



Consorcio Swiss Land Management Network

## **Servicios de consultoría para Swiss Accompanying Measures (SAM) en proyectos de catastro de SECO**

Contract ID number: 945005163

UR number: UR\_01166-01-03 (Perú)

### **Medida 1 – Interoperabilidad**

Resultado 1 – Interoperabilidad entre el SICUN y la PCF y SRTM

Resultado 2 – Interoperabilidad entre el SICUN con el OUN

## Contenido

<b>1. Introducción</b> .....	6
<b>2. Metodología aplicada</b> .....	7
2.1. Propuesta del modelo conceptual y entorno tecnológico de interoperabilidad .....	7
2.2. Desarrollo de un prototipo para facilitar la comprensión sobre los objetivos de la interoperabilidad.....	8
2.2.1. Prototipo de interoperabilidad basado en INTERLIS	8
2.2.2. Prototipo de interoperabilidad mediante servicios REST y GeoJSON	10
2.2.3. Prototipo de interoperabilidad basado en servicios WFS	10
2.2.4. Prototipo de Subsistema de Agregación y validación de datos	10
<b>3. Análisis y diseño conceptual para interoperabilidad SICUN-PCF</b> .....	11
3.1. Definición del concepto de interoperabilidad.....	11
3.2. Dimensiones de la interoperabilidad .....	11
3.3. Claves para la interoperabilidad de datos .....	12
3.4. Riesgos y su mitigación .....	12
3.5. Marco conceptual de la interoperabilidad.....	12
3.6. Elementos que definen la propuesta del sistema de interoperabilidad.....	13
3.6.1. Etapas para la implementación del modelo de interoperabilidad propuesto	14
3.7. Modelo conceptual de interoperabilidad.....	15
3.7.1. Descripción de las necesidades de las entidades involucradas	15
3.7.2. Determinación del Modelo Conceptual de Interoperabilidad	20
3.8. Propuesta Arquitectura del Modelo Físico de Interoperabilidad .....	36
3.8.1. Servidor de Aplicaciones	37
3.8.2. Servidor de Base de Datos con soporte geoespacial:	37
3.8.3. Servidor GIS	37
3.8.4. Servidor de Herramientas INTERLIS	38
3.8.5. Servidor de Integración (Middleware)	38
3.8.6. Servidor de API Gateway / Interoperabilidad	38
3.8.7. Servidor de Seguridad / Identidad	39
3.8.8. Servidor Documental / Expedientes	39
3.8.9. Servidor de Monitoreo y Auditoría	39
<b>4. Articulación con el diseño e implementación de SICUN y PCF</b> .....	40
4.1. Prototipo de interoperabilidad .....	40
4.1.1. Demostrador mediante INTERLIS	40
4.1.2. Demostrador mediante microservicios de REST	42
4.1.3. Demostrador mediante la interfaz WFS del OGC	42
4.2. Modelos de datos definidos .....	43

4.2.1.	Insumos y antecedentes	43
4.2.2.	Modelos de interoperabilidad definidos	44
4.2.3.	Implementación a nivel de sistemas	45
4.2.4.	Modelos de intercambio y scripts de transformación	50
<b>5.</b>	<b>Recomendaciones y próximos pasos</b>	<b>51</b>
5.1.	Consolidación técnica del enfoque INTERLIS	51
5.2.	Escalamiento progresivo del subsistema de agregación y validación	51
5.3.	Articulación institucional y gobernanza del dato	51
5.4.	Complementariedad tecnológica	52
5.5.	Fortalecimiento de capacidades y sostenibilidad	52
5.6.	Proyección a mediano plazo hasta finales del Plan Operativo Anual actual	52
<b>6.</b>	<b>Anexos</b>	<b>53</b>
	Anexo I: Cuestionario	54
	Anexo II: Análisis de riesgos de interoperabilidad	58
	A II.1 Riesgos asociados a los procesos de interoperabilidad	58
	A II.2 Estrategias de mitigación por categoría de riesgo	59
	Anexo III: Demostradores tecnológicos de interoperabilidad	62
	A III.1 Demostrador mediante INTERLIS	62
	A III.2 Demostrador mediante microservicios de REST	67
	A III.3 Demostrador mediante la interfaz WFS de la OGC	71

## Abreviaturas

ANA	Agencia Nacional de Agua
AT	Asistencia Técnica
BGR	Base Gráfica Registral de SUNARP
CENEPRED	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
COFOPRI	Organismo de Formalización de la Propiedad Informal
CRUD	Crear, Leer, Actualizar y Borrar ( <i>Create, Read, Update and Delete</i> )
CUN	Catastro Urbano Nacional
DIGESPACR	Dirección General de Saneamiento de la Propiedad Agraria y Catastro Rural
DPDFS	Dirección de Política de Descentralización Fiscal y Finanzas Subnacionales
DUDU	Dirección de Urbanismo y Desarrollo Urbano
ETL	Extracción, Transformación y Carga ( <i>Extract, Transform and Load</i> )
FGDB	File Geo Data Base
FOSS	<i>Free and Open Source Software</i> , Software de licenciamiento libre y código fuente abierto
IDEP	Infraestructura de Datos Espaciales del Perú
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
LADM	<i>Land Administration Domain Model</i>
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MINCUL	Ministerio de Cultura
MINEDU	Ministerio de Educación
MINSA	Ministerio de Salud
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Sanidad, Perú
OUN	Observatorio Urbano Nacional
PCF	Plataforma de Catastro Fiscal
PIDE	Plataforma de Interoperabilidad de Datos del Estado
PDU	Plan de Desarrollo Urbano
REST	Representational State Transfer
SAM	Servicios de Consultoría para Medidas de Acompañamiento Suizo
SAT	Sistemas de Administración Tributaria
SBN	Superintendencia Nacional de Bienes Estatales
SCR	Sistema de Catastro Rural
SECO	Secretaría de Estado de Economía, Suiza
SICUN	Sistema de Información de Catastro Urbano Nacional
SLMN	Consortio Swiss Land Management Network

SOAP	Protocolo de acceso a servicios. Desde la revisión 1.2 de W3C ya es no un acrónimo, si no un nombre propio.
SRTM	Sistema de Recaudación Tributario Municipal
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WSDL	Lenguaje de Descripción de Servicios Web ( <i>Web Services Description Language</i> )
XML	Lenguaje de Marcado Extensible ( <i>Extensible Markup Language</i> )

## 1. Introducción

El Programa de Fortalecimiento de los Catastros Urbanos para la Gobernanza Urbana en el Perú, ejecutado por el Banco Mundial, con financiamiento de la Cooperación Suiza (SECO), es complementado por medidas complementarias SAM con acciones que fortalezcan las capacidades de los beneficiarios a través de la transferencia de conocimientos, asesoría, asistencia técnica y desarrollo de capacidades alineadas con los objetivos del Programa.

La Medida Complementaria 1 sobre la interoperabilidad de sistemas de catastro se definió en el Plan Operativo Anual 2025-26<sup>1</sup>, para:

- Articular en primer lugar el Catastro Fiscal y el Catastro Urbano mediante el establecimiento de un marco de técnico y tecnológico de interoperabilidad entre la Plataforma de Catastro Fiscal (PCF) y el Sistema de Catastro Urbano Nacional (SICUN), evitando duplicación de esfuerzos en adquirir y gestionar datos y maximizar la eficiencia.
- Fortalecer al SICUN en su alcance nacional mediante la articulación con el Observatorio Urbano Nacional (OUN) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), para la mejora de la planificación territorial y control urbano.

Es en este marco que se ha definido el alcance de la medida, mediante los términos de referencia aprobados por la Asistencia Técnica (AT) del Banco Mundial y SECO, incluyendo 2 resultados con diferentes acciones, que a continuación se detallan.

<b>R1</b>	<b>Interoperabilidad entre el SICUN y la PCF y SRTM</b>
Hitos	<b>H1.1</b> Modelo de datos de intercambio consolidado y validado y realizado su documentación como base para procesos de normalización
	<b>H1.2</b> Implementación de la interoperabilidad SICUN-PCF a través del modelo de datos de intercambio y tecnología acordados (herramientas, prototipo), mediante el acompañamiento técnico a las instituciones (MEF, UE003)
	<b>H1.3</b> Apoyo al MEF en el desarrollo de lineamientos técnicos para la formalización de normativas relacionadas y su aprobación por la PCM (Secretaría de Gobierno y Gestión de Datos) (→ vinculado con Medida 2, Plan de Fortalecimiento PCM)

Este documento técnico evidencia las **acciones relacionadas con los hitos H1.1 y H1.2**. El hito H1.3 será ejecutado en el 2026, una vez puesto en marcha los primeros dos hitos.

<b>R2</b>	<b>Interoperabilidad entre el SICUN con el OUN</b>
Hitos	<b>H2.1</b> Modelo de datos de intercambio consolidado y realizado su documentación
	<b>H2.2</b> Implementación de la interoperabilidad SICUN-OUN a través del modelo de intercambio y tecnología acordados (herramientas, prototipo), mediante el acompañamiento técnico a las instituciones (DUDU, UE003)
	<b>H2.3</b> Propuesta de uso de datos de catastro intercambiados con fines de planificación y control urbano

Este documento técnico evidencia las **acciones relacionadas con los hitos H2.1 y H2.2**. Las acciones relacionados con el hito 2.3 serán realizados durante el 2026, una vez puesto en marcha los primeros dos hitos.

El resultado sobre la **Interoperabilidad con el SCR de la DIGESPACR** será trabajado igualmente durante el 2026, con reuniones técnicas, una encuesta y análisis de

<sup>1</sup> El POA 2025-26 es prácticamente una continuación del POA anterior, con algunos resultados adicionales que ya fueron realizados anteriormente.

documentación técnica, así como de una propuesta conceptual con un primer modelo de intercambio a partir del análisis realizado.

Tras la introducción, este documento se divide en tres capítulos principales. El capítulo dos describe la metodología utilizada por el equipo SAM para recopilar información relevante y desarrollar las propuestas conceptuales, técnicas y tecnológicas presentadas. El capítulo tres documenta el análisis realizado y las consideraciones sobre la propuesta conceptual para el marco de interoperabilidad entre los sistemas SICUN, PCF y OUN. El capítulo cuatro vincula las propuestas conceptuales con el diseño y la implementación a nivel de los tres sistemas, lo que se ilustra mediante una implementación en el marco de un prototipo desarrollado específicamente para esta medida, incluida la instalación de una parte del prototipo en los tres sistemas misionales. El documento concluye con una serie de propuestas para la puesta en marcha operativa y algunas recomendaciones para la consolidación y el desarrollo del modelo propuesto para otros actores relevantes de la administración territorial peruana.

## 2. Metodología aplicada

Para abarcar los resultados de la medida se desarrolló y aplicó una metodología de enfoque colaborativa y progresiva, apta para el propósito y el contexto institucional en la temática, incluyendo sesiones de trabajo bilateral y multilateral con la Dirección de Catastro Fiscal del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), el equipo de desarrollo del SICUN y de catastro de la UE003-COFOPRI así como el equipo del OUN de la Dirección de Urbanismo y Desarrollo Urbano (DUDU) en el MVCS.

Los detalles de esta metodología son expuestos a continuación.

### 2.1. Propuesta del modelo conceptual y entorno tecnológico de interoperabilidad

La metodología seguida para establecer el modelo de interoperabilidad descrito en el capítulo 4 del presente documento técnico, se compone por las siguientes fases:

#### 1. Trabajo interinstitucional

- Se llevaron a cabo sesiones bilaterales y multilaterales entre el MEF (Dirección de Catastro Fiscal), la UE003 (equipo SICUN y de Catastro), y consultores SAM.
- Se realizaron presentaciones de los sistemas desarrollados o en desarrollo y talleres, incluyendo uno presencial con actores clave.

#### 2. Levantamiento de información

- Revisión y análisis de la documentación técnica recibida de los sistemas involucrados (SICUN, PCF, SRTM, OUN).
- Envío y análisis de cuestionarios a las entidades involucradas (ver Anexo I), incluyendo necesidades de datos, formatos preferidos, mecanismos de acceso *Web Map Service* (WMS), *Web Feature Service* (WFS), *Representational State Transfer* (REST) y Descarga de Datos; y frecuencias de actualización.

#### 3. Análisis de necesidades y restricciones

- Identificación de los datos requeridos por cada sistema y los datos que puede ofrecer a otros.

- Evaluación de riesgos de interoperabilidad: técnicos, legales y organizacionales.
- Consideración de aspectos de seguridad, privacidad, gobernanza del dato y sostenibilidad del modelo.

#### **4. Diseño conceptual del modelo de interoperabilidad**

- Se definió un marco conceptual basado en normas internacionales (ISO 19152-LADM, OGC) y principios de interoperabilidad semántica, técnica y organizacional.
- Se propusieron ejes de interoperabilidad (datos prediales, planes urbanos, avalúo arancelario) y tipos de servicios y formatos (WMS, WFS, REST, INTERLIS).
- Se determinaron los componentes de la arquitectura lógica y física del sistema interoperable.

#### **5. Desarrollo de prototipos demostrativos**

- Se implementaron tres prototipos: a. Intercambio masivo basado en el estándar INTERLIS (modelo de datos + datos). b. Consulta puntual mediante API REST con GeoJSON. c. Consulta datos vectoriales mediante WFS con cruce de datos locales y remotos.

#### **6. Validación y retroalimentación**

- Los prototipos sirvieron como herramientas de validación funcional, comunicación de conceptos y capacitación.
- Se recolectó la información trasladada por parte de los actores involucrados para ajustar los modelos de datos y servicios propuestos, mediante procesos de retroalimentación.

#### **7. Documentación y recomendaciones**

- Se elaboró documentación sobre el modelo conceptual, propuestas de arquitectura y modelos de datos de intercambio iniciales (en INTERLIS).
- Se recomendó escalar el modelo en tres etapas, empezando por la interoperabilidad urbana-fiscal entre SICUN y PCF, y ampliándolo a otras instituciones como OUN, DIGESPACR, etc. en otro momento.

Este enfoque metodológico garantizó que el modelo propuesto fuera técnicamente viable y normativamente alineado, así como adaptado a las capacidades reales y necesidades momentáneas de los actores institucionales peruanos.

## **2.2. Desarrollo de un prototipo para facilitar la comprensión sobre los objetivos de la interoperabilidad**

### **2.2.1. Prototipo de interoperabilidad basado en INTERLIS**

Con el fin de facilitar el intercambio estructurado de datos entre distintas plataformas tecnológicas y sistemas de bases de datos, se creó un prototipo de interoperabilidad que utiliza INTERLIS como base. Este estándar abierto facilita el intercambio en masa de datos espaciales y alfanuméricos a través de modelos formales que aseguran la consistencia y la compatibilidad entre sistemas.

Para ello emplearon herramientas como ili2fgdb, ili2pg e iliValidator para intercambiar datos entre bases de datos (como PostgreSQL o File Geodatabase de ESRI) mediante archivos XTF, incluyendo su validación conforme a los modelos definidos.

La arquitectura del prototipo se basa en un servidor de datos espaciales que utiliza un modelo de aplicación INTERLIS para exportar información estructurada hacia el cliente. En el lado del cliente, los datos se integran en visores o sistemas GIS de escritorio y se cargan en la base de datos local mediante procesos automatizados por lotes (batch). Este enfoque está diseñado especialmente para funcionar en entornos con conectividad limitada o desconectados, asegurando la transferencia confiable de información estructurada aun en condiciones técnicas restringidas.

La metodología se estructura en las siguientes fases:

### **1. Modelado formal de datos**

Se comienza con la construcción de un modelo de aplicación INTERLIS (.ili), el cual define de forma precisa la estructura lógica de los datos: clases, atributos, relaciones y restricciones. Este modelo sirve como base común para todos los sistemas que participen en el intercambio, asegurando una comprensión unificada de la información.

### **2. Preparación de la infraestructura**

Se configura un entorno compuesto por:

- Un servidor de base de datos espacial (PostgreSQL/PostGIS), que contiene los datos fuente.
- Herramientas especializadas como:
  - ili2pg, para trabajar con PostgreSQL.
  - ili2fgdb, para integrarse con File Geodatabase (ESRI).
  - ili2validator, para validar la conformidad de los datos con el modelo definido.

### **3. Exportación de datos desde el sistema fuente**

En el servidor, se ejecutan procesos de exportación de datos utilizando las herramientas mencionadas, generando archivos de intercambio en formato XML Transfer Format (XTF). Estos archivos encapsulan los datos estructurados conforme al modelo INTERLIS.

### **4. Transferencia e integración en el sistema destino**

El archivo XTF se transfiere al cliente, donde puede ser integrado a:

- Bases de datos PostgreSQL, mediante la herramienta ili2pg.
- File Geodatabases de ESRI (tipo .gdb), utilizando la herramienta ili2fgdb
- Otros tipo de gestores de bases de datos como ORACLE, SQL Server o Geopackage también son posibles

### **5. Operación en entornos desconectados**

Esta metodología está diseñada para ser eficaz incluso en entornos con conectividad limitada o intermitente. Al basarse en archivos de intercambio y en procesos locales de carga, permite que los sistemas cliente operen de forma autónoma, sincronizando los datos con el servidor solo cuando sea posible y/o necesario.

### 2.2.2. Prototipo de interoperabilidad mediante servicios REST y GeoJSON

La metodología empleada para el prototipo basado en REST hace uso de en una arquitectura ligera de microservicios. Se diseñó un servicio REST con API en formato GeoJSON, permitiendo realizar operaciones espaciales a partir de coordenadas proporcionadas por el usuario (por ejemplo una consulta de zonificación urbana en Trujillo). El backend utiliza PostgreSQL/PostGIS, expuesto mediante una API desarrollada en Go con el framework Gin. El frontend se basa en Vue.js y OpenLayers, todo desplegado en contenedores Docker sobre Ubuntu Server.

El servicio REST responde a peticiones HTTP (GET, POST, PUT, DELETE) utilizando JSON y GeoJSON como formatos de intercambio. Se implementó seguridad mediante tokens (JSON Web Tokens – JWT). El prototipo permite realizar consultas gráficas, colimación de elementos espaciales y operaciones CRUD<sup>2</sup>. Se priorizó la usabilidad para sistemas conectados y se demostró la capacidad de este enfoque para integrarse en una estrategia más amplia de interoperabilidad SICUN-PCF-OUN, complementando tecnologías de transferencia masiva como INTERLIS.

### 2.2.3. Prototipo de interoperabilidad basado en servicios WFS

El prototipo basado en servicios WFS de la OGC fue desarrollado para validar el consumo de datos vectoriales remotos desde clientes ligeros. Utilizando GeoServer, se expuso una capa de datos espaciales como servicio WFS, consumida desde un visor Leaflet ubicado en servidores del cliente. La metodología consistió en configurar el acceso a una vista parcial de la base de datos, enfocando la solución en la interoperabilidad dinámica: el cliente accede al WFS remoto, carga datos locales y ejecuta operaciones espaciales como intersecciones usando turf.js en el navegador.

Este enfoque demuestra la viabilidad técnica de WFS para acceder a entidades geográficas completas en tiempo real, aunque con limitaciones importantes en cuanto a las tecnologías a integrar: Leaflet solo soporta GeoJSON, no interpreta GetCapabilities ni permite transacciones WFS-T.

Todo ello permite concluir que, aunque se logró probar la integración en procesos de validación normativa y combinación de capas locales y remotas, debe indicarse que, aunque útil, Leaflet no es la tecnología óptima para producción, recomendándose herramientas más maduras como OpenLayers.

### 2.2.4. Prototipo de Subsistema de Agregación y validación de datos

Como complemento a los prototipos de interoperabilidad descritos anteriormente, se desarrolló un prototipo de subsistema de agregación y validación de datos, orientado a apoyar la implementación operativa del intercambio de información basado en modelos INTERLIS. Este subsistema actúa como una capa intermedia entre los sistemas misionales de las entidades y los mecanismos de interoperabilidad, centralizando la recepción, validación y gestión de archivos de intercambio XTF.

El prototipo se implementa como un servicio web institucional, capaz de recibir archivos XTF generados conforme a los modelos INTERLIS, ejecutar validaciones estructurales y

---

<sup>2</sup> CRUD es un acrónimo que describe las operaciones básicas sobre datos en una API o base de datos: **Create** (crear), **Read** (leer), **Update** (actualizar) y **Delete** (eliminar). A través de peticiones HTTP se logran mediante peticiones POST, GET, PUT y DELETE respectivamente

semánticas, y registrar de forma trazable los intercambios realizados. Su arquitectura se organiza en tres capas: una base de datos PostgreSQL para la gestión de usuarios, accesos y auditoría; un backend encargado de la validación y orquestación de los flujos de intercambio; y una interfaz web para la administración, monitoreo y pruebas del servicio.

Este subsistema permite desacoplar los sistemas misionales de los procesos de interoperabilidad, reduciendo impactos sobre los sistemas productivos y facilitando una adopción progresiva del estándar. En este sentido, puede entenderse como una fase inicial dentro de una transición gradual hacia una interoperabilidad más completa y automatizada entre las entidades, sirviendo tanto como prototipo funcional como arquitectura de referencia replicable dentro del ecosistema institucional.

### 3. Análisis y diseño conceptual para interoperabilidad SICUN-PCF

#### 3.1. Definición del concepto de interoperabilidad

La interoperabilidad, entendida en un contexto multidisciplinar, representa la aptitud de sistemas heterogéneos para intercambiar, interpretar y reutilizar datos de forma automática, sin requerir intervenciones manuales ni transformaciones ad hoc. En el ámbito de los sistemas de información geográfica (SIG), esta propiedad se convierte en un pilar de sostenibilidad técnica e institucional.

Su objetivo, en términos de sistemas que hacen uso de información espacial, es facilitar el intercambio de información con sus componentes geoespacial y alfanumérica de manera eficiente y segura. El hecho de considerar datos espaciales implica consideraciones específicas, como son todas las relativas a ese componente:

- Sistema de Referencia Geoespacial
- Dominio de coordenadas
- Precisión de las coordenadas

#### 3.2. Dimensiones de la interoperabilidad

Pueden definirse 4 dimensiones o tipos de interoperabilidad:

1. **Interoperabilidad técnica:** Se refiere a la compatibilidad entre infraestructuras de red, protocolos de comunicación y lenguajes de programación, soportada por estándares internacionales como OGC, ISO y W3C.
2. **Interoperabilidad organizacional:** Determina la necesidad de establecer políticas que den lugar a marcos normativos que, a su vez, den soporte a iniciativas para realizar procedimientos institucionales que, mediante acuerdos de gobernanza, respalden el intercambio efectivo de información entre entidades.
3. **Interoperabilidad de datos:** Es la capacidad de diferentes sistemas o aplicaciones para **acceder, intercambiar y utilizar datos de manera uniforme y comprensible**. Esto requiere de una homogeneidad en las estructuras, formatos y reglas de codificación de datos, asegurando que estos puedan ser integrados, analizados y reutilizados por múltiples sistemas.

4. **Interoperabilidad semántica:** Constituye el nivel más sofisticado, ya que garantiza la interpretación coherente del significado de los datos por parte de los sistemas participantes.

La interoperabilidad semántica es la capacidad de diferentes sistemas o instituciones para intercambiar datos y comprenderlos de forma coherente, compartiendo no solo el formato, sino también el significado de la información. Esto garantiza que los datos tengan el mismo sentido para todos los sistemas que los utilizan, incluso si han sido diseñados por separado.

Para lograr esta comprensión compartida, los sistemas deben basarse en una ontología común, esto es, una representación formal y estructurada del conocimiento en un determinado dominio como el catastro, la salud, o el transporte. Define:

- Los conceptos clave (por ejemplo, lote, predio, uso del suelo)
- Las propiedades de esos conceptos (área, ubicación, valor)
- Las relaciones entre ellos (un lote pertenece a una manzana, un predio tiene un titular, etc.). Vendría a representar un diccionario con reglas lógicas diseñado para que los sistemas informáticos puedan interpretarlo y utilizarlo automáticamente.

### 3.3. Claves para la interoperabilidad de datos

La capacidad de los diferentes sistemas o aplicaciones para **acceder, intercambiar y utilizar datos de manera uniforme y comprensible** implica que los datos sean compatibles en estructura, formato y significado (semántica común). Para ello, son elementos clave en la interoperabilidad:

- **Uso de estándares abiertos** (ISO 19115, OGC, XML, JSON, etc.)
- **Metadatos descriptivos** para garantizar la comprensión de los datos
- **Conversión de formatos** (Extract Transform Load – ETL) para facilitar la integración

### 3.4. Riesgos y su mitigación

En el marco de la medida y dado el tema sensible el catastro (físico, económico) y de planificación urbana, hemos considerado conveniente realizar un análisis de los riesgos relacionados con la interoperabilidad, así como su mitigación. Para no sobrecargar la parte principal del documento y enfocarlo en los elementos más importantes de la propuesta de interoperabilidad, este análisis fue incluido en el anexo II.

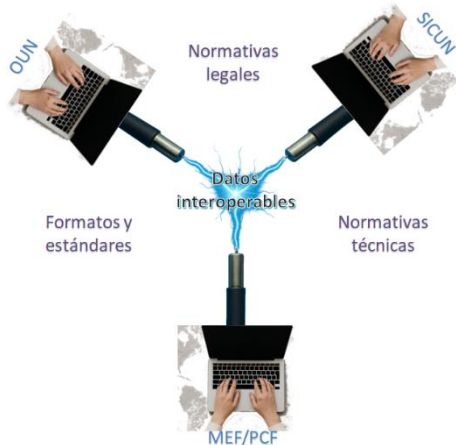
### 3.5. Marco conceptual de la interoperabilidad

La interoperabilidad emerge como solución a la evolución de los sistemas de información. Inicialmente, el paradigma se centraba en sistemas cerrados, con datos concebidos como recursos internos y exclusivos, lo que generaba entornos aislados y limitaba la reutilización de la información.

Posteriormente, el enfoque cambió hacia el dato. La dificultad de reutilizar datos existentes en nuevos sistemas impulsó el desarrollo de tecnologías centradas en la estructura, almacenamiento y explotación de datos. Esto llevó a la necesidad de que los sistemas fueran capaces de leer diversos formatos, utilizando herramientas de transformación y explotación, y a la definición de formatos de intercambio y estándares.

Con la llegada de Internet, la interoperabilidad se profundizó, impulsando la disponibilidad de datos en la nube y el acceso a datos públicos. Se priorizó la definición de estándares abiertos, libres y gratuitos para garantizar que cualquier sistema informático pudiera leerlos sin restricciones de licenciamiento, trascendiendo la mera compartición de datos vía formatos de intercambio.

Es el motivo por el que se puede afirmar que el diseño de interoperabilidad en el contexto del CUN no pasa por analizar los sistemas insertos en ella. Pero sí pasa por el conocimiento de los datos que serán intercambiados dentro de este sistema de interoperabilidad.



Para comenzar con el análisis, el modelo que se propone se centrará en los sistemas SICUN, PCF y OUN, pero no de forma restrictiva. Cualquier otro sistema podría unirse posteriormente al modelo de interoperabilidad con tal de que se integre siguiendo las normas legales y técnicas que se establezcan y que se ciña a los estándares y formatos técnicos.

Cada sistema comunica y comparte información geográfica aplicando estándares reconocidos internacionalmente, sobre los que posteriormente, descendiendo en el nivel de detalle del modelo, se discutirá.

Para que esta interoperación sea exitosa y sostenible, resulta imprescindible establecer un marco normativo claro. Este marco debe incluir directrices técnicas para el intercambio de datos, especificaciones precisas sobre sistemas de referencia espacial, y mecanismos para validar y consolidar versiones. Sólo así se puede garantizar que los datos intercambiados sean consistentes, actualizados y alineados entre los sistemas.

Este planteamiento no solo sienta las bases para una interoperabilidad efectiva, sino que también abre camino para el siguiente nivel: la automatización de procesos y la integración en tiempo real de ser precisos.

### 3.6. Elementos que definen la propuesta del sistema de interoperabilidad

El sistema de interoperabilidad que se propone, en base al proceso llevado a cabo con las entidades mencionadas arriba, queda acotado por la temática tratada en el entorno general de los sistemas involucrados o que puedan involucrarse en el futuro y que no es otro que el de la información de carácter catastral (físico, económico) y de planificación urbana. Esto implica que la información que se maneja es de carácter estratégico por su importancia económica y social, y que es sensible porque se manejan datos de personas físicas y jurídicas que no pueden ser expuestos al público, como son los datos personales o de cualquier otro de carácter delicado.

Los sistemas misionales involucrados en el modelo propuesto de interoperabilidad están ligados a este tipo de información. El SICUN, la PCF, el Sistema de Recaudación Tributaria Municipal (SRTM), los Sistemas de Administración Tributarias (SAT) municipales, y el OUN son las principales plataformas identificadas para ser integradas a través de mecanismos de interoperabilidad. Esta articulación busca evitar la duplicación de esfuerzos, fortalecer la eficiencia institucional y garantizar la consistencia de la información para la administración y gestión territorial.

La información compartida entre los sistemas es de carácter estratégico e incluye datos relevantes para la gestión fiscal municipal, la planificación urbana, la gestión del riesgo de desastres y la formulación de políticas públicas basadas en evidencia. La interoperabilidad en este contexto, por tanto, se plantea no solo como una mejora técnica, sino como una condición necesaria para una gobernanza territorial eficiente.

Una parte significativa de los datos gestionados por los sistemas involucrados corresponde a personas físicas y jurídicas. Esto incluye información personal y económica que está sujeta a regulaciones de protección de datos personales y de confidencialidad. La existencia de esta información impone obligaciones estrictas en cuanto a su acceso, tratamiento y almacenamiento.

Para garantizar la seguridad de esta información, debe considerarse la aplicación de protocolos técnicos y organizativos como, por ejemplo:

- Autenticación y autorización de usuarios con acceso a datos delicados.
- Encriptación de los archivos de intercambio que contengan datos personales o fiscales.
- Auditorías periódicas sobre el acceso, modificación y uso de los datos compartidos.
- Validación legal de los paquetes de datos antes de su publicación o transferencia.

### 3.6.1. Etapas para la implementación del modelo de interoperabilidad propuesto

En el marco de los alcances de la medida de interoperabilidad, las etapas que se proponen para establecer un modelo de interoperabilidad son las siguientes:

- **Etapa 1:** Se enfoca en la interoperabilidad entre los sistemas de **Catastro Urbano, Planificación Urbano Territorial y Valuación**, con el objetivo de mejorar la gestión del suelo urbano.
- **Etapa 2:** Amplía la interoperabilidad para incluir **Catastro Urbano y Rural, Registro de la Propiedad, Formalización Urbana, Planificación Urbano Territorial y Valuación**.
- **Etapa 3:** Busca la interoperabilidad total, **incorporando las Restricciones Públicas** a los elementos de la etapa anterior. Esto implica la participación de entidades sectoriales que establecen dichas restricciones mediante el Derecho Público de la República de Perú.

#### 3.6.1.1. Etapa actual

El presente modelo se centrará en la etapa 1 pero, como se ha dicho al principio de la definición del modelo de interoperabilidad, es independiente de sistemas y, por tanto, al modelo pueden sumarse los sistemas que se consideren siempre que se encuadren en el mismo ámbito ontológico y adopten las normativas técnicas y legales, así como los estándares y formatos.

#### 3.6.1.2. Etapas posteriores y crecimiento del modelo

Una vez establecida esta fase inicial, el modelo de interoperabilidad contempla la integración de otras entidades de interés mencionadas por el SICUN (DIGESPACR, SUNARP) y el OUN (COFOPRI, CENEPRED, SBN, MINSA, MINEDU, INEI, CULTURA, MTC, ANA) en la encuesta realizada. Esto implicará la extensión de las dimensiones organizacional, semántica, sintáctica y técnica para incluir los nuevos actores y sus requerimientos específicos.

En resumen, el modelo de interoperabilidad propuesto es un enfoque sistemático y evolutivo que busca transformar la administración y gestión del territorio en Perú. Al priorizar la

estandarización, la seguridad y la claridad en el intercambio de información entre el SICUN, PCF y OUN, se construye una base robusta para la modernización y la optimización de los servicios públicos relacionados con la administración y la gestión del territorio.

### 3.7. Modelo conceptual de interoperabilidad

Partiendo de la propuesta de establecer el modelo de interoperabilidad por etapas, para definir la fase actual es necesario atender a los elementos de importancia dentro de los objetivos a alcanzar por parte de las entidades involucradas a través de los sistemas que manejan. También será de interés conocer, aunque sea de forma somera, los datos que cada una de las entidades maneja y precisa de otras entidades o sistemas para poder alcanzarlos.

Para conocer estos datos se realizó una encuesta a las entidades públicas implicados en la compartición de datos espaciales y no espaciales (MEF-Catastro Fiscal, MVCS-DUDU-OUN, UE003-SICUN) mediante una hoja con las preguntas que se consideraron necesarias. El cuestionario de la encuesta está incluir en el anexo XX.

En la era digital, la interoperabilidad se ha convertido en un requisito fundamental para los sistemas de información, especialmente en el sector público. En el contexto del CUN en Perú, la interoperabilidad del SICUN con otros sistemas es crucial para asegurar la coherencia, fiabilidad y eficiencia de la información predial, que sustenta tanto la tributación como la gestión territorial y la planificación urbana integral.

El SICUN, implementado por la Unidad Ejecutora 003 de COFOPRI, es el repositorio central de información catastral, fundamental para la identificación, caracterización y valorización de los predios. Paralelamente, el MEF provee datos catastrales al SRTM, sistema en el cual se obtiene el valor predial (autovalúo) mediante la aplicación de valores unitarios a las características del predio (terreno, edificación y obras complementarias).

A este ecosistema se suma el OUN, una herramienta que comparte datos espaciales y que, a la vez, demanda datos catastrales precisos y actualizados para fines de planificación y control urbano. Asimismo, el OUN no solo consume esta información, sino que también es un actor en el flujo de datos al proveer información crítica para el catastro y la planificación urbana.

Este escenario demanda una interconexión y retroalimentación constante de datos entre todos los actores. Se requiere que el SICUN provea datos a la PCF del MEF para su compartición con el SRTM. Crucialmente, los datos ingresados directamente por el contribuyente en las municipalidades (mediante el SRTM) y validados, deben retornar al catastro (SICUN) para mantenerlo actualizado.

#### 3.7.1. Descripción de las necesidades de las entidades involucradas

##### 3.7.1.1. SICUN

Las razones por las que el SICUN debe interoperar con otros sistemas para un funcionamiento adecuado del sistema catastral y fiscal, son las siguientes:

- **Consistencia y Fiabilidad de los Datos.** La falta de interoperabilidad genera islas de información y potenciales discrepancias entre los datos catastrales centralizados en el SICUN y los manejados a nivel municipal o fiscal. Una interoperabilidad robusta garantiza que los registros prediales sean coherentes y fiables en todas las instancias, proporcionando una "fuente única de verdad" para la información del predio.

- **Eficiencia en la Gestión Pública.** La interoperabilidad reduce drásticamente la necesidad de procesos manuales de transferir y validar y homogeneizar datos, minimizando la duplicidad de esfuerzos y los errores humanos. Esto se traduce en una mayor eficiencia operativa para COFOPRI, el MEF, el MVCS y, especialmente, para las municipalidades en sus procesos de gestión del autoavalúo y otros trámites prediales.
- **Determinación precisa y equitativa del autoavalúo.** Para el cálculo del valor fiscal predial (autoavalúo), es fundamental que los datos de las declaraciones juradas del contribuyente, una vez verificados y sincerados por las municipalidades, retroalimenten al SICUN. Esta retroalimentación bidireccional es vital para que el autoavalúo refleje con precisión los cambios físicos (modificaciones del lote, nuevas edificaciones, obras complementarias) y administrativos (titularidad, uso) de los predios. Un catastro actualizado mediante interoperabilidad asegura una base imponible justa y equitativa, fortaleciendo la legitimidad del Impuesto Predial.
- **Soporte para la Planificación y Gestión Territorial a través del OUN:**
  - **Provisión de Datos del OUN al Catastro.** El OUN provee datos espaciales cruciales, como la **zonificación**, que son fundamentales para el catastro y la valoración predial. Esta información asegura que los valores arancelarios y las regulaciones de uso de suelo estén alineados con los planes de desarrollo urbano.
  - **Provisión de Datos del SICUN al OUN.** El SICUN, a su vez, provee datos catastrales detallados al OUN, esenciales para la actualización de los planes urbanos y la toma de decisiones. Esta información incluye: equipamientos urbanos, actividades económicas, número de pisos o edificaciones, uso de suelo, material predominante de las edificaciones, entre otros. Esta interoperabilidad bidireccional enriquece significativamente la capacidad de análisis y monitoreo y control urbano, permitiendo una planificación más precisa y una gestión de riesgos más efectiva.
- **Fortalecimiento de las Finanzas Municipales.** Al garantizar que el catastro esté siempre actualizado con las últimas modificaciones prediales, la interoperabilidad ayuda a identificar predios no registrados o subvaluados, maximizando así la base tributaria y fortaleciendo los ingresos propios de las municipalidades, esenciales para la provisión de servicios públicos.
- **Impulso a la Multiplicidad de Usos del Catastro.** Un catastro interoperable trasciende su función fiscal para convertirse en una herramienta de gestión multifuncional, apoyando estudios socioeconómicos, estadísticas oficiales, la seguridad jurídica de las transacciones inmobiliarias y el desarrollo de políticas públicas integrales.

La interoperabilidad del SICUN es, por tanto, un imperativo para la modernización del Estado peruano y la eficiencia en la administración de la propiedad. Un flujo de datos bidireccional y estandarizado entre el SICUN, la PCF del MEF, los sistemas de rentas como el SRTM y los SAT así como el OUN asegura que el CUN sea un registro dinámico y confiable. Esto no solo optimiza la recaudación tributaria y promueve la equidad fiscal, sino que también potencia la capacidad de los gobiernos locales para planificar, gestionar su territorio y brindar mejores servicios a sus ciudadanos, consolidando un sistema de información predial robusto y al servicio del desarrollo nacional.

Entre los objetivos de compartir los datos por parte de este sistema dentro del modelo de interoperabilidad se encuentran los siguientes:

- Sincerar la recaudación tributaria
- Mejorar el control urbano
- Actualizar y elaborar planes de desarrollo urbano
- Gestionar riesgos de desastres
- Regularizar la tenencia

De las respuestas obtenidas de la encuesta, se desprende que las consideraciones que deben tenerse en cuenta para que el modelo de interoperabilidad sirva a las necesidades de SICUN son las siguientes:

- El sistema trabaja con datos en tiempo real. No obstante, se realizan también procesos en lotes según la normativa de actualización catastral. Esto implica que puede haber procesos en los que se pueda acceder a datos, procedentes de otros actores, sin necesidad de almacenarlos localmente, es decir, se puede hacer uso de servicios publicados y utilizarlos en operaciones para la obtención de productos derivados en tiempo real.
- Otras entidades que podrían implicarse, en fases posteriores de la implementación del modelo de interoperabilidad, y que son de interés para SICUN serían Empresas de servicios (Agua, energía, telecomunicaciones, Gas) y SUNARP, entre otras.
- Actualmente el sistema publica servicios WMS y se considera la posibilidad del compartir datos para la descarga en formatos como shapefile o mediante servicios REST + GeoJSON.
- Las tareas que desde el SICUN se pretenden realizar haciendo uso del entorno de interoperabilidad que se establezca, son acciones de consulta y visualización, análisis, descarga y cualesquiera otros que puedan estar disponibles.

#### 3.7.1.2. OUN

El OUN participa activamente en el ciclo de vida de la información urbana a través de un intercambio dinámico con sistemas de diversas entidades, destacando su relación con el SICUN y otros actores clave:

- **Publicación y Provisión de Datos para el Catastro.** El OUN es una fuente autorizada de información de planificación urbana. Publica y provee al sistema catastral (como el SICUN) productos esenciales como la clasificación general del suelo, la zonificación y el sistema vial. Estos datos son críticos para asegurar que los registros catastrales reflejen el marco normativo y de ordenamiento territorial vigente, influyendo directamente en la valoración predial y la gestión municipal.
- **Consumo de Datos Detallados para el Análisis y Planificación.** Para sus funciones de diagnóstico espacial y actualización de planes urbanos, el OUN requiere y consume activamente información detallada del SICUN. Esta incluye el uso actual del suelo, las actividades económicas, los equipamientos urbanos, el número de pisos o edificaciones, el material predominante de las edificaciones, así como datos sobre la cobertura de servicios públicos. La mayoría de estas variables temáticas deben ser continuamente actualizadas mediante el uso de la información catastral más reciente.

La eficacia del OUN depende críticamente de su capacidad para interoperar con otras bases de datos. Esta necesidad se manifiesta en varios aspectos clave:

1. **Fiabilidad y Actualidad de la Información para la Planificación.** Para que el OUN pueda generar diagnósticos espaciales precisos y actualizar los planes urbanos de manera efectiva, requiere acceder a datos catastrales que sean consistentemente actualizados. La interoperabilidad asegura que las transformaciones físicas de los

predios (nuevas construcciones, cambios de uso, variaciones en equipamientos) se reflejen de manera oportuna en los análisis del OUN.

2. **Análisis robusto y Generación de Indicadores.** El OUN opera mediante el procesamiento de datos en lotes periódicos. Para sus funciones de planificación y control urbano, necesita constancia y trazabilidad en los datos derivados, así como en los procesos metodológicos para obtenerlos. Esto exige acceso a conjuntos de datos completos y estructurados, que permitan su análisis y transformación sin impedimentos manuales o por falta de homogeneidad.
3. **Eficiencia Operacional y Reducción de Discrepancias.** La interoperabilidad automatiza el intercambio de información, eliminando tareas manuales repetitivas y reduciendo significativamente la probabilidad de errores o inconsistencias entre los sistemas. Esto optimiza los tiempos de procesamiento y asegura que las diversas plataformas compartan una "visión única" del territorio.
4. **Soporte Integral para la Toma de Decisiones.** Un OUN interoperable consolida información de diversas fuentes, ofreciendo una perspectiva holística de la realidad urbana. Esto empodera a las autoridades y planificadores con datos enriquecidos para la toma de decisiones estratégicas en temas como el desarrollo de infraestructura, la gestión de riesgos y la asignación de recursos.
5. **Ampliación y Diversificación de la Red de Colaboración.** La capacidad del OUN para interoperar con otras entidades es fundamental para su visión integral. Más allá del Catastro (SICUN), la interoperabilidad con organismos como COFOPRI (formalización), CENEPRED (riesgos), SBN (bienes estatales), MINSA (salud), MINEDU (educación), INEI (estadísticas), CULTURA (patrimonio), Municipalidades (gestión local), MTC (transporte) y ANA (recursos hídricos), permitirá al OUN integrar capas de información especializada, enriqueciendo su capacidad de análisis multisectorial y soporte a políticas públicas.

Desde la perspectiva del OUN, la implementación de la interoperabilidad efectiva demanda:

- **Mecanismos de Acceso Robusto.** Necesidad de opciones eficientes para la descarga de datos masivos o la implementación de interfaces de programación de aplicaciones (APIs) que permitan un flujo de información automatizado y bajo demanda.
- **Estandarización y Trazabilidad.** Definición de formatos de datos comunes, protocolos de intercambio y metadatos que garanticen la comprensión y el uso adecuado de la información, así como la capacidad de auditar su origen y procesamiento.
- **Constancia en la Provisión de Datos.** Asegurar que los datos sean suministrados de forma periódica y predecible, permitiendo al OUN mantener sus análisis y publicaciones actualizadas.

La interoperabilidad es un pilar irrenunciable para que el OUN cumpla su rol de manera efectiva. Al garantizar un intercambio fluido, consistente y oportuno de datos con el Catastro Urbano (SICUN) y una red más amplia de instituciones, el OUN puede transformar grandes volúmenes de información en conocimiento aplicable. Esto potencia no solo la precisión de la planificación y el control urbano, sino que también contribuye significativamente a la transparencia, la eficiencia en la gestión pública y, en última instancia, al desarrollo sostenible y ordenamiento de las ciudades peruanas.

### 3.7.1.3. PCF

La PCF, gestionada por el MEF, es un sistema diseñado para consolidar, mantener y actualizar la información catastral fiscal para la valorización de los predios a nivel nacional. Su función primordial es mantener la base de datos fiscal de los predios, sirviendo como la fuente

confiable para la valoración con fines tributarios. En un contexto donde la gestión territorial demanda cada vez más una visión integral, la interoperabilidad de la PCF con otros sistemas se vuelve fundamental para garantizar la coherencia de la información, optimizar la recaudación y apoyar el desarrollo urbano.

Si bien su origen respondió a la necesidad de disponer de un catastro en municipios donde el SICUN de COFOPRI aún no está implementado, la PCF ha evolucionado para asumir funciones clave en la valoración predial.

Actualmente la PCF sirve como un requisito previo indispensable para la implementación del SRTM del MEF. Permite a las municipalidades utilizar la información de trascendencia fiscal para actualizar el valor de los predios y, consecuentemente, la determinación del impuesto predial y los arbitrios municipales, a través del SRTM.

El SRTM es una herramienta desarrollada por el MEF y puesta a disposición de los gobiernos locales de manera gratuita con la finalidad de facilitar la gestión de sus principales ingresos propios tributarios y no tributarios.

La PCF forma parte de un modelo de integración de datos territoriales más amplio, en el que debe interactuar con sistemas como el SICUN, el Sistema de Catastro Rural (SCR), el OUN y otros actores institucionales a nivel nacional y local.

La PCF gestiona datos clave para la determinación del autoavalúo y la administración fiscal:

- **Valor del Suelo.** Determinado directamente por el MEF a través de valores arancelarios oficiales, que son el pilar para la valoración del terreno.
- **Declaración Jurada del Contribuyente.** Recibe esta información esencial, provista por los SAT municipales y a través del SRTM, que detalla las características del predio.
- **Valor Fiscal del Predio (Autoavalúo).** Aunque el autoavalúo es calculado por los gobiernos locales a partir de los datos gestionados en el SRTM y los SAT, la PCF (a través del MEF) provee los valores unitarios y criterios que son la base para esta determinación, asegurando una valoración estandarizada a nivel nacional.

Dentro del modelo de interoperabilidad, es de particular relevancia que la PCF pueda identificar la información fiscal que debe ser remitida y comunicada automáticamente a otros sistemas (como el SICUN) sobre cambios relevantes para su actualización, promoviendo una base de datos más sincronizada.

La interoperabilidad de la PCF es esencial para el cumplimiento de sus objetivos y para la eficiencia del sistema de gestión territorial peruano, en cuanto a:

- **Sincronización y Coherencia de Datos.** Permite mantener la base de datos del catastro fiscal actualizada y coherente con otras fuentes de información predial, como el SICUN. Aunque la PCF opera donde el SICUN no está generalizado, la interoperabilidad es necesaria para que la información fiscal clave de la PCF (valores, criterios) pueda ser consumida por el SICUN, apoyando la unificación y actualización del catastro urbano a nivel nacional.
- **Mejora de la Recaudación Tributaria.** La interoperabilidad optimiza la precisión de la base imponible y facilita la fiscalización. Permite la integración de datos fiscales y tributarios con las Municipalidades (especialmente aquellas que no cuentan con SAT propio, pero sí con SRTM), simplificando los procesos de recaudación y fortaleciendo las finanzas locales.
- **Apoyo en la Elaboración y Actualización de los Planes de Desarrollo Urbano.** La información de la PCF, particularmente los valores del suelo y el inventario fiscal del predio, puede ser un insumo valioso para los procesos de planificación urbana, especialmente si se integra con sistemas como el OUN. Permite comprender las

dinámicas de valor del suelo y la presión sobre el territorio, elementos clave para la formulación de políticas de desarrollo.

- **Contribución al Control Urbano y la Gestión Integral del Territorio.** Al disponer de una base de datos fiscal actualizada e interoperable, la PCF contribuye a una visión más completa del territorio, apoyando el control de las actividades constructivas y el cumplimiento de la normativa urbana, especialmente cuando su información se cruza con datos de zonificación o uso del suelo provenientes de otras plataformas.

Los requerimientos identificados para que el modelo de interoperabilidad sirva eficazmente a las necesidades de la PCF incluyen aspectos técnicos, operativos y de gestión:

- **Métodos de Compartición de Datos.** Se contempla la necesidad de que los datos de la PCF sean compartidos mediante estándares como servicios REST, u otras alternativas eficientes, facilitando el acceso programático y automatizado.
- **Integración con Municipalidades.** Es crucial la integración de datos fiscales y tributarios con todas las Municipalidades, priorizando aquellas que operan con el SRTM junto a la PCF. La integración existente con municipalidades que sí cuentan con SAT (como Tarapoto) sirve como precedente y modelo.
- **Capacidades de Actualización Masiva.** Actualmente, la PCF no cuenta con puntos de acceso para la actualización masiva de datos, lo que representa una limitación. La necesidad de mecanismos que permitan la incorporación eficiente de grandes volúmenes de cambios es evidente.
- **Exposición de Servicios Geográficos.** Se contempla que el SRTM y la PCF cuenten con exposición de servicios geográficos mediante un servidor GIS vía PCF, utilizando estándares como WMS, WFS y WMTS. Esto permitiría la visualización y consulta directa de información espacial fiscal.
- **Operación con Datos Remotos.** Desde el MEF, se está evaluando la posibilidad de operar con datos remotos de otras entidades, utilizando estos servicios directamente en sus sistemas sin necesidad de descarga local de los datos. Esto optimizaría el consumo de información y la eficiencia.

La interoperabilidad de la PCF del MEF se considera necesario para la modernización de la administración tributaria y la gestión territorial en Perú. Al trascender su función aislada y conectarse de manera efectiva con el SICUN, OUN y las municipalidades, y más adelante con otras plataformas como el SCR y la Base Gráfica Registral (BGR) de la SUNARP, la PCF no solo mejora la eficiencia en la recaudación tributaria, sino que también contribuye significativamente a la coherencia de la información predial a nivel nacional y apoya estratégicamente la planificación y el control urbano. La implementación de estándares abiertos y la consolidación de una red de intercambio de datos son cruciales para que la PCF maximice su valor y contribuya a una gestión pública más eficiente y transparente.

### 3.7.2. Determinación del Modelo Conceptual de Interoperabilidad

Considerando lo revisado anteriormente, cabe concluir que las entidades involucradas en la gestión de la información catastral, urbana y fiscal deben intercambiar datos que cada una de ellas posee, bien por gestionarlos directamente, bien por obtenerlos de procesos de análisis de datos y que otras entidades pueden necesitar.

La determinación de este modelo conceptual de interoperabilidad establece una hoja de ruta por etapas, comenzando con una sólida base en las dimensiones organizacional, semántica, sintáctica y técnica, se sentarán las bases para una "fuente única" de la información predial. La adopción de estándares abiertos, el desarrollo de APIs y servicios OGC, y el establecimiento de acuerdos claros entre SICUN, OUN y PCF permitirán un intercambio de

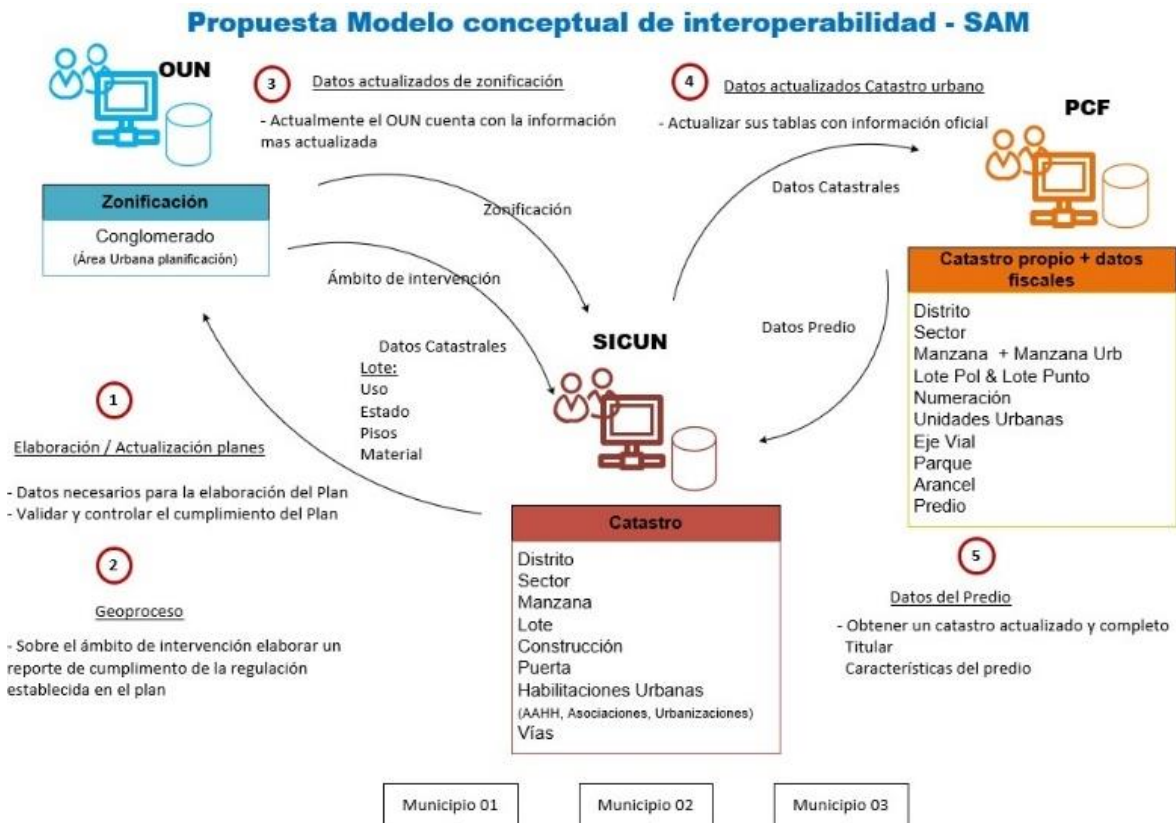
datos fluido y automatizado, optimizando la recaudación tributaria, mejorando la planificación urbana y fortaleciendo la capacidad de gestión de riesgos de desastres.

El éxito de este modelo dependerá de la colaboración continua entre todas las entidades involucradas y de la capacidad de adaptarse a nuevas necesidades y tecnologías.

Las Municipalidades se integran en el proceso, como se ha visto, a través de SICUN, si bien es cierto que actualmente se está trabajando para que puedan operar con datos de PCF de forma directa con aquella información que pueda tener interés en el ámbito fiscal.

En términos generales y sin que sea óbice para una revisión en profundidad posterior, la información general que ha de compartirse entre las entidades, como puede verse en la imagen, es la siguiente.

SICUN, a partir de la integración de la información de las Municipalidades, expondrá información de Catastro con la que OUN podrá trabajar sobre la zonificación, que a su vez expondrá para ser usada en primera instancia por el propio SICUN. Volviendo a los datos de SICUN, la PCF del MEF podrá acceder a ellos para completar la información fiscal, como complemento a los datos que el propio sistema maneja.



Descendiendo en el nivel de detalle de los datos a compartir, los datos que requiere SICUN para el mantenimiento catastral pueden resumirse en el siguiente cuadro:

Eventos	Ocupación del suelo/Cambios	Fuente	Sistemas de registro	Capas o Tablas
Nuevos predios	Habilitaciones urbanas formales. Posesiones informales. Lotizaciones sin autorización. Lote individual sin autorización	Gerencia Desarrollo Urbano - Municipalidad Área de AAHH Municipalidad /COFOPRI Fiscal/Control Urbano Fiscal/Control Urbano Declaraciones de titulares	Sistema Tramite Municipal Sistema Tramite Municipal Geollaqta PCF – SRTM SAT Municipalidades	Manzana Lote Construcción Puerta Vías Habilitación urbana Manzana administrativa Lote administrativo Parque
Predio existente Cambios catastrales	Cambios físicos y baja de predios	Municipalidad con PCF Municipalidad con SAT Registro y Notarías	PCF – SRTM SAT Municipalidades Sistema de Registros - BGR	Lote Construcción Puerta
	Cambios de zonificación Cambios de uso	Municipalidad Provincia Solicitud de usuarios/Fiscalización	Sistema Tramite Municipal PCF – SRTM SAT Municipalidades Fiscalización	Zonificación/Alfa numérico Uso/Alfanumérico
	Cambios del titular	Declaraciones de titulares Notarías y Registro Juez de Paz	PCF – SRTM SAT Municipalidades Sistema Registral	Datos del titular/ Alfanumérico

Por su parte, son de interés para el PCF los siguientes datos, procedentes de SICUN y de los datos que el propio sistema administra, para la de terminación del valor del terreno:

SICUN	PCF	DATOS PARA EL CALCULO DEL VALOR DEL TERRENO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código Catastral</li> <li>• Distrito</li> <li>• Sector</li> <li>• Manzana</li> <li>• Lote</li> <li>• Construcción</li> <li>• Puerta</li> <li>• Vías</li> <li>• Zonificación</li> <li>• Habilitación urbana</li> <li>• Manzana administrativa</li> <li>• Lote administrativo</li> <li>• Parque</li> <li>• Ficha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código de predio</li> <li>• Distrito</li> <li>• Sector</li> <li>• Manzana</li> <li>• Lote polígono</li> <li>• Lote punto</li> <li>• Numeración</li> <li>• Eje vial</li> <li>• Unidad urbana</li> <li>• Manzana urbanización</li> <li>• Parque</li> <li>• Arancel</li> <li>• Predio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código de predio/Código Catastral</li> <li>• Área de Terreno</li> <li>• Ubicación</li> <li>• Código de vía</li> <li>• Valor de suelo</li> <li>• Área de terreno</li> </ul>

### 3.7.2.1. Propuesta del Modelo conceptual de Interoperabilidad

A continuación, se procede a presentar la propuesta de modelo conceptual para la interoperabilidad de los datos de catastro, urbanos y fiscales de los actores involucrados y descritos con anterioridad, de sus datos y considerando, como se ha expuesto, la situación actual de sus sistemas y entorno operativo.

Basado en el análisis de las necesidades del SICUN, OUN y la PCF, y la información obtenida de las entidades, el modelo conceptual de interoperabilidad se define como un marco estructurado y por etapas diseñado para facilitar el intercambio fluido, coherente y seguro de información geoespacial y no geoespacial entre los sistemas del Catastro Urbano en Perú. Su objetivo principal es asegurar una "fuente única de verdad" para los datos prediales, optimizando la gestión territorial, la recaudación tributaria y la planificación urbana.

Este modelo aborda la interoperabilidad a través de diferentes dimensiones interconectadas, garantizando que los sistemas no solo puedan intercambiar datos, sino también comprenderlos y utilizarlos de manera efectiva en sus respectivos procesos.

#### 3.7.2.1.1. Visión del modelo por etapas

El modelo se propone por etapas, conforme a lo definido en 3.6.1, estando la fase actual enfocada a establecer los cimientos de la interoperabilidad bidireccional entre los actores principales: SICUN, OUN, PCF y Municipalidades, vía SRTM.

Los objetivos específicos de la fase actual son:

- Habilitar el flujo de datos catastrales del SICUN hacia la PCF/SRTM para la valoración predial.
- Establecer el canal de retroalimentación de datos validados del contribuyente desde el SRTM hacia el SICUN, a través de la PCF.
- Permitir el intercambio bidireccional de datos espaciales y temáticos entre el SICUN y el OUN.
- Facilitar la exposición de servicios de acceso/ intercambio de información desde la PCF para su consumo por otros sistemas.
- Priorizar la interoperabilidad de datos en tiempo real para consultas y visualización, así como mecanismos eficientes para procesos en lotes y descargas masivas.

#### 3.7.2.1.2. Dimensiones del modelo de interoperabilidad

El modelo opera sobre cuatro dimensiones clave, cada una con principios y componentes específicos para asegurar una integración completa:

##### **1. Interoperabilidad Técnica**

Aborda los mecanismos y protocolos de comunicación que permiten a los sistemas intercambiar bits y bytes, garantizando la conectividad y el transporte de datos.

- Principios:
  - Conectividad Segura: Establecimiento de canales de comunicación robustos y protegidos.
  - Accesibilidad de Servicios: Los datos deben estar disponibles a través de interfaces accesibles y programables.
  - Neutralidad Tecnológica (en lo posible): Evitar la dependencia de tecnologías propietarias para mantener la flexibilidad.
- Componentes Clave:

- Servicios Web (API RESTful): Implementación de interfaces de programación de aplicaciones RESTful para el intercambio de datos en tiempo real o bajo demanda entre SICUN, PCF y OUN.
- Servicios OGC: Exposición de WMS, WFS y WMTS (*Web Map Tile Service*) por parte del SICUN y la PCF para la visualización y consulta de datos espaciales, y su consumo por el OUN y otras municipalidades.
- Mecanismos de Descarga Masiva: Protocolos para la transferencia de grandes volúmenes de datos (ej., descarga de paquetes Shapefile o archivos comprimidos) para procesos en lotes del OUN y actualizaciones iniciales del SICUN.
- Protocolos de Seguridad: Uso de HTTPS y otros estándares de seguridad para la autenticación y encriptación de datos en tránsito.
- Plataforma de Integración (Fase Futura): Considerar un Bus de Servicios Empresariales (ESB) o una solución de integración similar para orquestar flujos de datos complejos y transformaciones.

## 2. Interoperabilidad Organizacional y Legal

Esta dimensión establece el marco de gobernanza y colaboración entre las entidades. Es fundamental para definir "quién hace qué" y bajo qué condiciones se compartirá la información.

- Principios:
  - Claridad de Roles y Responsabilidades: Cada entidad (COFOPRI/SICUN, MEF/PCF-SRTM, MVCS/OUN) debe tener roles y responsabilidades bien definidos en el ciclo de vida del dato.
  - Marco Normativo: Establecimiento de acuerdos interinstitucionales, convenios y políticas que regulen el intercambio de datos, incluyendo aspectos de propiedad, acceso, uso, seguridad y privacidad.
  - Modelos de Gobernanza: Creación de un comité o grupo de trabajo interinstitucional encargado de supervisar la implementación del modelo, resolver conflictos y definir futuras evoluciones.
- Componentes Clave:
  - Acuerdos de Nivel de Servicio (*Service Level Agreements* - SLA): Para asegurar la disponibilidad y calidad de los datos y servicios.
  - Políticas de Seguridad y Privacidad de Datos: Definición de los estándares y protocolos para proteger la información sensible.
  - Protocolos de Actualización y Mantenimiento: Establecimiento de los tiempos y procesos para la sincronización de datos entre sistemas.

## 3. Interoperabilidad de Datos

Se centra en la estructura y formato de los datos y los mensajes. Asegura que los sistemas puedan leer y procesar la información recibida.

- Principios:
  - Estandarización de Formatos: Uso de formatos de datos y estructuras de mensajes acordados y bien documentados.
  - Legibilidad por Máquina: Los formatos deben ser fácilmente procesables por sistemas informáticos.
- Componentes Clave:
  - Formatos de Datos Abiertos y Estándar: Adopción de GeoJSON, XML y formatos involucrados en el estándar INTERLIS y JSON junto a la API de

REST como los formatos primarios para el intercambio de datos espaciales y alfanuméricos.

- Esquemas de Datos: Definición estricta de la estructura de los mensajes mediante XML o (Geo)JSON para validar la información.
- Metadatos estándar: Inclusión de metadatos que describan el origen, calidad, formato y validez de los datos intercambiados.

#### 4. Interoperabilidad Semántica

Esta es quizás la dimensión más crítica, ya que asegura que la información intercambiada sea comprendida de la misma manera por todos los sistemas y usuarios, evitando malas interpretaciones y garantizando la coherencia.

- Principios:
  - Significado Común: Todos los participantes deben tener una comprensión compartida del significado de los datos, más allá de su formato técnico.
  - Consistencia Contextual: Los datos deben ser coherentes con el contexto en el que se utilizan en cada sistema.
- Componentes Clave:
  - Vocabulario y Glosario Común: Un conjunto de términos y definiciones estandarizados para los conceptos prediales, urbanísticos y fiscales (ej., "uso de suelo", "tipo de edificación", "autovalúo").
  - Modelos de Datos de Referencia: Un modelo de datos conceptual abstracto y agnóstico a la implementación a nivel de sistemas, que represente la estructura y relaciones de la información predial de manera unificada.
  - Ontologías y Tesoros (futuro): Para relaciones más complejas entre conceptos, especialmente útiles para el OUN y su análisis espacial.
  - Mapeos de Datos: Procesos o herramientas que traducen los datos de los esquemas internos de cada sistema al modelo de datos de referencia y viceversa.

##### 3.7.2.1.3. Identificación de los sistemas

Como se ha dicho, los actores que interactúen mediante el presente modelo de interoperabilidad pueden ser cualquier que se ciña a las normas técnicas y jurídicas bajo la que opere, que pertenezcan a la misma unidad ontológica y que operen bajo los mismos estándares y formatos.

Si embargo, en esta primera fase el modelo propuesto se centrará en los siguientes sistemas y los actores que los administran:

Sistema/ plataforma	Descripción/ objetivo/ usuarios	Entidad administradora
<b>SICUN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Municipalidades como conjunto de usuarios</li> <li>● Gestión y mantenimiento del catastro urbano</li> <li>● Almacena y gestiona información alfanumérica y geográfica catastral bajo un modelo de datos alineado con la norma ISO 19152 (LADM)</li> <li>● Conteniendo registros fotográficos, ortofotos e imágenes de satélite.</li> <li>● Basado sobre software libre y de código abierto.</li> </ul>	UE003/ COFOPRI
<b>PCF</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Plataforma para la gestión eficiente y automatizada de los datos del catastro fiscal.</li> <li>● Municipios como usuarios principales.</li> <li>● Gestiona la base gráfica predial y el padrón predial.</li> </ul>	DPDFFS del MEF

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollado sobre arquitectura tecnológica híbrida que combina Angular, Django, ArcGIS y SQL Server (principalmente software privativo).</li> </ul>	
<b>OUN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma para generar, almacenar, compartir, acceder, descargar, analizar y usar información urbana cualitativa, cuantitativa de carácter geoespacial</li> <li>• Entidades del Estado, gobiernos locales, profesionales especialistas en planificación como usuarios.</li> <li>• Proporciona información alfanumérica de carácter estadístico e información geoespacial, con datos ráster (ortofotos e imágenes satelitales).</li> <li>• Basado sobre software libre y de código abierto.</li> </ul>	DUDU-MVCS

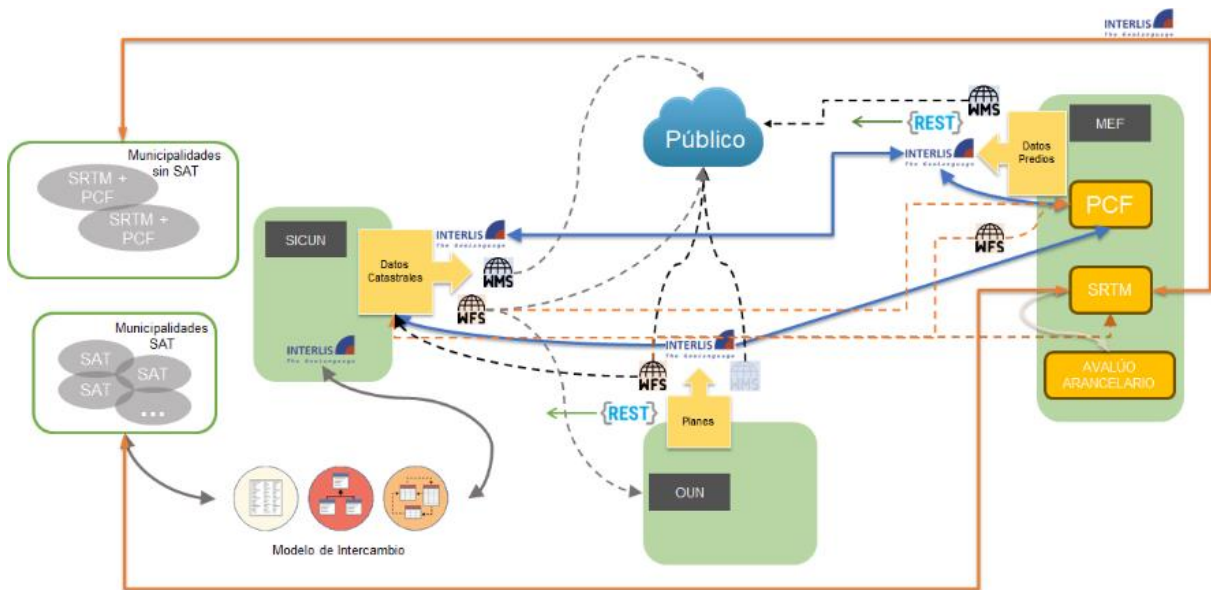
### 3.7.2.1.4. Identificación de los ejes de interoperabilidad

Se consideran los siguientes ejes relevantes de interoperabilidad:

Datos prediales: Intercambiados entre PCF y SICUN para mantener actualizado el catastro y el valor fiscal de los predios.

Planes urbanos: Flujo de información desde OUN hacia otras entidades para apoyar la planificación urbana, información fiscal y otra información de interés.

Avalúo arancelario: Vinculación – a través de la PCF – con el SRTM y los SAT municipales para calcular el valor tributario del suelo y las edificaciones.



Los siguientes flujos de datos son prioritarios para la implementación. Las descargas e intercambio masivos de datos se proponen realizar mediante INTERLIS:

#### Flujo 1: SICUN → PCF/SRTM (Datos para Autoavalúo)

- Origen: SICUN (administrado por COFOPRI)
- Destino: PCF (administrado por MEF), SRTM (Municipalidades)
- Contenido: Información catastral del predio (características, dimensiones, titularidad, uso).
- Mecanismo: Publicación de API RESTful por parte del SICUN que la PCF pueda consumir para obtener datos específicos de predios, y potencialmente servicios WFS para datos espaciales.

- Consideración: Esto puede requerir un proceso de descarga inicial masiva para la base de datos de la PCF.

#### **Flujo 2: SRTM (Municipalidades) → SICUN (Actualización Catastral)**

- Origen: SRTM (Municipalidades, datos declarados y validados por el contribuyente).
- Destino: SICUN (COFOPRI) vía PCF.
- Contenido: Cambios físicos (ampliaciones, demoliciones), cambios de uso, titularidad, etc., que impactan el catastro.
- Mecanismo: Implementación de APIs RESTful en el SICUN que el SRTM pueda invocar vía PCF para enviar actualizaciones específicas de predios, o mecanismos de envío de lotes de datos estructurados para su procesamiento y actualización en el SICUN. Esto es crucial para la "fuente única de verdad".

#### **Flujo 3: OUN ↔ SICUN (Datos Urbanos y Catastrales)**

OUN → SICUN:

- Origen: OUN (MVCS)
- Destino: SICUN
- Contenido: Datos espaciales de planificación urbana (zonificación, sistema vial).
- Mecanismo: El OUN expondrá servicios WMS/WFS para la visualización y consulta directa por parte del SICUN. También se pueden considerar envíos periódicos de datos espaciales en INTERLIS para actualizaciones en lotes.

SICUN → OUN:

- Origen: SICUN
- Destino: OUN
- Contenido: Datos catastrales detallados (uso actual del suelo, actividades económicas, equipamientos, número de pisos, material predominante).
- Mecanismo: El SICUN expondrá servicios WMS/WFS para la visualización y consulta por el OUN, y API RESTful con GeoJSON para el consumo programático. Los datos requeridos para análisis en lotes por el OUN se facilitarán mediante mecanismos de descarga masiva usando INTERLIS.

#### **Flujo 4: PCF (MEF) → OUN (Datos Fiscales para Planificación)**

- Origen: PCF (MEF)
- Destino: OUN (MVCS)
- Contenido: Valores del suelo (aranceles), inventario fiscal del predio, datos relevantes para dinámicas de valor del suelo.
- Mecanismo: La PCF expondrá servicios RESTful o servicios WMS/WFS/WMTS para que el OUN pueda consumir estos datos, apoyando la planificación urbana con información de valor. Se contemplará la operación con datos remotos para el MEF.

##### 3.7.2.1.5. Identificación de los servicios tecnológicos

Se identifican los siguientes tipos de servicios:

- **Los orientados a la publicación de datos para consulta y acceso on-line.** Pueden ser datos de la situación más actual, que será su configuración principal; sin embargo nada impide que estos datos sean accedidos con consultas construidas para realizar consultas de datos históricos.

El acceso a estos datos puede ser para consulta o para la realización de análisis en aplicaciones locales. Un ejemplo paradigmático de este caso será la consulta mediante servicios OGC de WFS o de WMS con componente, o no, temporal.

- **Los orientados a la descarga masiva de datos** en casos que:
  - El volumen de datos excede lo que se necesitaría para una consulta puntual.
  - Son transacciones de baja frecuencia, es decir, se realizan de una sola vez o en pocos pasos y se obtienen grandes conjuntos de parcelas, edificaciones, linderos, etc.; incluso capas completas que no suelen hacerse continuamente
  - No se traspasa información generada y utilizada en tiempo real, tratándose de lotes de datos de un periodo de tiempo

En esta situación el factor limitante fundamental del servicio será su capacidad de dar una respuesta fiable. Otro factor de gran importancia será el formato en el que se descarguen.

- **Los orientados a consultas que puedan dar como resultado descargas puntuales de datos.** En este caso y ante la dificultad, de determinar que es o no masivo, las descargas puntuales se caracterizarán por una pequeña cantidad de los mismos, que generalmente se usan para resolver situaciones de la sesión y permitir que sean representados en tiempo de ejecución de aplicaciones web o, incluso, ser representados en clientes pesados. En el contexto catastral nos referimos a operaciones dirigidas y acotadas que buscan resolver necesidades específicas del flujo de trabajo (validación de zonificación, verificación de linderos, consulta de titularidad), diferenciándose de las transferencias masivas por su naturaleza transaccional y su integración en procesos operativos cotidianos.
- **Los orientados a ejecutar tareas en segundo plano** que pueden ser consultas, ejecución de acciones diferidas, programadas o lanzadas por automatismos, condicionales o no; y otras acciones que pueden llevarse a cabo de forma puntual.

#### Interfaz y formato de intercambio:

- **Para los servicios de intercambio y consulta en línea:** Interfaz proporcionada por los servicios del OGC, de carácter abierto y libre, WMS para la consulta de datos y WFS para la interacción con datos remotos.  
Ambos, tipos de publicación de datos espaciales vía Web, permiten el acceso a y la consulta sobre información georreferenciada a partir de vistas generadas en base de datos que pueden ser consultadas. En el caso de WFS, además, puede accederse a los datos de forma física localmente e interactuar con datos locales, es decir, se pueden realizar tareas de geo-análisis con ellos, cruzándolos con datos propios y obteniendo productos derivados que pueden ser descargables y almacenables en los sistemas propios.
- **Para los servicios de descarga masiva de datos** se propone el uso del estándar INTERLIS. En un capítulo posterior se analizará esta opción y se comparará con otras.
- **Para los servicios orientados a consultas que puedan dar como resultado descargas puntuales** de datos, se propone el uso de la publicación de microservicios basados en la API de REST junto con el formato GeoJSON.
- **Para los servicios de ejecución de tareas en segundo plano** se propone, de nuevo, los microservicios basados en REST y, de ser necesario, el uso de SOAP para la creación de estos servicios.

#### 3.7.2.1.6. Consideraciones a aplicar bajo las definiciones de la gobernanza del dato

Para que el modelo de interoperabilidad funcione correctamente, es fundamental establecer mecanismos claros de gobernanza de datos. Estos mecanismos deben contemplar:

1. **Responsabilidades institucionales:** asignación clara de roles sobre quién produce, valida, actualiza, distribuye y consume los datos. Debe identificarse también las entidades o instituciones encargadas de liderar los procesos, centralizar información

general y desempeñar funciones que, de forma general, serían atribuibles a las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) por lo general de nivel nacional. Para el caso del modelo propuesto se considera que deben tenerse en cuenta para realizar este papel a la PCM-IDEP.

2. **Normas y estándares:** adopción de estándares abiertos para formatos, estructuras de datos, metadatos y protocolos de intercambio. En el capítulo anterior se han identificado los que tienen que ver con la compartición de datos.
3. **Políticas de calidad de datos:** criterios de exactitud, consistencia, actualidad y completitud de la información intercambiada.
4. **Seguridad y privacidad:** medidas para proteger los datos personales y sensibles, incluyendo control de accesos, cifrado y auditorías.
5. **Ciclo de vida de los datos:** definición de procesos para la creación, mantenimiento, archivado y eliminación de los datos.
6. **Transparencia y trazabilidad:** registros que permitan conocer el origen, modificación y destino de los datos.

Una gobernanza efectiva garantiza la sostenibilidad, confiabilidad y escalabilidad del modelo de interoperabilidad a lo largo del tiempo

#### 3.7.2.1.7. Consideraciones para establecer las directrices de seguridad y privacidad

La seguridad de los datos y de los sistemas es un pilar fundamental dentro de cualquier modelo de interoperabilidad, ya que garantiza que el intercambio de información entre sistemas y organizaciones se realice de forma confidencial, íntegra y accesible solo para quienes estén autorizados. En contextos donde se comparte información sensible, como datos catastrales, fiscales o personales, es imprescindible establecer un marco de protección robusto.

Para asegurar la protección de los datos en entornos interoperables, se deben considerar los siguientes aspectos clave:

1. Determinación del **nivel de acceso** de los datos:
  1. Libre acceso: aquellos a los que puede acceder libremente todas las personas, incluyendo el público general, sin necesidad de identificarse en el sistema
  2. Acceso limitado: Aquellos datos que son accesibles, pero sólo para personas que se han identificado en el sistema.
  3. Acceso restringido: Aquellos que son accesibles para las personas identificadas en el sistema y con los permisos necesario.
2. Determinación de la **disponibilidad de los datos**: si los datos son
  1. Públicos: toda la ciudadanía tiene la posibilidad de acceder a ellos, bien sean de libre acceso o de acceso limitado o restringido (por ejemplo, datos de un predio sensibles sólo deben de ser accesibles si hay constancia de que el consultante es el titular de la propiedad)
  2. De acceso controlado: datos que necesitan algún tipo de registro de los interesados
  3. De acceso no público: datos que no están a disposición de la ciudadanía.

3. **Autenticación y autorización:** garantizar que solo usuarios y sistemas verificados puedan acceder a los datos y ejecutar funciones según su nivel de permiso.
4. **Cifrado:** utilizar cifrado de datos en reposo y en tránsito para prevenir accesos no autorizados durante el almacenamiento o la transmisión de información.
5. **Auditoría y trazabilidad:** mantener registros detallados de accesos, modificaciones y transferencias de datos para detectar y responder a incidentes.
6. **Clasificación de datos:** identificar niveles de sensibilidad y establecer reglas de manejo según el tipo de dato (público, confidencial, restringido).
7. **Planes de contingencia y recuperación:** contar con procedimientos para responder ante fallos de seguridad, pérdida de datos o ciberataques.
8. **Cumplimiento normativo:** alinear las medidas de seguridad con leyes y marcos regulatorios nacionales e internacionales sobre protección de datos.

Una estrategia de seguridad integral no solo protege la información, sino que fortalece la confianza entre las partes y asegura la sostenibilidad del modelo de interoperabilidad. Será de utilidad alinear la seguridad y la privacidad de acuerdo con normas como puede ser RGPD, ISO/IEC 27001 o el ENI.

#### 3.7.2.1.8. Consideraciones sobre el ciclo de vida de los datos

El ciclo de vida de los datos es un componente esencial de la gobernanza y la interoperabilidad, ya que define las etapas por las que transita la información desde su generación hasta su eliminación, asegurando su gestión adecuada y segura en todo momento.

Las principales fases del ciclo de vida de los datos son:

1. **Creación o captura:** momento en que los datos se generan o recogen, por ejemplo, a través de sensores, formularios o sistemas de información.
2. **Almacenamiento:** organización y resguardo de los datos en repositorios adecuados, garantizando su disponibilidad y seguridad.
3. **Uso y procesamiento:** aplicación de los datos para fines específicos como análisis, toma de decisiones o servicios públicos.
4. **Compartición o intercambio:** transferencia de datos entre sistemas o instituciones, en el marco de mecanismos de interoperabilidad.
5. **Mantenimiento y actualización:** verificación periódica de su vigencia, consistencia y relevancia.
6. **Archivado:** almacenamiento de datos que ya no se utilizan frecuentemente pero que deben conservarse por motivos legales, históricos o de auditoría.
7. **Eliminación:** destrucción segura de los datos cuando ya no son necesarios ni existe obligación de conservarlos.

Es fundamental determinar las responsabilidades de los actores en estos elementos del ciclo de vida.

### 3.7.2.1.9. Mecanismos de sostenibilidad a considerar en la implementación del modelo de interoperabilidad

Los mecanismos de sostenibilidad son fundamentales para garantizar que un modelo de interoperabilidad se mantenga operativo, eficiente y vigente en el tiempo. Estos mecanismos aseguran la continuidad del intercambio de datos, la evolución tecnológica y la integridad de los sistemas implicados, incluso ante cambios institucionales, normativos o presupuestarios.

Entre los principales mecanismos de sostenibilidad se encuentran:

1. **Marco normativo y de gobernanza:** establecer leyes, reglamentos y acuerdos interinstitucionales que formalicen la interoperabilidad y aseguren su cumplimiento a largo plazo.
2. **Modelo de financiación estructurado:** definir modelos de financiamiento que incluyan partidas presupuestarias permanentes, alianzas público-privadas o mecanismos de cooperación internacional. En este sentido, será primordial para la sostenibilidad que el sistema de Interoperabilidad se autofinancie en la medida de lo posible, dado que será un elemento fundamental para poner en valor el territorio y, como en el caso actual, dado que será una herramienta fundamental de la Valuación y de la fiscalidad del catastro.
3. **Capacidad institucional:** fortalecer las competencias técnicas y operativas de las entidades responsables mediante formación, asistencia técnica y dotación de recursos.
4. **Mantenimiento y actualización tecnológica:** asegurar la evolución de las plataformas, servicios y formatos de intercambio para adaptarse a nuevos estándares y necesidades.
5. **Monitoreo y evaluación continua:** implementar indicadores y mecanismos de seguimiento que permitan identificar brechas, evaluar el impacto y mejorar el modelo.
6. **Gestión del cambio:** desarrollar estrategias que fomenten la adopción institucional, la participación de actores clave y que minimicen la resistencia organizacional al cambio.

La sostenibilidad garantiza que los esfuerzos de interoperabilidad no se limiten a iniciativas aisladas, sino que se consoliden como parte del funcionamiento regular del ecosistema de datos.

#### 3.7.2.1.10. Consideraciones sobre la consecución de objetivos - Monitoreo y Evaluación

El monitoreo y la evaluación son herramientas clave para asegurar la eficacia, eficiencia y mejora continua de los modelos de interoperabilidad. Estas funciones permiten hacer seguimiento al cumplimiento de objetivos, identificar desviaciones y tomar decisiones informadas sobre la gestión de datos y sistemas.

Ambas funciones deben basarse en indicadores claros, mecanismos de recolección de datos, criterios de valoración y procesos participativos. El monitoreo proporciona alertas tempranas y ajustes operativos, mientras que la evaluación alimenta la toma de decisiones estratégicas.

#### 3.7.2.1.11. Consideraciones sobre la implementación de una Interfaz pública y retroalimentación

Se persigue en este caso asegurar la transparencia, la participación de los actores involucrados e, incluso, la ciudadana y la mejora continua en un modelo de interoperabilidad de datos.

**Interfaz pública:** hace referencia a los canales y herramientas mediante los cuales la información gestionada por el sistema interoperable está disponible al público. Esto incluye visores web, portales de datos abiertos, cuadros de mando de indicadores, APIs abiertas, informes periódicos, y otros mecanismos de acceso. Una interfaz pública diseñada con criterios de accesibilidad, claridad y actualización facilita la apropiación social de los datos y el control de los actores implicados, incluyendo a la ciudadanía.

**Retroalimentación:** requiere de la existencia de canales activos para que usuarios, instituciones o la ciudadanía puedan emitir comentarios, alertas, solicitudes o sugerencias sobre los datos publicados y los servicios ofrecidos. Esto puede materializarse mediante formularios, foros, encuestas, canales de contacto directo, o integraciones con plataformas de participación ciudadana.

Integrar interfaz pública y retroalimentación fortalece la legitimidad del modelo de interoperabilidad, mejora la calidad de los datos y permite una adaptación constante a las necesidades de los usuarios, cerrando el ciclo de la gobernanza de datos abierta y participativa.

### 3.7.2.2. Interfaz y formato de intercambio – profundización en la propuesta

#### 3.7.2.2.1. Publicación de datos y análisis espacial on-line para obtención de productos derivados

Las interfaces propuestas como formato de intercambio de datos a través de su publicación vía web son los siguientes, considerando sus fortalezas y debilidades:

### 1. OGC WMS

Permiten ver los datos, su localización y representarlos de forma relativa a otros conocidos, así como acceder información básica de los objetos espaciales y no espaciales.

- Fortalezas:
  - Permite visualizar mapas desde múltiples fuentes sin necesidad de descargar datos.
  - Ideal para compartir mapas temáticos como zonificación o usos del suelo. También permite compartir ortofotos e imágenes satelitales.
  - Muy útil cuando se requiere solo representación visual y la consulta de datos
- Debilidades:
  - No permite acceder directamente a los datos vectoriales ni a sus atributos.
  - No es adecuado para análisis espacial avanzado o edición de datos.
  - El rendimiento de los servidores de datos puede verse afectado cuando se hace uso de mapas complejos o se produce alta concurrencia.

### 2. OGC WFS

- Fortalezas:
  - Proporciona acceso completo a datos vectoriales y sus atributos.
  - Permite consulta, análisis y si así se configura, edición remota de los datos.
  - El análisis permite cruce con datos de los sistemas locales, pudiendo obtenerse datos derivados propios a partir de datos remotos.
  - Compatible con múltiples sistemas GIS.
  - Permite descarga de datos

- Debilidades:
  - Mayor complejidad técnica para su implementación que WMS.
  - Puede generar mayor carga de red y procesamiento al manejar grandes volúmenes de datos.
  - Necesita controles de acceso más robustos para garantizar seguridad en la edición.

En resumen, WMS es ideal para visualización y WFS para análisis e interoperabilidad entre sistemas.

Aunque WFS permite la descarga de datos remotos en el sistema local, no se propone como interfaz de descarga masiva (ni puntual) de datos debido a que lo que se descarga es lo que el servidor de datos decide ver que podría ser, por ejemplo, una vista proveniente de distintas tablas o un subconjunto de datos, sin garantizar la preservación del modelo de datos de origen, lo que limita su utilidad cuando la descarga necesita ser incluida en bases de datos con estructura ya establecida.

#### 3.7.2.2.2. Descarga de datos

La descarga de datos implica servicios que permitan obtener paquetes de datos preseleccionados y su uso en equipos locales. Se considerará descarga masiva cuando la cantidad sea lo suficientemente grande como para considerar su impacto en el rendimiento del servidor que los selecciona, prepara, empaqueta y sirve vía web, así como sobre las redes que los sirven a través de la red.

Para esta función, tanto para intercambio masivo como para intercambio no masivo, en el modelo de interoperabilidad se propone el uso de INTERLIS como interfaz de acceso a los datos.

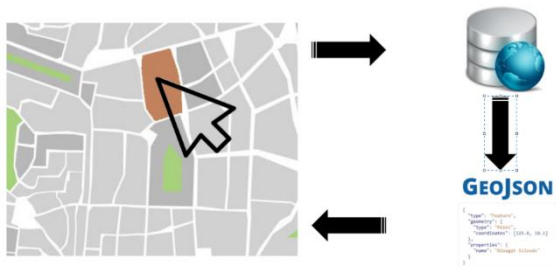
INTERLIS es un estándar que permite describir modelos de datos basado en un lenguaje formal, con sintaxis simple pero estricta, con todos los elementos que lo componen: geometrías, capas, tablas, esquema de la base de datos, relaciones, restricciones, dominios, tipos y subtipos de datos etc. Estos elementos, además, se incluyen en el formato de intercambio por lo que no sólo se pueden exportar y compartir los datos, sino que también se puede exportar el esquema completo de la base de datos (funcionalidad dual de INTERLIS). El formato de intercambio está basado en XML e incluye todos los elementos del esquema indicados anteriormente.

Los modelos de datos pueden ser definidos mediante UML, que también es un lenguaje estándar, con un proceso de conversión de estos diagramas a INTERLIS de forma sencilla. Sin embargo, también es posible definir un modelo de INTERLIS simplemente usando la sintaxis del lenguaje.

Por otra parte, los modelos de datos procesables por máquinas y el formato de intercambio son independientes de cualquier software, por lo que puede emplearse de forma independiente al software empleado, sea este de carácter privativo o lo sea de tipo FOSS.

#### 3.7.2.2.3. Consultas

Las consultas son procesos que se lanzan desde un sistema hacia otro para obtener una respuesta con basada en datos que el sistema que realiza la consulta desconoce.



La consulta puede ser gráfica o no y puede contener una respuesta que implique la descarga de datos. Por ejemplo, un click en pantalla puede enviar una geometría de consulta a una base de datos externa, que devuelva, mediante un GeoJSON, un conjunto de geometrías que intercepten con el click realizado en pantalla.

Para este tipo de consultas, el modelo de datos propone el uso de microservicios basados en la API de REST y de JSON, o GeoJSON si hay geometrías implicadas.

Nada impide, no obstante que, de acuerdo a las necesidades, tipos de servicios, carga de las funcionalidades de los programas o cualquier otra cuestión, se puedan emplear servicios desarrollados mediante la API de SOAP. Sin embargo, cabe señalar las siguientes ventajas de la propuesta de usar REST+JSON/GeoJson frente a SOAP:

- Sistemas web modernos y móviles: REST+JSON está optimizado para aplicaciones ligeras y con gran uso en frontend (JavaScript, móviles).
- Simplicidad y velocidad: REST es más fácil de implementar y mantener que SOAP; JSON es más ligero que XML.
- Requisitos de bajo acoplamiento: REST se ajusta mejor al estilo de microservicios desacoplados y escalables.
- Desarrollo ágil y DevOps: REST permite despliegues más rápidos y flexibles.
- Interoperabilidad web: REST se basa en HTTP estándar, por lo que es ideal para servicios abiertos o públicos.

SOAP sería más conveniente en escenarios como:

- Aquellos que requieren seguridad WS-\* avanzada (WS-Security, transacciones, etc.).
- Necesitan operaciones complejas con contratos rígidos (WSDL).
- Integración con sistemas heredados (ej. banca, administración pública y otros)

¿Por qué no se propone el uso de REST + GeoJSON como forma de descarga masiva de datos? Es una cuestión de limitaciones de las tecnologías involucradas, como puede verse a continuación:

#### Limitaciones de REST

- Modelo Solicitud/Respuesta síncrono: REST requiere una respuesta completa para cada solicitud, lo cual no es eficiente para volúmenes grandes dado que consume recursos de forma intensa y, en caso de fallo, se perdería toda la respuesta y no parte de la misma como ocurre con tecnologías que envían por paquete, por ejemplo. La información debe enviarse "de una sola vez", provocando cuellos de botella en memoria o red.
- Sobrecarga en el servidor: múltiples usuarios solicitando grandes volúmenes simultáneamente pueden colapsar el servicio.
- No orientado a flujos masivos: REST es óptimo para operaciones CRUD simples, no para transmisiones intensivas de datos geoespaciales.

#### Limitaciones de GeoJSON

- Formato basado en texto plano (UTF-8): esto lo hace legible pero ineficiente en tamaño frente a formatos binarios.

- Serialización/Deserialización lenta: al estar basado en texto, la conversión a objetos manejables por el sistema (deserialización) requiere más tiempo y recursos, especialmente con grandes data sets.
- Diseñado para aplicaciones web ligeras y sin estado: ideal para visualización rápida y simple, no para carga o análisis de datos masivos.
- En definitiva, está pensado para representar geometrías y atributos en contextos donde se privilegia la interoperabilidad web.

#### 3.7.2.2.4. Ejecución de tareas

Acciones que se llevan a cabo en segundo plano que pueden ser consultas, ejecución de acciones diferidas, programadas o lanzadas por automatismos, condicionales o no; y otras acciones que pueden llevarse a cabo de forma puntual.

Este tipo de tareas se refiere a procesos que no son ejecutados de manera inmediata o sincrónica por parte de los usuarios, sino que operan en segundo plano, de forma programada o condicionada a eventos, acciones diferidas o tareas similares. Estas tareas pueden incluir consultas, ejecuciones diferidas o acciones automatizadas, cuyo objetivo es mantener actualizada la información entre sistemas sin intervención manual constante.

Dentro del modelo de interoperabilidad, la ejecución de tareas en segundo plano tiene un papel clave para asegurar la actualización eficiente y oportuna de los datos catastrales y fiscales, evitando duplicidad de procesos y asegurando coherencia entre los distintos sistemas intervinientes.

Un ejemplo concreto de ejecución de tareas automatizadas es la "*Propuesta de alerta para la actualización del catastro a partir del pago del Impuesto de Alcabala*". Esta propuesta establece que el hecho del pago del impuesto debe ser el disparador de un proceso en segundo plano que realice las siguientes acciones:

1. Emisión de una alerta automática al Área de Catastro de la municipalidad correspondiente.
2. Enlace con el sistema de pago (por ejemplo, el SAT/SRTM) para acceder a la información relevante del trámite (minuta, escritura, DNI del comprador, autoavalúo, etc.).
3. Inicio de una tarea automatizada para el alta de un nuevo titular en la base de datos catastral del SICUN.
4. Opcionalmente, notificación al nuevo propietario sobre el inicio del proceso de actualización de titularidad.

Estas tareas pueden estar programadas para ejecutarse cada cierto tiempo o a horas concretas, o pueden desencadenarse por eventos controlados ("event-driven"), como pueden ser la confirmación del pago o la validación documental.

El modelo puede contemplar microservicios REST que operen con colas de eventos, tareas en background gestionadas por mecanismos de suscripción, escucha o procesamiento distribuido (ej. Celery, Airflow) o servicios que monitoreen eventos en los sistemas fuente y actúen según reglas establecidas.

Estas ejecuciones automáticas permiten, por ejemplo:

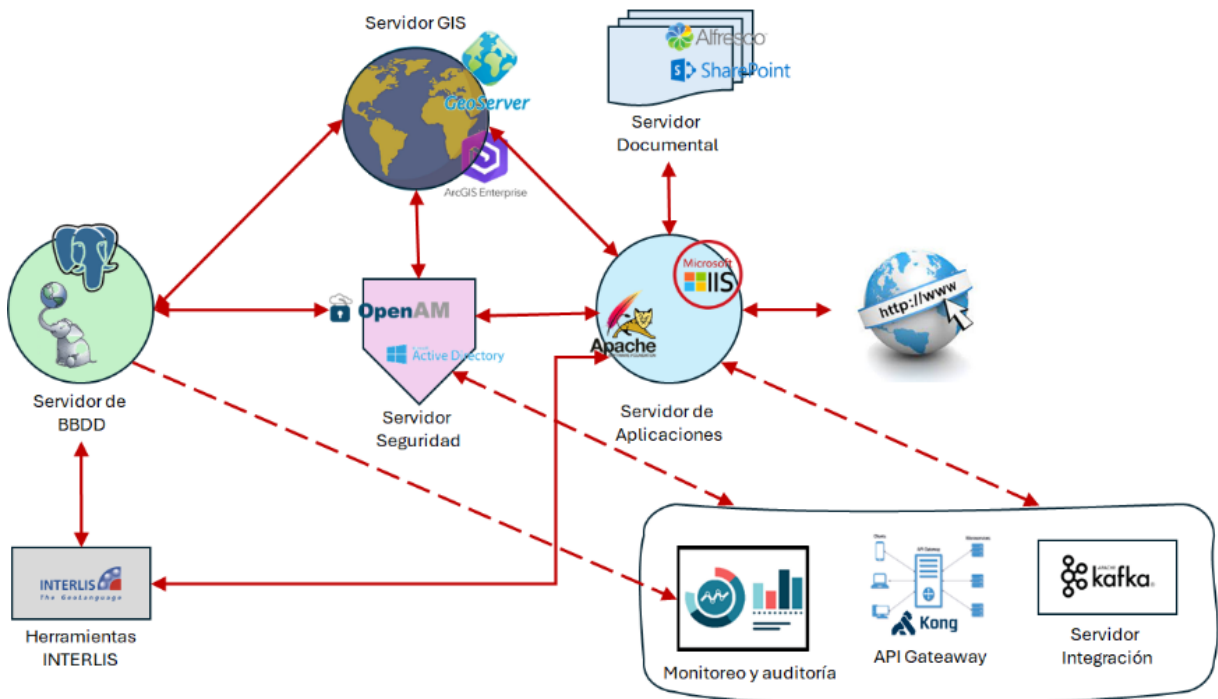
- Disparar procesos de actualización catastral a partir del pago de tributos.
- Sincronizar datos entre catastro urbano (SICUN) y fiscal (PCF).
- Emitir alertas al OUN cuando se detecten inconsistencias en zonificación o sistema vial.

- Validar periódicamente las coincidencias entre registros de la SUNARP y los sistemas municipales.

En suma, las tareas de ejecución en segundo plano que podrán automatizar flujos clave de interoperabilidad, se propone que sean resueltos por microservicios basados en la API de REST.

### 3.8. Propuesta Arquitectura del Modelo Físico de Interoperabilidad

Este apartado pretende identificar los servidores con los que, dentro del nivel de definición de la Arquitectura Lógica del sistema, se debería contar en cada una de las organizaciones que formen parte de dicho modelo de interoperabilidad.



Como puede verse en la imagen, los servidores con los que se debe contar cualquier sistema que se integre en el entorno de interoperabilidad serán los siguientes:

- Servidor de aplicaciones
- Servidor de base de datos
- Servidor GIS
- Servidor de Seguridad

Además, es recomendable contar con:

- Servidor documental

Y se aconseja estudiar la posibilidad de contar con:

- Servidor de integración
- Servidor API Gateway
- Servidor de monitoreo y auditoría.

A continuación, se profundiza en la información de cada uno de ellos.

### 3.8.1. Servidor de Aplicaciones

Este componente es el responsable de gestionar las lógicas de negocio, autenticar usuarios, gestionar sesiones, servir interfaces web y exponer servicios como APIs REST. Su papel es central, ya que hace de puente entre el usuario o los procesos automatizados y el resto de los componentes del sistema.

Dependiendo de la tecnología empleada (Java, .NET, Python, etc.) y del sistema operativo (Linux, Windows u otros), podrán requerir distintos entornos de ejecución. Su elección debe considerar la experiencia institucional y compatibilidad con el software preexistente o las evoluciones hacia las que se quiera llevar al sistema.

Pueden usarse servidores como Apache Tomcat o MS Internet Information Services (IIS), de licencia libre y privativa, respectivamente.

### 3.8.2. Servidor de Base de Datos con soporte geoespacial:

Este servidor contiene la información estructurada, tanto alfanumérica como espacial, de las entidades gestionadas. Es esencial que soporte tipos de datos espaciales para representar geometrías de predios, manzanas, zonas catastrales, etc. Este componente es transversal, ya que lo utilizan tanto el sistema catastral como el fiscal y el urbano.

El servidor de base de datos representa el elemento de persistencia de la arquitectura del sistema, por lo que su elección, dimensionamiento e instalación en servidores físicos dependerá de a cuantos otros servidores y subsistemas dará servicio. De esta forma podrá ser un servidor dedicado (sólo para datos de la temática específica del sistema) o transversal (usado para seguridad, accesos, persistencia de otros subsistemas, datos temáticos de la organización...)

Ejemplo de software:

- PostgreSQL/PostGIS (licencia libre)
- Oracle + Oracle Spatial (licencia privativa)
- MS SQL Server + soporte espacial (privativo)
- Distintos Servidores de Gestión de Bases de Datos Relacionales (SGBDR) junto con la tecnología Spatial Database Engine (SDE) de ESRI, actualmente disponible en ArcGIS Sever Basic

Debe garantizarse una buena capacidad de escalabilidad y respaldo, especialmente si soporta operaciones críticas como edición o actualizaciones masivas.

### 3.8.3. Servidor GIS

Este servidor está especializado en servir datos geoespaciales a través de servicios OGC como WMS, WFS o WMTS. Permite visualizar, consultar y compartir mapas y capas desde distintos sistemas y plataformas.

Ejemplos de software:

- ArcGIS Enterprise (privativo)
- GeoServer (libre)
- QGIS Server (libre)

Este servidor se conecta al servidor de base de datos y al servidor de aplicaciones. Es clave en la interoperabilidad para proporcionar representación visual y acceso a datos desde plataformas externas mediante servicios de datos que permite publicar.

### 3.8.4. Servidor de Herramientas INTERLIS

Su función es facilitar la definición, validación y transformación de modelos de datos complejos, y su intercambio conforme al estándar INTERLIS. Esto es vital en los procesos de descarga o actualización masiva, donde es importante mantener el modelo de datos intacto.

Se trata de alojar las herramientas de INTERLIS como pueden ser ili2pg (usado para PostgreSQL), ili2fgdb (usado para File Geodatabase de ESRI), ili2gpkg (usado para Geopackage), todos de licencia libre y mantenidos por la comunidad de desarrollo de INTERLIS.

Este servidor puede ser usado en procesos automáticos o manuales, en integraciones entre sistemas o en validaciones antes de importaciones. Además, puede alojar los modelos de datos de INTERLIS oficiales, para su uso en los procesos de validación y creación de datos.

### 3.8.5. Servidor de Integración (Middleware)

No expone datos directamente, pero se encarga de orquestar flujos entre sistemas, manejar colas de eventos y transformar datos. Es clave para permitir que cambios en un sistema (como el pago de un impuesto) disparen acciones en otro (como actualizar el titular en el catastro).

Ejemplo de software:

- RabbitMQ (libre)
- Apache Kafka (libre)
- NATS (libre)

Este servidor es necesario en contextos donde diferentes sistemas deben reaccionar ante eventos generados por otros sistemas, sin necesidad de que exista una relación directa y sincrónica entre ellos. No gestiona datos por sí mismo ni los expone al usuario final, pero es fundamental para que sistemas heterogéneos se comuniquen de forma desacoplada.

Por ejemplo, cuando se paga el impuesto de alcabala en un SAT municipal, ese evento debería activar automáticamente una tarea en el catastro para actualizar el titular del predio. Para que esto ocurra sin que ambos sistemas estén directamente conectados (lo que sería frágil y difícil de mantener), se usa un middleware que actúa como intermediario. Puede recibir mensajes, almacenarlos en colas, reenviarlos, transformarlos y asegurar que lleguen incluso si el destinatario está temporalmente caído.

Este servidor suele operar en segundo plano y trabajar en conjunto con microservicios REST o tareas programadas. Es particularmente útil para escalar el sistema, integrar sistemas externos o ejecutar tareas en segundo plano de forma fiable.

Su implementación no tiene por qué ser imprescindible, pero si se propone su estudio para integrarlo en la plataforma de interoperabilidad. De hecho, podría usarse la Plataforma de Interoperabilidad de Datos del Estado (PIDE) como elemento sobre el que situar este servidor.

### 3.8.6. Servidor de API Gateway / Interoperabilidad

Centraliza el acceso a servicios REST o INTERLIS, facilitando el control de acceso, la monitorización y el versionado. Además, expone los servicios internos de forma estructurada a terceros, garantizando un punto de entrada unificado.

Ejemplo de software:

- Kong (libre),
- WSO2 (libre)

El API Gateway actúa como una puerta de entrada única a todos los servicios, permitiendo definir cuáles están disponibles, en qué condiciones, con qué autorizaciones, y cuánto se está utilizando cada uno. Esto simplifica la interoperabilidad, porque permite que otras entidades (por ejemplo, un registro de propiedad o una empresa de servicios) accedan a los servicios de catastro de forma controlada, sin que tengan que saber cómo están implementados por dentro.

Este componente se vuelve especialmente importante en contextos de gobierno digital, donde varios sistemas deben intercambiar datos de forma segura, trazable y conforme a políticas de acceso establecidas por norma o reglamento.

En todo caso y como con el servidor anterior, su implementación no es imprescindible, aunque en la propuesta se incluye su evaluación al contribuir a la robustez del sistema.

### 3.8.7. Servidor de Seguridad / Identidad

Encargado de autenticar usuarios, emitir tokens y gestionar roles. Es fundamental en entornos distribuidos con múltiples sistemas interoperables. Permite aplicar políticas de acceso y trazabilidad.

Ejemplo de software:

- Keycloak (libre)
- OpenAM (libre)
- Active Directory (propietario)

Este servidor puede integrarse con el gateway de APIs, con aplicaciones y con plataformas de firma digital si se requiere.

### 3.8.8. Servidor Documental / Expedientes

Gestiona los documentos asociados a los trámites: minutas, escrituras, planos, formularios, etc. Es importante que pueda integrarse con el catastro y otros sistemas para asegurar la trazabilidad documental.

Ejemplo de software:

- Alfresco (libre)
- Nuxeo (libre)
- SharePoint (propietario)

Requiere almacenamiento robusto y opciones de respaldo seguras.

### 3.8.9. Servidor de Monitoreo y Auditoría

Permite supervisar el estado de los servicios, registrar eventos y detectar fallos. En contextos críticos (como cambios de titularidad), permite trazabilidad y auditoría.

Ejemplo de software:

- ELK Stack (libre)
- Grafana + Prometheus (libre)
- Graylog (libre)

Puede integrarse con los servidores de aplicación, API Gateway y middleware para obtener una visión completa del ecosistema.

Se recomienda realizar una revisión de los servidores actualmente existentes en los sistemas misionales, con el fin de determinar si es necesaria la adquisición o adecuación de

infraestructuras adicionales para la correcta implementación de la propuesta de interoperabilidad presentada en este documento, o si hay elementos reutilizables en los sistemas actuales.

## 4. Articulación con el diseño e implementación de SICUN y PCF

### 4.1. Prototipo de interoperabilidad

Con el objetivo de demostrar las opciones de interoperabilidad mediante el uso de herramientas de tecnologías libres y de acuerdo con el modelo de interoperabilidad propuesto en la páginas anteriores, se presentan a continuación los prototipos para tres funcionalidades distintas, con los que se aprovechará analizar la usabilidad de tres tecnologías diferentes.

Los objetivos que persiguen estos prototipos son, a parte de los indicados de demostrar las opciones de interoperabilidad y la posibilidad de usar herramientas de tecnologías libres, las de proporcionar herramientas para fines de demostración y capacitación, por un lado y la puesta en prueba de los modelos, por otro.

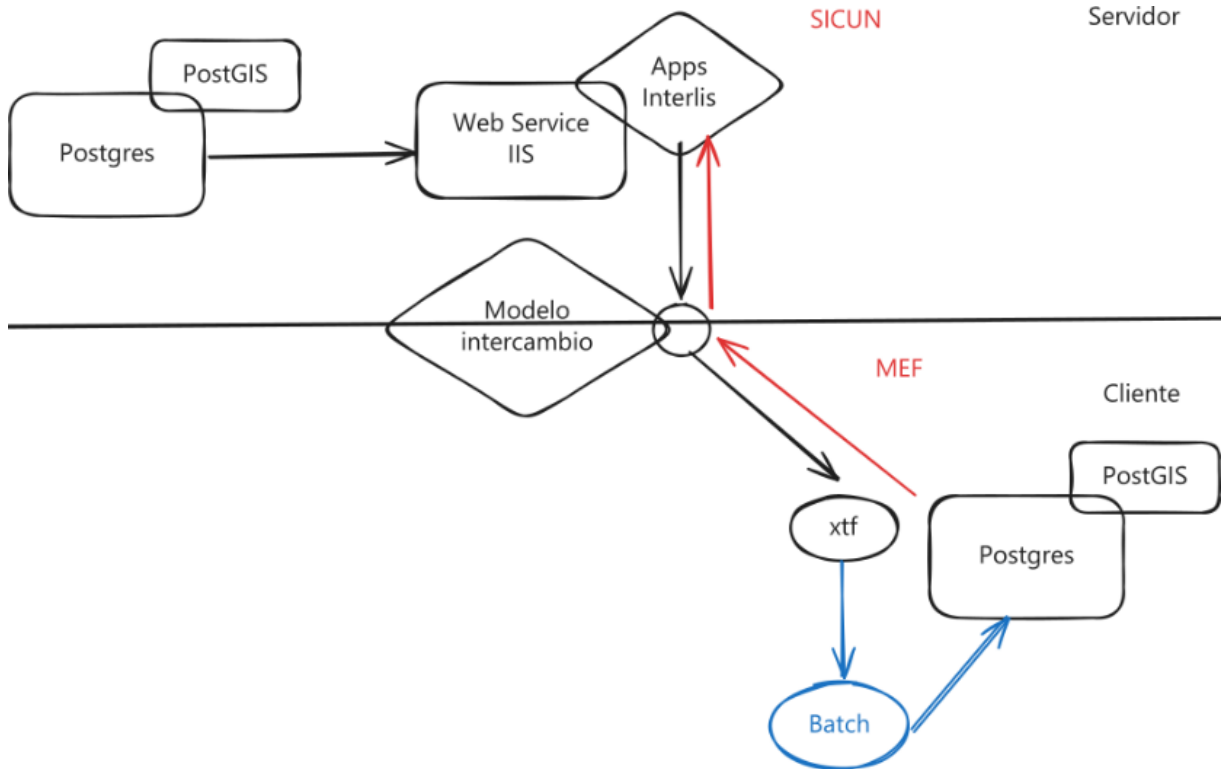
Las tres herramientas de demostración presentadas son, una para el intercambio masivo de datos mediante INTERLIS, otra para demostrar la posibilidad de usar servicios web definidos por el OGC para el acceso local a datos remotos mediante WFS y, por último, el uso de microservicios de REST para obtener información desde el servidor de las máquinas locales.

En el apartado de Anexos se presenta información técnica de relevancia, sobre su construcción y resultados, para su análisis y consideración a la hora de construir los sistemas definitivos.

#### 4.1.1. Demostrador mediante INTERLIS

Este prototipo tiene como objetivo evidenciar cómo INTERLIS puede utilizarse como un formato estándar de intercambio de datos estructurados, tanto alfanumérico como espacial, entre diferentes sistemas de información. INTERLIS permite la transferencia de datos hacia distintas plataformas:

- **Bases de datos PostgreSQL**, mediante la herramienta ili2pg.
- **File Geodatabases de ESRI (tipo .gdb)**, utilizando la herramienta ili2fgdb



Este caso de uso demostrativo consiste, como puede verse en el gráfico, en tener, en la parte del Servidor, un servidor de bases de datos que expone un conjunto de datos, expuestos a través de un servidor de aplicaciones y un servidor con las aplicaciones de INTERLIS que, mediante un modelo de intercambio, expone los datos para poder ser exportados al cliente.

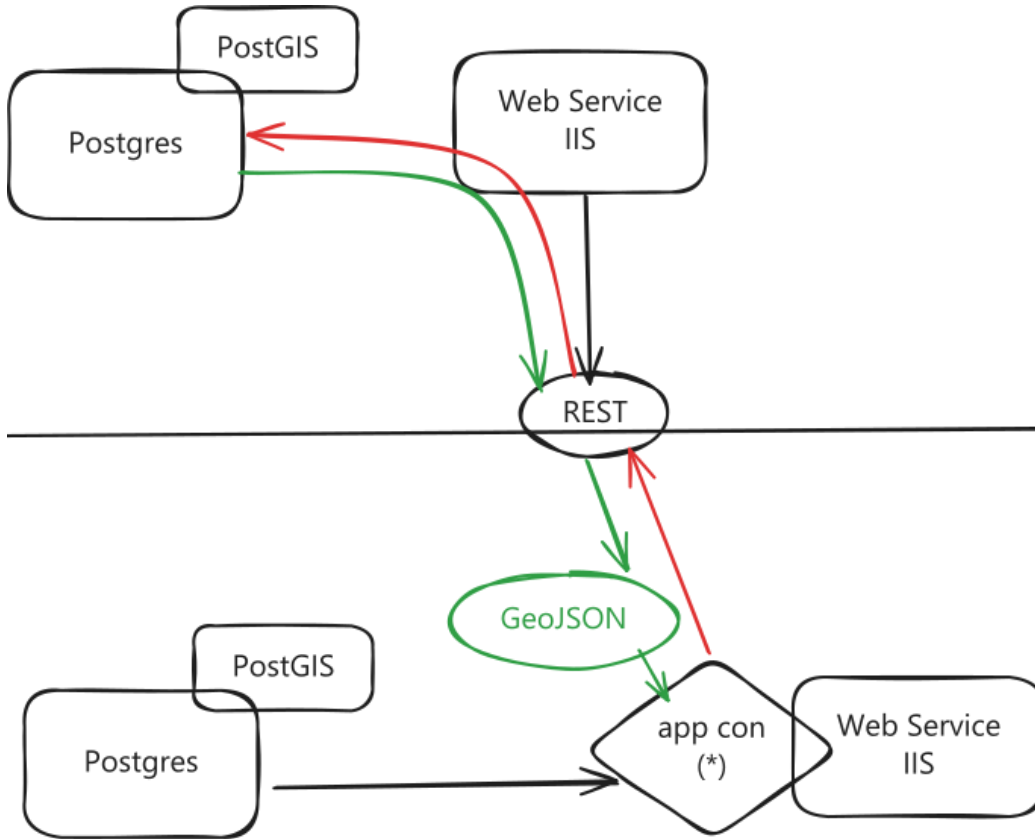
Este cliente obtiene los datos intercambiados desde el servidor a través de un archivo XTF (archivo de intercambio de INTERLIS basado en XML) para integrarlos en los clientes locales, ligeros (visores web) o pesados (GIS de escritorio), y almacenarlos en las bases de datos locales mediante procesos automatizados por lotes (*batch*).

Arquitectura general del flujo de datos:

1. Servidor (fuente de datos):
  - En la parte del servidor se encuentra una base de datos espacial (PostgreSQL/PostGIS) que almacena el conjunto de datos fuente.
  - Los datos están estructurados según un modelo de aplicación INTERLIS, el cual define formalmente cómo deben organizarse e interpretarse los datos (clases, atributos, relaciones, restricciones).
  - Esta base de datos se encuentra conectada a un servidor de aplicaciones y a un entorno con herramientas INTERLIS (como ili2pg), que permiten exportar los datos hacia el cliente mediante un archivo de intercambio XTF.
2. Cliente (Receptor de Datos):
  - En el lado del cliente, se recibe el archivo XTF generado por el servidor, que contiene tanto los datos como la referencia al modelo INTERLIS utilizado.
  - Este archivo puede ser cargado en:
    - Bases de datos PostgreSQL, mediante la herramienta ili2pg
    - File Geodatabases de ESRI (tipo \*.gdb), utilizando la herramienta ili2fgdb
    - Geopackage
    - Otras bases de datos (Oracle, H2, SQL Server)

- Además, el archivo XTF puede ser importado a una base de datos local (por ejemplo, una base de datos PostgreSQL del cliente) utilizando procesos automatizados por lotes (*batch*), lo que garantiza una carga eficiente y sin intervención manual

#### 4.1.2. Demostrador mediante microservicios de REST



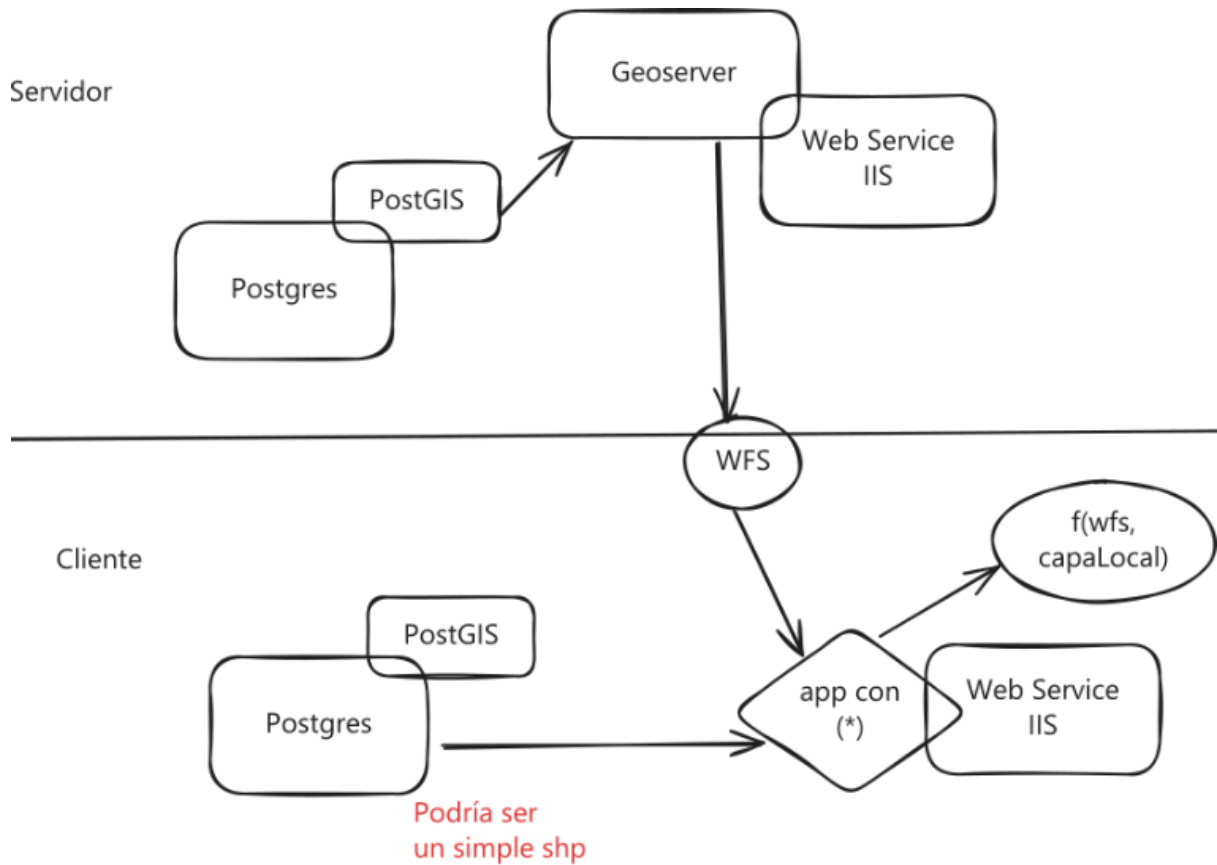
Mediante este caso de uso el cliente realiza una petición haciendo uso de un servicio REST (ver imagen).

La petición es recibida y tratada por el servidor, el servidor genera una respuesta y esta es enviada de vuelta al cliente mediante la API de REST en formato de GeoJSON, ya que en la demo se utiliza un caso en el que los datos de la respuesta son de carácter geoespacial.

#### 4.1.3. Demostrador mediante la interfaz WFS del OGC

El siguiente caso de uso, ilustrado en la imagen, pretende demostrar la posibilidad de usar servicios WFS del estándar del OGC para, en un proceso de interoperabilidad de datos, poder usar datos remotos en procesos locales.

Para ello, el servidor de base de datos expone una vista llamada “Zonificación Sector” con subconjunto de datos internos y, por tanto, en una capa formada por un subconjunto de datos cuyo esquema es ajeno al modelo de datos interno de la Base de Datos espacial.



(\*) Leaflet, Openlayers

Este subconjunto de datos se publica como servicio WFS a través del servidor geoespacial Geoserver y es accedido por el cliente, que puede ser ligero o pesado. Para el caso de la demostración, se ha decidido usar un cliente ligero basado en Leaflet y publicado en los servidores "propios" (del cliente), el cual accede al WFS remoto (del servidor) y le aplica un conjunto de funciones que dependen de la capa remota y de las capas locales ( $f(wfs, capa\_loca)$ ).

## 4.2. Modelos de datos definidos

Los modelos de datos de interoperabilidad definidos constituyen el principal insumo técnico para el intercambio de información estructurada entre las instituciones participantes, garantizando consistencia semántica, trazabilidad y validación automática de la información, conforme a los principios de interoperabilidad definidos anteriormente.

### 4.2.1. Insumos y antecedentes

Los modelos definidos se sustentan en los resultados de los talleres técnicos desarrollados en los meses de junio y octubre, siendo este último realizado en Lima del 20 al 24 de octubre 2025, con la participación de personal técnico especializado de:

- UE003 de COFOPRI, área de desarrollo del SICUN
- Catastro Fiscal del MEF, responsable para la PCF
- DUDU, encargado del manejo y evolución del OUN

Durante estos talleres interinstitucionales se trabajó de manera colaborativa en el análisis de los modelos de datos existentes en cada institución, la identificación de entidades comunes, reglas de negocio y relaciones críticas, así como en la definición de un enfoque metodológico común para el intercambio de información mediante modelos de datos formales.

Como resultado principal de los talleres, se definieron tres modelos de datos de interoperabilidad independientes, uno para cada institución, considerando:

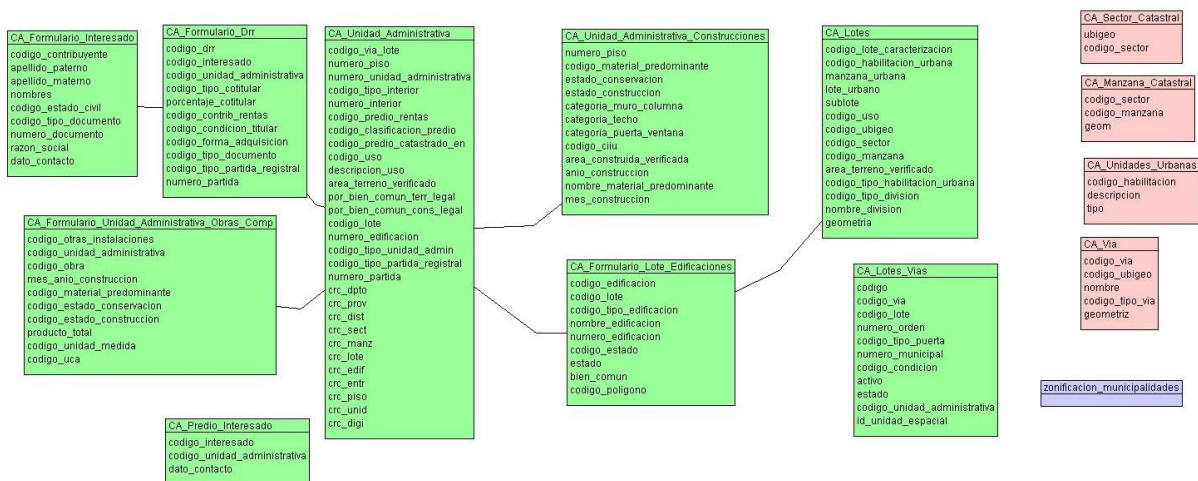
- La estructura real de las bases de datos institucionales.
- Sus competencias funcionales y necesidades misionales de intercambio.
- Los procesos actuales de generación, actualización y consumo de información.

Estos modelos constituyen la base inicial para las primeras pruebas de intercambio de información, permitiendo validar el enfoque metodológico, los flujos de datos y el correcto uso de UML e INTERLIS como lenguajes de modelado.

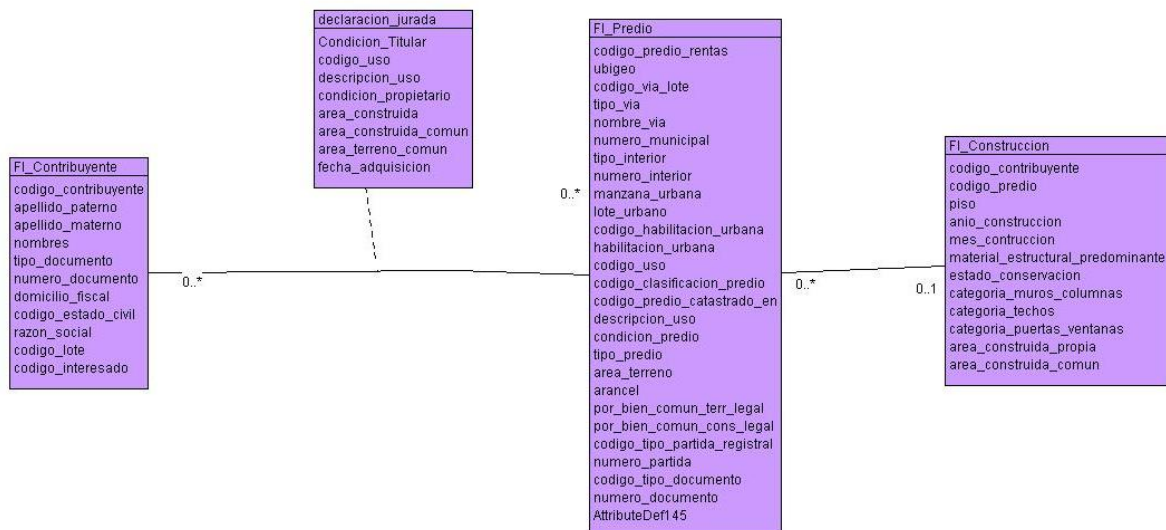
#### 4.2.2. Modelos de interoperabilidad definidos

A partir del trabajo conjunto realizado durante los talleres y las sesiones técnicas posteriores, se cuenta con los siguientes modelos de interoperabilidad:

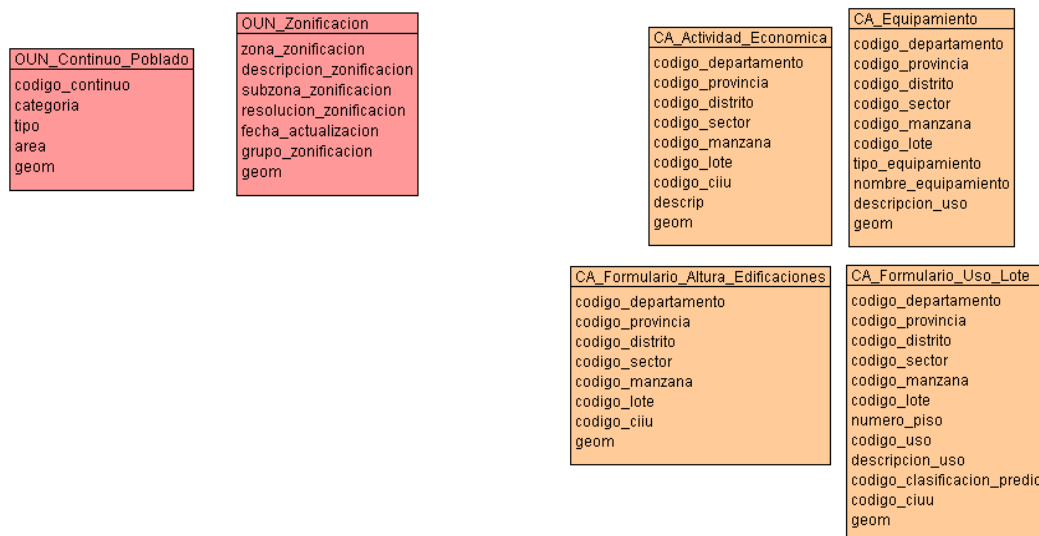
- Modelo de Datos de Interoperabilidad – SICUN



- Modelo de Datos de Interoperabilidad – PCF



- Modelo de Datos de Interoperabilidad – OUN



Cada uno de estos modelos fue desarrollado como un modelo UML/INTERLIS independiente, alineado a un esquema conceptual común, pero adaptado a las particularidades de cada institución y sistema. Estos permite:

- Estandarizar la estructura de los datos intercambiados.
- Validar automáticamente la información mediante reglas definidas en el modelo.
- Facilitar la generación de archivos XTF como formato de intercambio.
- Reducir ambigüedades semánticas entre productores y consumidores de información.

#### 4.2.3. Implementación a nivel de sistemas

Posterior al taller de octubre, se continuó trabajando de manera bilateral con cada institución para avanzar desde la definición conceptual hacia una implementación funcional de interoperabilidad.

Como parte de este proceso, se realizó la instalación de un servicio web de interoperabilidad en los servidores institucionales, diseñado para albergar, recibir, validar y procesar archivos XTF, conforme a los modelos INTERLIS definidos.

##### 4.2.3.1. Esquema conceptual del subsistema de agregación y validación

El siguiente diagrama presenta el esquema conceptual del subsistema de agregación y validación de datos basado en INTERLIS, ilustrado para una única entidad como caso de referencia. Este mismo patrón arquitectónico está diseñado para replicarse de manera homogénea en cada una de las entidades que conforman el ecosistema de interoperabilidad, garantizando coherencia técnica y operativa entre instituciones.



En el esquema se distinguen dos ámbitos. El primero corresponde a los sistemas misionales de la entidad, que incluyen las bases de datos geográficas y los sistemas internos donde se produce y gestiona la información primaria. Estos sistemas mantienen su autonomía funcional y continúan operando bajo sus propios modelos y procesos, sin requerir modificaciones estructurales para participar en los intercambios de información.

El segundo ámbito (representado en color gris), corresponde al subsistema de agregación y validación de datos, que se integra con los sistemas misionales a través de procesos de extracción, transformación y carga (*Extract, Transform and Load* - ETL) y mediante la generación de archivos de intercambio XTF. Desde los sistemas misionales, la información relevante es mapeada hacia los modelos de interoperabilidad descritos en INTERLIS y exportada en un formato XTF.

De esta manera, el subsistema actúa como una capa intermedia de interoperabilidad, desacoplando los sistemas misionales de los mecanismos de intercambio externo. Esta separación permite que las entidades compartan información de forma controlada, trazable y conforme a los modelos definidos, sin comprometer la estabilidad de sus sistemas productivos ni limitar la evolución futura de sus plataformas internas.

#### 4.2.3.2. Propósito general del subsistema

El subsistema de agregación y validación de datos actúa como un módulo transversal de interoperabilidad, encargado de recibir, validar, transformar y gestionar archivos de intercambio XTF conforme a los modelos INTERLIS definidos para cada entidad del ecosistema. Con esto se logra:

- **Enfoque replicable por entidad:** El esquema arquitectónico está diseñado para implementarse de manera idéntica en cada entidad participante, permitiendo un patrón común de interoperabilidad sin acoplar los sistemas internos entre instituciones.
- **Recepción de datos estandarizados:** Permite la carga de archivos XTF generados por otras entidades, ya sea mediante servicios web, FTP o carga manual, garantizando un punto único y controlado de entrada de información interoperable.
- **Validación estructural y semántica:** Ejecuta procesos automáticos de validación contra los modelos INTERLIS oficiales, verificando:
  - Estructura del modelo
  - Tipos de datos
  - Reglas semánticas y restricciones definidas
  - Consistencia entre objetos y relaciones
- **Repositorio central de modelos de datos:** Centraliza los modelos .ili utilizados para la validación, asegurando que todos los intercambios se realicen con versiones controladas y coherentes del esquema de interoperabilidad.
- **Capa de backend especializada:** Implementada como un microservicio en Python, responsable de:
  - Orquestar la validación de archivos XTF.
  - Gestionar los flujos de intercambio.
  - Servir de wrapper con librerías INTERLIS y herramientas de transformación.
  - Registrar resultados, errores y estados del proceso.
- **Base de datos auxiliar (PostgreSQL):** Utilizada exclusivamente para funciones transversales del servicio, gestión de usuarios y permisos, control de accesos y trazabilidad de intercambios.
- **Interfaz web cargue:** Aplicación web desarrollada en Node.js que permite iniciar y visualizar el estado de los intercambios.

#### 4.2.3.3. Desacoplamiento de sistemas institucionales

El subsistema evita dependencias directas con las bases de datos productivas de las entidades, reduciendo riesgos operativos y facilitando la evolución futura de los modelos de intercambio.

Se integra con scripts que permiten:

- Mapear datos internos al modelo INTERLIS
- Transformar datos desde bases de datos relacionales
- Generar archivos XTF válidos para su distribución en el ecosistema.

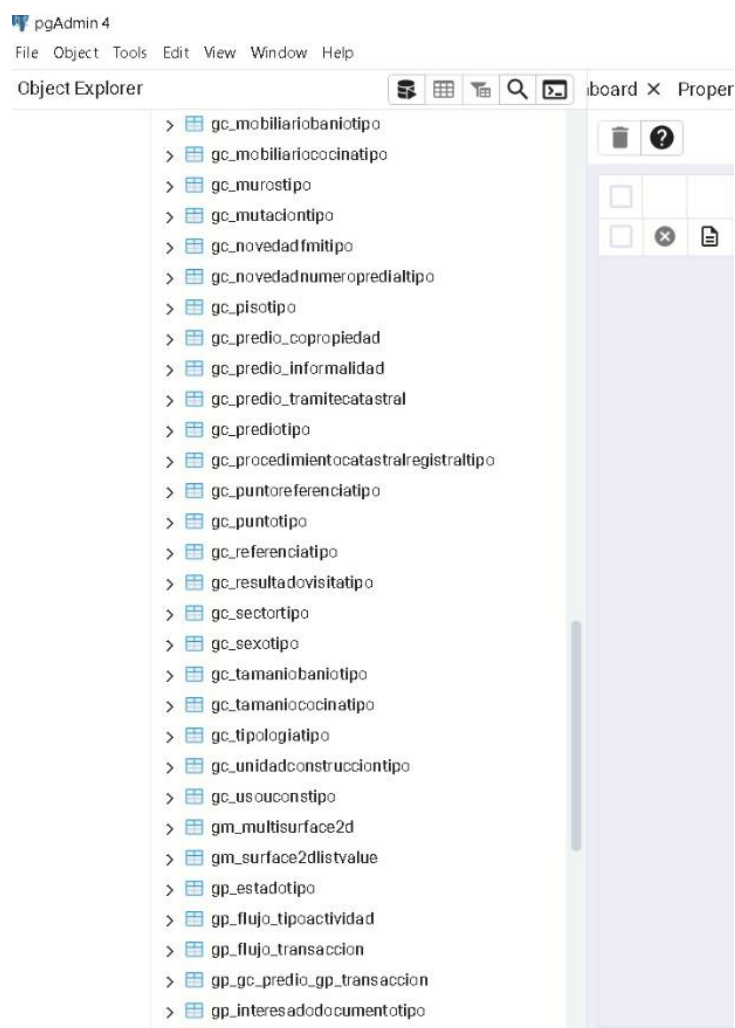
#### 4.2.3.4. Arquitectura de referencia

La implementación funciona como un prototipo funcional y guía técnica; cada entidad puede adoptar tecnologías o librerías distintas, siempre que respete los modelos de datos y los principios de interoperabilidad definidos.

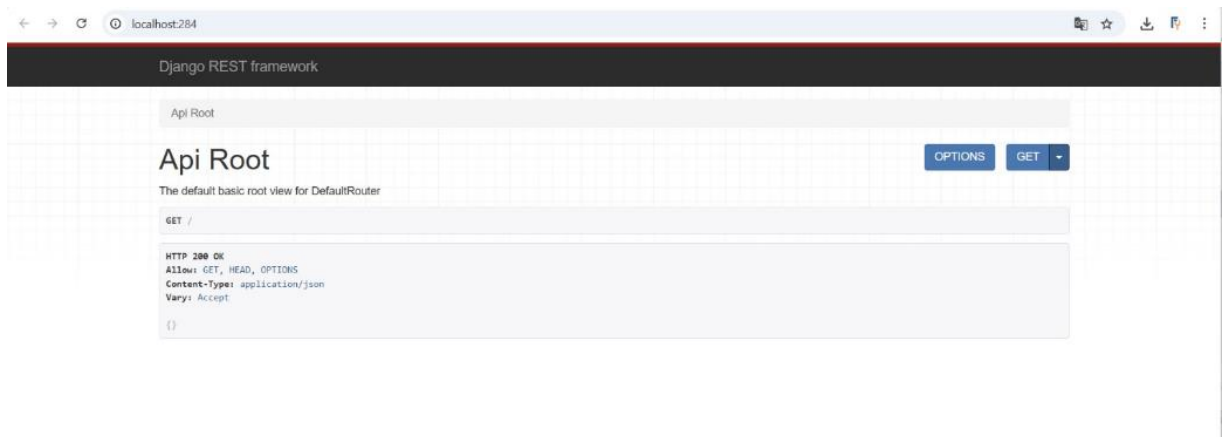
La arquitectura de referencia (no restrictiva) implementada para este servicio se compone de tres capas claramente diferenciadas:

### Base de datos PostgreSQL

Utilizada para la gestión de usuarios, control de accesos, trazabilidad de intercambios, registro de transacciones y auditoría del proceso de interoperabilidad.



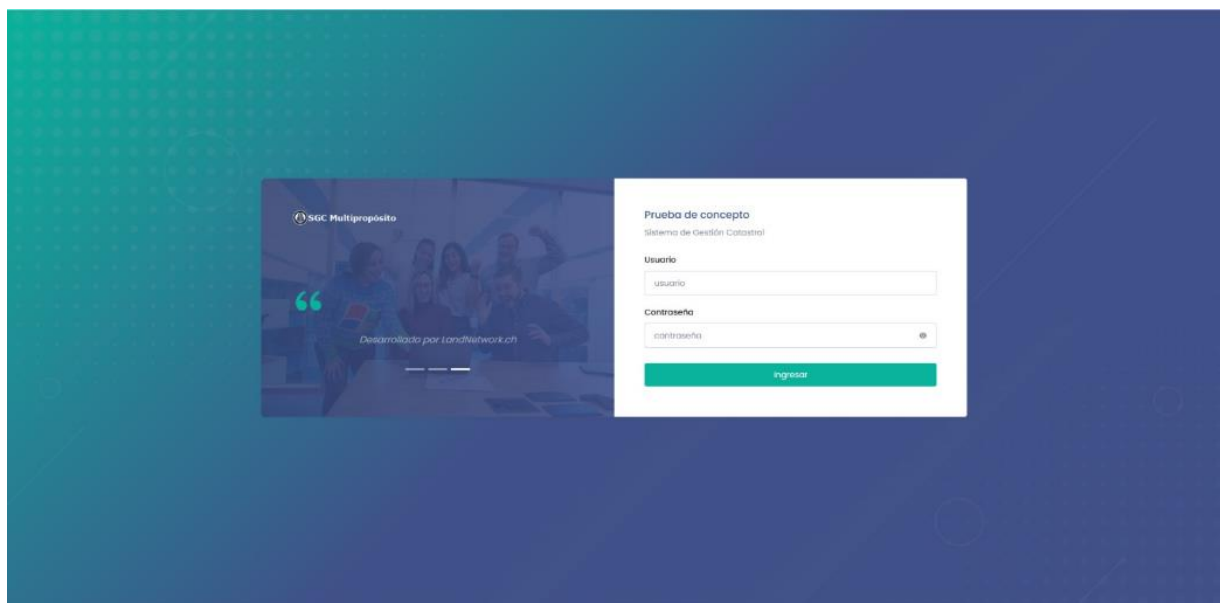
## Backend

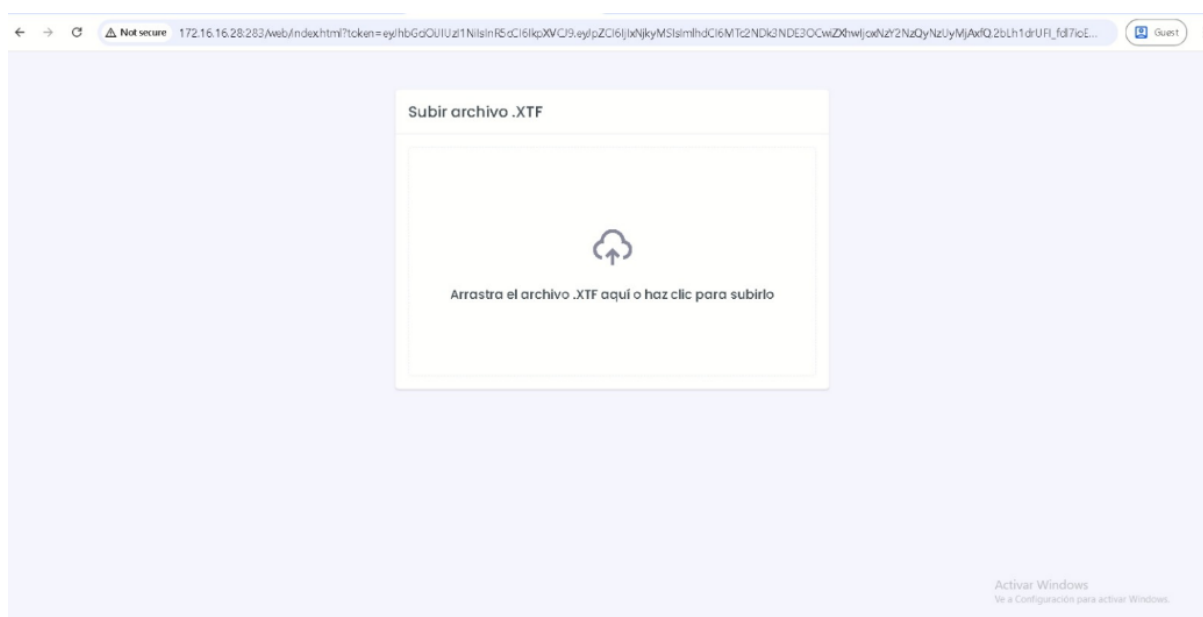


Servicio desarrollado en Python, encargado de:

- La recepción de archivos XTF.
- La validación estructural y semántica contra los modelos de datos de INTERLIS.
- La gestión de flujos de intercambio.
- La integración con herramientas de transformación y carga de datos.

## Frontend





Aplicación web desarrollada en Node.js, que permite:

- La administración de usuarios.
- La visualización del estado de los intercambios.
- La carga manual de archivos XTF para pruebas.
- El seguimiento de errores y validaciones.

Este servicio web se implementó como un ejemplo funcional y de referencia, demostrando las capacidades de interoperabilidad basadas en INTERLIS. Es importante señalar que este enfoque no limita a las instituciones a utilizar únicamente esta implementación, ya que existen múltiples librerías, herramientas y enfoques tecnológicos que pueden ser incorporados dentro de los desarrollos propios de cada entidad, siempre que respeten los modelos de datos de intercambio definidos.

#### 4.2.4. Modelos de intercambio y scripts de transformación

En la etapa actual de la implementación de la medida complementaria, se está trabajando en la generación de scripts de transformación de datos, cuyo objetivo es:

- Mapear la estructura de datos de cada institución hacia su respectivo modelo de interoperabilidad.
- Transformar datos provenientes de bases de datos institucionales (relacionales) a la estructura definida en los modelos INTERLIS.
- Generar archivos XTF válidos para su intercambio y posterior consumo por otras instituciones.

Estos scripts constituyen un componente clave para asegurar la interoperabilidad efectiva, ya que permiten desacoplar los sistemas internos de cada institución del modelo de intercambio, reduciendo impactos sobre los sistemas productivos y facilitando la evolución futura de los modelos.

## 5. Recomendaciones y próximos pasos

En el marco del actual POA 2025-26 se prevén los siguientes pasos para finalizar la implementación del modelo conceptual de interoperabilidad:

- Seguir proveyendo asistencia técnica en la implementación en SRTM/PCF y SICUN incluyendo el uso de herramientas tecnológicas
- Identificar y dimensionar necesidades de infraestructura para una gestión centralizada de los modelos de datos
- Continuar preparar modelos de datos para otros fines aplicando el mismo enfoque metodológico y tecnológico.
- Completar la documentación técnica y consolidar el conocimiento al interior de las instituciones a través de acciones de fortalecimiento de capacidades.

En particular, se propone avanzar de manera coordinada entre todas las instituciones en las siguientes acciones.

### 5.1. Consolidación técnica del enfoque INTERLIS

- **Formalizar los modelos de interoperabilidad como referencia oficial** para los intercambios SICUN–PCF–OUN, incluyendo control de versiones, repositorio institucional y lineamientos de uso.
- **Desarrollar y documentar scripts de transformación (ETL)** por institución, priorizando aquellos flujos con mayor impacto operativo (catastro fiscal–urbano, catastro urbano-OUN).
- **Definir un procedimiento común de validación** (checklist técnico y semántico) que acompañe cada intercambio de archivos XTF entre entidades.

### 5.2. Escalamiento progresivo del subsistema de agregación y validación

- Implementar el **subsistema de agregación y validación de datos** de manera estable en los entornos institucionales de SICUN, PCF y OUN, pasando del prototipo/servidor de desarrollo a un entorno operativo controlado.
- Establecer este subsistema como una **fase inicial de transición hacia esquemas más avanzados** de interoperabilidad (servicios automáticos, sincronización periódica, flujos híbridos).
- **Replicar el patrón del subsistema en otras instituciones priorizadas** (ejemplo intercambio Catastro Urbano (SCUN) y Catastro Rural (SCR), manteniendo la arquitectura de referencia y permitiendo adaptaciones tecnológicas locales.

### 5.3. Articulación institucional y gobernanza del dato

- **Definir roles claros de productor, custodio y consumidor de datos** para cada entidad participante, asociados a los modelos de interoperabilidad (alineado con la medida complementaria 2 de SAM sobre Gobierno y Gestión de Datos).
- Avanzar en la **construcción de lineamientos técnicos y normativos** (hito H1.3), que formalicen el uso de los modelos, los mecanismos de intercambio y las responsabilidades institucionales.
- Alinear el enfoque con las iniciativas de **gobernanza de datos de la PCM** (medida 2).

#### 5.4. Complementariedad tecnológica

- Mantener el enfoque **multimodal de interoperabilidad**, combinando:
  - INTERLIS para intercambio masivo y entornos desacoplados.
  - REST/GeoJSON para consultas puntuales y sistemas conectados.
  - OGC WFS para consumo dinámico de capas remotas en procesos específicos.
- Definir criterios claros de **cuándo usar cada tecnología**, evitando solapamientos innecesarios y optimizando recursos.

#### 5.5. Fortalecimiento de capacidades y sostenibilidad

- **Continuar/replicar las acciones de capacitación técnica** dirigidas a equipos de tecnología y misionales de las instituciones, enfocado en:
  - Modelado con UML/INTERLIS.
  - Uso de herramientas como ili2pg, ili2fgdb e iliValidator.
  - Operación y evolución del subsistema de agregación y validación.
- **Elaborar documentación técnica** y guías operativas reutilizables, orientadas a facilitar la adopción del modelo propuesto por nuevas instituciones.
- **Incorporar mecanismos básicos de monitoreo, auditoría y trazabilidad**, como base para futuras automatizaciones.

#### 5.6. Proyección a mediano plazo hasta finales del Plan Operativo Anual actual

- **Ampliar el modelo de interoperabilidad hacia nuevas instituciones** (DIGESPACR y otras, como SUNARP), reutilizando la metodología y arquitectura ya validadas.
- **Evolucionar el modelo hacia una interoperabilidad más automatizada y en tiempo prácticamente real**, una vez consolidados los modelos, la gobernanza y la madurez institucional.
- **Utilizar los datos interoperados como insumo para análisis avanzados**, planificación territorial y control urbano (hito H2.3), cerrando el ciclo entre intercambio y uso efectivo de la información.

## **6. Anexos**

Anexo I: Cuestionarios

Anexo II: Análisis de riesgos de interoperabilidad

Anexo IV: Demostradores tecnológicos de interoperabilidad

Anexo III: Modelos de datos

## Anexo I: Cuestionario

A continuación se incluye el cuestionario desarrollado para recopilar información relevante de las instituciones y sus sistemas misionales.

### **Cuestionario Interoperabilidad Catastro Fiscal y Catastro Urbano**

#### **1. Antecedentes**

Para establecer un modelo de interoperabilidad eficiente entre el Catastro Urbano Nacional (CUN), el Observatorio Urbano Nacional (OUN) y el Catastro Fiscal del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), es esencial conocer las necesidades de estos actores.

Para que las instituciones involucradas puedan intercambiar información de manera eficiente, es fundamental definir los métodos mediante los cuales accederán y compartirán sus datos. Existen varias opciones, cada una con ventajas y limitaciones según el uso que se les quiera dar.

#### **Servicios de visualización: WMS (Web Map Service)**

WMS permite visualizar mapas en línea sin necesidad de descargar los datos subyacentes. Funciona generando imágenes del mapa que se pueden ver en diferentes aplicaciones, pero sin la posibilidad de acceder a los atributos de los elementos que lo componen.

Por ejemplo, un técnico de una institución puede acceder a un mapa con las zonas de valor del suelo proporcionadas por otra entidad y verlo en su sistema. Sin embargo, no podría realizar cálculos sobre los datos ni extraerlos para utilizarlos en otro análisis.

Este servicio es útil para consultas rápidas en las que solo se necesita el contexto visual del mapa sin interactuar con los datos. También evita la sobrecarga de los sistemas al no requerir la transferencia de grandes volúmenes de datos.

#### **Servicios de consulta en tiempo real: WFS (Web Feature Service)**

El WFS permite acceder a datos vectoriales en tiempo real, es decir, a información geográfica en forma de puntos, líneas y polígonos con sus respectivos atributos. A diferencia del WMS, el usuario puede consultar, filtrar y descargar los datos según necesidad.

La diferencia principal entre usar WFS y descargar los datos en un archivo estático es que, con una descarga tradicional (por ejemplo, en formatos como SHP o GeoJSON), el usuario obtiene una copia de los datos tal como estaban en el momento de la descarga. Si los datos cambian en la fuente original, la copia quedará desactualizada.

En cambio, con WFS, cada vez que se realiza una consulta, los datos se obtienen directamente desde la fuente, asegurando que siempre sean los más recientes. Por ejemplo, si una institución mantiene una capa con restricciones de uso del suelo y otra la consulta mediante WFS, cualquier modificación hecha en la fuente original se reflejará inmediatamente en la consulta del usuario.

Este servicio es adecuado para análisis en aplicaciones web o de escritorio que requieren datos actualizados sin necesidad de almacenar copias locales. También permite a los técnicos de cada institución integrar datos externos en sus propios sistemas sin duplicar información.

Las capas WFS pueden construirse integrando datos que quieren exponerse en internet a partir de la información dispersa en distintas tablas del modelo de datos.

#### **Servicios de consulta específica: API REST**

Las API REST permiten realizar consultas personalizadas sobre los datos mediante solicitudes específicas. En este caso, en lugar de descargar o visualizar mapas completos, se pueden hacer preguntas concretas a la base de datos y recibir respuestas precisas.

Por ejemplo, si un usuario envía las coordenadas de un punto, el sistema podría devolver los polígonos de las áreas con restricciones legales, como zonas protegidas o áreas de riesgo. También podría devolver el valor catastral de un terreno basándose en la información almacenada en otra institución, o los datos de filiación de las personas involucradas en el predio.

Este tipo de servicio es útil cuando se necesita extraer información puntual sin necesidad de trabajar con grandes volúmenes de datos. Además, permite que los sistemas de diferentes instituciones interactúen de manera eficiente sin necesidad de compartir bases de datos completas.

### **Servicios de descarga de datos**

La descarga de datos permite a las instituciones obtener copias locales de la información geoespacial para su análisis y gestión interna. A diferencia del acceso en tiempo real mediante WFS, la descarga genera un archivo estático que no se actualiza automáticamente cuando la fuente original cambia.

Por ejemplo, si una institución necesita datos sobre restricciones territoriales proporcionados por otra entidad, puede descargarlos en formatos como SHP, GeoJSON o CSV. Esto le permite integrarlos en sus propios sistemas, analizarlos sin depender de una conexión en línea y trabajar con herramientas que no requieren acceso a servicios web.

Sin embargo, este método implica ciertos desafíos. Al ser un archivo estático, cualquier actualización en la fuente original no se reflejará automáticamente en los datos descargados. Si la información cambia con frecuencia, los usuarios deberán realizar descargas periódicas para mantener su base de datos actualizada. Además, si varias instituciones descargan y editan los mismos datos sin un mecanismo de sincronización, pueden generarse inconsistencias entre versiones.

Para mitigar estos problemas, algunos estándares como INTERLIS permiten estructurar la información descargada de manera que incluya no solo los datos en sí, sino también relaciones, restricciones y reglas de validación. Esto garantiza que los datos sean coherentes y que puedan integrarse correctamente en otros sistemas sin perder su significado y estructura original.

En comparación con el WFS, la descarga es útil cuando se requiere trazabilidad, análisis sin conexión o integración en sistemas internos que no trabajan con servicios web. Sin embargo, si se necesita acceder siempre a la información más reciente y evitar la duplicación de datos, el WFS puede ser una mejor opción.

## **2. Preguntas para todas las instituciones (CUN, OUN y MEF):**

### **Necesidades de datos y posibilidad de intercambio entre instituciones**

El objetivo de este apartado es identificar qué datos necesitan cada una de las instituciones involucradas (MEF, OUN, SICUN), si actualmente tienen mecanismos para obtenerlos y si les resultaría útil acceder a ellos en tiempo real o en otros formatos.

1. ¿Qué tipo de datos, que saben o consideran que pueden ser de interés para otras instituciones, utilizan actualmente en su operativa diaria y de qué fuentes provienen?

Dato usado	Fuente	Formato	Frecuencia de actualización

2. ¿Existen datos específicos que les gustaría obtener de otras instituciones para mejorar su trabajo? Indique los datos y las instituciones que los generan

Dato necesario	Origen del dato	Formato	Frecuencia de actualización

3. ¿Trabajan con datos en tiempo real o en lotes periódicos?
4. Si trabajan con lotes periódicos, ¿cada cuánto tiempo actualizan los lotes?
5. ¿Les resultaría útil acceder en tiempo real a los datos más recientes de otras instituciones? (indique datos e instituciones)
6. ¿Necesitan información de la calidad, origen y otros metadatos de los datos? Indique que información adicional requiere.

**Preguntas sobre consumo de datos de otras instituciones:**

7. ¿Necesitan datos del CUN para realizar análisis en relación con el catastro fiscal?
8. ¿Existen datos actualmente duplicados en varias instituciones que podrían optimizarse mediante un modelo de intercambio?

**Preguntas sobre la publicación y disponibilidad de sus propios datos:**

9. ¿Tienen restricciones legales o técnicas para compartir ciertos datos?
10. ¿En qué formatos están disponibles/publicados sus datos (WMS, WFS, REST, descargas, bases de datos internas, etc.)?
11. ¿Existen datos que creen que podrían compartir, pero no lo han hecho hasta ahora por falta de un mecanismo de interoperabilidad?

**Formatos y servicios de consumo de datos:**

12. En los datos que necesitan obtener de otras Instituciones; indicar si se prevé realizar alguna de estas tareas:
- a) Consulta
  - b) Visualización
  - c) Análisis a partir de servicios publicados
  - d) Descarga
  - e) Mantenimiento en local de datos descargados necesarios en los procesos de generación de datos propios derivados
13. Los apartados d y e del punto anterior, ¿se hace necesario porque en el futuro se debe poder replicar el resultado obtenido, siendo necesario recuperar los datos obtenidos de entidades externas tal como estaban en el pasado?

14. ¿Necesitan datos en formato ráster?

15. ¿Consideran alguna preferencia a la hora de recibir los datos con los que deban interoperar y que son gestionados por otras entidades?

**Publicación de datos:**

16. ¿Qué datos, geospaciales o no geospaciales, consideran/acordaron/prevén compartir con otras instituciones o de manera pública?

17. ¿De qué forma prevén compartirlos? (tipos de servicios, descargas, formatos de las descargas...)

**3. Preguntas específicas para el MEF (PCF):**

**Consumo de datos:**

15. ¿Prevén o han identificado la necesidad de contar en sus flujos de trabajo con datos provenientes del SICUN o del Observatorio Urbano Nacional (OUN), o de otras instituciones o entidades con los que actualmente no cuentan?

16. Si necesitan datos de otras instituciones, por favor indique los datos y las instituciones que los proveen, así como la forma de obtenerlos que más les convendría.

## Anexo II: Análisis de riesgos de interoperabilidad

### A II.1 Riesgos asociados a los procesos de interoperabilidad

#### 1. Riesgos Administrativos y organizacionales

- Fragmentación institucional y falta de coordinación intersectorial: Si distintas instituciones trabajan con copias desactualizadas, las decisiones basadas en esos datos pueden ser inconsistentes.
- Falta de control en la gobernanza del dato: Procesos no claramente definidos para la creación de los paquetes de intercambio, envío, recepción, validación e interoperabilidad de dichos paquetes.

#### 2. Riesgos Legales y de seguridad

- Fuga de información sensible: Al generar copias locales sin control, se incrementa el riesgo de filtraciones de datos geoespaciales críticos. En los datos en el contexto del Catastro Urbano Nacional (CUN) puede haber información sensible, como de titulares catastrales, valores fiscales, registros de edificaciones, etc., que podrían ser utilizados de manera indebida si no se controla adecuadamente su acceso y distribución
- Incumplimiento normativo:
  - Muchas regulaciones (ej. leyes de acceso a la información, protección de datos personales) requieren que los datos sean gestionados de manera centralizada y con acceso controlado.
  - Dependiendo de la legislación nacional, la publicación y uso de información geoespacial pueden estar sujetos a normativas de acceso a la información pública, protección de datos personales y uso de datos geoespaciales. Si el proceso de validación y exportación de datos no cumple con estas regulaciones, las instituciones pueden incurrir en incumplimientos legales.

#### 3. Riesgos Técnicos

El intercambio de datos en mediante el uso de traspaso de datos, bien sea en formatos físico o mediante la red, implica la necesidad de generar copias locales de los datos espaciales. Esto introduce varios riesgos desde la perspectiva de la interoperabilidad y de los **principios de Dato único** y **Responsabilidad única**:

- **Pérdida del principio de dato único:** Al crear copias locales, se pierde la garantía de que los usuarios trabajen con una única fuente de datos actualizados. Esto puede generar discrepancias entre diferentes versiones del mismo conjunto de datos.
- **Inconsistencias y desactualización:** Sin un mecanismo de sincronización eficiente, las copias locales pueden volverse rápidamente obsoletas, afectando la calidad y confiabilidad de los datos utilizados en la toma de decisiones.
- **Dificultad en la trazabilidad y control:** La proliferación de copias dificulta la aplicación del **principio de responsable único**, ya que las actualizaciones o correcciones realizadas en la fuente original pueden no propagarse adecuadamente a todas las versiones en circulación.

- **Fragmentación de la interoperabilidad:** Aunque los formatos abiertos permiten el intercambio de datos, la existencia de múltiples copias sin mecanismos de consolidación afecta la interoperabilidad, ya que distintos usuarios pueden operar con versiones distintas y no alineadas del mismo conjunto de datos.
- Uso de **sistemas de referencia** diferentes o ausencia de los mismos

## A II.2 Estrategias de mitigación por categoría de riesgo

Los riesgos indicados en el apartado anterior pueden ser mitigados de la siguiente manera:

- **Administrativos y organizativos:**
  - Establecimiento de un comité técnico entre todas las entidades implicadas para la definición de modelos de datos bajo principios comunes de interoperabilidad del dato, así como procedimientos de validación y consolidación.
  - Formalización de convenios entre todas las entidades con lineamientos claros sobre interoperabilidad.

Debe definirse el procedimiento de diseño del dato, así como los procedimientos a seguir para la validación y consolidación de datos intercambiados. Debería discutirse la necesidad de establecer un comité técnico que implique a todos los operadores de datos para la definición de forma unificada, considerando qué debe compartirse y de qué manera, así como la forma de comprobar la integridad de los datos antes de ser consolidados en los distintos sistemas. Cabría proponer que esa responsabilidad recaiga en la IDEP, o en la secretaría Técnica del Sistema Nacional de Catastro del Perú, entre otros posibles candidatos.

- **Legales y de seguridad:**

Los mecanismos generales pasan por medidas como las siguientes:

  - Definición de políticas de acceso diferenciado y mecanismos de control de autenticidad e integridad.
  - Inclusión de una fase de revisión legal en los procedimientos de intercambio, para garantizar el cumplimiento normativo.

Específicamente, para los casos señalados:

- Mitigación del riesgo de fuga de información sensible
  - Definir protocolos de acceso y distribución para garantizar que los datos solo puedan ser consultados por usuarios autorizados.
  - Encriptar los archivos de intercambio cuando contengan información sensible y establecer mecanismos de autenticación antes de acceder a ellos.
  - Implementar auditorías periódicas para monitorear quién accede y manipula los datos intercambiados
- Mitigación en el caso de riesgo de Incumplimiento normativo:
  - Consultar la legislación vigente en materia de protección de datos y acceso a la información geoespacial para asegurar el cumplimiento normativo.

- Incluir en el proceso de validación una etapa de verificación legal, asegurando que los datos que se van a compartir no contengan información restringida o protegida.
- Capacitar a los responsables de datos sobre las normativas aplicables y las mejores prácticas en el intercambio de información geoespacial

- **Técnicos:**

En términos generales deben aplicarse las siguientes medidas:

- Introducción de sistemas de versionado con identificadores únicos y trazabilidad documental.
- Diseño e implementación de esquemas de sincronización diferida o replicación automatizada (p.ej., mediante el formato OGC de GeoPackage).
- Aplicación de protocolos de intercambio.

Específicamente, considerando los riesgos tratados:

- Pérdida del principio de dato único
  - **Riesgo:** Al crear copias locales, se pierde la garantía de que los usuarios trabajen con una única fuente de datos actualizados, lo que puede generar discrepancias entre diferentes versiones del mismo conjunto de datos.
  - **Mitigación:** Implementar mecanismos de **versionado de datos**, asegurando que cada copia tenga un identificador único y metadatos que indiquen su origen y fecha de actualización. Además, es crucial no realizar la publicación de copias para **terceras partes**, restringiendo su acceso solo a los usuarios que necesiten trabajar sin conexión. Esto reduce el riesgo de que las copias no estén alineadas con la fuente original y minimiza las inconsistencias.
- Inconsistencias y desactualización
  - **Riesgo:** Sin un mecanismo de sincronización eficiente, las copias locales pueden volverse rápidamente obsoletas, afectando la calidad y confiabilidad de los datos utilizados en la toma de decisiones.
  - **Mitigación:** Utilizar sincronización diferida o mecanismos de replicación periódica, donde las copias locales se actualicen automáticamente cuando haya conexión disponible. Tecnologías como GeoPackage o INTERLIS permiten almacenar datos en local y sincronizarlos con la fuente original cuando sea posible. Alternativamente, cuando la conectividad y el contexto operativo lo permitan, servicios como los de REST o WFS eliminan completamente este riesgo al operar directamente sobre la fuente de datos original, garantizando acceso a información actualizada en tiempo real."
- Dificultad en la trazabilidad y control
  - **Riesgo:** La proliferación de copias dificulta la aplicación del principio de responsable único, ya que las actualizaciones o correcciones realizadas en la fuente original pueden no propagarse adecuadamente a todas las versiones en circulación.
  - **Mitigación:** Definir un responsable único que gestione las actualizaciones y establezca un sistema de notificación de cambios.

De esta manera, los usuarios pueden verificar si están usando la versión más reciente o si necesitan actualizar sus datos.

- Fragmentación de la interoperabilidad
  - **Riesgo:** Aunque los formatos abiertos permiten el intercambio de datos, la existencia de múltiples copias sin mecanismos de consolidación afecta la interoperabilidad, ya que distintos usuarios pueden operar con versiones distintas y no alineadas del mismo conjunto de datos.
  - **Mitigación:** Establecer **protocolos estandarizados de intercambio**, como GeoJSON, Geopackge o INTERLIS, con atributos de fecha de actualización. También se pueden emplear herramientas de consolidación de datos que permitan fusionar cambios locales con la base de datos central una vez restablecida la conexión.
- Uso de sistemas de referencia incoherentes o ausencia de los mismos
  - **Riesgo:** No tener definido y establecido claramente el uso de los sistemas de referencia espacial
  - **Mitigación:** Establecer normas técnicas claras que incluyan este aspecto

## Anexo III: Demostradores tecnológicos de interoperabilidad

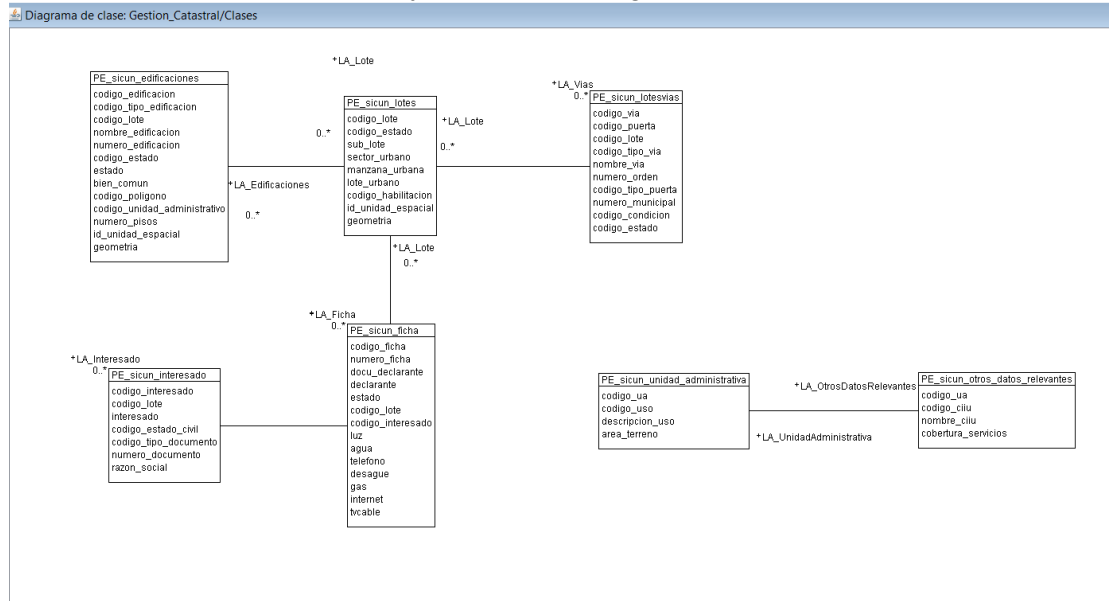
Los siguientes apartado contienen información técnica para la construcción de cada uno de los demostradores/prototipos presentados.

### A III.1 Demostrador mediante INTERLIS

Para el demostrador mediante INTERLIS se realizó el siguiente proceso:

#### 1. Modelo de Datos en INTERLIS.

Como punto de partida, se construyó un modelo en el lenguaje INTERLIS (\*.ili) utilizando la herramienta UML-Editor de INTERLIS. Este modelo formal describe de manera precisa la estructura de los datos que se desean intercambiar: clases, atributos, relaciones, dominios y restricciones lógicas.



El modelo sirve como especificación central para garantizar que los datos puedan ser interpretados de forma unificada por diferentes sistemas. Este modelo se realizó con algunas tablas de ejemplo del documento RELACIÓN DE TABLAS – SICUN WEB proporcionada por la UE003.

#### 2. Generación de Bases de Datos en PostgreSQL

Una vez definido el modelo INTERLIS (.ili), se procedió a generar dos esquemas de base de datos en PostgreSQL:

- Uno correspondiente al sistema SICUN.
- Otro para el sistema receptor, en este caso el OUN.

Estas bases de datos se generaron automáticamente a partir del modelo INTERLIS utilizando la herramienta ili2pg, que interpreta el archivo \*.ili y crea las tablas y relaciones necesarias en PostgreSQL, asegurando una correspondencia 1:1 entre el modelo conceptual/lógico y la estructura física de la base de datos. Se cuenta con dos procesos automatizados para la creación de la estructura de base de datos.

- Proceso creación estructura base de Datos SICUN  
echo off  
setlocal

:: Configuración

```
set JAR_ILIPG=" D:\interlis\Prototipo\lib\ili2pg-5.2.1\ili2pg-5.2.1.jar"
set MODEL_SICUN="D:\interlis\Prototipo "
set DB_SICUN=sicun_interlis
set DB_HOST=localhost
set DB_PORT=5432
set DB_USER=postgres
set DB_PASS=xxxxxxxxxx

:: Creando Base SICUN
echo Creando Base SICUN...
java -jar %JAR_ILIPG% --schemaimport --dbhost %DB_HOST% --dbport %DB_PORT% --dbdatabase %DB_SICUN% --dbusr %DB_USER% --dbpwd %DB_PASS% --dbschema catastro_predial --models SICUN_MODEL --modeldir %MODEL_SICUN% --strokeArcs --createEnumTabs --createNumChecks --createUnique

echo Proceso completado.
pause
```

- Proceso creación estructura base de Datos OUN

```
echo off
setlocal
```

```
:: Configuración
set JAR_ILIPG=" D:\interlis\Prototipo\lib\ili2pg-5.2.1\ili2pg-5.2.1.jar"
set MODEL_SICUN="D:\interlis\Prototipo "
set DB_OUN=oun_interlis
set DB_HOST=sam.swisslm.ch
set DB_PORT=5434
set DB_USER=postgres
set DB_PASS=xxxxxxxxxx

:: Creando Base OUN
echo Creando Base SICUN en servidor OUN...
java -jar %JAR_ILIPG% --schemaimport --dbhost %DB_HOST% --dbport %DB_PORT% --dbdatabase %DB_SICUN% --dbusr %DB_USER% --dbpwd %DB_PASS% --dbschema catastro --models SICUN_MODEL --modeldir %MODEL_SICUN% --strokeArcs --createEnumTabs --createNumChecks --createUnique

echo Proceso completado.
pause
```

### 3. Flujo de Datos y Procesos de Intercambio

El proceso de interoperabilidad se basa en el intercambio de archivos XTF, que contienen los datos estructurados según el modelo INTERLIS. El flujo general fue el siguiente:

- Exportación de datos desde el SICUN:
  - Se utilizaron comandos en bash con ili2pg para exportar los datos del SICUN a un archivo XTF.

- El archivo XTF contiene tanto los datos como la referencia al modelo .ili, lo que permite que el receptor entienda cómo están estructurados los datos. Una vez generado el archivo XTF este es validado por ili2validator.

```
@echo off
setlocal
```

**:: Configuración**

```
set JAR_ILIPG="D:\interlis\Prototipo\lib\ili2pg-5.2.1\ili2pg-5.2.1.jar"
set JAR_ILIVAL="D:\interlis\Prototipo\lib\ilivalidator-1.14.5\ilivalidator-1.14.5.jar"
set MODEL_SICUN="D:\interlis\Prototipo"
set DB_SICUN=sicun_interlis
set DB_HOST=localhost
set DB_PORT=5432
set DB_USER=postgres
set DB_PASS=xxxxxxxxxx
set XTF_FILE=sicun_export_model.xtf
```

**:: Exportar datos desde SICUN**

```
echo Exportando datos desde SICUN...
```

```
java -jar %JAR_ILIPG% --export --dbhost %DB_HOST% --dbport %DB_PORT% --dbdatabase %DB_SICUN% --dbusr %DB_USER% -
-dbpwd %DB_PASS% --dbschema catastro --models SICUN_MODEL --export %XTF_FILE%
```

**:: Validar el archivo XTF**

```
echo Validando archivo XTF...
```

```
java -jar %JAR_ILIVAL% %XTF_FILE%
```

```
echo Proceso completado.
pause
```

- Importación en el OUN:

- Usando nuevamente ili2pg, se importó el archivo XTF a la base de datos del OUN, generada y validada previamente con el mismo modelo INTERLIS.
- Esto garantiza que los datos se integren correctamente, sin pérdida de estructura o significado.

```
@echo off
setlocal
```

**:: Configuración**

```
set JAR_ILIPG="D:\interlis\Prototipo\lib\ili2pg-5.2.1\ili2pg-5.2.1.jar"
set JAR_ILIVAL="D:\interlis\Prototipo\lib\ilivalidator-1.14.5\ilivalidator-1.14.5.jar"
set MODEL_SICUN="D:\interlis\Prototipo"
set DB_OUN=oun_interlis
set DB_HOST=sam.swisslm.ch
set DB_PORT=5434
```

```
set DB_USER=postgres
set DB_PASS=xxxxxxxxxx
set XTF_FILE=sicun_export_model.xtf

:: Validar el archivo XTF
echo Validando archivo XTF...
java -jar %JAR_ILIVAL% %XTF_FILE%

:: Importar datos en OUN
echo Importando datos a OUN...
java -jar %JAR_ILIPG% --import --dbhost %DB_HOST% --dbport %DB_PORT% --dbdatabase %DB_OUN% --dbusr %DB_USER% --dbpwd %DB_PASS% --dbschema sicun --models SICUN_MODEL -import %XTF_FILE%

echo Proceso completado.
pause
```

#### 4. Integración con ArcGIS: File Geodatabase

Además, como parte de los escenarios de interoperabilidad, se desarrolló otro flujo de trabajo para integrar los datos con plataformas de ESRI (ArcGIS), que utilizan el formato propietario conocido como File Geodatabase (.gdb). Para ello:

- Se utilizó la herramienta ili2fgdb, que permite generar o cargar datos en una File Geodatabase a partir de archivos XTF, también basándose en el modelo INTERLIS.
- Se desarrollaron scripts bash para automatizar el proceso de:
  - Creación del esquema de datos dentro de la File Geodatabase.
  - Carga de los datos contenidos en el XTF.

Este flujo fue especialmente útil para usuarios que trabajan en entornos de ArcGIS, como es el caso del MEF, permitiéndoles visualizar e interactuar con los datos desde una interfaz amigable.

```
@echo off
setlocal
```

##### :: Configuración

```
set "JAR_ILIPG=D:\interlis\Prototipo\lib\ili2fgdb-5.2.1\ili2fgdb-5.2.1.jar"
set "JAR_ILIVAL=D:\interlis\ilivalidator-1.14.5\ilivalidator-1.14.5.jar"
set "MODEL_SICUN=D:\interlis\Prototipo"
SET "DB_FILE=D:\interlis\Prototipo\file_sicun26jun.gdb"
set "XTF_FILE=sicun_export_model.xtf"
```

##### :: Validar el archivo XTF

```
echo Validando archivo XTF...
java -jar %JAR_ILIVAL% %XTF_FILE%
```

##### :: Verificar si existe el archivo GeoPackage

```
if not exist "%DB_FILE%" (
    echo No existe la base de datos %DB_FILE%, creando esquema...
    java -jar %JAR_ILIPG% --schemainport --dbfile %DB_FILE% --models SICUN_MODEL --modeldir %MODEL_SICUN% --defaultSrsCode 32717
) else (
```

```
    echo La base de datos %DB_FILE% ya existe, se omite la creación de
esquema.
)
```

```
:: Importar datos en OUN
```

```
echo Importando datos a OUN...
```

```
java -jar %JAR_ILIPG% --import --dbfile %DB_FILE% --models
SICUN_MODEL --modeldir %MODEL_SICUN% --defaultSrsCode 32717 --
import %XTF_FILE%
```

```
echo Proceso completado.
```

```
pause
```

## 5. Arquitectura y Escenarios de Uso

La arquitectura general del prototipo contempla un escenario desconectado en el cual:

- El servidor del SICUN actúa como origen de datos espaciales.
- El cliente (OUN) descarga archivos XTF y los integra localmente.
- El cliente (MEF) descarga archivos XTF y los integra localmente en una File Geodatabase.
- El modelo INTERLIS garantiza la compatibilidad estructural entre ambas partes.
- Los software GIS (como QGIS o ArcGIS) se utilizan para visualizar los datos una vez cargados.

Este enfoque permite que dos o más instituciones diferentes intercambien grandes volúmenes de datos estructurados, manteniendo la coherencia semántica y estructural, incluso si utilizan tecnologías distintas para el almacenamiento o visualización.

### Herramientas y tecnologías utilizadas

- **INTERLIS UML Editor:** Para el diseño del modelo de aplicación.
- **ili2pg:** Para generar estructuras e intercambiar datos con PostgreSQL.
- **ili2fgdb:** Para generar y cargar datos en File Geodatabase (.gdb) de ArcGIS.
- **XTF:** Formato XML de intercambio de datos estructurados.
- **Procesos batch:** Para automatizar la exportación e importación de datos.

## A III.2 Demostrador mediante microservicios de REST

### A III.2.1 Fundamentos teóricos de la arquitectura REST

La arquitectura REST (*Representational State Transfer*) constituye uno de los mecanismos más dinámicos y potentes en el ámbito de la interoperabilidad entre sistemas de información territorial. Se basa en los siguientes principios fundamentales:

- **Arquitectura stateless:** cada petición del cliente al servidor debe contener toda la información necesaria para comprender la solicitud, sin depender de información almacenada en el servidor sobre el estado del cliente.
- **Protocolo HTTP estándar:** REST utiliza el protocolo HTTP/HTTPS como base de comunicación, aprovechando los métodos estándar (GET, POST, PUT, DELETE) para realizar operaciones CRUD sobre los recursos del sistema.
- **Ciclo Request/Response:** el funcionamiento se basa en un ciclo simple donde el cliente realiza una petición HTTP (por ejemplo: GET /api/zonificacion?lon=-78.97&lat=-8.11) y el servidor responde con los datos solicitados en formato estándar.

Las ventajas de REST para entes públicos incluyen:

- Utilización de estándares universales (HTTP)
- Compatibilidad con infraestructuras de red existentes (firewalls, puertos 80/443)
- Capacidad de cache y escalabilidad
- Independencia de lenguaje y plataforma

### A III.2.2 Formatos de intercambio de datos

**JSON** (JavaScript Object Notation) constituye el formato estándar para el intercambio de datos en servicios REST, definido por RFC 7159 (IETF). Sus características principales son:

- legible tanto por humanos como por máquinas
- soportado nativamente por todos los lenguajes de programación modernos
- más liviano que XML
- estructura flexible para atributos variables

Ejemplo de respuesta JSON para datos catastrales:

```
json{
  "id": 531,
  "name": "ZONA NATURAL Y CONSERVACION ECOLOGICA",
  "area_m2": 472085699.923,
  "distrito": "Trujillo"
}
```

**GeoJSON** (RFC 7946) representa la extensión geográfica de JSON, desarrollada como estándar IETF y reconocida por OGC. Permite el encoding de objetos geográficos con soporte para geometrías *Point*, *LineString*, *Polygon* y *MultiPolygon*.

Estructura típica de una feature GeoJSON:

```
{
  "type": "Feature",
  "geometry": {
    "type": "Polygon",
    "coordinates": [[[lon1,lat1], [lon2,lat2], ...]]]
  },
  "properties": {
```

```

    "id": 531,
    "desc_zoni": "ZONA NATURAL",
    "area_m2": 472085699.923
  }
}

```

Las ventajas de GeoJSON para sistemas catastrales incluyen:

- estándar abierto reconocido por OGC
- soporte nativo en aplicaciones GIS (ArcGIS, QGIS, OpenLayers)
- legible directamente desde JavaScript para aplicaciones web

### A III.2.3 Implementación práctica en el prototipo

El prototipo desarrollado ilustra las operaciones fundamentales de un sistema catastral basado en servicios REST:

Método HTTP	Uso Catastral	Ejemplo de Endpoint
GET	Consulta de feature	<i>/api/zonificacion?lon=X&amp;lat=Y</i>
POST	Inserción nuevo elemento	<i>/api/predios + JSON body</i>
PUT/PATCH	Actualización completa	<i>/api/lote/12345 + JSON body</i>
DELETE	Eliminación	<i>/api/feature/67890</i>

La implementación demostrativa se centra en la operación de búsqueda gráfica, una función basilar en aplicaciones catastrales:

- selección de capa: El usuario elige la capa sobre la que realizar la búsqueda (zonificación urbana, distritos, etc.)
- navegación: Se posiciona en la zona de interés (Trujillo en el caso del prototipo)
- colimación: Se hace clic en un punto del mapa
- procesamiento: El sistema extrae el elemento poligonal que contiene el punto seleccionado
- respuesta: Se devuelven tanto la geometría como los atributos alfanuméricos

La zonificación de Trujillo está implementada como una cobertura planar conforme a los estándares ISO 19107/19123, garantizando una partición completa y topológicamente consistente del territorio mediante polígonos mutuamente exclusivos y geoméricamente adyacentes.

El prototipo utiliza PostGIS para las operaciones espaciales. Ejemplo de query utilizada:

```

SELECT
gid, id, objectid, idmanzana, desc_zoni, sclas_zoni, simb_zoni, nom_zoni, res_zoni,
fte_zoni, fecha_act, observ, area_m2, nombdist, nombdep, nombprov, layer,
ST_AsBinary(ST_Transform(geom,3857)) as geometry
FROM zonificacion_urbana_trujillo
WHERE ST_Intersects(
  geom,
  ST_Transform(ST_SetSRID(ST_MakePoint($1, $2), 4326), 32717)
)
ORDER BY ST_Distance(geom, ST_Transform(...))
LIMIT 1;

```

Esta query realiza:

- transformaciones de coordenadas entre diferentes SRID

- intersección espacial para identificar el polígono contenedor
- cálculo de distancias para seleccionar el elemento más próximo
- output en formato binario optimizado

#### A III.2.4 Arquitectura técnica del prototipo

El prototipo se basa completamente en tecnologías abiertas:

- Backend:
  - PostgreSQL 14 con PostGIS 3.2
  - Golang 1.21 con Gin framework (API REST)
- Frontend:
  - Vue.js 3 (framework JavaScript)
  - OpenLayers 8 (biblioteca cartográfica)
- Infraestructura:
  - Ubuntu Server 22.04 LTS (sistema operativo)
  - Nginx (web server + reverse proxy)
  - Docker (containerización)

#### Características del deployment

- completamente open source y libre
- footprint reducido (~3GB container completo)
- deployable en cualquier infraestructura Linux o Windows
- arquitectura containerizada para portabilidad y escalabilidad

#### A III.2.5 Potencial de la tecnología REST

Es importante destacar que el prototipo desarrollado tiene el único propósito de mostrar las características fundamentales y las potencialidades de la tecnología REST. Esta tecnología, precisamente por su flexibilidad inherente y su naturaleza estándar, puede dar soporte a una gran variedad de operaciones más complejas y articuladas respecto a las implementadas con fines demostrativos.

Se enumeran a continuación algunos de los usos más comunes que se realizan en el ámbito aplicativo:

- consultas complejas y paginación
  - búsquedas alfanuméricas: Especificación de criterios como "todas las zonificaciones con idManzana=130101010000080 y área superior a 3000 m<sup>2</sup>"
  - resultados paginados: Respuestas divididas en páginas de extensión conveniente (ej. 10 elementos por página)
  - consultas multi-capa: Interrogaciones basadas en múltiples capas de información
  - filtros geográficos y alfanuméricos combinados
- operaciones de edición
  - inserción de nuevos elementos mediante colimación de geometría y completado de formularios
  - actualización de datos existentes
- carga y descarga de datos
  - carga (Upload): Endpoints POST/PUT con soporte multipart para cargas múltiples y metadatos asociados
  - descarga (Download): Endpoints GET para recuperación directa de documentos catastrales

- gestión por lotes: Operaciones multipart para procesamiento de lotes de documentos
- carga de datasets mediante operaciones batch
- cabe señalar que este enfoque es particularmente adecuado para volúmenes moderados de datos, mientras que para transferencias de grandes datasets se recomienda la implementación de los mecanismos específicos ya descritos en este documento, como servicios de descarga batch o protocolos de transferencia optimizados.

### A III.2.6 Seguridad del sistema

La seguridad del sistema está implementada mediante tokens JWT (JSON Web Token), que aunque implementados de forma demostrativa en el prototipo, representan un mecanismo muy confiable y robusto para el acceso a recursos en sistemas de producción.

Características de la seguridad JWT:

- gestión stateless: cada petición es autónoma y verificable sin necesidad de mantener estado en el servidor
- permisos granulares: posibilidad de definir roles y permisos específicos para diferentes usuarios
- escalabilidad: apropiado para arquitecturas distribuidas y microservicios
- estándar: basado en RFC 7519, ampliamente adoptado en la industria software

Esta implementación asegura que solo usuarios autorizados puedan acceder a las funcionalidades de consulta, edición y gestión de datos catastrales, manteniendo las altas prestaciones típicas de las arquitecturas REST.

### A III.2.7 Potencialidades para la interoperabilidad SICUN-PCF-OUN

Los servicios REST desarrollados en el prototipo se integran como componente fundamental dentro de la estrategia global de interoperabilidad entre SICUN, PCF y OUN. Esta tecnología complementa y potencia los otros mecanismos de intercambio ya definidos anteriormente, proporcionando una capa de servicios ágiles y eficientes para diferentes escenarios de conectividad. La arquitectura REST se posiciona como tecnología óptima para el escenario totalmente conectado, donde permite microservicios para consultas en tiempo real, análisis de datos on-line y servicios de visualización entre los sistemas SICUN, PCF y OUN.

En el escenario mixto, los servicios REST pueden complementar los mecanismos de intercambio con INTERLIS cuando la conectividad lo permite, mientras que en el escenario totalmente desconectado el enfoque se centra en los mecanismos de intercambio estático discutidos anteriormente.

Por esta razón la arquitectura REST no reemplaza, sino que complementa el enfoque INTERLIS:

- **INTERLIS para intercambio masivo:** óptimo para transferencias completas de datasets, mantenimiento de esquemas y validaciones complejas
- **REST para consultas ligeras:** ideal para consultas puntuales, validaciones rápidas y servicios de análisis que requieren respuestas inmediatas
- **Sinergia tecnológica:** los endpoints REST pueden servir tanto datos nativos como información derivada de transferencias INTERLIS previas
- La implementación de servicios REST abre perspectivas estratégicas para el ecosistema SICUN-PCF-OUN:

- capa de *microservicios especializados*: desarrollo de APIs específicas para cálculos fiscales, consultas urbanas y análisis territoriales
- Integración con otras infraestructuras geoespaciales existentes: Articulación con infraestructura de datos espaciales nacionales (IDEP etc.) mediante estándares REST compatibles
- servicios híbridos: Combinación de consultas REST con descargas INTERLIS para optimizar el rendimiento según el tipo de operación
- escalabilidad modular: Posibilidad de expandir gradualmente los servicios sin afectar la infraestructura existente

### A III.3 Demostrador mediante la interfaz WFS de la OGC

#### A III.3.1 Objetivos del demostrador

Esta demostración técnica se ha realizado con el objetivo de probar la integración de servicios OGC WFS desde un cliente web ligero desarrollado con Leaflet. El enfoque permite al usuario final consumir, visualizar y analizar datos geoespaciales servidos desde fuentes externas, sin necesidad de realizar preprocesamientos intermedios, que permiten obtener datos derivados a partir de los datos con los que se cuenta por parte del sistema misional propio, cruzándolos con datos procedentes de otros sistemas misionales.

Son objetivos propios de este demostrador los siguientes:

1. La interoperabilidad mediante el consumo de servicios WFS en tiempo real.
2. La posibilidad de combinación con datos locales o cargados manualmente.
3. Ejecución de operaciones espaciales como la intersección entre capas.
4. El uso de herramientas estándar y libres para visualización y análisis.

#### A III.3.2 Fundamentos teóricos de la interfaz WFS del OGC

El estándar WFS del OGC permite acceder a datos vectoriales en forma de entidades geográficas completas, incluyendo geometrías y atributos. A diferencia del estándar WMS, que entrega solo mapas renderizados (ráster), WFS permite consultar, filtrar y, en su versión transaccional (WFS-T), modificar datos geoespaciales a nivel de entidad.

Son sus características fundamentales las siguientes:

1. **Acceso de grano fino**: el cliente puede obtener entidades individuales con todos sus atributos, filtrarlas por condiciones espaciales o alfanuméricas.
2. **Codificación mediante XML o KVP**: las peticiones se realizan mediante XML (POST) o parámetros tipo clave-valor (GET).
3. **Operaciones soportadas**: GetCapabilities, DescribeFeatureType, GetFeature, y opcionalmente Transaction y LockFeature.
4. **Soporte de formatos**: aunque el formato predeterminado es GML, algunos servicios permiten GeoJSON, JSON-LD o CSV.

Un ejemplo de petición WFS básica sería como sigue:

GET request:

<https://servidor.com/geoserver/wfs?service=WFS&version=2.0.0&request=GetFeature&typeName=capas:manzanas&outputFormat=application/json>

Las ventajas que presenta son las siguientes:

- Basado en estándares abiertos (ISO 19142)
- Flexible y extensible

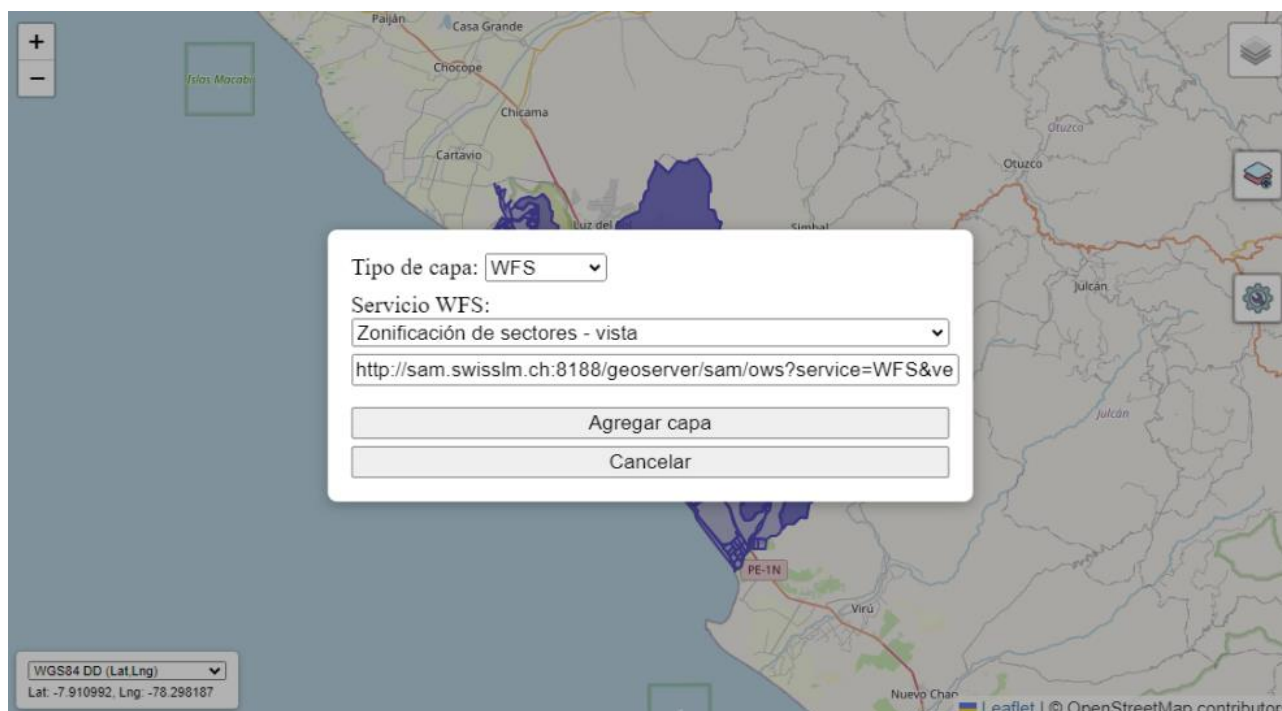
- Permite interoperabilidad entre distintos sistemas GIS
- Ideal para aplicaciones que requieren acceso granular a datos vectoriales

Por otra parte, entre sus limitaciones y entre la consideraciones que deben tenerse en cuenta están las siguientes:

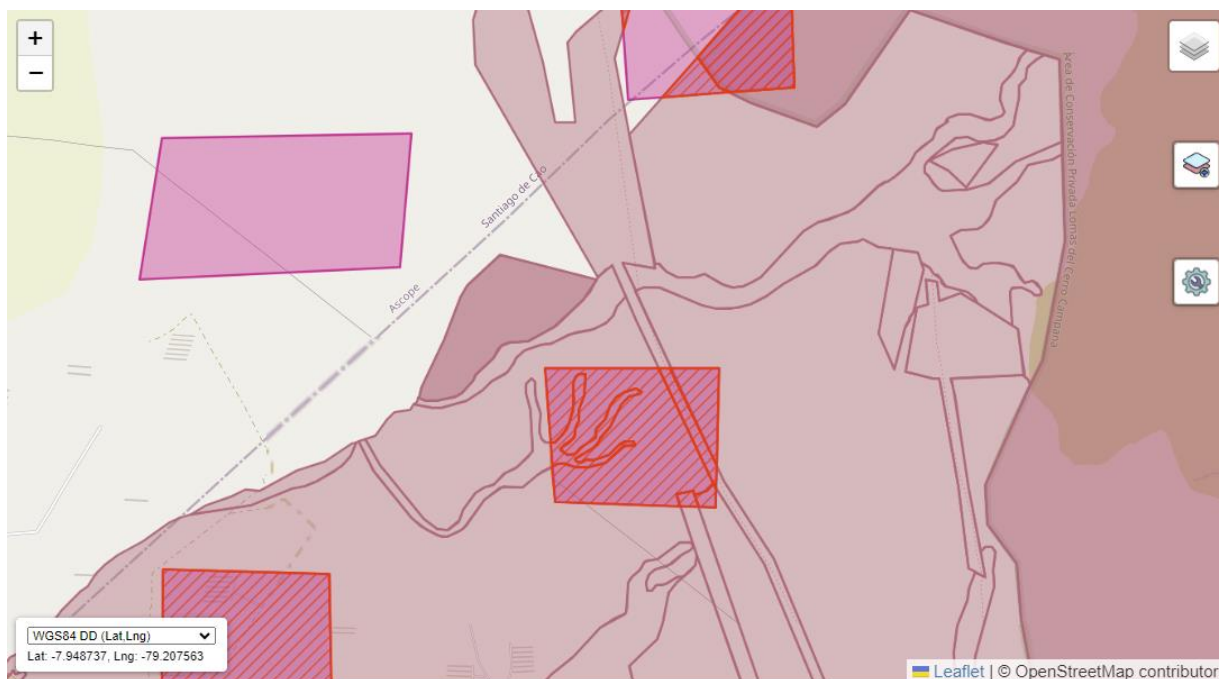
- El uso de GML como formato predeterminado lo hace pesado para clientes web ligeros
- No todos los servidores implementan correctamente los formatos alternativos como GeoJSON
- Las operaciones transaccionales (WFS-T) requieren autenticación y pueden exponer problemas de concurrencia

### A III.3.3 Descripción de las acciones del demostrador

#### 1. Carga del servicio WFS



- El visor Leaflet permite agregar capas mediante WFS a partir de una URL.
  - Se espera que la respuesta del servicio sea en formato GeoJSON.
  - Si bien WFS permite otras codificaciones como GML, Leaflet por defecto solo soporta GeoJSON, lo que limita la interoperabilidad directa con servicios que no exponen dicho formato.
- #### 2. Carga de capas del servidor local
- Al visor se pueden cargar capas de los servidores locales. Pueden cargarse expresamente mediante herramientas desarrolladas para la carga de datos, o pueden configurarse precargadas en el visor ligero para ser activadas según se vayan necesitando.
- #### 3. Intersección espacial de capa local con capa remota en WFS
- Utilizando turf.js, el visor permite realizar operaciones de intersección entre dos capas GeoJSON ya cargadas. Esto facilita casos de uso como validación de compatibilidad normativa o control de superposiciones prediales. Sin embargo, este enfoque es viable solo para volúmenes bajos o medianos, ya que el cálculo ocurre en el navegador del cliente y no está optimizado para procesamiento masivo.



#### A III.3.4 Potencialidades para la interoperabilidad SICUN-PCF-OUN mediante WFS

Los servicios WFS utilizados en el prototipo se integran como componente clave dentro de la estrategia de interoperabilidad entre SICUN, PCF y OUN propuesta. Esta tecnología basada en los estándares OGC permite complementar los mecanismos de intercambio ya definidos, habilitando el acceso a datos vectoriales estructurados de manera flexible y en tiempo real.

La arquitectura basada en servicios WFS se posiciona como idónea para la consulta directa de objetos geográficos y sus atributos desde catálogos externos (cualquiera de los sistemas misionales), facilitando procesos como la validación normativa, el control urbano y la fiscalización, permitiendo la obtención de datos derivados a partir de datos externos y locales.

Pueden actuar también como mecanismos de consulta o actualización parcial, si bien no es su fuerte dado que no expondría el modelo de origen ni podría adaptarse al de destino, exponiendo sólo un subconjunto de datos en forma de tabla o capa.

La adopción de WFS abre nuevas perspectivas para la interoperabilidad SICUN-PCF-OUN:

- **Capas interoperables de consulta:** integración de capas externas mediante técnicas con cliente ligero (Leaflet, OpenLayers) o pesado (QGIS, ArcGIS Pro...).
- **Conexión con el resto de sistemas misionales:** mediante estándares abiertos compatibles.
- **Servicios combinados:** uso de WFS para consultas e INTERLIS para transferencia y almacenamiento.
- **Despliegue progresivo:** integración modular según capacidades técnicas y conectividad disponible.

#### A III.3.5 Definición de la vista creada para el ejercicio del demostrador

La vista se define mediante el siguiente código SQL sobre PostgreSQL con PostGIS:

```
CREATE OR REPLACE VIEW gis.zonificacion_sector
AS
SELECT DISTINCT z.gid,
z.desc_zoni AS "Descripcion Zona",
```

```

z.nom_zoni AS "Nombre Zona",
z.nombdist AS "Distrito",
s.nom_sect AS "Nombre Sector",
z.geom
FROM gis.zonificacion_urbana_trujillo z,
gis.sectores_urbanos_trujillo s
WHERE st_intersects(z.geom, s.geom);
    
```

Lo que da un resultado como el siguiente en una consulta en el PGAdmin:

Query Query History

```

1 SELECT * FROM gis.zonificacion_sector
2
    
```

Data Output Messages Notifications

Showing rows: 1 to 1000 Page 1

gid integer	Descripcion Zona character varying (254)	Nombre Zona character varying (254)	Distrito character varying (254)	Nombre Sector character varying (254)	geom geometry
1	7237 RESIDENCIAL	[null]	VICTOR LARCO HERRERA	AREA TRUJILLO CENTRAL	0106000020CD71
2	15049 OTROS USOS O USOS ESPECIALES	MERCADO METROPOLITANO	TRUJILLO	AREA TRUJILLO CENTRAL	0106000020CD71
3	1674 ZONA DE REGLAMENTACION ESPECIAL	ZONA DE DESARROLLO DE LADERAS	EL PORVENIR	AREA TRUJILLO NORTE	0106000020CD71
4	15400 ZONA DE REGLAMENTACION ESPECIAL	ZONA DE CONSERVACION AMBIENTAL	HUANCHACO	AREA TRUJILLO OESTE	0106000020CD71
5	13720 SERVICIOS PUBLICOS COMPLEMENTARIOS PARA SALUD	[null]	MOCHE	AREA TRUJILLO SUR	0106000020CD71
6	8495 INDUSTRIAL	[null]	LA ESPERANZA	AREA TRUJILLO NORTE	0106000020CD71
7	13498 EXPANSION URBANA	[null]	HUANCHACO	AREA TRUJILLO OESTE	0106000020CD71
8	2527 INDUSTRIAL	[null]	TRUJILLO	AREA TRUJILLO CENTRAL	0106000020CD71
9	2822 ZONA DE REGLAMENTACION ESPECIAL	ZONA DE ENTORNO HISTORICO MONUMENTAL	TRUJILLO	AREA TRUJILLO CENTRAL	0106000020CD71
10	2344 SERVICIOS PUBLICOS COMPLEMENTARIOS PARA EDUCACION	[null]	TRUJILLO	AREA TRUJILLO CENTRAL	0106000020CD71
11	10629 RESIDENCIAL	[null]	EL PORVENIR	AREA TRUJILLO NORTE	0106000020CD71
12	1351 ZONA DE RECREACION PUBLICA	[null]	EL PORVENIR	AREA TRUJILLO NORTE	0106000020CD71
13	14675 ZONA DE REGLAMENTACION ESPECIAL	ZONA DE RIESGO	LAREDO	AREA TRUJILLO ESTE	0106000020CD71
14	3867 COMERCIAL	[null]	TRUJILLO	AREA TRUJILLO CENTRAL	0106000020CD71
15	3552 RESIDENCIAL	[null]	TRUJILLO	AREA TRUJILLO CENTRAL	0106000020CD71
16	14171 RESIDENCIAL	[null]	VICTOR LARCO HERRERA	AREA TRUJILLO CENTRAL	0106000020CD71
17	5508 RESIDENCIAL	[null]	TRUJILLO	AREA TRUJILLO CENTRAL	0106000020CD71