba de forma automática (en los dos primeros casos) para su posterior procesamiento. Luego, se creó una base de datos relacional como fuente de información para la plataforma interactiva y automatizada, optimizando así el análisis y la gestión de los datos.

En la siguiente etapa, se aplicaron diversos geoprocursos a la información recolectada y estandarizada, según las características y necesidades del proyecto. Posteriormente, se ponderó la importancia de cada capa de información geográfica, basándose en la valoración de los expertos.

Finalmente, se diseñó la arquitectura de la geoplataforma, centrada en la creación de un visualizador interactivo capaz de mostrar objetos geográficos, sus categorías analíticas y la información estadística asociada.

Para la selección del método multicriterio más adecuado para los objetivos de la investigación, se identificaron cuatro variantes preliminares: entropía, suma ponderada, análisis ponderado de superposición y AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

Tomando en cuenta las premisas de trabajo establecidas, se optó por aplicar el método de suma lineal ponderada, ajustado a las variables disponibles. Una de las principales fortalezas del método de suma lineal ponderada es su capacidad para mantener la independencia de los criterios, al mismo tiempo que permite la comparabilidad mediante la ponderación y asignación de pesos a las variables.

La ecuación utilizada en el método de suma lineal ponderada se expresa de la siguiente manera:

$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j v_{ij}$$

Donde r_i es el nivel de adecuación de la alternativa i , w_j es el peso del criterio j y v_{ij} es el valor ponderado de la alternativa i en el criterio j .

Dentro de las fortalezas de este método se pueden destacar su simplicidad y facilidad de uso, ya que es intuitivo. Es flexible, permitiendo ajustar la importancia relativa de cada criterio mediante la asignación de pesos diferenciales. Además, su transparencia facilita la comunicación y justificación de los resultados. Finalmente, permite una comparación directa entre alternativas al estandarizar y ponderar los criterios.

En este proceso, la realización de un taller con expertos fue fundamental para la aplicación del método multicriterio. El taller permitió recabar información valiosa de técnicos especializados de diversas instituciones, tanto nacionales como departamentales. Durante la sesión, se evaluaron y priorizaron las temáticas de mayor impacto en el fenómeno de los asentamientos irregulares, asignando un peso a cada variable considerada.

La actividad consistió en una evaluación tanto individual como grupal (interinstitucional). En este análisis colectivo se realizó una ponderación de los temas que tienen el mayor impacto en la calidad de vida de los asentamientos irregulares.

Durante la realización de la actividad se iba procesando la información generada y registrada en los diferentes formularios lo que permitió que, al finalizar la jornada, los participantes recibieran los resultados de su trabajo en forma de gráficos y estadísticas, desglosados por mesa, institución y los del conjunto de participantes.

Taller de expertos



Figura 4. Jornada de trabajo del taller de expertos

A continuación, se presentan ejemplos de los resultados cuantitativos obtenidos del Taller de expertos:



Figura 5. Palabras clave del fenómeno de los resultados cuantitativos del taller de expertos.

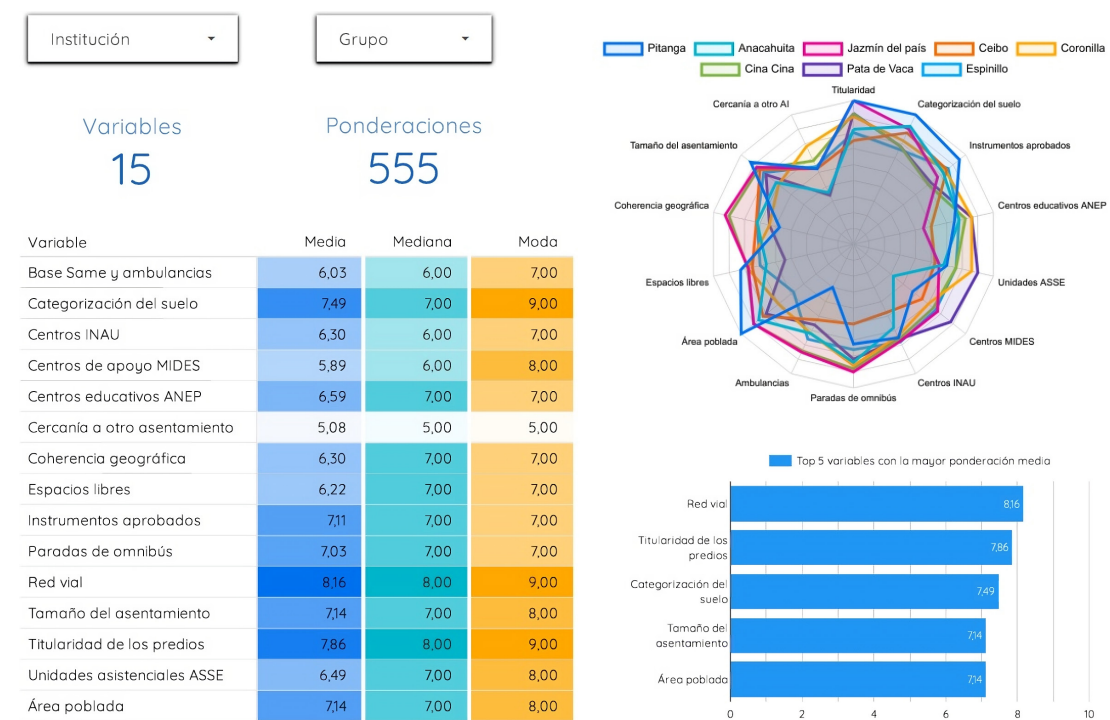


Figura 6. Variables seleccionadas de los resultados cuantitativos del taller de expertos.

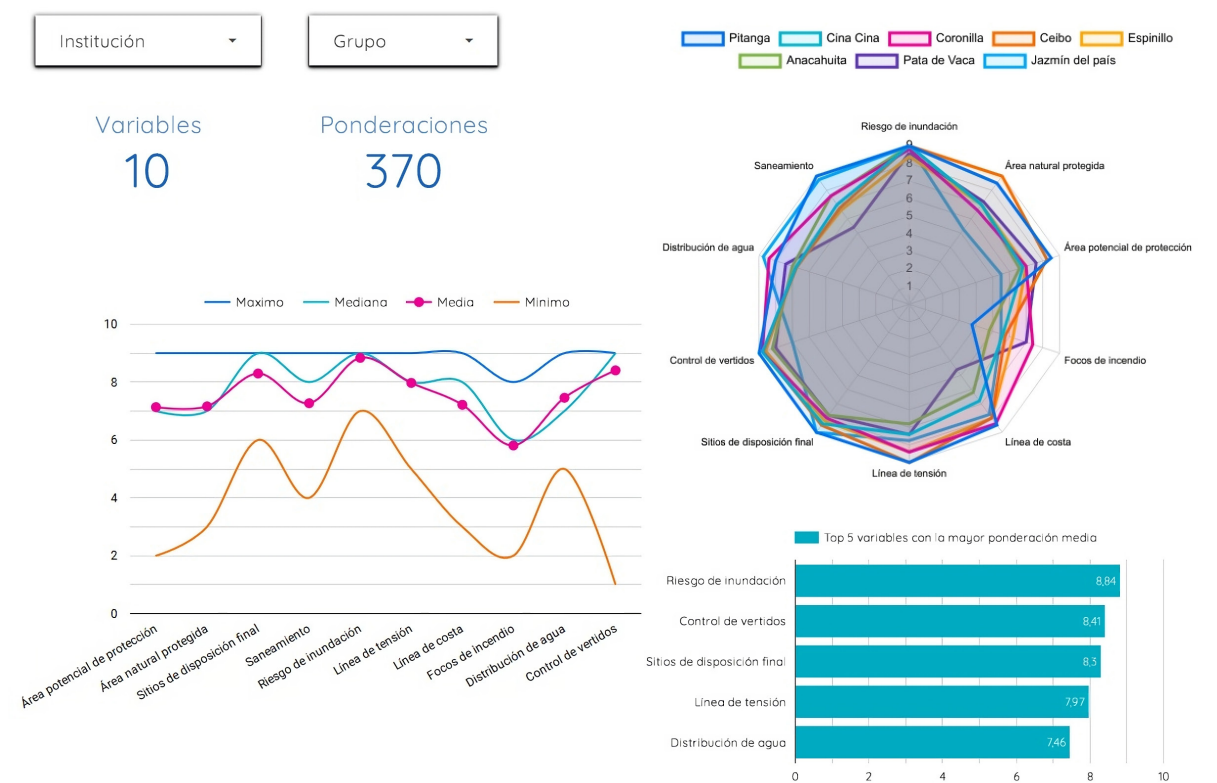


Figura 7. Análisis de las variables de los resultados cuantitativos del taller de expertos.

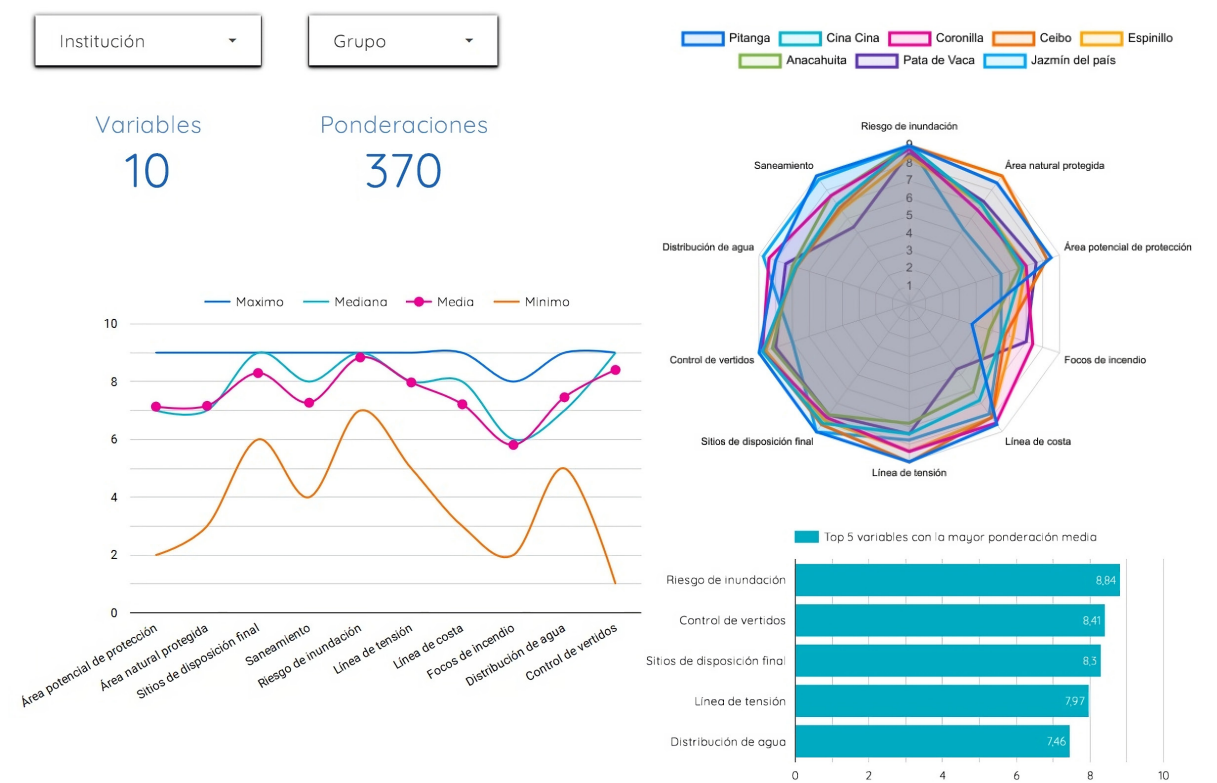


Figura 8. Análisis por categoría de los resultados cuantitativos del taller de expertos.

Una vez obtenidas las ponderaciones del grupo de expertos, se procedió a desarrollar los procesos y algoritmos necesarios para aplicar esos coeficientes a las capas de información geográfica. Este procedimiento se llevó a cabo mediante la aplicación de geoprosesos a los datos seleccionados.

Dado que los datos iniciales no siempre estaban en el formato adecuado para reutilizarlos con los algoritmos es necesario, como primera actividad, estandarizarlos. En este contexto, se llevaron a cabo procesos como la unión de capas, creación de campos, disolución, corrección de geometrías y reproyección, entre otros. Estos procedimientos mejoraron la coherencia y precisión de los datos, optimizando la calidad y eficacia del trabajo y estableciendo un marco de trabajo flexible y dinámico para el desarrollo del proyecto.

Para llevar a cabo esta tarea, fue esencial resolver dos aspectos clave: el sentido de los datos y las métricas empleadas. Primero, algunas variables mejoran su valoración a medida que aumenta su distancia del elemento de análisis (por ejemplo, la calidad de vida si aumenta la distancia a una línea de alta tensión), mientras que otras son más favorables cuanto más cercanas están, como en el caso de una escuela pública, donde la proximidad facilita el acceso al servicio. En segundo lugar, las variables se expresan en distintas unidades de medida, como distancias, densidades, índices o porcentajes. Estas particularidades deben ser ajustadas y orientadas en un mismo sentido para aplicar correctamente las operaciones algebraicas necesarias.

Con el objetivo de facilitar la aplicación e interpretación de los datos geográficos se emplearon diversas funciones de análisis espacial, entre ellas: cálculo de porcentaje de superposición, cálculo de distancia Manhattan, distancia a la geometría más cercana, cálculo de densidad promedio, cálculo de distancia euclidiana, selección por ubicación, cálculo de longitud total.

Para la puntuación, se utilizó un sistema que convierte los resultados de los geoprosesos en valores que reflejan el peso de las variables según criterios predefinidos. Este proceso simplifica la información compleja en un solo número, considerando tanto los rangos de valores como la relevancia de cada variable. A cada categoría se le asigna una puntuación específica, que se multiplica por un peso relativo para obtener una evaluación final sobre la fragilidad socioterritorial. En el contexto de este trabajo, la fragilidad socioterritorial se refiere a las condiciones externas de los asentamientos irregulares que afectan la calidad de vida de sus habitantes, y se clasifica en las categorías de: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

Para las variables simples, como la distancia a la línea de costa, se asignó una puntuación fija basada en el rango de valores. Por ejemplo, se definieron zonas donde la construcción no está permitida debido a su proximidad a la costa y otras zonas donde la construcción es permitida, según esa distancia a la línea de costa. En contraste, para variables con múltiples categorías, como los centros educativos (escuelas y liceos), se evaluó cada categoría por separado. Se asignó una puntuación en función de la distancia y la importancia de cada tipo de centro. Los resultados individuales se sumaron para obtener una puntuación global que refleja la situación general. Este enfoque facilitó la interpretación al condensar la información compleja en un único valor indicativo.

La técnica de normalización se utiliza para transformar los datos originales y ajustarlos a un rango común de 0 a 1. Esto asegura que las puntuaciones sean comparables entre sí y facilita su integración en el análisis multicriterio. Una vez normalizadas, las puntuaciones se multiplican por un ponderador predefinido¹. Este proceso permite calcular el nivel de fragilidad general del área de estudio y es esencial para mantener la coherencia en los análisis al homogenizar datos de diferentes fuentes y categorías.

3 Fase de implementación

La fase de implementación se centró en el desarrollo e integración de la geoplataforma con la base de datos relacional, completando el proceso de gestión de datos. Se creó un diseño visual para la geoplataforma, asegurando que cumpliera con los requisitos del proyecto para ser un visualizador geográfico, interactivo y amigable.

El diseño de la geoplataforma integró un visualizador, gráficos y estadísticas para representar el fenómeno estudiado, priorizando elementos visuales de fácil identificación y una estética amigable. Además, se integraron las definiciones conceptuales empleadas, las cuales provenían de fuentes oficiales, como un dato relevante, para que los usuarios pudieran acceder fácilmente a esta información.

La plataforma, además de ser interactiva, permite modificar ponderaciones predefinidas basadas en un taller de expertos, seleccionar capas de información y ejecutar análisis personalizados según las necesidades del usuario.

Se enriqueció la presentación de datos mediante filtros y listados, facilitando consultas por unidades territoriales (departamento o localidad), y asegurando la inclusión de metadatos conforme a la norma LAMP Versión 2.

¹Una capa de información geográfica puede contener una o varias variables. En este trabajo, se ha considerado que el peso asignado a cada capa de información se denomina ponderación, mientras que la importancia de las variables comprendidas se reflejará en lo que se denominó puntuación.

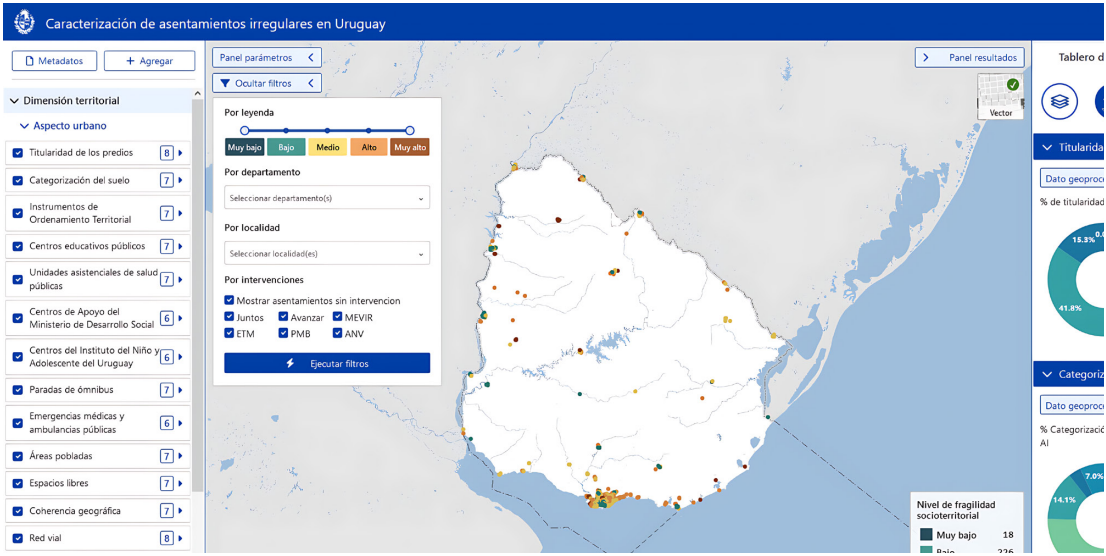


Figura 9. Visualizador de información geográfica con análisis multicriterio

Componentes de la Geoplataforma sobre asentamientos irregulares

La ventana inicial de la interfaz principal presenta tres componentes: el panel de análisis, los mapas y el panel de resultados.

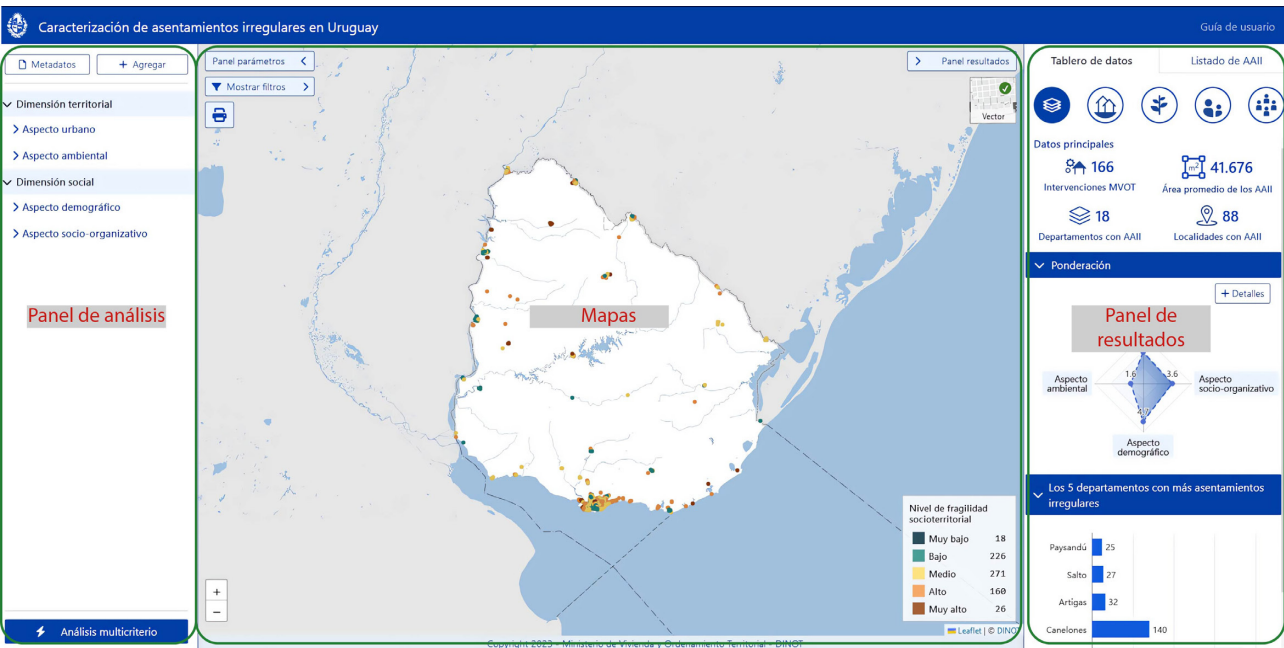


Figura 10. Componentes de la geoplataforma.

● Sección panel de análisis

Esta sección presenta un árbol de capas empleadas en el análisis multicriterio, organizadas según la metodología adaptada de Cecilio y Couriel (2008). Incluye botones para acceder a los metadatos (LAMP Versión 2), agregar o eliminar capas y ejecutar el análisis multicriterio. El panel de análisis también dispone de un botón de acción que permite al usuario interactuar con las capas seleccionadas y, en función de esta selección de información, realizar un análisis multicriterio actualizado.

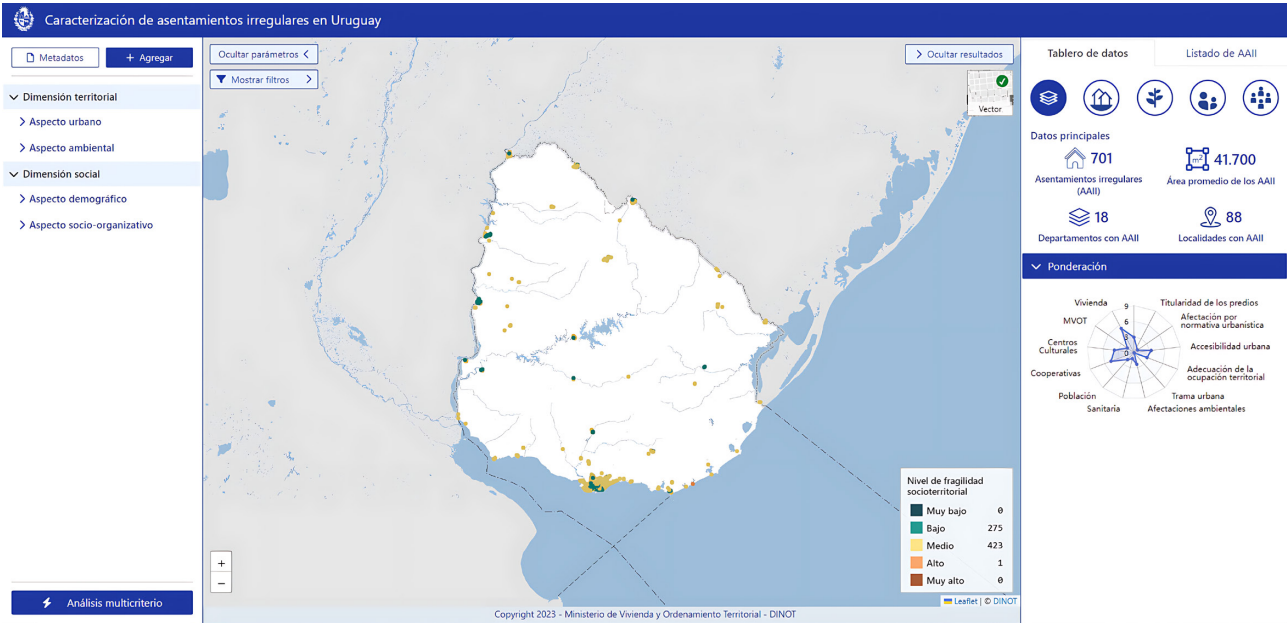


Figura 11. Botón de acción para añadir y eliminar capas para el análisis multicriterio



Figura 12. Variables que intervienen en el análisis.

Cada variable incluye una descripción que facilita la interpretación de su contenido, detalla la fuente del dato y proporciona la ponderación sugerida por el taller de expertos.

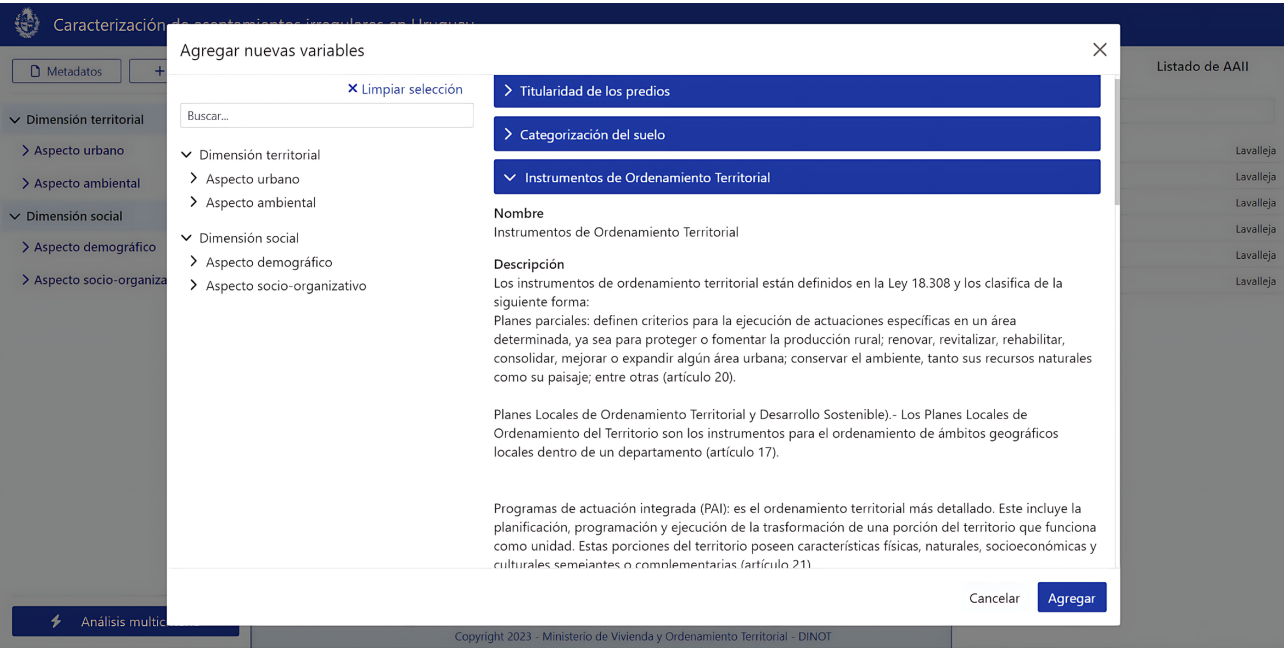


Figura 13. Modelo de descripción para cada variable.

La plataforma fue diseñada para ser interactiva, permitiendo al usuario ajustar las ponderaciones predefinidas, seleccionar capas de información relevantes y volver a ejecutar el análisis según sus necesidades, lo cual se refleja en la cartografía generada.



Figura 14. Panel interactivo para la evaluación multicriterio.

● Sección mapas

En esta sección se visualizan los resultados del análisis multicriterio, utilizando los polígonos de asentamientos irregulares como unidad de estudio, que se pueden consultar a nivel nacional o por departamento o por localidad. Las herramientas de filtrado permiten ajustar la visualización según estas necesidades específicas.

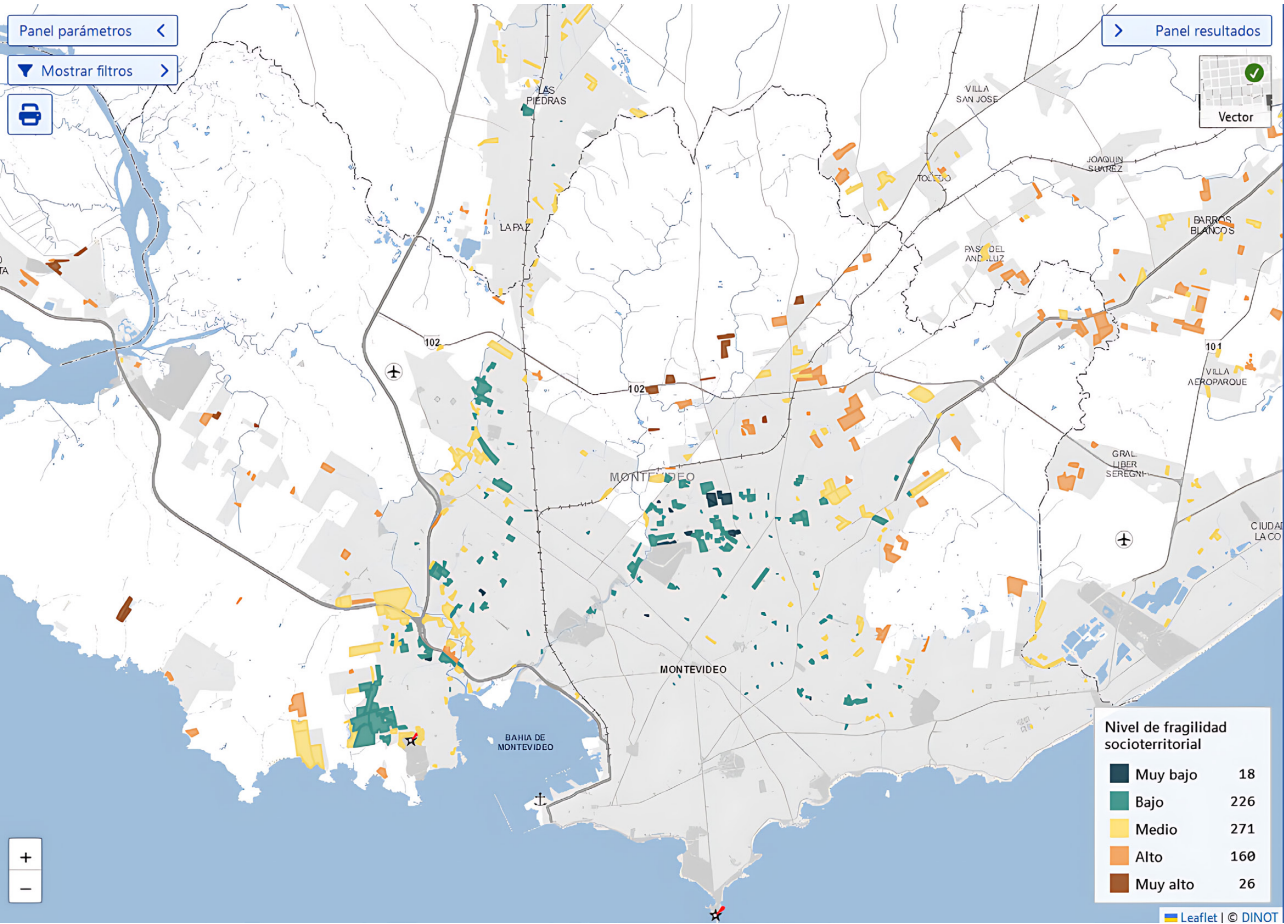


Figura 15. Área para la visualización de mapas.

● Mapas base disponibles

La pantalla inicial del visualizador muestra el análisis multicriterio predefinido con las ponderaciones establecidas por un equipo técnico multidisciplinario. Los usuarios pueden seleccionar diferentes mapas base y ajustar la visualización según sus preferencias.

● Leyenda

En cartografía, la representación clara y estandarizada de la información es un aspecto fundamental. En este trabajo, los resultados se presentan a través de un análisis de la fragilidad socioterritorial de los asentamientos, considerando tanto las dimensiones territoriales como las sociales. Este enfoque pone de manifiesto las debilidades estructurales y sociales de la población y su entorno, reflejando carencias en el acceso a servicios básicos, condiciones de vida, desigualdad social y conflictos territoriales.

La leyenda clasifica los asentamientos según su nivel de fragilidad socioterritorial, basado en el análisis de las capas ponderadas, y caracterizadas en cinco niveles:

- Muy bajo: 0-1
- Bajo: 2-3
- Medio: 4-5
- Alto: 6-7
- Muy alto: 8-9

Estos niveles reflejan las distintas intensidades de fragilidad en función de las condiciones.

Nivel de fragilidad socioterritorial		
	Muy bajo	18
	Bajo	226
	Medio	271
	Alto	160
	Muy alto	26

Figura 16. Leyenda del nivel de fragilidad.

● Filtrado

La geoplataforma proporciona herramientas de filtrado que permiten discriminar los datos por leyenda, departamento, localidad e intervenciones, mostrando los resultados en el mapa y en el panel de resultados. Estos filtrados de información pueden aplicarse a:

- **por leyenda:** permite seleccionar el nivel de fragilidad socioterritorial.
- **por departamento:** filtra espacialmente los asentamientos irregulares por departamento.
- **por localidad:** filtra espacialmente los asentamientos irregulares por localidad.
- **por intervenciones:** selecciona los asentamientos irregulares que han recibido alguna intervención del MVOT.

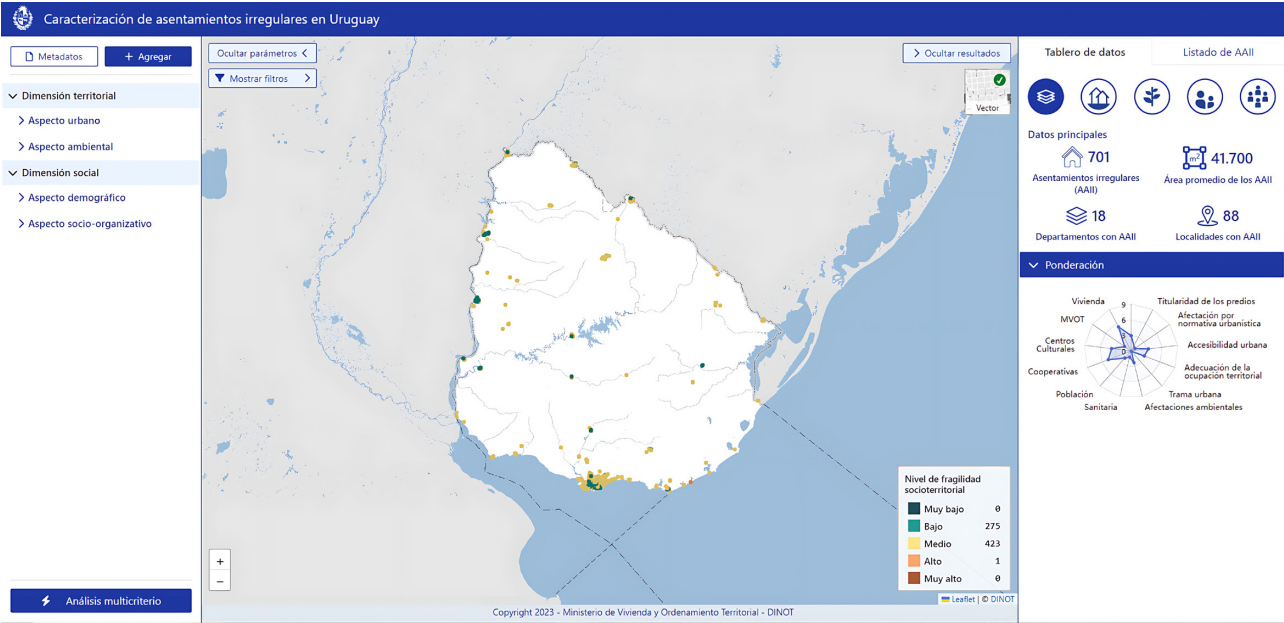


Figura 17. Acceso a filtros

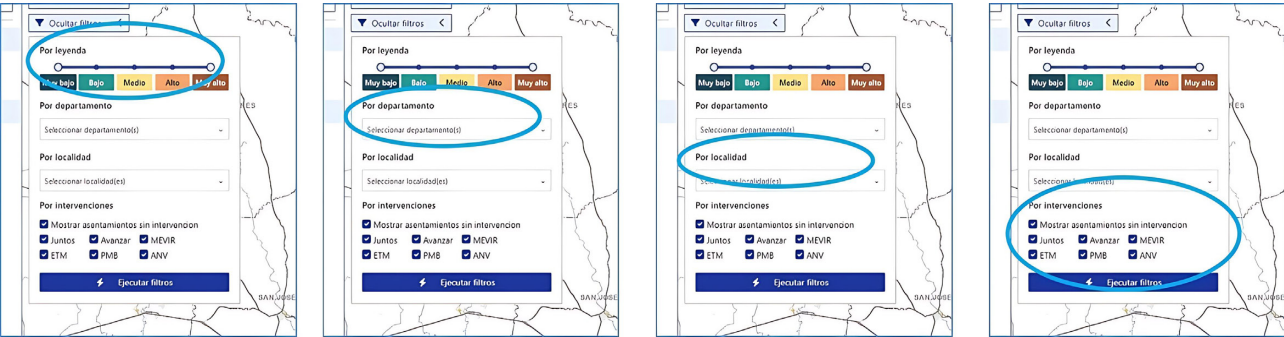


Figura 18. Tipo de filtrado

● Visualización de ficha por asentamientos

Al seleccionar un asentamiento irregular en la geoplataforma, se despliega una ventana emergente con información detallada, incluyendo el nombre, el departamento, la localidad y la ponderación del asentamiento. Esta ventana también ofrece un botón de acción que redirige a una ficha técnica específica del asentamiento, donde se presentan las diez variables más relevantes, previamente consensuadas por los especialistas durante las instancias técnicas.

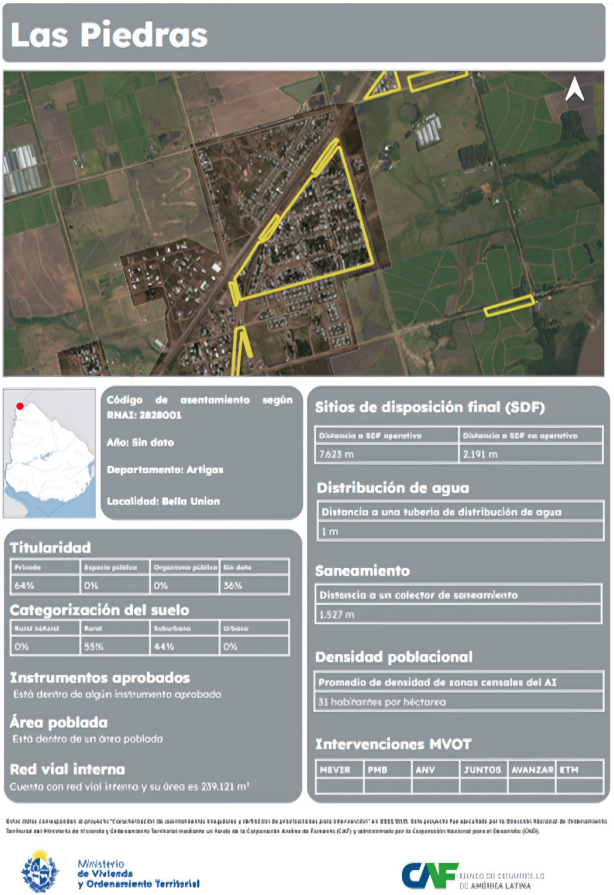


Figura 19. Ficha de cada asentamiento irregular.

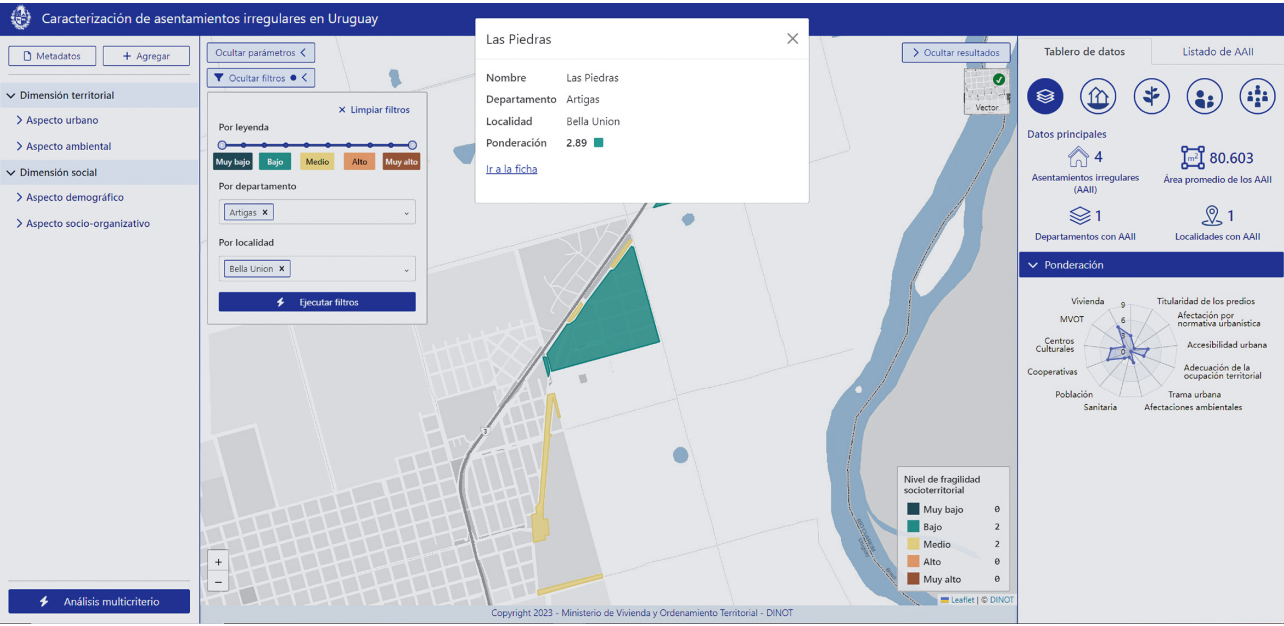


Figura 20. Ventana emergente. Información general de cada asentamiento irregular

● Sección panel de resultados

Esta sección presenta los datos derivados del análisis multicriterio y los resultados generales del proyecto. Se organiza en dos pestañas principales: la primera, titulada «Tablero de Datos», ofrece subpestañas dedicadas a aspectos urbanos, ambientales, demográficos y socio-organizativos, brindando una visión integral de cada dimensión analizada. La segunda pestaña, «Listado de asentamientos irregulares», clasifica los asentamientos según su nivel de fragilidad, proporcionando una herramienta para la planificación estratégica.

Cada subpestaña (urbano, ambiental, demográfico y socio-organizativo) resalta los diferentes aspectos contemplados en el trabajo y presenta gráficos elaborados a partir de los geoprocesos y de los resultados obtenidos mediante la ponderación de variables. Estas visualizaciones permiten una comprensión detallada de las dinámicas y características de los asentamientos irregulares, facilitando el análisis integral de los datos.

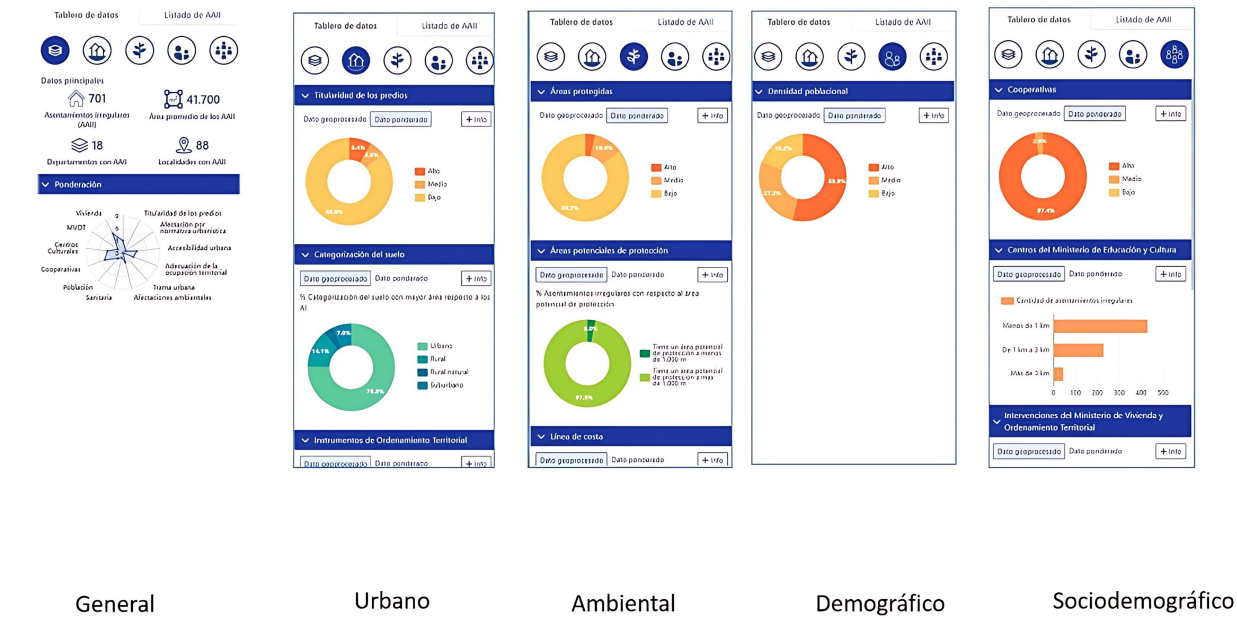
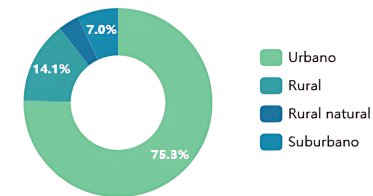


Figura 21. Gráficos y datos de la pestaña tablero de datos del Panel de resultados.

Categorización del suelo

% Categorización del suelo con mayor área respecto a los AI

Categorización del suelo

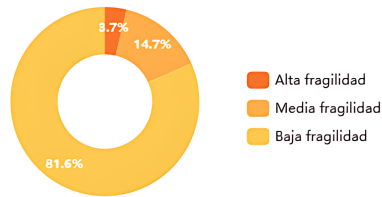


El gráfico muestra la categorización de suelo con el mayor porcentaje respecto al área de los asentamientos irregulares. Las 4 categorías de categorización de suelo son:

- Rural natural
- Rural (Rural y rural productivo)
- Suburbano
- Urbano (Urbano consolidado y urbano no consolidado)

Nota: Las categorías utilizadas hacen referencia a la Ley 18.308, específicamente en el Capítulo I, Artículo 30. Se consideraron las tres grandes categorías propuestas: rural, urbano y suburbano. Sin embargo, para la parte rural, se tomó una decisión técnica de separar en dos subcategorías: Rural (Rural productivo) y Rural natural. Esta división fue realizada debido a las restricciones o consecuencias que implica considerar el área rural natural en relación con los asentamientos irregulares.

Dato Ponderado



El gráfico representa una evaluación de datos por variable, en la que se asignan puntuaciones en un rango de 0 a 1. Esto es necesario debido a que los datos provienen de diversas fuentes y tienen diferentes características. Para poder compararlos con parámetros comunes, se requiere normalizarlos, es decir, ajustarlos a una escala común que va de 0 a 1. Después de la normalización, las puntuaciones se dividen en tres grupos: Fragilidad baja (0 - 0,33), Fragilidad media (0,33 - 0,66) y Fragilidad alta (0,66 - 1). En la categoría fragilidad baja la variable está dentro de los límites considerados favorables, en la fragilidad media se encuentra en un rango intermedio y en la fragilidad alta la variable está por encima de lo esperado. En resumen, este gráfico evalúa variables y las clasifica según su fragilidad, proporcionando información sobre cómo se desempeñan en relación con los niveles establecidos.

Nota: Se utiliza una escala de 0 a 1 porque se está evaluando una sola variable de manera independiente, sin tener en cuenta otras variables relacionadas. Cuando se consideran múltiples variables juntas, se aplican reglas diferentes.

Figura 22. Ejemplos de gráficos de datos geoprocesados y datos ponderados.

Tablero de datos		Listado de AAI
Buscar por nombre		
Corfrisa		Canelones
Dr Pouey		Canelones
Aquiles Lanza		Montevideo
Sin Nombre		Canelones
Campo Galusso		Montevideo
Sin Nombre		Canelones
Sin Nombre		Montevideo
Diagonal Ceibal		Salto
Alejandro Korm Y Rambla		Montevideo
Paso Del Bote		Salto
Berro		Montevideo
Sin Nombre		Salto
Comunidad Polkman		Montevideo
Sin Nombre		Salto
Punta Del Indio		Montevideo
Vertedero Municipal		Paysandú
Cañada Coqueiro		Rivera
Villa Altamira		Canelones
Remanso		Canelones
Magallanes		Salto
La Humedad		Salto
Zanja Del Tigre		Artigas
Ayui		Artigas
Supici Sedes		Montevideo

Figura 23. Listado de asentamientos irregulares seleccionados según nivel de fragilidad socioterritorial.

Fase de difusión

En esta fase, se abordaron dos aspectos clave: la creación de guías de uso y la difusión del trabajo.

Un aspecto importante de este proyecto es generar la memoria institucional de los procesos desarrollados, así como las capacidades técnicas para sostener y mejorar el sistema. Para ello, se alentó una participación activa de los funcionarios de Dinot en todo el proceso, acompañando el trabajo de los consultores contratados para tales efectos. No obstante, para dejar registro de los pasos desarrollados y las decisiones metodológicas tomadas, se elaboraron manuales y guías tanto para los componentes geográficos y conceptuales como para el componente informático del proyecto.

Una herramienta de estas características tiene su valor en la medida en que sea empleada por diversos técnicos dedicados a la temática. Para fomentar esta acción, se participó en eventos de difusión en entornos ministeriales, en ámbitos relacionados con la gestión de información territorial en asentamientos irregulares y en eventos académicos. Es importante destacar que la primera presentación del trabajo finalizado se realizó ante los técnicos que participaron en el taller de expertos, no solo para difundir los resultados, sino también para expresar y agradecer cómo su conocimiento fue esencial en el desarrollo de esta herramienta de gestión.



Figura 24. Montevideo, Uruguay. Fuente: tomada de <https://lanetwork.org/wp-content/uploads/2019/02/3-de-October-MontevideoTECHO-Copy.jpg> (23 de noviembre de 2024).

Conclusiones y recomendaciones

El desarrollo de la geoplataforma ha representado un avance significativo en la caracterización de los asentamientos irregulares en Uruguay. La integración de métodos multicriterio y tecnología geoespacial avanzada ha dado lugar a una herramienta robusta que apoya la toma de decisiones desde una perspectiva técnica. Esta plataforma no solo facilita un estudio detallado de los asentamientos irregulares, sino que también permite personalizar y adaptar los análisis según las necesidades específicas de los usuarios. Con base en los resultados obtenidos, es posible identificar áreas prioritarias para intervención.

La geoplataforma fue diseñada para apoyar la formulación de políticas públicas y estrategias de gestión territorial, promoviendo una planificación más efectiva. No obstante, su éxito y sostenibilidad dependen de la adopción y el uso continuo por parte de los técnicos. En este sentido, la estrategia del proyecto incluyó la integración directa con el Sistema de Información Territorial de la DINOT, que posee una amplia experiencia en el manejo y actualización de este tipo de información y las herramientas necesarias para su funcionamiento.

Este proyecto ha sido innovador en Uruguay por la aplicación de metodologías y herramientas geográficas para analizar un fenómeno de alta complejidad. Aunque existen experiencias internacionales en la temática, este estudio consideró un número significativamente mayor de variables que en investigaciones anteriores. Además, se destacó por la incorporación del conocimiento y la participación de técnicos de diversas instituciones vinculadas a esta problemática, lo que enriqueció el análisis y la comprensión del fenómeno.

Aunque el proyecto ha establecido una base sólida para el análisis de asentamientos irregulares, aún existen oportunidades para mejorar los resultados. La incorporación de nuevas variables podría enriquecer el análisis multicriterio, mientras que la mejora en la calidad de los datos aumentaría la precisión de los resultados. Esta complementación y mejora requeriría convocar a expertos para evaluar las nuevas variables incorporadas y ajustar las ya definidas. Además, la integración de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, podría permitir la creación de modelos predictivos, el análisis de tendencias, la simulación de escenarios y la evaluación del impacto de políticas públicas, entre otras capacidades avanzadas.

Bibliografía

BID. (2021). *Informando lo informal: estrategias para generar información en asentamientos precarios*. BID. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/informando-informal-estrategias-generar-informacion-asentamientos-precarios-informales/>

Cecilio, M. y Couriel, J. (2008). Caracterización física y social de los asentamientos irregulares y sus entornos. PNUD

Das, S. et al. (2014). Slum redevelopment strategy using GIS based multicriteria system: A case study of Rajkot, Gujarat, India. *World Journal of Civil Engineering and Construction Technology* 1 (2). Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Bhargav_Shobhana/publication/284714717_Slum_redevelopment_strategy_using_GIS_based_multi-criteria_system_A_case_study_of_Rajkot_Gujarat_India_Slum_redevelopment_strategy_using_GIS_based_multi-criteria_system_A_case_study_of_Rajkot_Gujarat/links/576d025b08ae3c5c932e7382/Slum-redevelopment-strategy-using-GIS-based-multi-criteria-system-A-case-study-of-Rajkot-Gujarat-India-Slum-redevelopment-strategy-using-GIS-based-multi-criteria-system-A-case-study-of-Rajkot-Guja.pdf

Dhafer Abed, A. (2023). Urban upgrading of slums: Baghdad and London slums as study models for urban rehabilitation. *Computational Urban Science* 3(31). Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43762-023-00106-w>

INE - PMB/MVOTMA (2006). *Convenio entre el Instituto Nacional de Estadística (INE) y el Programa de Integración de Asentamientos Irregulares (PIAI) Programa de Mejoramiento de Barrios, Unidad de Evaluación y Monitoreo. Relevamiento de asentamientos 2005-2006*. MVOTMA.

Instituto Panamericano de Geografía e Historia. (2017). Perfil Latinoamericano de Metadatos LAMP Versión 2. Disponible en: <https://www.ipde.gob.pa/wp-content/uploads/Perfil-latinoamericano-de-metadatos-LAMPv2.pdf>

Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703-726. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13658810600661508#d1e225>

Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). *Multicriteria decision analysis in geographic information science*. Springer.

Montes Lira, P.F. (2001). El ordenamiento territorial como opción de políticas urbanas y regionales en América Latina y el Caribe. CEPAL. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/2f8097a3-c34d-4ebc-b115-afac7e34b265/content>

Mosquera, R. y Ahumada, A. (2005). Aspectos de los asentamientos irregulares en América Latina. *Revista de Arquitectura* (7): 14-16.

Oljira, D.; Terefe, G. y Beyene, A. (2022). Evidence-Based User Interface Sanitation Technology Selection for Urban Slums: A Multi-Criteria Analysis; The Case of Jimma Town, Ethiopia. *Sage Journals*. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/11786302221127270>

ONU HÁBITAT. Junta Ejecutiva del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. (2020). Aplicación de los planes estratégicos de ONU-Hábitat. Disponible en: <https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/09/spanish-9-rev1.pdf>

Paegelow, M., et al. (2021). Water vulnerabilities mapping: a multi-criteria and multi-scale assessment in central Chile. *Water Policy* 24(1): 159-178. <https://doi.org/10.2166/wp.2021.116>

Rouse, M. (2020). *What Does Platform Mean?*. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/3411/platform-computing>

Ruiz Hernández, I. E. (2015). Identificación de asentamientos irregulares y diagnóstico de sus necesidades de infraestructura en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Investigaciones Geográficas* (87). Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112015000200088

Uruguay. (1990). Ley 16.112 *Creación del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento territorial y Medio ambiente*. Disponible en: <https://docs.uruguay.justia.com/nacionales/leyes/ley-16112-may-30-1990.pdf>

Zain, D., Salman, D. y Baja, S. (2018). Model of Slum Area Management Based on Socio-Spatial Approach. The Case of Baubau City, Indonesia. *Journal of Settlements and Spatial Planning* 9(2): 103-115.

