

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA

*“IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVIDOR SIG PARA DAR ACCESO A LA
INFORMACIÓN PREDIAL, GEORREFERENCIADA Y ACTUALIZADA DE LA
MUNICIPALIDAD DE ALAJUELITA USANDO SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO Y
LIBRE”*

**Informe de trabajo final de graduación, bajo la modalidad de Práctica Dirigida
para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Topográfica**

Emperatriz Cordero Aguilar, carné B11976

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, marzo del 2021

COMITÉ ASESOR

El presente trabajo final de graduación fue aprobado por el comité asesor y el tribunal examinador como requisito para optar por el grado y título de Licenciada en Ingeniería Topográfica.

Ing. Robert Laurent Sanabria, M.Sc.

Presidente del Tribunal Evaluador del Trabajo Final de Graduación

Ing. Gustavo Lara Morales, M.Sc.

Miembro del Tribunal Evaluador del Trabajo Final de Graduación

Ing. Alexander Cerdas Hernández, M.Sc.

Director del Trabajo Final de Graduación

Lic. Daniel Rojas Delgado

Asesor del Trabajo Final de Graduación

Lic. Arq. Carolina Vega Abarca M.Sc.

Asesor del Trabajo Final de Graduación

Ing. Emperatriz Cordero Aguilar

Sustentante

DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

La suscrita, Emperatriz Cordero Aguilar, cédula 115050740, estudiante de la carrera de Bachillerato y Licenciatura en Ingeniería Topográfica de la Universidad de Costa Rica, con carnet universitario B11976, manifiesto que soy la autora del Trabajo Final de Graduación, "IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVIDOR SIG PARA DAR ACCESO A LA INFORMACIÓN PREDIAL, GEORREFERENCIADA Y ACTUALIZADA DE LA MUNICIPALIDAD DE ALAJUELITA USANDO SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO Y LIBRE", bajo la dirección del Ing. Alexander Cerdas Hernández, MSc, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, traspaso los derechos de utilización del presente Trabajo Final de Graduación a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: Según la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos, No. 6683, en su artículo 7: Toda persona puede utilizar, libremente, en cualquier forma y por cualquier proceso, las obras intelectuales pertenecientes al dominio público; pero si fueren de autor conocido, no podrá suprimirse su nombre en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales". Además, como lo establece el artículo 13 de esta misma ley, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, siendo obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

DEDICATORIA

A mi abuela y a mi mamá, grandes mujeres con una fortaleza admirable, que me enseñaron que las circunstancias no definen mi futuro.

RECONOCIMIENTOS

Me gustaría agradecerle a mi profesor tutor Alexander Cerdas por todo su apoyo, dedicación y comprensión durante este proyecto, agradezco su buena disposición y perseverancia, además le agradezco por guiarme hasta el final de este largo proceso.

Un especial agradecimiento a Carolina Vega por creer en mi proyecto, y demostrarme su apoyo durante todo el proceso, por creer en el cambio y apostar a nuevas alternativas dentro de la Municipalidad de Alajuelita.

Un agradecimiento especial también a Daniel Rojas por su apoyo, y su buena disposición de ayudarme en todo el proceso.

También quiero agradecer a Eduardo Rojas Rodríguez por compartir parte de su conocimiento, mismo que fue fundamental en el desarrollo de este proyecto.

A Edwin Porras, por sus cursos y todas sus enseñanzas que quedan para toda la vida.

A Filip David por su apoyo y apertura durante el desarrollo de este proyecto, su ayuda y conocimientos fueron fundamentales en el desarrollo de esta práctica dirigida.

A Alexander Mora topógrafo de la Municipalidad de Alajuelita, por su apoyo incondicional, por apoyar el proyecto y ayudarme a realizar las primeras pruebas de en la implementación del servidor SIG.

A la Escuela de Ingeniería Topográfica y a la Universidad de Costa Rica por permitirme esta gran oportunidad, con gran orgullo expreso que mi eterno agradecimiento con mi Alma Máter por formarme, y espero en algún momento tener la oportunidad de retribuir todo lo que me ha dado.

Agradecimiento a la Municipalidad de Alajuelita, por permitirme implementar este proyecto utilizando sus instalaciones, y un agradecimiento especial al señor Alcalde don Modesto Alpízar por todo el apoyo.

A mi madre y mi hermano que me impulsan a superar los retos que la vida me pone, y a mi familia con la que cuento siempre de manera incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

COMITÉ ASESOR.....	ii
DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
RECONOCIMIENTOS.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	x
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
Capítulo 1.Introducción.....	13
1.1 Introducción.....	14
1.2 Antecedentes.....	15
1.3 Definición del problema.....	20
1.4 Justificación.....	20
1.5 Objetivos.....	24
1.5.1. Objetivo General.....	24
1.5.2. Objetivos Específicos.....	24
Capítulo 2. Marco Teórico.....	25
2.1 Catastro.....	26
2.2 Sistemas de Información Geográfica.....	27
2.3 Sistema Gestor de Base de Datos.....	29
2.4 Servidor de Información Geográfica.....	32
Capítulo 3. Marco Metodológico.....	35

3.1. Establecer los insumos necesarios para la implementación de un servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita.....	36
3.1.1 Información geoespacial con que cuenta la Municipalidad de Alajuelita, en todos sus formatos.....	37
3.2. Configurar el servidor SIG de manera física en la Municipalidad de Alajuelita.....	38
3.3 Realizar la configuración cliente en el servidor y dispositivos locales desde los cuales los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita accederán al servidor SIG.....	38
3.3.1 Crear usuarios y roles.	39
3.4 Crear la base de datos espacial con las capas necesarias para el funcionamiento del servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita.	44
3.4.1 Crear las capas.....	44
3.4.2 Importar las capas al servidor.	46
3.5 Integrar la base de datos del SAM (Sistema de Administración Municipal) de la Municipalidad de Alajuelita al servidor SIG.....	47
3.6 Procedimiento para validar y sanear el Mapa de Predios Municipal que muestre la ubicación espacial de todos los inmuebles del cantón de Alajuelita a partir de la base de datos depurada (SAM)..	49
3.6.1 Generar número de gis.	50
3.6.2 Procedimiento para registros en SAM sin número de gis.	52
3.6.3 Procedimiento para registros en SAM con número de gis	54
3.6.4 Registros con números de gis incompletos o erróneos en SAM:	55
3.7 Plantear un protocolo de mantenimiento del servidor SIG para que la información predial se mantenga actualizada.	56
3.7.1 Dibujar predios nuevos, producto de los movimientos registrales en el cantón de Alajuelita.	56
3.7.2 Realizar saneamiento y depuración de los predios ya dibujados en el Mapa Municipal de Alajuelita.	56

3.8 Plantear un procedimiento para que los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita puedan consumir de manera óptima la información suministrada por el servidor SIG.....	57
Capítulo 4. Resultados.....	58
4.1 Establecer los insumos necesarios para la implementación de un servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita.....	59
4.2 Configurar el servidor SIG de manera física en la Municipalidad de Alajuelita.....	60
4.3 Realizar la configuración cliente en los dispositivos locales desde los cuales los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita accederán al servidor SIG.	63
4.4 Crear la base de datos espacial con las capas necesarias para el funcionamiento del servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita..	65
4.5 Integrar la base de datos del SAM (Sistema de Administración Municipal) de la Municipalidad de Alajuelita al servidor SIG.....	68
4.6 Procedimiento para validar y sanear el Mapa de Predios Municipal que muestre la ubicación espacial de todos los inmuebles del cantón de Alajuelita a partir de la base de datos depurada (SAM).	69
4.7 Plantear un procedimiento de mantenimiento del servidor SIG para que la información predial se mantenga actualizada.	71
4.8 Plantear un procedimiento para que los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita puedan consumir de manera óptima la información suministrada por el servidor SIG.....	71
Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones	73
5.1 Conclusiones	74
5.2 Recomendaciones	76
Bibliografía.....	77
Apéndices.....	80
Apéndice I. Guía de Instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, PostgreSQL y PostGIS en el servidor GIS en la Municipalidad de Alajuelita.....	81

Apéndice II. Guía de creación y administración de la base de datos (municipalidad_alajuelita) desde pgAdmin.....	94
Apéndice III. Importar las capas a la base de datos (municipalidad_alajuelita) desde QGIS.	99
Apéndice IV. Protocolo de mantenimiento III.1 Dibujar predios nuevos producto de los movimientos registrales en el cantón de Alajuelita.	107
Apéndice V. Guía de usuario.	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura cliente-servidor.....	30
Figura 2. Tipos de uso de <i>Software</i> GIS	32
Figura 3. Estructura de una IDE en un ambiente de un Catastro Multifinalitario.	33
Figura 4. Estructura Organizativa de la Municipalidad de Alajuelita	40
Figura 5. Procesos que interactúan con el servidor SIG de la Municipalidad de Alajuelita.	42
Figura 6. Autorización de roles por departamento dentro del servidor GIS.....	43
Figura 7. Datos de fincas exportadas del SAM	47
Figura 8. Identificador Único	51
Figura 9. Numero de GIS dentro del SAM.....	52
Figura 10. Diagrama de flujo en proceso a seguir en caso que predios sin número de GIS.	53
Figura 11. Diagrama de flujo en proceso a seguir en caso que predios con número de GIS.	54
Figura 12. Diagrama de flujo en proceso a seguir en caso que predios con número de GIS erróneos o incompletos.....	55
Figura 13. Procedimiento para utilizar la información del servidor SIG de la Municipalidad de Alajuelita	57
Figura 14. Insumos requeridos para la implementación del servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita	59

Figura 15. Detalles de usuarios creados en el servidor SIG	64
Figura 16. Resultados de la configuración cliente de los dispositivos que se conectan a el servidor GIS en la Municipalidad de Alajuelita	64
Figura 17. Capas del servidor SIG	67
Figura 18. Detalle de la capa predios integrada con la información SAM	68
Figura 19. Gráfico relación entre “gis” y registros de inmuebles por derecho en el SAM.	69
Figura 20. Composición número de gis	70
Figura 21. Procedimiento de usuario para el Servidor de la Municipalidad de Alajuelita.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Funciones de un Sistema de Información Geográfica según su categoría.....	34
Tabla 2. Roles de usuarios dentro del servidor GIS en la Municipalidad de Alajuelita.	41
Tabla 3. Formato de atributos de la capa predios.	45
Tabla 4. Análisis de registros en el SAM por número de GIS	50
Tabla 5. Tabla de atributos de la capa predios.....	66
Tabla 6. Tabla de atributos de la capa predios.....	67

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Servidor GIS en la Municipalidad de Alajuelita. Servidor HP ProLiant DL380 G6 Server, instalado en el rack y conectado a la red de la Municipalidad de Alajuelita.	61
Fotografía 2. Servidor HP ProLiant DL380 G6 Server, instalado en el rack y conectado a la red de la Municipalidad de Alajuelita.....	62

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

GIS	Geographic Information System o Sistema de Información Geográfica.
SIG	Sistemas de Información Geográfica
MA	Municipalidad de Alajuelita
HP	Hewlett Packard (Marca de dispositivos electrónicos)
SAM	Sistema de Administración Municipal
RN	Registro Nacional
SGBD	Sistema Gestor de Base de Datos
OSS	Open-source <i>software</i>
SL	<i>Software</i> Libre
DBMS	Data Base Management System (Sistema administrador de base de datos)
OGC	Open Geospatial Consortium

Cita Bibliográfica

Cordero Aguilar, Emperatriz Cristina. (2020). IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVIDOR SIG PARA DAR ACCESO A LA INFORMACIÓN PREDIAL, GEORREFERENCIADA Y ACTUALIZADA DE LA MUNICIPALIDAD DE ALAJUELITA USANDO SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO Y LIBRE. Trabajo Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Topográfica. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Director del Proyecto

Ing. Alexander Cerdas, MSc.

RESUMEN

Esta práctica dirigida muestra el proceso llevado a cabo para lograr la implementación de un Servidor de Información Geográfica en la Municipalidad de Alajuelita, mismo que permite la conexión y edición multiusuario a los usuarios funcionarios de este municipio.

Para este proyecto se utilizó únicamente *software “open source”* y libre, y el punto de partida del mismo fue la instalación física de este servidor y los dispositivos que se sirven de él, así como la creación de una base de datos espacial en el *software* PostgreSQL, la cuál va a alojar la información espacial que los funcionarios de la Municipalidad requieren para su óptimo desempeño.

El *software* pgAdmin permitió la manipulación de la base de datos de manera muy simple inclusive permitió crear una jerarquía de usuarios y roles para el consumo de la información espacial, con privilegios según las funciones de cada uno.

Además, se logró la integración con la información del Sistema de Administración Municipal (SAM), sistema interno de la municipalidad de Alajuelita donde se registra toda la información literal de los inmuebles. Conjuntamente, se planteó un protocolo para la actualización de la información del SAM y del Mapa de predios de la Municipalidad, culminando este proyecto con una guía detallada para que los usuarios funcionarios de la Municipalidad puedan utilizar los servicios de este servidor.

PALABRAS CLAVE

Software “open-source” en gobiernos locales, Bases de datos en PostgreSQL, PostGIS, pgAdmin, servidor de Información Geográfica, Sistema de información geográfica QGIS.

Capítulo 1.Introducción

1.1 Introducción

El proceso desarrollado para lograr la implementación de un Servidor de Información Geográfica en la Municipalidad de Alajuelita se describe en este documento, esta implementación busca entre otros aspectos conformar y poner a disposición una base de datos espacial robusta, que aloje toda la información predial de la Municipalidad de Alajuelita, creando un servicio multiusuario para que los funcionarios de esta entidad puedan consumir y editar estos datos espaciales al mismo tiempo.

Esta práctica dirigida se desarrolló en ocho etapas, mismas que ordenaron el flujo de trabajo de este proyecto y plantearon un desarrollo secuencial. En primera instancia fue necesario realizar la instalación de la infraestructura de hardware así como del software donde se aloja la base de datos espacial que contiene la información predial del cantón de Alajuelita, es vital que la información alojada en este servidor, sea de fácil acceso, para que los usuarios puedan usarla y editarla en tiempo real, sin que esto implique pérdida de información, o dependencia del recurso humano.

Un aspecto de suma importancia en el desarrollo de esta práctica dirigida es la implementación del proyecto en software “open-source” y libre, asunto que toma mucho peso en la función pública porque ayuda a reducir la brecha entre software privativo y software “open-source” y libre.

Esta práctica dirigida, proporciona una herramienta tecnológica que facilita la formación y mantenimiento del Catastro Municipal, aspecto en la administración donde es de vital importancia tener registro espacial y literal de los inmuebles dentro del cantón para lograr una eficiente administración, gestión y recaudación de impuestos.

Además el proyecto sirve principalmente a los fines del Catastro Municipal, columna vertebral en los gobiernos locales, permitiendo la gestión de la información espacial de manera centralizada y con adecuados protocolos de mantenimiento. Una implementación en Sistemas de Información Geográfica es una gran herramienta para mantener actualizado el Catastro Municipal de Alajuelita, razón por la que en las últimas etapas de este proyecto se plantea un protocolo de mantenimiento para información predial.

Se logró proponer una solución espacial integral para satisfacer las necesidades de los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita, este proyecto ofrece una opción factible, gratuita y de código abierto para gobiernos locales que como la Municipalidad de Alajuelita buscan optimizar su gestión, maximizando el uso de la información espacial.

En la última sección del documento se encontrarán los apéndices, que no constituyen parte esencial de este documento, sin embargo son muy importantes, ya que en ellos se comprenden las guías de instalación de todos los procesos, para que este proyecto pueda ser replicado de manera exitosa.

1.2 Antecedentes

En Costa Rica el panorama de acceso a alguna plataforma con funciones de un Sistema de Información Geográfica en los Gobiernos Locales es bastante favorable, según un estudio del Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento (PROSIC) de la Universidad de Costa Rica, en el “Proyecto Trazando una ruta hacia la E-Municipalidad en Costa Rica”, estudio que responde al nombre de *“Experiencias en los Procesos de Digitalización en las Municipalidades Costarricenses; Perfiles municipales de 22 casos de estudio de gobiernos locales en Costa Rica”*, publicado en el mes de marzo del 2020, se demuestra que el uso de los Sistemas de Información Geográfica en los Gobiernos Locales ha mejorado en varios aspectos su gestión interna.

En la Municipalidad de Escazú; el *software* geo-espacial que poseen les permite la captura de datos de emergencia, los cuales son integrados a un sistema de incorporación, monitoreo y seguimiento de incidentes que se reflejan en los mapas de dicho *software* (Castro & Amador, 2020). Es claro que el uso de Sistemas de Información Geográfica ha logrado destacar el desempeño de los gobiernos locales que obtienen el máximo provecho de este tipo herramienta.

El sistema de Información Espacial de la Municipalidad de Escazú “ha sido fortalecido mediante la compra de licencias, espacios, torres, radios y equipos especiales” (Castro & Amador, 2020, p. 15), además existe un visor que recientemente es accesible al público en general por medio de la página web de la institución “mediante el cual se puede consultar aspectos como la hidrografía del municipio, la red geodésica, gestión ambiental, gestión del riesgo, servicios municipales (recolección), valoraciones, infraestructura y obras (viabilidad), regulaciones, cementerios, condominios, predios (Fincas, Mapa Catastral, Parcelas) y los límites cantonales” (Castro & Amador, 2020, p. 15).

También podemos mencionar el caso de la Municipalidad de Curridabat que “ha creado un sistema de información territorial en el cual está integrada la gestión de patentes, tributaria y catastral” (Castro & Amador, 2020, p. 28) lo cual ha traído muchos beneficios a este gobierno local inclusive “esta herramienta ha contribuido a reducir la evasión de tributos desde su incorporación en 2006, incrementando la recaudación fiscal del municipio” (Castro & Amador, 2020, p. 28), sin embargo este

Gobierno Local le apunta al cambio y “tiene previsto introducir una serie de mejoras a dicho sistema para que se pueda actualizar información en tiempo real; así como poner en marcha visores para que la población pueda consultar la información del SIG” (Castro & Amador, 2020, p. 28).

La Municipalidad de San José es todo un caso de excepción dentro del contexto de las plataformas tecnológicas relacionadas con Sistemas de Información Geográfica entre los Gobiernos Locales de Costa Rica ya que dispone de un departamento municipal dedicado a la gestión y la incorporación de datos al sistema de información geográfica de la institución (Castro & Amador, 2020).

Otro caso de éxito es la Municipalidad de Cartago que en su Sistema de Información Geográfica posee alrededor de 300 capas de información entre las que podemos mencionar;

Mapeo de propiedades, distritos, coordenadas, Plan Regulador, mapeo de catastros fiscales, de licencias, concesiones y autorizaciones, actividades contaminantes, patrimonio; mantenimiento y monitorización de infraestructuras, licencias de obra, guía urbana y callejeros, agua potable, mantenimiento de calles, alcantarillado pluvial y sanitario, rutas de movilidad e información turística (Castro & Amador, 2020, p. 53).

La Municipalidad de Cartago usa la herramienta desde el año 2007 y “desde su introducción no sólo se ha mejorado la gestión de la información en la municipalidad, sino que también ha posibilitado el desarrollo de servicios especializados a partir de esta herramienta” (Castro & Amador, 2020, p. 53).

Del mismo modo como menciona Castro & Amador (2020), la Municipalidad de Alajuela cuenta con un Sistema de Información Geográfica (SIG) que está muy avanzado (p. 77) entre sus principales funciones podemos mencionar que se puede acceder creando un usuario y una contraseña “mediante la cual es posible consultar los datos disponibles por el Gobierno Local y subir datos que sirvan para alimentar la información dispuesta en dichos mapas” (Castro & Amador, 2020, p. 77).

Por otro lado, la Municipalidad de Heredia tiene su Sistema de Información Geográfica basado en un *software* privativo, Castro & Amador (2020) “y a partir de ello, se ha creado una plataforma de consulta denominada UBICA” (p. 95). En esta plataforma se puede “visualizar información y analizar datos cantonales que se encuentran geo-localizados” (p. 95). También es posible encontrar “datos abiertos geo-referenciados y consultar diversos mapas informativos. El sistema puede ser accedido por todo público y la información habilitada en mapas y/o en formato de PDF” (Castro & Amador, 2020, p. 95).

El caso de la Municipalidad de Santo Domingo es muy similar, está articulado en un *software* de Información Geográfica privativo recientemente se ha adquirido la última licencia del programa y el licenciamiento tiene un paquete especializado que les proporciona soporte técnico, capacitación y una página web en la se puede publicar mapas para uso interno y a consulta de la ciudadanía (Castro & Amador, 2020).

En la Municipalidad de la Cruz, también se usa un Sistema de Información Geográfica privativo y es así como en base a esto “se ha creado un Portal de Mapas Web en el que resulta posible hacer consultas sobre: centros educativos del cantón, distintas instituciones públicas con presencia en el municipio, mapa de vialidad, sitios turísticos, mapa de limpieza de vías y zonas homogéneas (Castro & Amador, 2020, p. 112).

El Sistema de Información Geográfica (SIG) de la Municipalidad de Liberia, está basado en un *software* privativo, “se ha creado un visor cartográfico de uso interno, el cual no está disponible para la consulta del público. Parte de los datos que se encuentran en el visor cartográfico se alimentan del mosaico catastral (predios que componen todo el territorio del cantón)” (Castro & Amador, 2020, p. 118), mismo que está en un proceso de actualización según Castro & Amador (2020) “en este proceso se han invertido entre unos 250 y 300 millones de colones y a la fecha sólo falta incluir los datos del distrito de Liberia” (p. 118).

Así mismo, en la Municipalidad de Santa Cruz ya se cuenta con un visor cartográfico abierto al público en general, donde se puede “consultar información sobre los cuerpos de agua del cantón, las vías públicas, la red vial municipal, la zona marítima terrestre, las áreas municipales, el mapa catastral del municipio, las áreas con peligro de inundación, deslizamiento, fallas, recolección de basura, los mojones, etc” (Castro & Amador, 2020, p. 126). Este visor permite buscar por número de finca y plano, así como medir distancias y áreas, obtener coordenadas y descargar mapas.

La Municipalidad de Puntarenas, por su lado utiliza un Sistema de Información Geográfica privativo y como otros gobiernos locales pone a disposición del público “mapas de las rutas de aseo de las vías, se encuentran geo-referenciados los sitios de interés del cantón, las zonas para estacionamientos, las rutas de recolección de desechos sólidos, capas, mosaico catastral, mosaico de teselas, disponibilidad de edificaciones en caso de tsunamis, mapa de zonas homogéneas” (Castro & Amador, 2020, p. 145). Aunque para poder explorar algunos de estos mapas es necesario contar con una cuenta en ARC-GIS y crear un usuario y contraseña para poder hacer las consultas respectivas.

Tal es el caso de la Municipalidad de Garabito, que también cuenta con un Sistema de Información Geográfica privativo o licenciado, “sobre el cual se dispone de una plataforma de consulta en la que se pueden visualizar mapas de las calles públicas, información general para turistas, mapa catastral, mapa de zonas homogéneas, playas y el servicio de aseo de vías del cantón” (Castro & Amador, 2020, p. 159).

No obstante, existe otro tipo de iniciativas que están tomando mucha fuerza en materia de *software* “open-source” y libre, es frecuente observar que su popularidad aumenta, crecen la cantidad de usuarios que lo utilizan y toman confianza “en especial por las notorias ventajas en el *software* libre tiene respecto al *software* privativo en: dominio de mercado, confiabilidad, rendimiento, escalabilidad, seguridad y costo total de posesión ha promovido la aceptación del primero en muchos países, como alternativa más económica y potente” (Lizárraga & Díaz, 2007, p. 84).

Algunas entidades como el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), La Universidad Nacional (UNA), ya utilizan *software* libre en sus plataformas tal y como se menciona en una nota publicada en el periódico La Nación del año 2011, donde se publicó que la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), la Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE), el Ministerio de Educación Pública, la Universidad de Costa Rica, y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), hacen uso del *software* libre. En el caso del AyA, se señaló que el ahorro en licencias de ofimática durante los cinco años en los que se había usado *software* libre era de aproximadamente US\$1,2 millones.

Lo anterior demuestra que algunas entidades públicas en Costa Rica optan por utilizar software libre en su gestión, de acuerdo con un estudio desarrollado por el PNUD-UNA en el año 2013, 71 de los 81 Gobiernos Locales muestran un uso significativo del *software* libre en general. El 68% de ellos indica que han implementado o están en proceso de implementar su uso. Este proceso ha tomado fuerza entre los años 2006 y 2011. Es importante resaltar que al no existir directrices ni políticas institucionales que favorezcan el uso de *software* libre en los gobiernos locales, el uso de este tipo de *software* es el resultado de iniciativas propias del personal de informática en estas instituciones.

Sin embargo, el *software* libre en los gobiernos locales se utiliza principalmente en sitios web y servidores web y de correo electrónico. Lo anterior demuestra que, aunque en Costa Rica no existe una política gubernamental en relación con uso del *software* libre, las instituciones del sector público han introducido y están utilizando este tipo de *software* en su día a día. No obstante, en relación a lo expuesto anteriormente Castro & Amador (2020) menciona que ya existen casos concretos de éxito

en el uso de *software* “Open-source” (OSS) y libre de Sistemas de Información Geográfica en Gobiernos Locales por ejemplo en la Municipalidad de Santa Ana se utilizaba un *software* de sistemas de información geográfica licenciado pero, fue removido y se reemplazó por un *software* “Open-source” (OSS), así mismo se diseñó un geoportal de uso interno que permite el acceso a modificaciones y contiene mapas interactivos.

Como menciona Castro & Amador (2020) “La Municipalidad de Zarcero posee un visor catastral que fue implementado en el año 2018” (p. 69), para el desarrollo de este visor se utilizó (OSS) y “la amplia variedad de datos que pueden ser consultados en el visor cartográfico ha contribuido a establecer controles cruzados para el personal municipal encargado de gestionar trámites.” (Castro & Amador, 2020, p. 69), herramienta que ha incentivado otros cambios en la institución “es así como se ha generado un expediente único digital entre los departamentos de Catastro y Gestión Urbana el cual comparte una base de datos que facilita la realización de inspecciones” (Castro & Amador, 2020, p. 69).

En esta misma línea, está el Sistema de Información Geográfico de la Municipalidad de Carrillo que está basado en *software* libre, en esta plataforma se puede visualizar datos como la “La red geodésica, los visados, los condominios, el mosaico catastral, las zonas homogéneas y agropecuarias, la división administrativa, los mojones y áreas silvestres protegidas, la toponimia, la red vial cantonal y la red hidrográfica” (Castro & Amador, 2020, p. 134), este sistema tiene un visor cartográfico que fue puesto a disposición del público según Castro & Amador (2020), “permite calcular rutas, hacer mediciones y generar impresiones, entre muchas otras funcionalidades. Además, esta se actualiza en tiempo real según la información que ingrese el Departamento de Catastro” (P. 134).

Otro caso es La Municipalidad de Palmares, que “cuenta con un Sistema de Información Geográfica que opera con un programa de *software* libre a partir del cual se habilitó un visor cartográfico desde 2012” (Castro & Amador, 2020, p. 84), es posible acceder a este sistema por parte del público en general en donde se puede:

Acceder a información sobre el catastro municipal, la red hidrográfica del municipio, las zonas propensas a desastres, los albergues temporales (en caso de desastres), la toponimia, los puntos de referencia del cantón, las instalaciones deportivas y educativas, las rutas de recolección de basura, la red cantonal y nacional y las zonas homogéneas (que indican el

valor de las propiedades, las áreas protegidas y el número de finca) (Castro & Amador, 2020, p. 84).

El visor de esta institución tiene varias funciones entre las que se puede mencionar “informar si los terrenos cuentan con alguna afectación de pozo, la existencia (o no) de plano catastrado, el número y el cálculo de la distancia de una finca hacia cualquier punto de referencia del cantón, indicando la distancia en km y la dirección” (Castro & Amador, 2020, p. 84).

Otro caso que cabe resaltar es la Municipalidad de Esparza que “dispone de un sistema de información geográfica que utiliza el *software* QGIS y actualmente se analizan herramientas de motores de bases de datos para la gestión de la geo localización en el cantón” (Castro & Amador, 2020, p. 152).

1.3 Definición del problema

Falta de un instrumento o un conjunto de herramientas tecnológicas que permitan acceso a la información predial geoespacial, georreferenciada, y actualizada a los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita.

1.4 Justificación

Según lo estipulado en la ley N° 7509 en el año 1995 se trasladó a los gobiernos locales la potestad de ser Administración Tributaria para realizar valoraciones, facturar, recaudar, fiscalizar, tramitar los cobros respectivos y gestionar, en sus respectivos territorios, el impuesto sobre bienes inmuebles establecido en esa normativa.

Obtener este nivel de autonomía en la administración y gestión tributaria trae consigo varias responsabilidades y retos, lo que destaca la necesidad de disponer de recursos tecnológicos para lograr satisfacer estas funciones. Está demostrado según la experiencia en otros Gobiernos Locales en Costa Rica que un Sistema de Información Geográfica puede ser una herramienta muy útil en esta tarea.

Según Erba D. (2007), el impacto del SIG en las recaudaciones municipales, se traduce en resultados concretos en diferentes dimensiones de la gestión institucional, y de manera destacada, en el ámbito de las recaudaciones municipales. (p. 55), además es útil a varios fines dentro de la administración municipal ya que los Sistemas de Información Geográfica logran ser una herramienta que integra

conocimientos generados desde diferentes áreas como la agricultura, informática, matemática, física, diseño gráfico, y teledetección (Fallas G., 1996).

Entonces como menciona Erba D. (2007) “se puede afirmar que los SIG son herramientas de soporte al proceso de toma de decisiones, ya sea en un proyecto o en una institución, que suman la componente geográfica a las bases de datos para generar una visión más completa y adecuada de la realidad analizada” (p. 243).

Erba D. (2007) afirma que “los SIG son herramientas auxiliares que permiten visualizar los datos y generar información gráfica o cartográfica de fácil interpretación, cuando los SIG se usan para gerenciar datos catastrales, generalmente se denominan Sistemas de Información Territorial-SIT” (p. 315) relacionando lo anterior, con el contexto de este proyecto se puede afirmar que el servidor GIS plantea el funcionamiento de un Sistema de Información Territorial.

Se convierte en “una necesidad prioritaria para las instituciones destinadas a la definición de políticas de suelo (principalmente las administraciones públicas) contar con Sistema de Información Territorial debidamente estructurado dentro de los criterios que sean establecidos” (Erba D., 2007, p. 263).

“Para proponer una solución sostenible y flexible es necesario tomar en cuenta, que el rápido avance del desarrollo tecnológico conlleva también el constante desarrollo de sistemas que buscan dar respuesta a las diversas necesidades de los usuarios. Por lo anterior, pensar en comprar *software* propietario representa una importante inversión financiera que por otras necesidades no siempre se contemplan en los presupuestos ordinarios de las instituciones” (Lizárraga et al, 2007, p. 84).

En este sentido hay soluciones alternativas que pueden traer muchos beneficios a los Gobiernos Locales, “el *software* libre puede ser una herramienta importante para promover tanto la modernización como la innovación, con el objetivo de proveer servicios públicos más eficientes y transparentes” (Mata, et al, 2013, p. 7) tomando en cuenta el rápido avance de la tecnología.

Desde hace algunos años el *software* libre tiene un papel más sólido en Costa Rica y su uso es una práctica que se hace más frecuente desde hace más de una década. Impulsada principalmente por los altos costos que enfrentan las organizaciones e instituciones al adquirir las licencias y sus mantenimientos. Las grandes bondades de este tipo de *softwares* libres, es la libertad que tienen los usuarios de utilizar programas con cualquier propósito ya sea investigativo, laboral, educativo hasta

empresarial, además de poder distribuirlo sin problema, ya que no hay restricciones; en otras palabras, pueden adaptarlo a sus necesidades específicas con la finalidad de cumplir sus objetivos.

Es por esta razón que “el uso de un (SIG) de código abierto se plantea como una alternativa a la alta inversión realizada, hasta la fecha, en el país por instituciones públicas, para la adquisición de licencias comerciales, las cuales con frecuencia se desactualizan sin haber sido utilizadas.” (Solano Mayorga, 2012, p. 62).

Como menciona Diego Alfonso Erba en su libro “El catastro territorial en América Latina y el Caribe”, “se hacen (muchas veces grandes) inversiones en nuevos mapas como si los existentes no sirviesen para nada; que se compran nuevos equipamientos y sistemas sin pensar en su aplicación o adaptación a las necesidades del catastro vigente; que se “importan” soluciones como si fuesen productos manufacturados y que no se entrene al personal. Desespera que al reformar los catastros que se implementan sistemas tan complejos que toman prácticamente inviable su mantenimiento y/o actualización.” (Erba D., 2008, p. 28)

Por estas razones este proyecto plantea una solución integral que combina *software* libre, una estructura robusta, escalable, flexible y de alto rendimiento que puede llegar a convertirse en una Infraestructura de Datos Espaciales, con protocolos de actualización de la información que involucran en el uso de la herramienta a la mayoría de usuarios en la Municipalidad de Alajuelita.

En pasados periodos y el presente periodo el presupuesto de la Municipalidad de Alajuelita ha estado destinado a atender las necesidades más inmediatas del cantón, sin embargo es creciente necesidad en materia de accesibilidad a la información geoespacial del cantón por parte de los funcionarios municipales para optimizar su función.

Esta solución se muestra viable y sólida ante las limitaciones presupuestarias en la Municipalidad de Alajuelita, se define como “La Implementación de un Servidor SIG para dar acceso a la información predial, geoespacial georreferenciada y actualizada de la Municipalidad de Alajuelita usando *software* de código abierto y libre”, donde la única brecha es la capacitación del recurso humano en su uso.

La elección de esta solución integral propone mejorar la gestión de la Alcaldía Municipal, Auditoría, Gestión de Seguridad Ciudadana, Gestión de Desarrollo Urbano, Gestión Ambiental, Gestión Hacienda Municipal y la Gestión de Tecnologías de la información y comunicación, esta solución está estrechamente relacionada en integrar dos aspectos importantes; una solución en *software* libre en

sistemas de información geográfica, y lo inaccesible que se encuentra la información espacial de la Municipalidad de Alajuelita.

“En nuestro país se ha popularizado el uso de *software* de SIG de tipo comercial, el cual tiene un elevado costo inicial y de mantenimiento” (Solano M., 2012, p. 63), situación que abre una brecha entre las Gobiernos Locales que pueden pagar una licencia para la manipulación de sus datos espaciales, y las que no pueden, aspecto que polariza y subestima las opciones en *software* libre, donde la única brecha a erradicar es la capacitación del recurso humano.

El caso de éxito de esta implementación en la Municipalidad de Alajuelita sirve como ejemplo, para que otros Gobiernos Locales con necesidades similares, implementen este proyecto, mismo que se presenta con una guía detallada de cada procedimiento, y genera un gran aporte metodológico para casos similares. Como menciona Mata et al. (2013) “esperamos, aportar criterios a los tomadores de decisión sobre el uso del *software* libre en la administración pública y así contribuir a que esta herramienta pueda ser considerada como una alternativa para promover la innovación de los servicios públicos, no sólo en Costa Rica sino también en otros países.” (p. 7).

Por otro lado ya existe un Mapa Municipal Catastral en la Municipalidad de Alajuelita que se encuentra desactualizado y necesita someterse a un proceso de actualización integral, donde se incluya la nueva información generada a partir de los movimientos registrales y se depure la información ya conformada, para lograr esto se debe de realizar un saneamiento y compatibilización de la información a los inmuebles que ya están inscritos dentro de la base de datos Municipal.

1.5 Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Implementar un servidor SIG para dar acceso a la información predial, georreferenciada y actualizada de la Municipalidad de Alajuelita usando *software* de código abierto y libre.

1.5.2. Objetivos Específicos

1. Establecer los insumos necesarios para la implementación de un servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita.
2. Configurar el servidor SIG de manera física en la Municipalidad de Alajuelita.
3. Realizar la configuración cliente en los dispositivos locales desde los cuales los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita accederán al servidor SIG.
4. Crear la base de datos espacial con las capas necesarias para el funcionamiento del servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita.
5. Integrar la base de datos del “SAM” (Sistema de Administración Municipal) de la Municipalidad de Alajuelita al servidor SIG.
6. Establecer un procedimiento para validar y sanear el Mapa de Predios Municipal que muestre la ubicación espacial de todos los inmuebles del cantón de Alajuelita a partir de la base de datos depurada (SAM).
7. Plantear un protocolo de mantenimiento del servidor SIG para que la información predial se mantenga actualizada.
8. Plantear un procedimiento para que los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita puedan utilizar de manera óptima la información suministrada por el servidor SIG.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1 Catastro

El significado del término Catastro es amplio, sin embargo es fundamental comprender su relación con la gestión en los Gobiernos Locales, como marco de referencia para el desarrollo de esta práctica dirigida ya que juega un papel protagonista.

Es muy importante comprender que “el Catastro en Costa Rica fue iniciado en 1944 por el Instituto Geográfico Nacional, pero puede afirmarse que fue la ley N° 6545 que creó los pilares del sistema actual” (Erba D., 2008, p. 145), la ley N° 6545 que menciona Diego Erba es la ley de Catastro Nacional, misma que en su artículo 2 menciona lo siguiente;

“El catastro consiste en la representación y descripción gráfica, numérica, literal y estadística de todas las tierras comprendidas en el territorio nacional. Su funcionamiento es de interés público y sirve a los fines jurídicos, económicos, fiscales, administrativos y a todos aquellos que determinen las leyes y sus reglamentos” (Ley del Catastro Nacional, 1981).

Lo anteriormente expuesto deja el catastro como una responsabilidad del Registro Nacional, en un plano a nivel nacional durante mucho tiempo sin embargo “en 1995 fue creado el impuesto predial local bajo la responsabilidad de los municipios, razón por la que algunos gobiernos locales iniciaron el proceso de estructuración de sus catastros en los cuales se registran los datos físicos, jurídicos y económicos” (Erba D., 2008, p. 145). Esta ley del impuesto de bienes inmuebles pretendía marcar un hito, la decisión política de dotar a las Municipalidades de autonomía y suficiencia financiera (Torrealba et al, 2004), sin embargo hereda un gran responsabilidad a los municipios sin muchas herramientas tecnológicas para hacer ejercicio de la misma.

Según afirma Marcela Román “Las municipalidades están facultadas para desarrollar, sus propios catastros, pero sólo con fines fiscales o de ordenamiento territorial, sin implicaciones legales sobre los derechos de propiedad” (Román, et al, 2016) entonces realizando una relación entre catastro y Gobiernos Locales se puede entender que el Catastro Municipal comprende una representación de todos los inmuebles (inscritos y no inscritos en el Registro Nacional).

Entiéndase que la finalidad de un catastro en un Gobierno Local responde principalmente a fines fiscales, así se explica en el artículo 6, de la ley N° 7509 Ley de Impuesto sobre Bienes Inmuebles, que menciona que son sujetos pasivos del impuesto los propietarios con título inscrito en el Registro Público de la Propiedad y los propietarios de finca, que no estén inscritos en el Registro Público de la

Propiedad, entonces a diferencia de un catastro tradicional el catastro fiscal inclusive se incluyen la propiedades no inscritas en el Registro Nacional.

Según Erba (2008) se puede afirmar que “saber dónde están, cuánto valen y a quién pertenecen los inmuebles continúan siendo las preocupaciones de los administradores de catastros latinoamericanos, independientemente de la cuestión tecnológica (p. 26), una de las principales finalidades del catastro, es el inventario de los inmuebles, sin embargo la cuestión tecnológica a diferencia de lo que este autor afirma puede llegar a convertirse en una brecha para el desarrollo de algunos municipios.

Erba D.(2007) menciona que se estima que en los Gobiernos Locales más del 80% de toda la información que administran tiene relación con el espacio geográfico. Este hecho evidencia la importancia de considerar a la variable geográfica en los procesos de toma de decisiones (p. 247). Lo anterior expuesto evidencia la necesidad de una herramienta que permita acceder a toda la información espacial a los funcionarios en Gobiernos Locales.

Por razones de políticas de Gobierno central en materia de catastro en nuestro país y los fines específicos a los que debe responder la información espacial es que “algunos gobiernos locales optaron por desarrollar sus propios catastros municipales, los cuales se encuentran en diferentes niveles de desarrollo debido a la diversidad de realidades tecnológicas y de personal” (Erba D.2008, p. 23).

Los catastros urbanos “responden tradicionalmente a la necesidad de mantener al día los registros de la propiedad inmobiliaria para el recaudo de impuestos y la generación de ingresos municipales” (Erba D, 2007,p. 58), basandose en lo expuesto se puede entender la articulación que tiene en este punto de catastro municipal y Sistemas de Información Geográfica.

2.2 Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica se convierten en una excelente herramienta para realizar una adecuada gestión en los Catastros Municipales, y es por esta razón es que “numerosos municipios cuentan con un SIG para administrar sus bases catastrales, siendo perceptible el crecimiento del uso de geo tecnologías “(Erba D., 2008, p. 145).

Inclusive los Sistemas de Información Geográfica están cambiando la manera de implementar la información urbana, estimulando políticas de suelo más eficientes, ya que los Sistemas de Información Geográfica permiten colocar datos geométricos, económicos y jurídicos (Erba & Piumetto, 2013).

Erba (2007) menciona que “los componentes de un SIG son los mismos que para cualquier sistema de información: *hardware*, *software*, procesos, datos, recursos humanos” (p. 248). Por lo que entonces podemos decir que el SIG es un sistema de información geoespacial conformado por *hardware*, *software*, geodatos, procedimientos y una organización administrativa diseñada para capturar, editar, almacenar, recuperar, analizar, visualizar y compartir datos georreferenciados. Su objetivo es resolver problemas complejos de planificación y gestión (Aronoff, 1991).

Los Sistemas de Información Geográfica pueden ser de carácter privativo es decir pertenecen a una entidad determinada y generalmente los usuarios deben de pagar por el uso de la licencia, o pueden ser Sistemas de Información Geográfica de carácter libre y abierto, donde pertenecen generalmente a una comunidad y el código fuente puede estar abierto a los usuarios, por lo general no se cobra por el uso de la licencia.

“El costo de los SIG comerciales útiles para administrar los catastros ha sido utilizado como justificativa para su no-implementación, no obstante, la proliferación de SIG libres disponibles inclusive en idiomas latinos como portugués y español, ha abierto espacios para la diseminación de las geo-tecnologías en el ambiente catastral” (Erba & Piumetto, 2013, p. 3).

Es por esta razón el *software* libre y de código abierto, tiene un papel fuerte ante el *software* propietario, esto porque el *software* libre y de código abierto, permite accesar, modificar corregir, mejorar, adaptar y redistribuir el código fuente. El *software* libre y abierto permite a los usuarios acceso al código fuente, modificarlo, corregirlo, mejorarlo, adaptarlo y redistribuirlo en función de sus necesidades” (Velazco y Joyanes, 2013). Razón que demuestra que este tipo de *software* son una alternativa real y con notables resultados, los aplicativos de uso libre (open-source), además hacen accesibles y viables proyectos a cualquier ayuntamiento inclusive “algunos países institucionalizaron ciertas exigencias para la incorporación de *software* libre en el ámbito público” (Erba & Piumetto, 2013, p. 13).

Un caso concreto de un Sistema de Información Geográfica abierto y libre es el *software* QGIS es un (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License. QGIS es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Se puede utilizar sobre Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos.

Entre las aplicaciones de QGIS se puede mencionar un explorador de archivos espaciales, una aplicación de servidor aplicaciones web, con la versión de QGIS para escritorio se puede crear, editar, visualizar, analizar y publicar información geoespacial. También es importante mencionar que existe un servidor de QGIS que permite publicar proyectos y capas QGIS como servicios WMS, WMTS, WFS y WCS compatibles con OGC.

2.3 Sistema Gestor de Base de Datos

Es así como “los Catastros Territoriales son buenos ejemplos de bases de datos alfanuméricas y cartográficas que contienen datos acerca de las parcelas y de las personas que con ellas tienen algún tipo de relación jurídica (Erba D., 2007, p. 316).

Esta manera de almacenar la información que relaciona información alfanumérica y cartográfica es conocida como base datos espacial relacional según Erba (2007) “este tipo de base de datos se fundamenta en la estructuración de tablas las cuales están compuestas por filas y columnas (también llamadas campos) representan los diferentes atributos de individuos” (p. 320).

Entre las ventajas de las bases de datos relacionales se puede mencionar que “se destacan su flexibilidad, conceptos mejor establecidos, facilidad de transportabilidad de los datos entre todo tipo de ordenador y gran cantidad de aplicativos disponibles en el mercado (Accesos, Oracle, Ingres, DB2, Info, SQL Server, Informix, Progress, Dbase, fox Rbase, etc)” (Erba D., 2007, p. 320).

Un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) a diferencia de una base de datos, es un *software* especializado, consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a dichos datos (Silberschatz, Korth, & Sudarshan, 2002, p. 1) así mismo “el objetivo principal de un SGBD es proporcionar una forma de almacenar y recuperar la información de una base de datos de manera que sea tanto práctica como eficiente” (Silberschatz et al, 2002, p. 1).

Según Erba (2007) “los sistemas administradores de base de datos (DBMS), se especializan en almacenamiento y manejo de todo tipo de datos, incluyendo los datos geográficos” (p. 324), entre las funciones de un DBMS, se pueden mencionar: definición de datos, manipulación de datos, seguridad e integridad de datos, recuperación y concurrencia de datos, diccionario de datos, desempeño, lenguaje de definición de datos, y recuperación ante fallos.

La arquitectura de un sistema de bases de datos está condicionada por el sistema informático en que se ejecuta, dependerá de la conexión en red de varias computadoras “permite que algunas tareas se

ejecuten en un sistema servidor y que otras se ejecuten en los sistemas clientes. Esta división de trabajo ha conducido al desarrollo de sistemas de bases de datos cliente-servidor” (Silberschatz, Korth, & Sudarshan, 2002, p. 445).

Con esto “la interfaz de usuario, que solía estar gestionada directamente por el sistema central, está pasando a ser gestionada, cada vez más, por las computadoras personales. Como consecuencia, los sistemas centralizados actúan hoy como sistemas servidores que satisfacen las peticiones generadas por los sistemas clientes” (Silberschatz, Korth, & Sudarshan, 2002, p. 446).

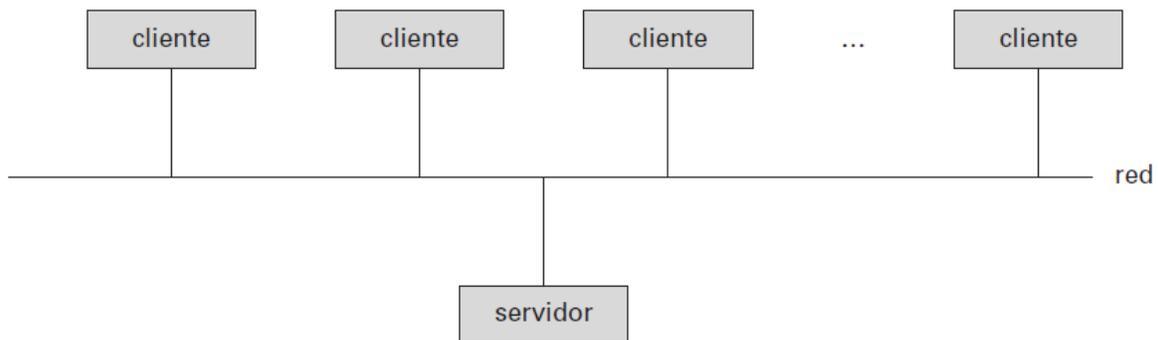


Figura 1. Estructura cliente-servidor

Fuente: (Silberschatz, Korth, & Sudarshan, 2002, Fundamentos de Bases de Datos)

Un *software* “open-source” que es un excelente sistema gestor o administrador de base de datos es el *software* PostgreSQL, como menciona Velazco et al (2013) “se considera que PostgreSQL resulta ser la mejor opción como SGBD en conjunto con la extensión PostGIS” (p. 62) además es importante resaltar que “PostgreSQL es un potente sistema gestor de base de datos relacional de objetos de código abierto que utiliza un extenso lenguaje SQL combinado con muchas características que almacenan y escalan de forma segura las cargas de trabajo” (POSTGRESQL, 2020).

“PostgreSQL es un gestor de base de datos orientado a objetos, muy conocido y usado en entornos de *software* libre porque cumple los estándares SQL92 y SQL99, y también por el conjunto de funcionalidades que soporta, lo que sitúa al mismo a un mejor nivel que muchos SGBD comerciales” (Perez Mora & Gibert Ginesta, 2007, p. 5).

Este sistema gestor de base de datos “PostgreSQL implementa las características necesarias para competir con cualquier otra base de datos comercial, con la ventaja de tener una licencia de libre distribución BSD (*Berkeley Software Distribution*)” (Perez Mora & Gibert Ginesta, 2007, p. 76) y

también “es extensible, es posible agregar nuevos tipos de datos y funciones al servidor que se comporten como los ya incorporados” (Perez Mora & Gibert Ginesta, 2007, p. 76).

Además, “funciona muy bien con grandes cantidades de datos y una alta concurrencia de usuarios accediendo a la vez al sistema, mostrándose hoy en día como el sistema libre más avanzado, fiable y con gran diferencia, soporta la mayoría de las transacciones SQL” (Velazco & Joyanes, 2013, p. 62).

PostgreSQL puede llegar a convertirse una base de datos espacial fácilmente solamente, es necesario habilitar el complemento espacial, “PostGIS es un complemento para el servidor de base de datos espacial de postgresQL. Incluye soporte para todas las funciones y objetos definidos en la especificación Open GIS “Simple Features for SQL”. Utilizando muchas funciones espaciales, PostGIS es posible realizar un procesamiento espacial avanzado y realizar consultas por completo en la línea de comandos de SQL (Ramsey, 2020).

“La extensión espacial PostGIS, es un proyecto separado que ofrece el soporte de objetos geográficos y funciones geométricas y topológicas para el tratamiento de los datos espaciales basados en estándares OGC (Open Geospatial Consortium)” (Velazco & Joyanes, 2013, p. 62).

Como menciona Perez et al, (2007) PostgreSQL está basado en una arquitectura cliente-servidor. El programa servidor se llama postgres y entre los muchos programa cliente tenemos por ejemplo”, (p. 65) el *software* pgAdmin.

Es muy importante dentro del ambiente postgresQL, que su administración se basa en usuarios y privilegio, aspecto fundamental para aplicar en una jerarquía de funciones. “Los privilegios se asignan y eliminan mediante las sentencias *grant* y *revoke*. PostgreSQL define los siguientes tipos de operaciones sobre las que podemos dar privilegios: select, insert, update, delete, rule, references, trigger, create, temporary, execute, usage, y all privileges” (Perez Mora & Gibert Ginesta, 2007, p. 67).

Para gestionar de manera mas simple el PostgreSQL,es comunmente utilizado el Software pgAdmin, la herramienta pgAdmin es una excelente herramienta para administrar la base de datos en PostgresSQL, pgAdmin permite gestionar y manipular de manera más intuitiva la base de datos, inclusive para usuarios no familiarizados con el lenguaje de consulta estructurado SQL. Proporciona una interfaz gráfica y potente que simplifica la creación, el mantenimiento y el uso de la información dentro de la base de datos.

2.4 Servidor de Información Geográfica

Es un servidor que integra los datos con referencia geográfica, alfanumérica y permite el uso de esta información para la generación de mapas completos. Este tipo de servidor presenta una plataforma de gran densidad con un alto nivel de tolerancia a fallos, provee la estructura de *hardware* suficientemente robusta para alojar un Sistema Gestor de Base de Datos, cuando este sistema provee servicios de Información Geográfica es que puede denominarse como un servidor de Información Geográfica.

La siguiente imagen resume el flujo de trabajo del Servidor SIG de una manera muy simple, y todos los actores, en este proyecto, este servidor generalmente es consumido por un *software* SIG.

Se puede concentrar toda la información geográfica en un solo servidor, y se pueden consumir sus servicios desde dispositivos móviles, computadores de escritorio.

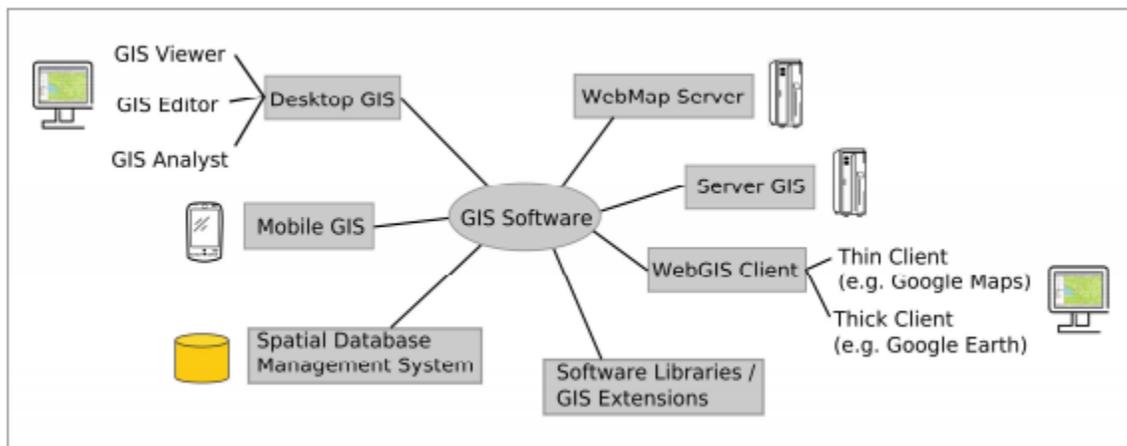


Figura 2. Tipos de uso de *Software* GIS

Fuente: Steiniger, S.; Weibel, R. (2010). *GIS software: a description in 1000 words* (en línea). In

Warf, B. *Encyclopedia of geography*. London, GB. Disponible en:

http://www.zora.uzh.ch/41354/1/Steiniger_Weibel_GIS_Software_2010.pdf

De acuerdo a lo señalado en la figura 2, este proyecto más que apuntar a la implementación de un *software* en información geográfica, propone la integración de un sistema gestor de bases de datos y un Sistema de Información Geográfica mediante un servidor GIS o SIG.

La integración de estos elementos mencionados anteriormente en un servidor de Información Geográfica, aportan potencial a este servidor para formar parte de una IDE. Una IDE es un sistema

de sistema integrado por un conjunto de recursos muy heterogéneos (datos, *software*, *hardware*, metadatos, servicios, estándares, personal, organización, marco legal, acuerdos, políticas, usuarios,...), gestionado por una comunidad de actores para compartir información geográfica en la web de la manera más eficaz posible. La definición evidencia que un CTM (Catastro Territorial Multifinalitario) y una IDE tienen una gran vinculación, una IDE es, en definitiva, el sistema que materializa un CTM pues permite visualizar y poner en práctica los conceptos de multifinalidad (Erba & Piumetto, 2013).

La IDE no reemplaza a los SIG de cada una de las instituciones, sino que los relaciona para generar información más completa, actualizada y con gran nivel de detalle de la ciudad (Figura 3). Al definir estándares la IDE permite que los sistemas interoperen mientras cada aliado continúa trabajando su temática, con sus sistemas, de forma independiente y en paralelo. A través de la IDE es posible generar nuevos productos en forma de estadísticas y cartografía temática que relacionen un mayor número de variables urbanas (Erba & Piumetto, 2013).

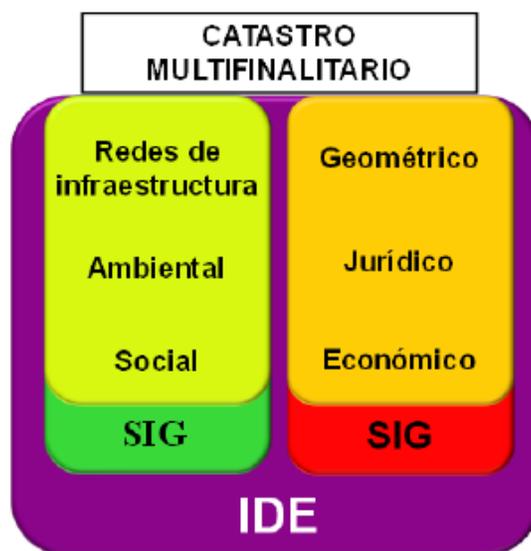


Figura 3. Estructura de una IDE en un ambiente de un Catastro Multifinalitario.

Fuente: Erba, D. A., & Piumetto, M. (2013, 11 2020). *Lincoln Institute of Land Policy*. Retrieved from Catastro Territorial Multifinalitario.

En la tabla 1 se pueden apreciar las funciones de un sistema de información geográfica de acuerdo a su categoría, las funciones que engloban el servidor GIS y el servidor de mapas, logran abarcar y potenciar todas las funciones de un Sistema de Información Geográfica, y no obstante este servidor

sujeto a cumplir con ciertos estándares y procedimientos puede llegar a convertirse en una IDE, logrando así lo propuesto por Erba & Piumetto (2013) en el párrafo anterior, que sistemas interoperen de manera conjunta.

Tabla 1. Funciones de un Sistema de Información Geográfica según su categoría.

Tareas de un SIG vs su Categoría									
Categoría/Funciones	consultar	crear	editar	almacenar	fusión	transformación	(query)	análisis	crear mapas
SIG escritorio									
consultar	*						*		*
editar	*	*	*	*		✕	*		*
análisis espacial	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Base de Datos espacial				*		*	*	✕	
Servidor GIS				*	*	*	*	*	*
Servidor Web de mapas	*	✕	✕				*		*
Web GIS client									
thin client	*						*		
thick client	*	*	*	*			*	*	*
Mobile GIS	*	*	*	*			*		
Libraries/Extensions				*	*	*		*	*
funcionalidad estandar	funcionalidad opcional			✕					

Fuente: Steiniger, S.; Weibel, R. (2010). GIS *software*: a description in 1000 words (en línea). In Warf, B. Encyclopedia of geography. London, GB. Disponible en:

http://www.zora.uzh.ch/41354/1/Steiniger_Weibel_GIS_Software_2010.pdf

Capítulo 3. Marco Metodológico

La metodología empleada para el desarrollo de la práctica dirigida, se dividió en ocho etapas; las cuales están conformadas por cada uno de los objetivos específicos establecidos al inicio del proceso. El desarrollo de todas las etapas; fue jerárquico y secuencial, donde el cumplimiento de cada una de ellas comprometió el inicio de la otra, la primera etapa era insumo de la segunda y así sucesivamente hasta la etapa final; además fue necesario la puesta en práctica y la valoración de cada una de ellas, obteniendo resultados favorables o no favorables, para el caso de resultados no favorables se optó por buscar alternativas.

3.1. Establecer los insumos necesarios para la implementación de un servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita.

Para el desarrollo de esta etapa, fue necesario realizar un análisis integral de las necesidades relacionadas al acceso información espacial de los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita, y a partir de ahí desarrollar la implementación del servidor SIG.

Se desarrolló una investigación diagnóstica y una proyección de lo que se necesita en la Municipalidad de Alajuelita, para implementar el servidor SIG de manera que responda a las necesidades de los usuarios, a lo interno del municipio. El análisis abarcó variables importantes como por ejemplo, qué departamentos utilizarán el servidor, las tareas de cada funcionario y si los funcionarios que lo utilizarán están capacitados para su uso adecuado; además qué responsabilidades atienden estos funcionarios en el uso del servidor; y por consiguiente, si el servidor contiene la información que estos funcionarios requieren para realizar las tareas encomendadas. Esto llevó a plantear la necesidad de identificar las tareas individuales de esos usuarios, y de esta manera, establecer la frecuencia de uso de cada uno de ellos.

Dentro del diagnóstico se identificaron los procesos y subprocesos a los que pertenecen los usuarios que interactúan con el servidor SIG, de suma importancia para definir roles, permisos y privilegios en las otras etapas de este proyecto.

El análisis integral que se realizó para establecer los insumos necesarios, mostró claramente las necesidades existentes en torno al problema central de esta práctica dirigida; dentro de las cuales se tiene: la ausencia en el acceso a la información predial de manera inmediata, además la ausencia de la información predial centralizada; sin dejar de lado la inexistencia de una herramienta que les permita

solucionar estas necesidades y sobre todo que la información sea de acceso para los departamentos involucrados.

Una vez identificadas las necesidades se establecen los insumos primordiales para desarrollar la implementación del servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita, de acuerdo a los objetivos propuestos y de esta manera coordinar la disponibilidad de los mismos.

Es importante recalcar en esta etapa, que el software propuesto para la implementación del servidor SIG es “open-source” (código abierto) y de licencia libre; el cual no tiene costo; no obstante el *hardware* requerido, sí podría llegar a ser una limitante en este tipo de proyectos.

Los insumos que se establecieron en esta etapa se enlistan a continuación:

3.1.1 Información geoespacial con que cuenta la Municipalidad de Alajuelita, en todos sus formatos.

Como principal insumo fue necesario, conocer y analizar los registros de información geoespacial con que cuenta la Municipalidad de Alajuelita, como el punto de partida de todo el proyecto, para esta tarea el encargado del departamento de Catastro de la Municipalidad de Alajuelita, Alexander Mora Piedra proporcionó un conjunto de archivos en formato “*shapefile*” con la información predial.

Estos archivos corresponden al único registro de información predial con que contaba la Municipalidad de Alajuelita de manera digital; además, es posible consultar el expediente de cada inmueble de manera física en el archivo municipal, estos expedientes están organizados por número de “gis” identificador interno en la Municipalidad que se le proporciona a cada inmueble del cantón, este identificador permite organizar y relacionar las entidades en el Mapa Municipal de predios con su respectivo expediente de manera física en los archivos de la Municipalidad.

Al inicio de este proyecto los archivos de predios en formato de “*shape*” se trabajaban de manera local en una computadora en el departamento de Catastro, y se proporcionan actualizaciones o copias de este archivo cada vez que los usuarios las solicitaban.

Los procesos y subprocesos de la Municipalidad de Alajuelita aportaron los archivos con extensión “*shape*”, que estimaron necesarios dentro del servidor SIG, de cartografía e información necesaria para el óptimo desempeño de sus funciones.

3.2. Configurar el servidor SIG de manera física en la Municipalidad de Alajuelita.

El encargado del departamento de Tecnologías de la Información, el Ing. Filip David Iosif estuvo a cargo en todo momento de la supervisión, y manipulación del servidor, tanto de manera física, como en la instalación de software.

Se instalaron los discos duros internos SAS en el servidor, posterior a esto se colocó en el RACK de servidores, que se encuentra dentro del cuarto de servidores de la Municipalidad de Alajuelita, este aposento se debe mantener en una temperatura de 19°C para evitar que los equipos se sobrecalienten; además, que su acceso es completamente restringido.

En esta etapa se deben de realizar las conexiones habituales en el servidor, a nivel de red y de alimentación eléctrica, es necesario encender el servidor para realizar pruebas de funcionamiento comprobar que todo funcione correctamente, antes de seguir con las otras etapas del proyecto.

Se eligió trabajar con el estándar RAID 1, ya que este tiene una serie de configuraciones que aseguran, la redundancia y seguridad en los datos, las configuraciones de RAID 1, toman dos o más discos duros y los configura de manera que trabajen en una sola unidad de almacenamiento, en forma de espejo, la información está replicada en otro disco, esto proporciona una buena protección y recuperación contra defectos de *hardware*.

En el Apéndice I, de este documento se puede consultar una guía detallada de la instalación del servidor, la misma contiene capturas de pantalla de la instalación de software durante todo el proyecto, en este proceso es importante tener en cuenta que es cuando se debe configurar la parte lógica de los discos duros, esto significa que se deben hacer las particiones y configurar el sistema RAID 1, este proceso se realizara mientras se le instala el sistema operativo al servidor.

3.3 Realizar la configuración cliente en el servidor y dispositivos locales desde los cuales los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita accederán al servidor SIG.

En la tercera etapa de esta práctica dirigida se realizó la configuración a nivel de *software* en el servidor, y en los dispositivos en los cuales se conectarán con el servidor, para administrar y gestionar la base de datos en PostgreSQL se eligió el *software* pgAdmin, que como se ha mencionado anteriormente es una herramienta cliente del servidor, por lo que no necesariamente debe estar instalada en el servidor si no que puede utilizarse en un dispositivo cliente del servidor, en este caso se instaló en una computadora de escritorio con ambiente Windows 7, lo que permitió poder trabajar

con mayor flexibilidad, ya que el acceso a el cuarto de servidores, donde se encuentra el servidor SIG en la Municipalidad es sumamente limitado.

El instalador de pgAdmin está disponible en la página <https://www.pgadmin.org/download/>, se debe tener especial atención en elegir el instalador adecuado dependiendo del sistema operativo en que se va a correr la aplicación y no el sistema operativo del servidor, para este caso específico se eligió el instalador para Windows 7.

Es una excelente herramienta para administrar la base de datos, permite gestionar y manipular de manera más intuitiva la base de datos, inclusive para usuarios no familiarizados con el lenguaje de consulta estructurado SQL. El pgAdmin proporciona una interfaz gráfica y potente que simplifica la creación, el mantenimiento y el uso de la información dentro de la base de datos.

Desde la interfaz de pgAdmin, se realizó la conexión al servidor de la Municipalidad de Alajuelita, llamado "GIS SERVER" mismo que tiene asociada la IP estática 10.1.1.3, la cual se seguirá utilizando para conexiones futuras y todos los dispositivos que se conectarán al servidor se conectarán por medio de esta dirección IP.

La configuración cliente en el servidor hace referencia a los dispositivos desde los cuales se va acceder al servidor tanto para la administración de la base de datos así como para consumir la información espacial alojada en él, es decir las computadoras de los funcionarios municipales.

En los dispositivos locales desde los cuales los funcionarios utilizarán la información del servidor SIG para sus funciones es necesario instalar el *software* QGIS únicamente, desde este software se realizará la conexión al servidor desde la opción desplegable "PostGIS" en el navegador de QGIS, en el apéndice III se detalla el proceso para realizar la conexión al servidor, antes de esto es recomendable realizar los usuarios de la base de datos mediante la herramienta pgAdmin.

3.3.1 Crear usuarios y roles

Parte de la configuración que se debe de hacer en PostgreSQL es la creación de usuarios y roles, para esto se deben establecer los roles de cada usuario que va a acceder a la base de datos, y los privilegios que cada uno de estos tiene.

Se le debe de crear un usuario a todos los miembros de la organización que utilizarán el servidor, a estos usuarios se les asignará un rol, toda esta configuración se puede hacer desde la línea de

comandos, sin embargo la interfaz del pgAdmin permite realizar estas configuraciones de manera muy práctica e intuitiva, misma que se detalla en el apéndice II.

Los roles y usuarios se crearon a partir de la estructura organizativa de la Municipalidad de Alajuelita, ver figura 4 y el manual de puestos, entonces se le concede un rol a cada usuario dentro del servidor SIG dependiendo de las funciones que cada uno realiza, por la particularidad de la estructura organizativa de la Municipalidad de Alajuelita y las funciones de sus empleados, se detectaron tres roles funcionales dentro del servidor SIG, se planteó un rol que permite solo consultar la información sin capacidad de alterarla, un rol que permite consultar y editar la información inclusive y un rol que permite administrar.



Figura 4. Estructura Organizativa de la Municipalidad de Alajuelita

Fuente: Sitio Web Oficial de la Municipalidad de Alajuelita

<http://munialajuelita.go.cr/Municipalidad.html>

En la siguiente tabla (ver tabla 2), se pueden apreciar en detalle los usuarios y los roles asignados a cada uno de ellos dentro de esta organización, es importante recalcar que uno de los roles más comunes dentro de este proyecto es el de consultar, esto facilita la integridad de los datos ya que se

garantiza menos usuarios editando la información al mismo tiempo es relativamente más sencillo el mantenimiento y la implementación de este proyecto con pocas personas editando.

Tabla 2. Roles de usuarios dentro del servidor GIS en la Municipalidad de Alajuelita.

Proceso	Subproceso	Funcionario	Rol
Alcaldía Municipal	Alcaldía Municipal	Modesto Alpizar	Consultar
		Rosario Siles	Consultar
Auditoría	Auditor	José Abelino	Consultar
Gestión Seguridad Ciudadana	Policía Municipal	Johan Abarca	Consultar
Gestión Desarrollo Urbano	Catastro	Alexander Mora	Consultar y Editar
	Ingeniería	Jaime Casasa	Consultar
		Alejandro Muñoz	Consultar
		Keylin Mena	Consultar
Gestión Ambiental	Gestión Ambiental	Johana Avila	Consultar
Gestión Hacienda Municipal	Bienes Inmuebles	Carolina Vega	Consultar y Editar
		Emperatriz Cordero	Consultar y Editar
		Karen Chacón	Consultar y Editar
		Angie Sanabria	Consultar
		Jerry Villalta	Consultar
		Frank Molina	Consultar
	Inspección	Ignacio Arroniz	Consultar
		Gerardo Salas	Consultar
		Steven Sibaja	Consultar
		Bryan Soto	Consultar
		Sthephanie Mendez	Consultar
		Tatiana Escalante	Consultar
	Patentes	Edwin Aleman	Consultar
		Patricia Chinchilla	Consultar
	Plataforma	Javier Chacón	Consultar
		Francisco Salas	Consultar
		Luz Arguello	Consultar
	Cobro	Cristian Bianco	Consultar
		Edward Agüero	Consultar
		Laura Salas	Consultar
Abilem Mejias		Consultar	
Gestión Tecnologías de la información y Comunicación	Tecnologías de la información	Filip David	Administrar
		Esteban Camareno	Administrar

Fuente: Municipalidad Alajuelita.

En esta etapa se crearon los usuarios, es decir se creó un perfil a todos los usuarios dentro del servidor SIG, estos usuarios solo podrán autenticarse, hasta que no sean agregados a un rol, seguidamente se crearon los roles de acuerdo a la información en la tabla 2; además, se identificaron cuáles usuarios tendrán la potestad de administrar, de editar y de consultar en la base de datos.

Antes de crear los roles se debe tener claro, la jerarquía y funciones de cada usuario dentro de la base de datos, ya que se debe hacer la distinción de privilegios a los usuarios que pueden editar y los que pueden hacer consultas; procurando mantener la integridad de la base de datos.

En la figura 5 se pueden apreciar las dependencias de la Municipalidad de Alajuelita que tendrán interacción con la información del servidor SIG, se crearon los usuarios según la dependencia municipal, y se otorgaron los roles según se indica en la tabla 2. Así mismo se le conceden los privilegios a cada rol, y cada usuario hereda los privilegios al ser miembro de cada rol.



Figura 5. Procesos que interactúan con el servidor SIG de la Municipalidad de Alajuelita.
Fuente: Elaboración propia.

El rol se crea de una manera práctica, de manera que se evita otorgarle permisos individuales a cada usuario sobre cada tabla, y con la jerarquía de roles establecida es fácil otorgar los permisos por rol a cada tabla, de manera que no se tiene que hacer de manera individual a cada usuario, hasta esta etapa solamente se crearon los usuarios y se les asignará una membresía a uno de los tres roles definidos para este proyecto. En la figura 6, se puede apreciar con mayor detalle la función de los roles por dependencias.

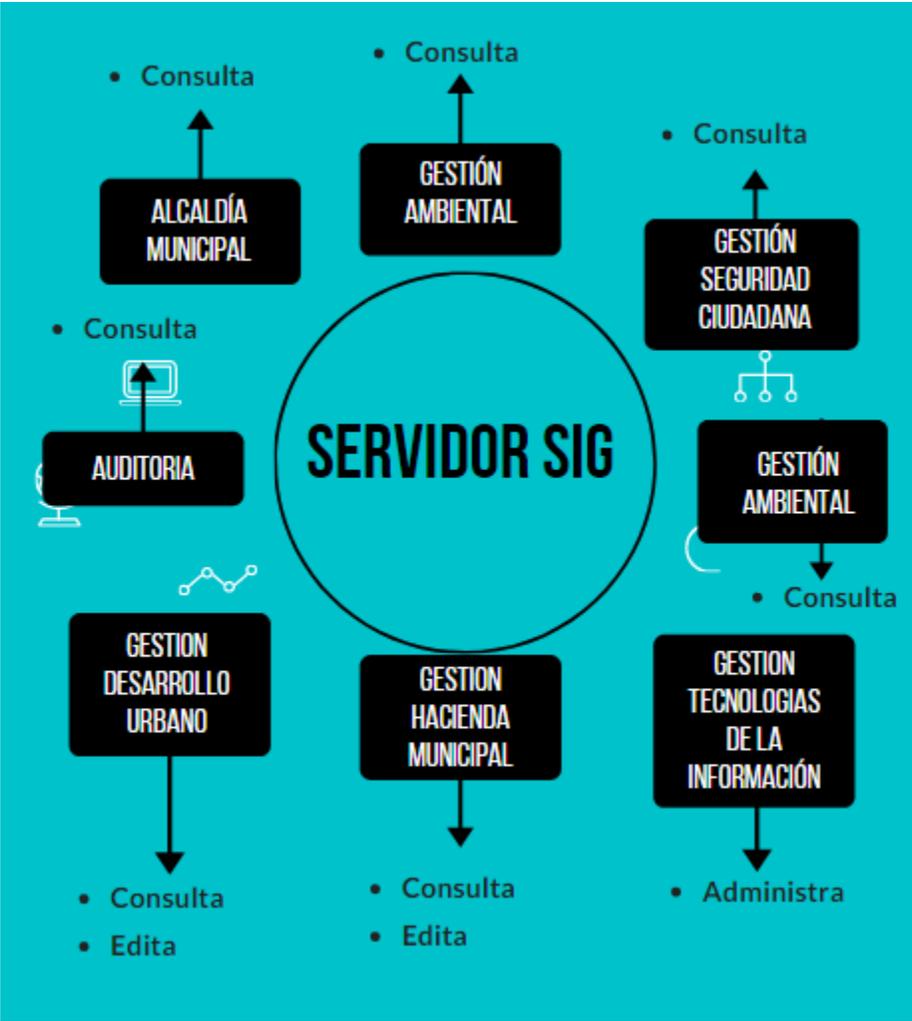


Figura 6. Autorización de roles por departamento dentro del servidor GIS.
Fuente: Elaboración propia.

3.4 Crear la base de datos espacial con las capas necesarias para el funcionamiento del servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita.

La creación de la base de datos se realizó en el *software* PostgreSQL instalado en el servidor SIG en etapas anteriores, sin embargo la creación de la base de datos se realizó desde la herramienta pgAdmin, como se detalla en la sección 3.3.

Se creó una base de datos llamada “municipalidad_alajuelita”, en la cual se alojaron todas las capas necesarias para el óptimo funcionamiento del servidor SIG, el procedimiento para crear la base de datos se puede ver en el apéndice II, es un procedimiento muy sencillo si se realiza desde la herramienta pgAdmin, conectada al servidor SIG de la Municipalidad de Alajuelita, en el apéndice II se detalla con capturas de pantalla el proceso.

Toda la configuración inicial en la base de datos se realizó con el superusuario “postgres” con este usuario se obtienen permisos elevados, por lo que será necesario realizar pruebas con todos los usuarios dentro de la base de datos “municipalidad_alajuelita” ya que el usuario que es creador y dueño de las tablas o capas de información, no tendrá inconvenientes para visualizar esta información, sin embargo a los otros usuarios se les deberá de conceder estos permisos.

3.4.1 Crear las capas

Es importante mencionar en esta etapa, que las capas de información ya están creadas, ya toda la información existe, de hecho es la información que utilizan los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita en formato “*shape*” para el desarrollo de sus labores, mismas que fueron proporcionadas al inicio del proyecto, sin embargo se creó una nueva capa por cada producto suministrado para incorporar toda la información espacial al servidor SIG, esto con la finalidad de convertir las capas de información suministradas de formato “*shape*” a formato “.gpkg”(GeoPackage), entre las principales razones de realizar este proceso es que el formato “*shape*” comprende varios archivos, mientras que el “GeoPackage” es solamente un archivo, los nombres de los atributos están limitados en el formato “*shape*” de igual manera el tipo de datos de los atributos, así como la longitud máxima de caracteres en los campos de texto. También es importante mencionar que el “GeoPackage” es un formato compacto abierto y basado en estándares de la OGC, además que soporta datos completos y de gran volumen.

En esta etapa se trasladó la información espacial de un formato a otro manteniendo los datos y los atributos originales, sin embargo fue necesario crear un producto robusto específicamente para la capa de predios, ya que esta capa soportará la edición de entidades espaciales, por eso se creó la capa llamada “predios” según se describe en la tabla 3 y se importaron todos los registros que tiene la Municipalidad de Alajuelita en información espacial de predios.

A la hora de crear los “GeoPackage” con la información que se debe importar al servidor, se definieron los tipos de datos para cada campo según el atributo de origen, para que no se presenten problemas a la hora de importar las capas al servidor ni de relacionarlas con otras capas en el futuro.

La capa predios es la que tiene especial atención en esta sección ya que es la capa sobre que va a soportar la edición multiusuario, además que será el insumo principal de consulta de todos los departamentos municipales; además, fue necesario estructurar nuevamente sus atributos, tal y como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Formato de atributos de la capa predios.

Tabla Predios	Tipo de Dato	Tamaño
gis	Text Data	10
finca	Text Data	8
plano	Text Data	15
folio_real	Text Data	16
duplicado	Text Data	1
horizontal	Text Data	1
derecho	Text Data	3
area_mapa	Decimal Number (real)	-
area	Decimal Number (real)	-
cod_valor	Text Data	3
valor	Decimal Number (real)	-
fecha_valor	fecha	
observaciones	Text Data	300
usuario editor	Text Data	20

Fuente: Elaboración Propia

De todas las capas suministradas para incorporar al servidor se logró mantener los atributos y la información original, únicamente se cambió el formato de la capa “shape” a “GeoPackage”, sin embargo en la capa predios fue necesario reestructurar los atributos, el tipo de dato y la longitud de

los mismos buscando una similitud con los atributos de predios dentro de la base de datos Municipal SAM o Sistema de Administración Municipal.

3.4.2 Importar las capas al servidor

La importación de las capas en el servidor se realizó con el *software* QGIS, que es la herramienta que se utilizará para consumir los datos del servidor, se debe buscar el instalador de este *software* de acuerdo al sistema operativo de la PC cliente en que se necesiten consumir estos datos. En este caso las computadoras en la Municipalidad de Alajuelita están en ambiente Windows, el instalador de este programa está disponible en <https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html> y el proceso detallado con capturas de pantalla de esta etapa se puede consultar con detalle en el apéndice III.

En este apartado es necesario, tomar en cuenta la evaluación que se realizó en la primera etapa del proyecto, con las capas necesarias para el funcionamiento del servidor SIG, lo cual está estrechamente ligado con las necesidades de los usuarios del servidor SIG, para este caso específico, cada usuario puede tener la función de edición, mantenimiento o solamente consulta de la base de datos catastral de la Municipalidad de Alajuelita de acuerdo a la jerarquía de los roles.

Las capas a incorporar en el servidor son las siguientes:

- Mapa Municipal (Predios-Alajuelita)
- Visados

Capas de consulta de información:

- Distritos de Alajuelita
- Zonas Homogéneas
- Zonas Agropecuarias
- Toponimia
- Vías
- Ríos
- Falla
- Índice Lambert
- Servidumbre Eléctrica
- Zona Protectora Cerros Escazú

- Curvas de Nivel
- Bloques

3.5 Integrar la base de datos del “SAM” (Sistema de Administración Municipal) de la Municipalidad de Alajuelita al servidor SIG.

El “SAM” es el Sistema de Administración Municipal donde se registra toda la información relacionada a los inmuebles y contribuyentes en el cantón de Alajuelita, es necesario integrarla con la base de datos “municipalidad_alajuelita” creada en la etapa anterior, para poder relacionar las entidades espaciales con atributos literales de los inmuebles.

Para integrar los registros del SAM al servidor SIG, es muy importante comprender el campo llave que relaciona la información en ambos perfiles, el número “gis”, que el primer campo dentro de los atributos de la capa predios, como se muestra en la primera fila de la tabla 3, es un número de identificación interno en la Municipalidad de Alajuelita para los inmuebles del cantón, se compone de 10 dígitos, de la siguiente manera:

Distrito (2 dígitos)+bloque (03dígitos)+predio (03dígitos)+mantenimiento (2dígitos)

(Composición del número “gis”)

La integración con el servidor SIG se realizó exportando una tabla en todos los registros de los inmuebles dentro del SAM, estos registros no tienen información espacial y la finalidad es poder relacionarlos con la información espacial dentro de la base de datos “municipalidad_alajuelita”, esta tabla antes mencionada tiene la siguiente estructura ver figura 7.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1		Folio Real	Número GIS	Mapa	Céd. Propietario	Nombre Propietario	Tipo Derecho	Número Plano	Urbanismo	Valor Actual	Cód. D
2	8278	1-00142224-000		-	000000003	MARTINEZ ALVARADO NORMA	SIN DEFINIR		FALSO	1000000	DB
3	829	1-00011522-F-001	0501118600	-	0000050447	CAJINA GUEVARA LUIS ELADIO	PROPIETARIO CON T		FALSO	315676	FR
4	26946	1-00025968-003	0101304000	-	000666992179	PO BI	USUFRUCTO	SJ-0820212-1989	FALSO	18000000	D
5	19029	1-00042822-F-001	0107000300	-	001609301	SANCHEZ GUDIÑO ELIZABETH	SIN DEFINIR	SJ-0962479-2005	FALSO	29678686	A
6	19030	1-00042822-F-002	0107000300	-	001609301	SANCHEZ GUDIÑO ELIZABETH	SIN DEFINIR	SJ-0962479-2005	FALSO	29678686	A
7	17814	1-00042940-F-000	0107012100	-	00Y876482	CASTRO PEREYRA MANUEL	PROPIETARIO CON T	SJ-0965069-2004	FALSO	46182213	AVM
8	28337	1-00090249-000	05	-	01009301035	ROJAS GARRO GUILLERMO	PROPIETARIO SIN T		FALSO	0	
9	1590	1-00117258-002	0101601000	-	01010330902	TELLEZ HERNANDEZ VERA	SIN DEFINIR	1	FALSO	2605467	AVM
10	4396	1-00189719-006	0201102000	-	010412114701	CHINCHILLA QUESADA JUAN CA	SIN DEFINIR	SJ-0005610-1968	FALSO	1720	CA
11	11301	1-00000403-000	0149 024	-	01057302105	BADILLA MUÑOZ HUGO	SIN DEFINIR		FALSO	1000000	DB
12	30395	1-00090885-000		-	01063980159	ROMAN RIOS VERA	PROPIETARIO SIN T		FALSO	0	
13	30398	1-00090879-000		-	01079002772	MORALES RODRIGUEZ MARTIN	PROPIETARIO SIN T		FALSO	0	
14	25188	1-00087950-003	04	-	01116000123	VILLEGAS BRAUM MARIA TERE	SIN DEFINIR		FALSO	0	TF
15	25205	1-00087952-003	04	-	01116000123	VILLEGAS BRAUM MARIA TERE	SIN DEFINIR		FALSO	0	TF

Figura 7. Datos de fincas exportadas del SAM
Fuente: Sistema Administración Municipal

La tabla exportada que se muestra en la figura 7 se guardó en formato “.csv”, ya que no hay posibilidad de elegir otro formato de descarga desde el SAM, y se importó en la base de datos “municipalidad_alajuelita”, desde la herramienta “Administrador de bases de datos”, con el *software* QGIS consultar en apéndice III, los detalles de este proceso.

Una vez que la tabla extraída del SAM se incorporó a la base de datos es necesario, actualizar los registros en la capa predios, como esta tabla no cuenta con el componente espacial no será posible visualizarla desde PostGIS en QGIS, y se usará únicamente para actualizar periódicamente la información de la tabla predios desde pgAdmin.

Es de suma importancia el proceso realizado en la sección 3.4.1, específicamente donde se creó la capa “predios”, y se definió nuevamente los campos de atributos, ya que debe existir coincidencia entre estos y los atributos exportados del SAM, y que en este paso deben actualizarse con la información extraída del SAM.

- folio real
- área
- cod_valor
- valor
- fecha_valor

Para estos campos debe correrse la siguiente sentencia, en la tabla predios desde la interfaz de pgAdmin, esta sentencia logra actualizar los campos de la tabla predios con la información de la tabla extraída del SAM, que anteriormente se importó a la base de datos.

Con la siguiente sentencia, se actualiza la capa campo dentro de la tabla deseada

UPDATE (Capa a actualizar)

SET (campo a actualizar) = (campo donde proviene la información)

FROM (tabla SAM de donde proviene la información)

WHERE (campo llave en tabla origen) = (campo llave en tabla del SAM)

Este procedimiento implica que cada cierto tiempo se debe de repetir el proceso, dependerá que tanto movimiento se ha realizado en el SAM, lo recomendable es hacerlo cada semana, como mínimo. La

siguiente sentencia es un ejemplo de cómo se actualizó el campo finca en la capa predios según la información extraída del SAM.

```
UPDATE capas_munialajuelita."predios"  
SET finca = capas_munialajuelita."BD14012021". finca  
FROM capas_munialajuelita."BD14012021"  
WHERE capas_munialajuelita."predios".gis = capas_munialajuelita."BD14012021".gis
```

Y esta sentencia se debe correr para cada campo que se deba actualizar con la información del SAM, es importante mencionar que lo resaltado en negrita en el párrafo anterior, dependerá del nombre del esquema, las tablas y el campo de cada tabla, por ejemplo para este caso particular el esquema donde se ubica la capa predios se llama “capas_munialajuelita”, la tabla que se va a actualizar se llama “predios”, y la tabla desde la cual se va a extraer la información tiene como nombre “BD14012021”.

3.6 Procedimiento para validar y sanear el Mapa de Predios Municipal que muestre la ubicación espacial de todos los inmuebles del cantón de Alajuelita a partir de la base de datos depurada (SAM).

En esta etapa se indica como sanear la información de los predios dentro del cantón de Alajuelita, es importante mencionar que el desarrollo de esta metodología va de acuerdo a la información que se edita y consulta en el SAM, en la etapa 3.7 se hondará en la depuración de la capa “predios” o de la capa de información espacial consultando la información contenida en el mismo.

La finalidad de esta etapa es que cada registro de finca en el SAM tenga asociada una entidad en la capa “predios”, es decir que en cada registro de finca en la base interna de la municipalidad SAM, este representada por una entidad espacial dentro del Servidor SIG de la Municipalidad de Alajuelita, y asegurar un principio de concordancia de la información literal y espacial.

Para iniciar esta fase se exportó la información de todos los registros por número de finca en el SAM, es importante mencionar que el SAM desglosa esta información por derecho registral entonces, se da el caso de tener varios registros asociados a un mismo número de finca y “gis”, por eso hay que descartar números de “gis” duplicados que representan información de la misma finca.

Se realizó un análisis con los datos exportados del SAM, para este análisis es necesario tomar en cuenta que se busca la coincidencia entre el SAM y la capa “predios” alojada en el servidor SIG, de

manera que cada registro en el SAM se vea reflejado en su verdadera ubicación espacial, con al menos un registro en la capa “predios”.

Este análisis se realizó por medio del campo “gis”, en la capa predios, y con los registros del SAM, los predios de esta capa están ordenados según con su atributo principal el número de “gis”. No se hondará en detalles de esta relación que puede llegar a ser de uno a varios, ya que en el SAM puede haber varios registros con el mismo número de “gis”, sin embargo, debe haber coincidencia con algún registro en la base de datos “municipalidad_alajuelita”.

A la fecha del 9 de noviembre del 2020, el SAM registra 30014 registros de inmuebles, es importante mencionar que este sistema separa sus registros por número de derecho, entonces no necesariamente son los registros que deben estar en la base de datos “municipalidad_alajuelita”.

Tabla 4. Análisis de registros en el SAM por número de GIS

Registros de inmuebles por decho en SAM	Cantidad
Registros que no tienen "gis"	2011
Registros con errores en el "gis"	4426
Registros que sí tienen "gis"	23577
Total	30014

Fuente: Elaboración Propia

El punto de partida de esta etapa es la información de la tabla 4, para los tres escenarios que allí se plantean se generó un procedimiento a seguir para cada caso, contemplando todas las variables del proceso. La primera acción para ordenar las incongruencias en el SAM y la base de datos “municipalidad_alajuelita” es generar un número de “gis” a todos los registros que no lo tienen.

3.6.1 Generar número de “gis”

Es importante indicar que el procedimiento actual para generar el número “gis” en la Municipalidad de Alajuelita a los inmuebles del cantón, es de manera manual, para este procedimiento se necesita número de bloque y número de predio, lo que implica que es necesario conocer la ubicación del inmueble y el último predio del bloque antes de enumerar los nuevos registros de manera que no sobrescriba la numeración de predios ya existentes.

Esta metodología de asignar número de “gis” de manera manual, misma que está a cargo exclusivamente del topógrafo de la Municipalidad, generó que registros de inmuebles nuevos en el

SAM se ingresaran sin número de “gis”, generando así que varios registros no tienen número de “gis” y tampoco registro espacial en el Mapa Municipal, ni tampoco expedientes de manera física, ya que los expedientes físicos de bienes inmuebles se nombran y ordenan según el número de “gis”.

La propuesta es generar y asignar un nuevo número de “gis” a los predios, sin la necesidad de conocer la ubicación física del predio, donde no sea necesario conocer el número del bloque ni el número de predio, esta propuesta se planteó de la siguiente manera basada en el Identificador único que utiliza el Registro Nacional para identificar sus inmuebles dentro del Mapa Catastral, planeando así homogenizar la información entre instituciones.

Este identificador único que utiliza el Registro Nacional está compuesto por 14 dígitos como se muestra en la figura 10, estos 14 caracteres comprenden el número de provincia, el cantón, el distrito, la finca el duplicado y el horizontal.

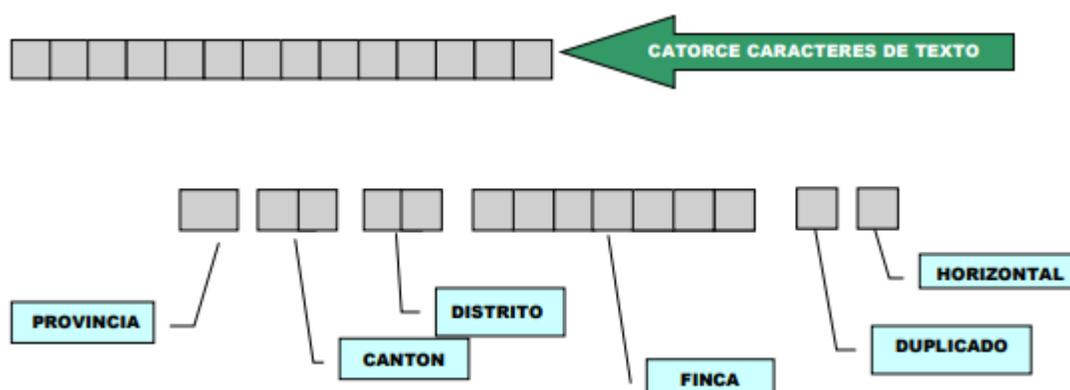


Figura 8. Identificador Único
Fuente: Manual de Compatibilización Catastral y Registral del Registro Nacional

La manera tradicional de asignar el número de “gis” a los predios, requiere del recurso humano para asignar nuevos elementos, entonces se busca plantear una metodología independiente del recurso humano, que el sistema SAM pueda generar de manera automática el número “gis” cada vez que se ingresa un nuevo registro de finca, además que sea independiente de su registro y ubicación espacial.

Entonces el modelo propuesto se hace proyectando una migración en un futuro del número de “gis” al identificador único, sin embargo, hay que plantear toda una metodología para que no se pierda información, lo que se propone para el desarrollo de este proyecto; es que los predios nuevos a los que no se las ha generado número de “gis” y por ende no tienen expediente físico, logren tener un

identificador parecido al identificador único, para esto hay una limitante y es que el campo de “gis” dentro del SAM solamente acepta un número de 10 dígitos ver figura 9, por lo que fue necesario adaptar el identificador único a 10 dígitos en el cantón de Alajuelita.

Número de GIS

0501118600

Figura 9. Numero de GIS dentro del SAM
Fuente: Sistema de Administración Municipal

Para lograr coincidencia entre los registros espaciales de la capa predios y los registros del SAM; además, poder mantener el expediente físico con la misma numeración, la propuesta se realizó de la siguiente manera:

distrito(1)+ finca(7)+ duplicado(1)+ horizontal(1)

Fue necesario omitir la información de provincia y cantón que será la misma para todos los inmuebles dentro del cantón, el cantón de Alajuelita solo tiene 5 distritos, entonces se logró mantener este dato en solo un dígito, entonces cuando se desee migrar todos los números de “gis” generados con esta metodología, al identificador único predial tal y cómo se maneja en el Registro Nacional, se deberá de incluir la provincia y cantón a cada registro, dato que será el mismo para todos los predios del cantón.

3.6.2 Procedimiento para registros en SAM sin número de “gis”:

El procedimiento propuesto para los registros que en el SAM que no tienen número de “gis” es el siguiente ver información de la figura 10, en el SAM a la hora de ingresar los registros no es necesario verificar la ubicación espacial y además, existen las llamadas fincas de oficio que son registros creados en el SAM, pero que no están inscritos en el Registro Nacional, sin embargo representan un espacio físico de un inmueble al que se le prestan servicios municipales.

Es necesario poder discriminar este tipo de registros, de posibles registros inconsistentes o duplicados, para esto lo primero es verificar que el inmueble; tiene un espacio físico dentro del cantón, se debe verificar la información en Registro Nacional, o en el SAM o en expedientes físicos, si el registro si existe, se procede a verificar si está dibujado en el Mapa de Alajuelita y sí el polígono

asociado tiene los atributos incorrectos, en es muy frecuente, si es el caso se debe generar el número de “gis” y nombrar los atributos correctos tanto en el SAM como en la capa “predios”.

En caso que el registro exista y no está dibujado en la capa “predios”, se procede a dibujar el predio según lo indicado en el apéndice VI, y se asigna un número de “gis” tanto en la capa como en el SAM.

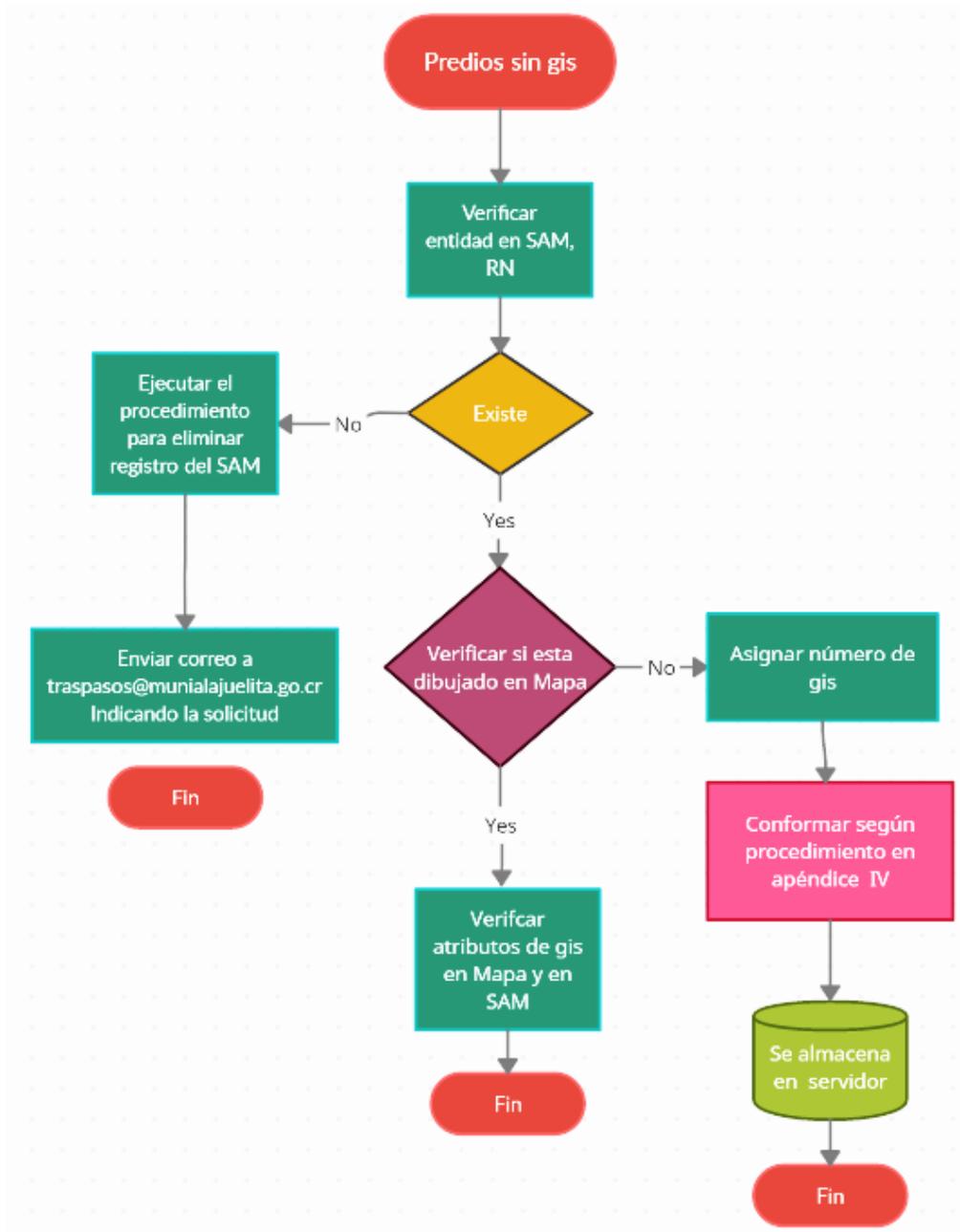


Figura 10. Diagrama de flujo en proceso a seguir en caso que predios sin número de GIS.
Fuente: Elaboración Propia

3.6.3 Procedimiento para registros en SAM con número de “gis”:

En el caso de los predios que tienen número de “gis” es porque tienen o tuvieron su ubicación espacial identificada en algún momento, entonces es necesario realizar un contraste entre los registros con número de “gis” en el SAM y en la capa “predios”, ambos deberían ser coincidentes es decir por cada registro en el SAM con número de “gis” debería haber un registro en la capa “predios”, de no haberlo es necesario dibujarlo en esta capa según lo indicado en el apéndice VI, se deben de verificar que no existan posibles registros duplicados.

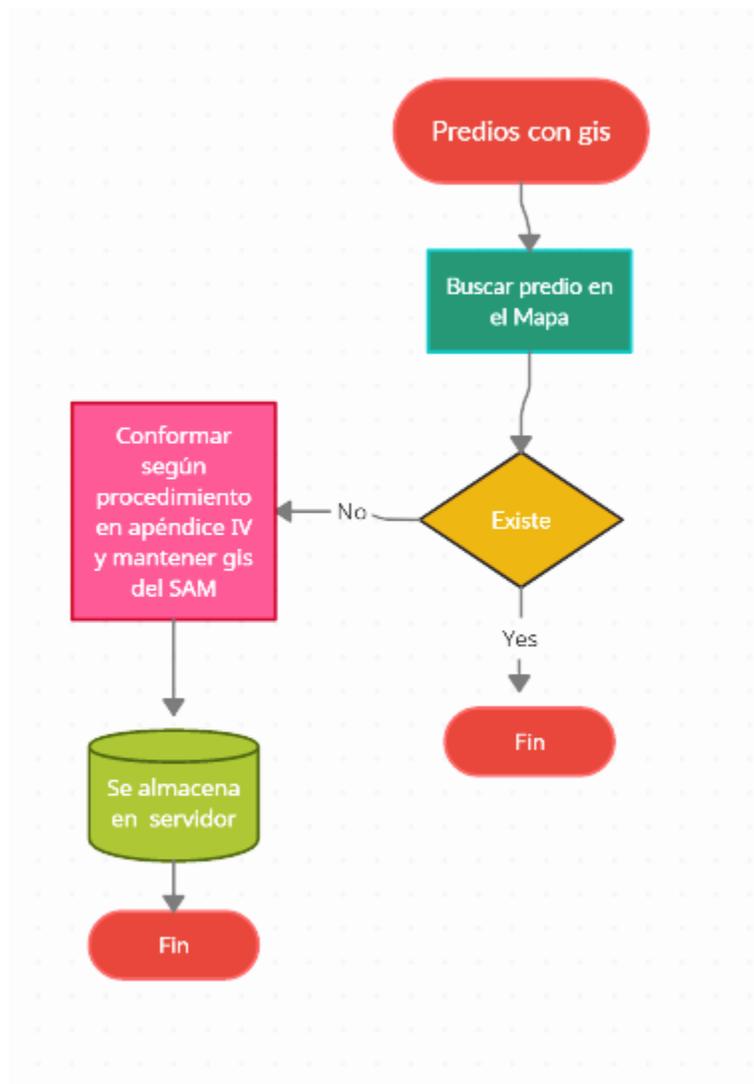


Figura 11. Diagrama de flujo en proceso a seguir en caso que predios con número de GIS.
Fuente: Elaboración Propia

3.6.4 Registros con números de “gis” incompletos o erróneos en SAM.

En el caso de los registros que tienen número de identificador “gis” incompleto se sigue lo descrito según lo indicado en la figura 12, si los registros de predios tienen número de “gis” asignado, sin embargo, este no tiene la longitud estándar del “gis” que son 10 dígitos, o del todo está asignado de manera errónea, se verifica la información del inmueble ya sea en el SAM o el Registro Nacional, si se trata de un registro que si existe y no está en la capa predios se procede a generar un nuevo número de “gis”, y se siguen las indicaciones según lo descrito en el apartado (3.6.1. Procedimiento para registros en SAM sin número de “gis”).

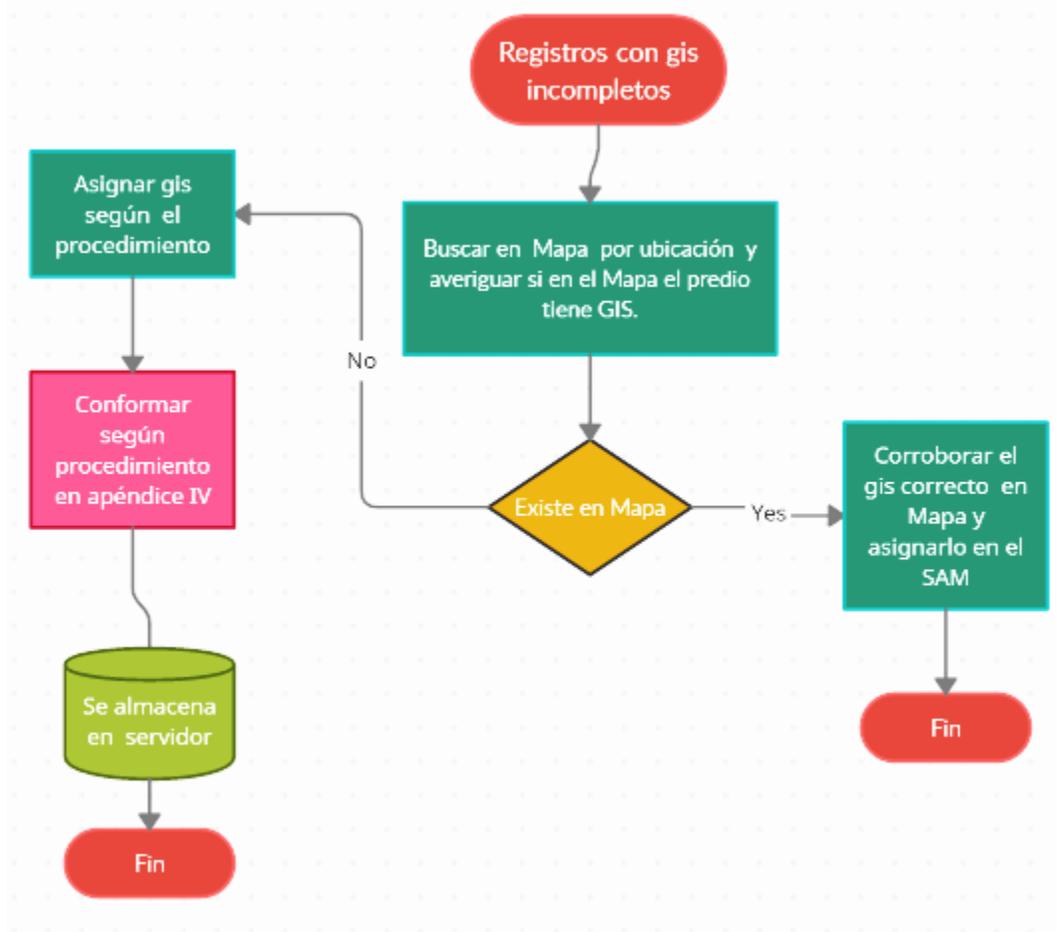


Figura 12. Diagrama de flujo en proceso a seguir en caso que predios con número de GIS erróneos o incompletos.

Fuente: Elaboración Propia

3.7 Plantear un protocolo de mantenimiento del servidor SIG para que la información predial se mantenga actualizada.

Este mantenimiento consiste en la actualización del Mapa de Predios la Municipalidad de Alajuelita, esto contempla integrar predios nuevos, realizar una conciliación entre la información registral, catastral y municipal de los predios nuevos en el Mapa Catastral de Alajuelita; además, de realizar saneamiento y depuración de los predios ya dibujados en el Mapa de Alajuelita según el protocolo en el apéndice IV.

Es importante mencionar que en esta metodología de mantenimiento, se plantean dos ejes fundamentales para el mantenimiento del Catastro de la Municipalidad de Alajuelita, la integración de nuevas fincas al Mapa Municipal, y el saneamiento de la información ya conformada en el Mapa.

La integración de nuevos predios se puede realizar inclusive de manera aislada sin necesidad de conectar con las bases de datos municipales, se dibujan según lo descrito en Apéndice IV y posterior a esto, los predios nuevos se integran a la capa “predios”.

Sin embargo para la revisión de predios por bloques es necesario estar vinculado a la red de la Municipalidad de Alajuelita, conectarse al servidor SIG, y corroborar que los atributos estén correctos en la capa “predios”.

3.7.1 Dibujar predios nuevos, producto de los movimientos registrales en el cantón de Alajuelita.

Este procedimiento se detalla en el Apéndice IV de este documento y consiste en la metodología de incorporar nuevos planos al Mapa Municipal, este dibujo de nuevos predios se realiza con base en su plano de catastro y la idea es incorporar nuevos predios que no están en la capa “predios”, los procedimientos se resumen en buscar la finca en Registro Nacional verificar los datos y dibujarla en la capa mediante la herramienta “azimuth and distance” del *software* QGIS.

3.7.2 Realizar saneamiento y depuración de los predios ya dibujados en el Mapa Municipal de Alajuelita.

Esta etapa consiste en una revisión y contraste de la información de los inmuebles, a partir de la información espacial de los predios de Alajuelita organizada por bloques. La capa bloques ha sido integrada en el servidor SIG anteriormente en el proyecto. Entonces a partir de cada bloque se revisa

cada predio de manera individual, que tenga los atributos de manera correcta, su ubicación según la información del plano catastrado, coincidencia con la información del Registro Nacional y del SAM, según sea el caso, se puede consultar en el apéndice IV el proceso detallado.

3.8 Plantear un procedimiento para que los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita puedan utilizar de manera óptima la información suministrada por el servidor SIG.

En este punto del proyecto ya todo está configurado, es una etapa necesaria para comprobar el éxito del mismo; así mismo se debe verificar que la conexión con el servidor funciona para cada usuario con un rol dentro la base de datos “municipalidad_alajuelita”, en la siguiente figura se muestra el flujo de procesos para consumir la información del servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita, es relativamente sencillo, se puede resumir en tres pasos, y no es necesario realizar todo el proceso nuevamente cada vez que se requiera consultar la información, basta con guardar el proyecto en QGIS y se guardará el estilo y las capas cargadas, así como la conexión al servidor.



Figura 13. Procedimiento para utilizar la información del servidor SIG de la Municipalidad de Alajuelita.

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo 4. Resultados

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos en las ocho etapas de esta práctica dirigida.

4.1 Establecer los insumos necesarios para la implementación de un servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita.

Después de realizar el proceso y el análisis de las necesidades de información espacial en cada departamento en la Municipalidad de Alajuelita, se determinó que, para plantear una solución robusta e integral a las necesidades de los usuarios, son necesarios los insumos señalados en la figura 14.

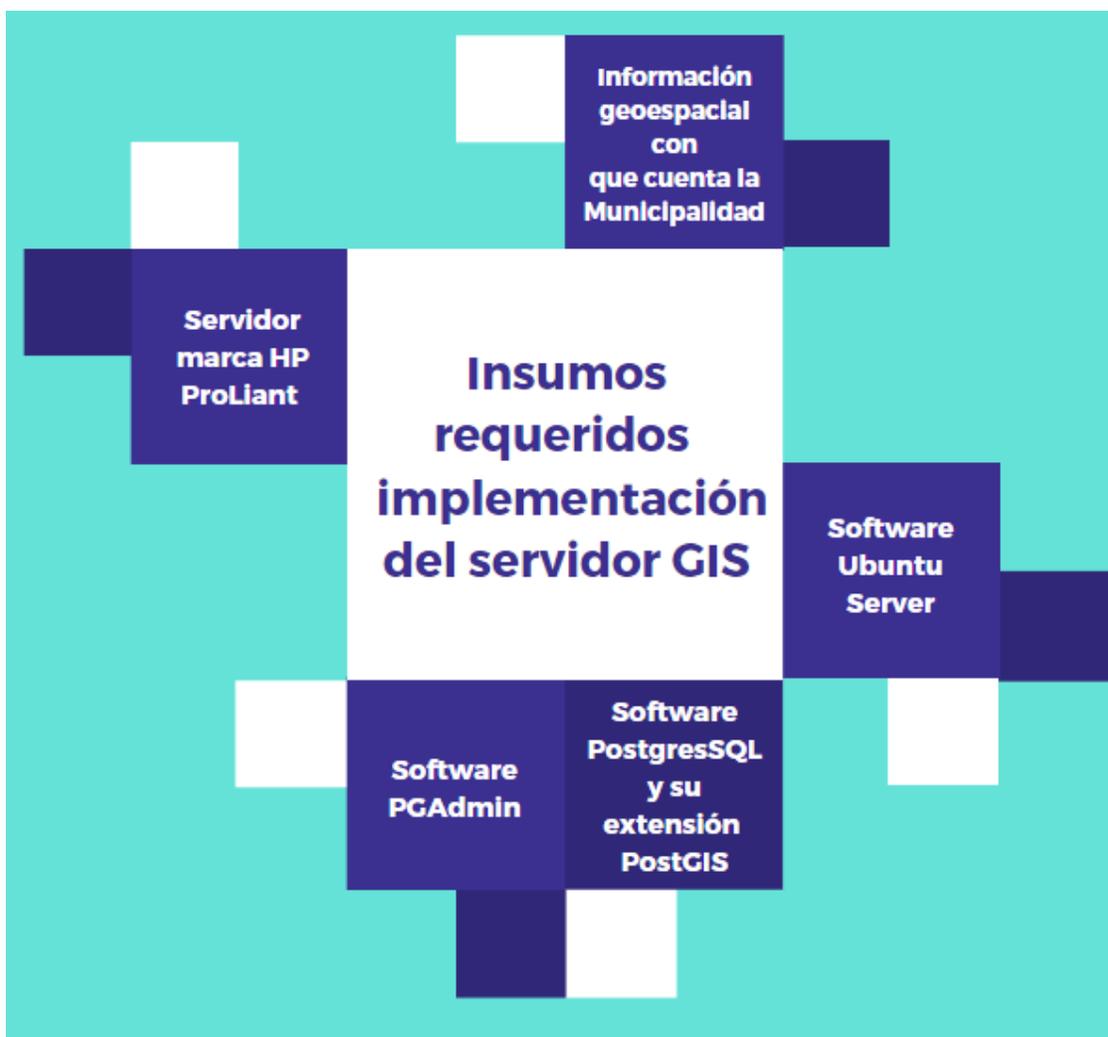


Figura 14. Insumos requeridos para la implementación del servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita.

Fuente: Elaboración Propia

Un criterio de elección para los insumos de este proyecto, fue que el *software* que se utilizó en el proyecto fuera "open source", gratuito, flexible y multiplataforma, además que permita un crecimiento

orgánico, y que con la capacidad de mantener la jerarquía de usuarios y asegurar la seguridad de la información.

Entonces para realizar la implementación de un servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita es necesario contar previamente con:

- Servidor marca HProLiant
- *Software* Ubuntu Server
- Información geoespacial de la Municipalidad de Alajuelita
- *Software* PostgreSQL con su extensión PostGIS
- *Software* pgAdmin

4.2 Configurar el servidor SIG de manera física en la Municipalidad de Alajuelita.

Toda la instalación del servidor se realizó de manera satisfactoria utilizando *software* “open-source” y libre, además es importante mencionar que en las unidades de almacenamiento del servidor se utilizó el formato RAID 1, que provee una mayor fiabilidad, porque todos los datos se almacenan duplicados, una mayor velocidad de lectura, porque se puede obtener los datos del disco que ofrezca la mayor velocidad en cada momento.

Esta fase de del proyecto consistió en la instalación del *software* necesario al servidor para convertirlo en un servidor SIG. Entonces se realizó de manera exitosa la instalación de:

- 1) Ubuntu Server 18,04 LTS
- 2) PostgreSQL 11
- 3) Extensión PostGIS a PostgreSQL.

El proceso de instalación se llevó a cabo sin mayores inconvenientes, sin embargo, la ejecución de la implementación del servidor SIG fue el proceso que consumió la mayoría de tiempo del proyecto. Un aspecto importante a tomar en cuenta en esta etapa considerando lo anteriormente expuesto, es que el *software* libre tiene un periodo muy corto en proveer nuevas actualizaciones y versiones, entonces es muy importante mantenerse a la vanguardia en el tema de las actualizaciones y las versiones estables.

En la fotografía 1, se puede observar una imagen tomada del servidor instalado en el rack, con las conexiones a la red y el suministro eléctrico, posterior a esto se realizó la revisión de las conexiones, antes de seguir la instalación del servidor de manera remota.



Fotografía 1. Servidor GIS en la Municipalidad de Alajuelita. Servidor HP ProLiant DL380 G6 Server, instalado en el rack y conectado a la red de la Municipalidad de Alajuelita.

Fuente: Elaboración Propia.

El acceso al cuarto de servidores en la Municipalidad de Alajuelita es sumamente limitado, y siempre debe realizarse bajo supervisión del encargado de TI, razón por la que se procuró, realizar toda la instalación física en una sola sesión de trabajo y continuar con la instalación del *software* de manera remota, las fotografías 1 y 2 son los resultados de esta sesión realizada en el año 2019.



Fotografía 2. Servidor HP ProLiant DL380 G6 Server, instalado en el rack y conectado a la red de la Municipalidad de Alajuelita.
Fuente: Elaboración Propia.

En la fotografía 2 se aprecia el proceso realizado durante la instalación física del servidor, dentro del cuarto de servidores, las pruebas de funcionamiento realizadas antes de concluir con esta etapa e iniciar con la etapa 3.

4.3 Realizar la configuración cliente en los dispositivos locales desde los cuales los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita accederán al servidor SIG.

En esta etapa se logró toda la configuración del servidor mediante el *software* pgAdmin, herramienta que permitió manipular PostgreSQL de manera remota desde un dispositivo en el departamento de bienes inmuebles, además se crearon los usuarios y roles de acuerdo a las funciones de cada usuario, el resultado de los usuarios se puede apreciar en la figura 15, donde se muestra algunos de los usuarios en el servidor, así como los roles.

Los usuarios creados se realizaron según la información recopilada en la tabla 2, en la sección 3.3 de este documento, y muestra los funcionarios de la Municipalidad que tendrán interacción la con el servidor SIG.

Se crearon tres roles dentro del servidor de información geográfica “alajuelita_consulta” este rol tiene la potestad de consultar todas las capas dentro del esquema “municipalidad_alajuelita”, el rol “alajuelita_edita” que puede editar toda la información de la capa predios, también puede crear nuevas entidades, inclusive modificar las entidades existentes, y cambiar atributos de los predios. Además, existe, el rol de administrador que tiene todos los privilegios sobre todas las capas.

Como última acción dentro de esta etapa se realizó la instalación del *Software* QGIS en todas las computadoras de los usuarios que interactúan con el servidor SIG, con una conexión realizada en el QGIS en cada una de estas computadoras se logra que los dispositivos de los usuarios puedan vincularse y consumir la información espacial alojada en este servidor.

Como resultado de esta etapa se logró relacionar los dispositivos de usuarios con el servidor SIG, en la figura 16 se puede apreciar los resultados de esta etapa, los dispositivos de los funcionarios usuarios del servidor, aptos para la conexión al servidor SIG, solamente es necesario definir los parámetros de la conexión desde QGIS, e indicar la dirección IP del servidor y credenciales de usuario como se detalla en inicio del apéndice III.



Figura 15. Detalles de usuarios creados en el servidor SIG.
Fuente: Captura de usuarios desde pgAdmin.

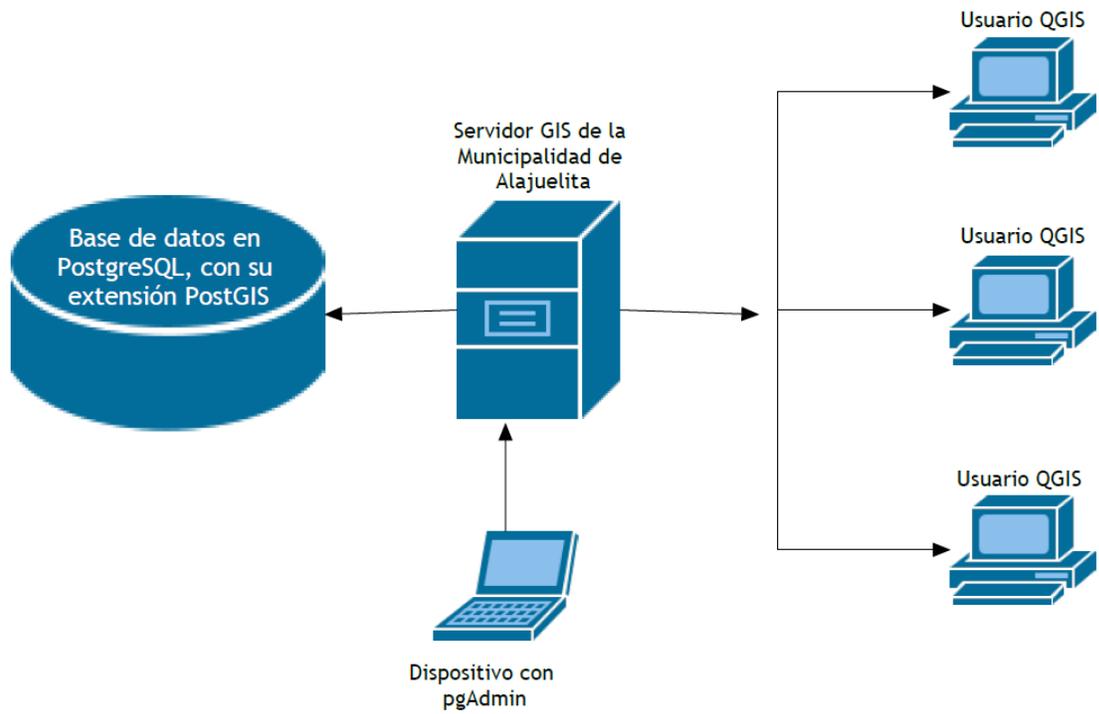


Figura 16. Resultados de la configuración cliente de los dispositivos que se conectan a el servidor GIS en la Municipalidad de Alajuelita.
Fuente: Elaboración Propia

4.4 Crear la base de datos espacial con las capas necesarias para el funcionamiento del servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita.

Entre los resultados para esta etapa, se encuentra la base de datos creada de manera satisfactoria, misma en la que se alojó la información espacial de la Municipalidad de Alajuelita; esta etapa se realizó utilizando el *software* pgAdmin. La base de datos espacial se creó en PostgreSQL y se manipula desde pgAdmin, de manera remota, fue nombrada “municipalidad_alajuelita”, así mismo se crearon “*Geopackages*” con toda la información espacial de la Municipalidad de Alajuelita, para integrarlos a esta base de datos, las capas que se integraron al servidor se pueden apreciar en la tabla 5.

Es importante mencionar que para este proyecto no se creó ni se generó información espacial nueva, únicamente se trasladan al servidor las capas ya existentes que los funcionarios aportaron en el proceso mismas que se utilizan de manera individual en sus computadoras, por lo que las capas integradas en el servidor SIG son las establecidas por los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita, como es el caso de la capa de la grilla del Índice Lambert, esta capa se utiliza para ubicar los planos dentro del cantón de Alajuelita, es importante conocer la situación en el cantón de Alajuelita, mismo que no ha sido declarado en zona catastrada, lo que implica que sus planos de catastro aún tienen la información geográfica en el la antigua proyección para Costa Rica Lambert Norte; es necesario contar con una capa que muestre esta información para poder georreferenciarlos. Sin embargo, el municipio manipula y edita su información espacial en la proyección cartográfica oficial para Costa Rica CRTM05, es importante no confundir la proyección con el sistema de referencia oficial para nuestro país que es CR-SIRGAS.

Tabla 5. Tabla de atributos de la capa predios

Nombre de la Capa	Acciones sobre la capa
curvas_2m	Capa Consulta
curvas_20m	Capa Consulta
fallas	Capa Consulta
Servidumbre_electrica	Capa Consulta
Indice Lambert	Capa Consulta
Ríos	Capa Consulta
Toponimia	Capa Consulta
Vías	Capa Consulta
Limite distritos Alajuelita	Capa Consulta
Zonas Homogeneas	Capa Consulta
Predios	Capa edición
visados_catastro	Capa edición
ZonaPro_CerrosEscazu	Capa edición
Zonas_Agropecuarias	Capa edición
Zonas_Homogeneas	Capa edición
Curvas	Capa Consulta
Bloques	Capa Consulta

Fuente: Elaboración Propia

Fue necesario estructurar nuevamente la capa que contiene toda la información de predios del cantón de Alajuelita, esta capa es de suma importancia ya que es sobre la cual los funcionarios editarán, y consultarán toda la información principal para el municipio, entonces se creó la capa “predios”, con nuevos atributos según se muestran en la tabla 6, esto con la finalidad de encontrar concordancia entre esta capa y la información que se extrae del SAM, y así facilitar la integración de ambas en etapas posteriores.

Tabla 6. Tabla de atributos de la capa predios

Tabla Predios	Tipo de Dato	Tamaño	Descripción del campo
gis	Text Data	10	numero de gis, codigo interno para cada inmueble
finca	Text Data	8	numero de finca, rellenos con 0 a la izquierda hasta completar 8 dígitos
plano	Text Data	15	numero de planos con guiones, provincia-inscripción-año
folio_real	Text Data	16	provincia+finca+duplicado/horizontal+derecho registrado en SAM
duplicado	Text Data	1	duplicado de matricula en caso de tenerlo
horizontal	Text Data	1	horizontal de la matricula en caso de tenerlo
derecho	Text Data	3	derecho de la matricula
area_mapa	Decimal Number (real)	-	area calculada del la entidad o poligono en el mapa
area	Decimal Number (real)	-	area registrada en el SAM
cod_valor	Text Data	3	código del valor fiscal registrado en el SAM
valor	Decimal Number (real)	-	valor fiscal registrado en el SAM
fecha_valor	fecha		fecha del valor registrado en SAM
observaciones	Text Data	300	observaciones
usuario editor	Text Data	20	ultimo usuario que editó la entidad

Fuente: Elaboración Propia

La única capa a la que se definió nuevamente la información de sus atributos fue a la capa “predios” como se mencionó anteriormente las otras capas se integraron al servidor SIG manteniendo su información original. El resultado desde el panel de navegador en QGIS conectado al servidor SIG, se aprecia en la siguiente figura, ver figura 17.

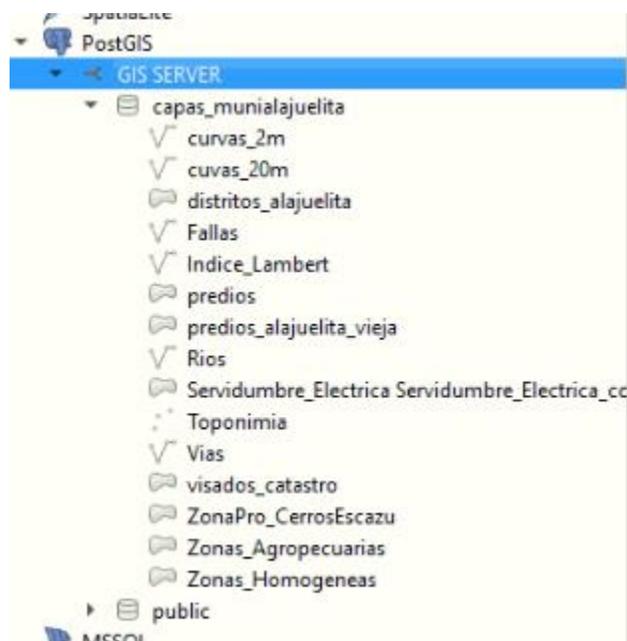


Figura 17. Capas del servidor SIG

Fuente: Conexión desde PostGIS de QGIS al servidor SIG

4.5 Integrar la base de datos del “SAM” (Sistema de Administración Municipal) de la Municipalidad de Alajuelita al servidor SIG.

El SAM es una de las principales herramientas de los funcionarios municipales, en este sistema se registra la mayoría de operaciones realizadas sobre los inmuebles y contribuyentes del cantón, por lo que se proyectó la integración directamente desde PostgreSQL con el servidor SIG, sin embargo, al tratarse de un *software* de desarrollo privado, no fue posible lograr esta integración de manera directa, sin embargo, se logró encontrar una alternativa, misma que consiste en actualizar la información en la capa “predios” a partir de la información exportada del SAM.

Esta alternativa implica que se debe descargar la información del SAM, e integrarla al servidor SIG, además de actualizar los campos que dependen de la información del SAM en la capa “predios”, y de realizar esta acción de manera periódica.

Si bien esta integración requiere del recurso humano para actualizar la información, es la alternativa viable para la integración del SAM con la base de datos “municipalidad_alajuelita” aunque no de manera directa, pero el resultado es similar, se debe programar repetir este proceso con frecuencia de al menos una vez cada semana.

id	fid	gis	finca	plano	folio_real	duplicado	horizontal	derecho	area_mapa	cod_valor	observaciones	usuario_editor	valoractual	area	f
1	15419	15590	0100500100	00152935	SI-0610932-2000	1-00152935-000	NULL	NULL	000	154.582922566966	DB	NULL	800000	182.26	2
2	15418	15589	0100500200	00174216	SI-0420027-1997	1-00174216-000	NULL	NULL	000	124.959793373794	D	NULL	14000000	160.22	2
3	280	280	0100500300	00145615	SI-0664031-2000	1-00145615-000	NULL	NULL	000	120.719325053839	D	NULL	5885200	160.22	2
4	286	286	0100500400	00155120	SI-0629255-1986	1-00155120-004	NULL	NULL	004	125.244752836315	D	NULL	15446282	119.64	2
5	285	285	0100500500	00900239	NULL	1-00900239-000	NULL	NULL	000	125.781297711924	NULL	NULL	0	0	9
6	282	282	0100500600	00184125	SI-0000641-1972	1-00184125-001	NULL	NULL	001	121.081316698532	DD	NULL	3256604	127	1
7	308	308	0100500700	00183692	SI-0308455-96	1-00183692-002	NULL	NULL	002	73.6390934337291	D	NULL	1250000	68.92	4
8	309	309	0100500800	00179175	1-0427422-1997	1-00179175-000	NULL	NULL	000	43.7919198968846	IA2	NULL	2600000	41.66	2
9	264	264	0100500900	00175838	NULL	1-00175838-000	NULL	NULL	000	101.22987193958	D	NULL	7800000	135.16	2
10	294	294	0100501000	00181449	SI-0348727-79	1-00181449-001	NULL	NULL	001	128.124869930613	D	NULL	11505504	123.36	2
11	281	281	0100501100	00164416	SI-0348729-79	1-00164416-000	NULL	NULL	000	160.499823252092	D	NULL	9450080	147.6	2
12	283	283	0100501200	00175626	1-0384678-1980	1-00175626-000	NULL	NULL	000	137.630237130093	IA2	NULL	18360000	139.4	5
13	284	284	0100501300	00145403	SI-0603120-85	1-00145403-000	NULL	NULL	000	151.968294799434	D	NULL	15000000	142.36	3
14	279	279	0100501400	00145635	SI-0658032-86	1-00145635-000	NULL	NULL	000	162.032431419701	A	NULL	2575251	165	6

Figura 18. Detalle de la capa predios integrada con la información SAM
Fuente: Capa predios en *software* QGIS.

En la figura 18 se aprecia en detalle los atributos de la capa predios después de realizar el proceso de integración con el SAM, en el caso que el valor del atributo sea nulo, es porque así está en el SAM.

4.6 Procedimiento para validar y sanear el Mapa de Predios Municipal que muestre la ubicación espacial de todos los inmuebles del cantón de Alajuelita a partir de la base de datos depurada (SAM).

En esta fase del proyecto se logró crear un procedimiento para depurar la información del sistema SAM, con la finalidad de que esta coincida con los registros del Mapa de Predios Municipal, de acuerdo a la información extraída del SAM se determinó un panorama y una metodología para lograr; por cada registro del SAM se tenga al menos un registro en la a base de datos espacial “municipalidad_alajuelita”, en la figura 19 se aprecia la situación de los inmuebles en el SAM.

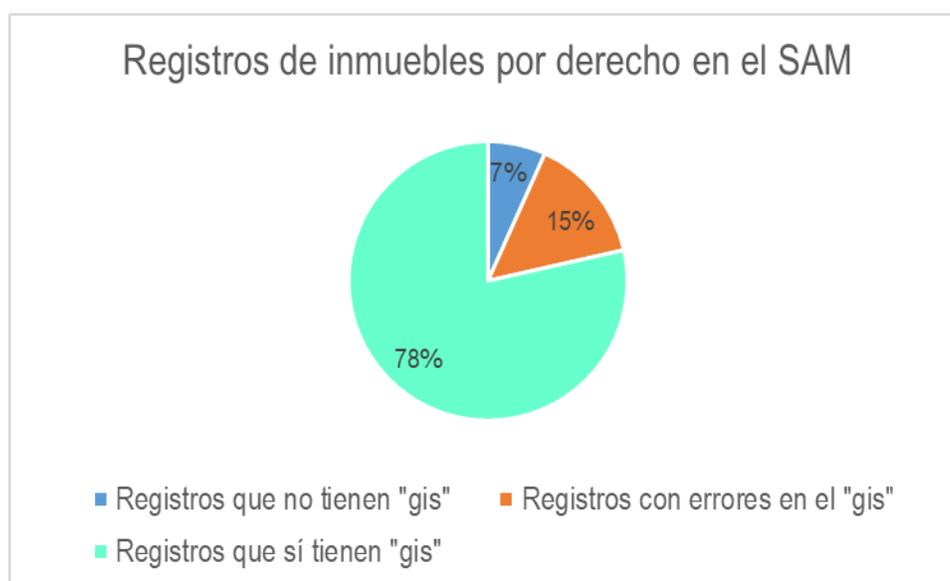


Figura 19. Gráfico relación entre “gis” y registros de inmuebles por derecho en el SAM.
Fuente: Elaboración Propia.

Uno de los principales retos en esta etapa fue proponer una manera de generar el número de “gis” sin depender de una persona, usando la metodología propuesta solo se necesita conocer el distrito, el número de finca y si tiene duplicado u horizontal, por lo que el sistema podría generarlo de manera automática si son conocidos los atributos mencionados.

El nuevo procedimiento para generar número de “gis” es de la siguiente manera, el número del distritito un dígito, el número de finca siete dígitos, duplicado un dígito, y horizontal un dígito, se obtiene un número de “gis” conformado por diez dígitos, tal y como se muestra en la figura 20.



Figura 20. Composición número de gis
Fuente: Elaboración Propia.

El resultado que se propone para los predios que no tienen número de "gis" en el SAM es corroborar la veracidad del registro en la base de datos, verificar si es una entidad que se puede ubicar de manera espacial, si la entidad no tiene manera de ubicarse espacialmente y no es un registro real de un inmueble, se debe realizar el procedimiento para que se elimine del SAM.

Para el caso de los registros que tienen número de "gis" en el SAM, se debe que verificar lo siguiente; si tiene asociada una entidad en el mapa y que esta coincida con la información del predio.

Por otro lado, los casos que tienen número de gis erróneo o incompleto en el mapa, se trata de recuperar el número de gis original del predio, desde la ubicación de la entidad en el mapa, en caso que no se pueda, se le genera un nuevo número de "gis", y se sigue el mismo procedimiento que se le aplica a los predios sin "gis".

4.7 Plantear un procedimiento de mantenimiento del servidor SIG para que la información predial se mantenga actualizada.

En esta etapa se desarrollaron dos procedimientos para actualizar la información predial alojada en el servidor SIG, uno de los procedimientos consiste en incluir nuevos dibujos de polígonos en la capa predios, utilizando la herramienta “azimuth and distance Plugin” del *software* QGIS.

El otro procedimiento propone una revisión, saneamiento y depuración de predios organizado por bloques que dividen en el Mapa de predios de Alajuelita en sectores, permitiendo una sectorización del cantón.

El otro procedimiento propone una revisión de los predios, organizada por bloques, esta revisión consiste en identificar inconsistencias en la ubicación, atributos completos y correctos.

Con este procedimiento se logra actualizar tanto la información de los predios ya existentes como de los nuevos predios que deben integrarse a la capa “predios”.

4.8 Plantear un procedimiento para que los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita puedan utilizar de manera óptima la información suministrada por el servidor SIG.

Y la última fase de este proyecto consistió en elaborar una guía para que los usuarios puedan conectarse al servidor desde sus computadoras, en esta etapa ya los usuarios del servidor SIG de la Municipalidad de Alajuelita pueden visualizar toda la información espacial, y tener funciones habilitadas de acuerdo a sus roles.

Se logra apreciar las modificaciones y actualizaciones en tiempo real, y así mismo editar y actualizar los registros de la base de datos espacial de manera simultánea, para los usuarios con el rol “alajuelita_edita”. Los funcionarios con el rol de “alajuelita_consulta” solo podrán consultar la información en las diferentes capas.

En sí el procedimiento para uso de la información espacial es muy sencillo y puede resumirse de la siguiente manera; abrir el programa QGIS, conectarse al servidor SIG, cargar las capas desde el servidor como se muestra en la figura 21, consultar y editar la información según se requiera. De igual manera se puede consultar en el apéndice V de manera más detallada, los parámetros de la conexión y el procedimiento detallado de cargar las capas desde el servidor.

Procedimiento de usuario servidor SIG

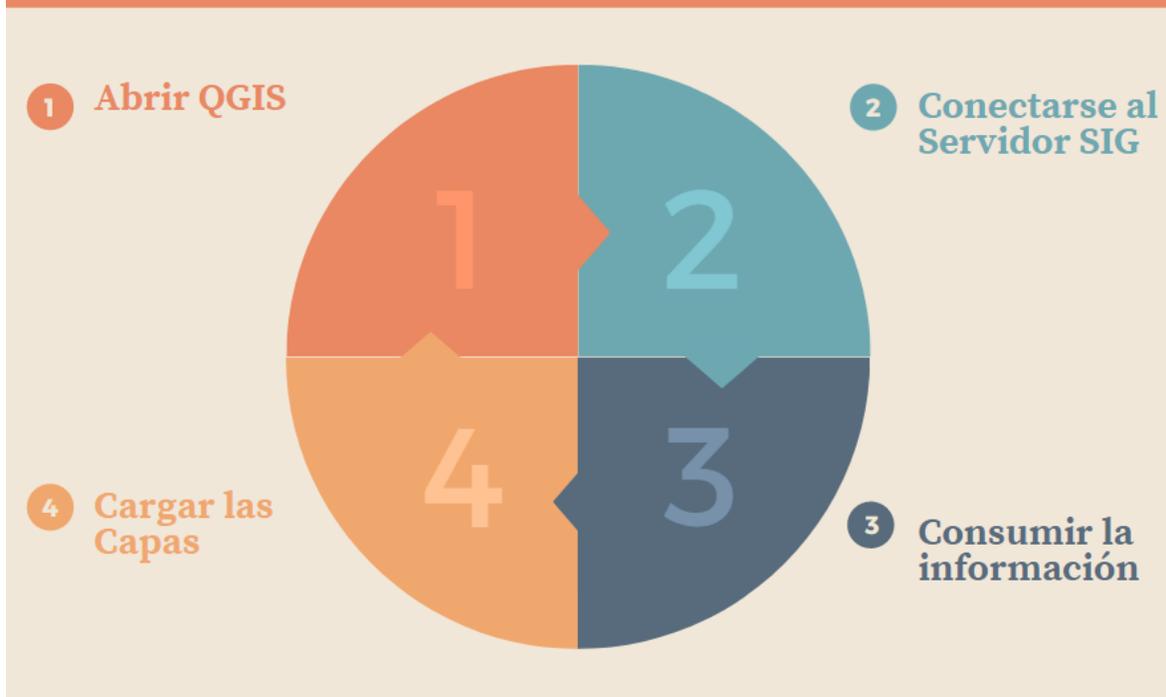


Figura 21. Procedimiento de usuario para el Servidor de la Municipalidad de Alajuelita.
Fuente: Elaboración Propia

Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

La implementación del servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita, se realizó de manera exitosa permitiendo la integración y simplificación de varias acciones que los funcionarios debían de realizar de manera separada para poder acceder a la información predial del cantón.

La planificación en las primeras etapas de este proyecto fue de suma importancia; logrando así su desarrollo y cumplimiento de todos los objetivos propuestos para la implementación del servidor. En la primera fase se definió; establecer los insumos necesarios para la implementación de un servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita, lo que permitió tener claro desde un inicio lo que se necesitaba para desarrollar el proyecto y así establecer una planificación en ocho fases, que se mantuvieron hasta el final del proyecto, logrando cumplir con el plan de trabajo propuesto inicialmente.

En la segunda etapa del proyecto se configuró el servidor SIG de manera física en la Municipalidad de Alajuelita, este servidor SIG se instaló físicamente en el cuarto de servidores dentro de la Municipalidad de Alajuelita; no obstante, toda la instalación a nivel de *software* se realizó de manera remota desde un dispositivo del departamento de bienes inmuebles.

En el servidor se instaló el *software* Ubuntu server, PostgreSQL con su componente espacial PostGIS, y se instaló el *software* pgAdmin, mismo que fue fundamental en la gestión con todo lo relacionado a la base de datos, desde su creación, manipulación y generación los roles de usuarios, que resultó una herramienta fundamental en un entorno que sin una interfaz gráfica, como es PostgreSQL en el servidor SIG de la Municipalidad de Alajuelita.

En la tercera etapa del proyecto se logró instalar el *software* QGIS en las computadoras de los funcionarios municipales que son los usuarios de este proyecto, para lo que fue imprescindible gestionar los roles y privilegios de usuario desde la estructura organizativa de la Municipalidad, habilitando así el acceso al servidor desde sus dispositivos de trabajo. Además se creó la base de datos "municipalidad_alajuelita" la cual aloja toda la información espacial de este municipio, logrando centralizar la información que se actualizaba y editaba de manera aislada.

La integración del Sistema de Administración Municipal (SAM), con el servidor SIG permitió relacionar la información literal de los inmuebles con la información espacial, vinculando la capa de predios con la información que se extrae de este sistema, sin embargo esta integración se logró de manera automatizada entre el servidor y el SAM, por lo que es necesario realizar la actualización de dicha información de manera manual y periódica.

Una de las partes más importantes en este proyecto es la actualización y mantenimiento de la información; se dedicaron dos fases de este proyecto a una propuesta para mantener la información predial actualizada tanto de la base de datos espacial como del SAM, desarrollando un protocolo de mantenimiento para la capa predios y procedimiento para los registros del SAM que están sin número de "gis" y no tienen una ubicación espacial conocida.

Por último se desarrolló un procedimiento para que los funcionarios de la Municipalidad de Alajuelita, aprendan a utilizar los servicios del servidor SIG y así poder lograr establecer esta herramienta de uso cotidiano en la institución, logrando una gestión más eficiente en su toma de decisiones.

En términos generales se concluye que la implementación de este proyecto solventa las necesidades de los empleados de la Municipalidad de Alajuelita en materia de acceso a la información predial, cumpliendo las expectativas establecidas inicialmente para este proyecto, si bien el servidor SIG funciona y es necesario observar en detalle la respuesta de los usuarios en el entorno real, para prever y solucionar posibles inconvenientes.

5. 2 Recomendaciones

La implementación del servidor SIG se desarrolló de acuerdo a lo propuesto en esta práctica dirigida y actualmente funciona en varios departamentos de la Municipalidad, sin embargo el reto es lograr que los potenciales usuarios, realicen un uso frecuente del mismo y que el acceso a la información predial mejore la gestión en el Gobierno Local. Esto dependerá de los funcionarios; deben adoptar esta herramienta para la mejora de sus funciones, por lo que es muy importante incentivar el uso de esta herramienta, por lo que es vital que cada funcionario relacionado en este proceso entienda y aplique la guía de uso del servidor y se familiarizarse con el sistema.

Otro aspecto muy importante a considerar en el éxito de este proyecto es realizar los protocolos de mantenimiento de la manera más simple posible, para fomentar su aplicación frecuente, el éxito a largo plazo de este proyecto radica en mantener la información predial actualizada.

Y por último es muy importante realizar las pruebas de funcionamiento en todos los departamentos de la Municipalidad, así evaluar el desempeño del servidor un entorno real con cada usuario, ya que permite comprender los desafíos reales a lo que se puede enfrentar el servidor SIG durante su implementación.

Bibliografía

- Aronoff, S. (1991). *Geographic Information Systems: A Management Perspective* (Vol. 1). Ottawa, Canada: Wdl Publications.
- Barrantes C., V. (2008, 07). *Universidad Nacional*. Retrieved from Campus Digital: http://www.campus.una.ac.cr/ediciones/2008/julio/2008julio_pag09.html
- Burrough, P. A., & Mc Donnell, R. A. (1998). *Principles og Geographical Information Systems*. Oxford University.
- Camps Paré, R., Casillas Santillan, L. A., Costal Costa, D., Gibert Ginesta, M., Matín Escofet, C., & Pérez Mora, O. (2007). *Base de datos: Software Libre*. Barcelona: Eureka Media, SL.
- Castro, V., & Amador, A. (2020). *Experiencias en los Procesos de Digitalización en las Municipalidades Costarricenses; Perfiles municipales de 22 casos de estudio de gobiernos locales en*. Universidad de Costa Rica, Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento (PROSIC), San José. Retrieved 11 09, 2020, from <http://www.prosic.ucr.ac.cr/publicaciones/informe-experiencias-en-los-procesos-de-digitalizacion-en-las-municipalidades>
- Erba, D. (2007). *Catastro Multifinalitario aplicado a la definición de políticas de suelo urbano*. (D. A. Erba, Ed.) Cambridge, MA, USA: Lincoln Institute of Land Policy. Retrieved 11 13, 2020, from <https://www.lincolnst.edu/sites/default/files/pubfiles/catastro-multifinalitario-politicas-de-suelo-urbano-full.pdf>
- Erba, D. (2008). *El Catastro Territorial en America Latina y el Caribe*. Cambridge, MA, USA: Lincon Institute of Land Policy. Retrieved from <https://www.lincolnst.edu/sites/default/files/pubfiles/el-catastro-territorial-america-latina-full.pdf>
- Erba, D. A., & Piumetto, M. (2013, 11 2020). *Lincoln Institute of Land Policy*. Retrieved from Catastro Territorial Multifinalitario: https://www.lincolnst.edu/sites/default/files/pubfiles/erba-wp14de1sp-full_0.pdf

- Fallas G., J. (1996). SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: UNA VISIÓN INTEGRAL. *Revista Geográfica de America Central*, 27-39. Retrieved 11 09, 2020, from <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/1906/1810>
- Fallas, J. (1996). Sistemas de Información Geográfica: Una visión Integral. *Revista Geográfica de America Central*(32-33), 27-39.
- Gutiérrez, F. (2016, 08 23). *Universidad de Costa Rica*. Retrieved from UCR avanza firme hacia uso de software libre: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2016/08/23/ucr-avanza-firme-hacia-uso-de-software-libre.html>
- LEY DEL CATASTRO NACIONAL. (1981, 03 25). Retrieved 11 09, 2020, from http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=38469&nValor3=0&strTipM=TC#ddown
- Lizárraga, C., & Díaz, S. (2007). Uso de Software Libre y de Internet como Herramientas de Apoyo para el Aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 10, 83-99. Retrieved 11 12, 2020, from <http://revistas.uned.es/index.php/ried/article/view/1016/932>
- Martínez , J. L. (2020). *PostGIS Análisis Espacial Avanzado* (Segunda ed.). Cartosig.web.upv.es.
- Mata, F., Flores, C., Zambrano, R., Pacheco, G., Hernández, I., Quesada, A., . . . Zambrano, R. (2013). *Retos y Oportunidades del Software libre en la Administración Pública de Costa Rica*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD - Costa Rica)/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (, Costa Rica. Retrieved 11 10, 2020, from https://www.municarrillo.go.cr/images/files/TI/informe_Retos_y_Oportunidades_del_Software_Libre_en_la_Administracion_Publica_en_Costa_Rica.pdf
- Mora, R. (2013). *Introducción a Sistemas de Información Geográfica: Bases de datos Geográficas con QGIS y PostGIS*. Centro de Nacional de Alta Tecnología (CeNAT), Programa de Investigaciones Aerotransportadas y Sensores Remotos (PRIAS). Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12337/3163>
- Pascuale, S., & Dario, S. (2004). Linux: hacia una revolución silenciosa de la sociedad de la información. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 207-223. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/280/28010202.pdf>

- Perez Mora, O., & Gibert Ginesta, M. (2007, 11 15). *La web del programador*. Retrieved from Bases de datos en PostgreSQL: 2020
- POSTGRESQL. (2020, 11 09). *PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database*. Retrieved from <https://www.postgresql.org/>
- Ramsey, P. (2020). *INTRODUCTION TO POSTGIS*. Victoria: Refrations Research. Retrieved from http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:9SVebhmkAmkJ:scholar.google.com/+postgres+postgis&hl=es&as_sdt=0,5
- Román, M., De Cesare, C., Molinatti, C., Orrego, C., Montaña, M., Salazar, A., . . . Casanova, R. (2016). *SISTEMAS DEL IMPUESTO PREDIAL EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE*. UNITED STATES OF AMERICA: Lincoln Institute of Land Policy.
- Silberschatz, A., Korth, H. F., & Sudarshan, S. (2002). *Fundamentos de bases de datos* (Vol. 4). Madrid, España: Mc Graw Hill. Retrieved from http://artemisa.unicauca.edu.co/~cardila/Libro_Silberschatz.pdf
- Solano Mayorga, M. A. (2012). El uso de Sistema de Información Geográfica Libre en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*(48), 61-74. Retrieved from <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/3998/3840>
- Steinigert, S., & Weibel, R. (2010). GIS software: a description in 1000 words (en línea). In B. Warf, *Encyclopedia of Geography*; (p. 3398). London GB: Thousand Oaks, Calif. : Sage Publications. Retrieved 11 13, 2020, from https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/41354/1/Steiniger_Weibel_GIS_Software_2010.pdf
- Torrealba, A., Vargas, M., & Oremuno, J. (2004). *VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA TRIBUTARIO MUNICIPAL*. Editorial Universidad de Costa Rica.
- Umaña Venegas, J. (2017, 1 17). *Instituto Tecnológico de Costa Rica*. Retrieved from <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2017/01/17/tec-crece-uso-software-libre-su-nuevo-portal-web>
- Velazco, S., & Joyanes, L. (2013). Herramienta GIS y servicios web en la geolocalización como instrumento en la adecuada gestión del territorio: Geoportal IDE Chinácota. (50-67, Ed.) *Cucuta-Colombia*, 18.

Apéndices

Apéndice I. Guía de Instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, PostgreSQL y PostGIS en el servidor SIG en la Municipalidad de Alajuelita.

Una vez que se acondicionó y se instaló de manera física el servidor es necesario darle formato, se debe instalar el sistema operativo, la imagen de instalación se puede obtener tal y como se indicó en el apartado 3.2, Lo primero al instalar el sistema operativo es elegir el idioma ver figura I.1.

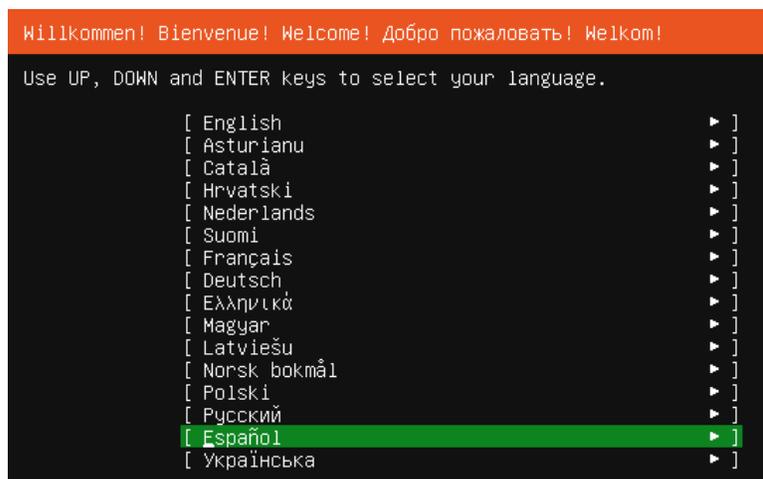


Figura I.1 Elegir idioma a la hora de instalar, instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

En la siguiente pantalla se continúa sin instalar actualizaciones, ya que una vez finalizada la instalación se deben de actualizar paquetes y demás, por esta razón es más óptimo realizar este proceso al final de la instalación.

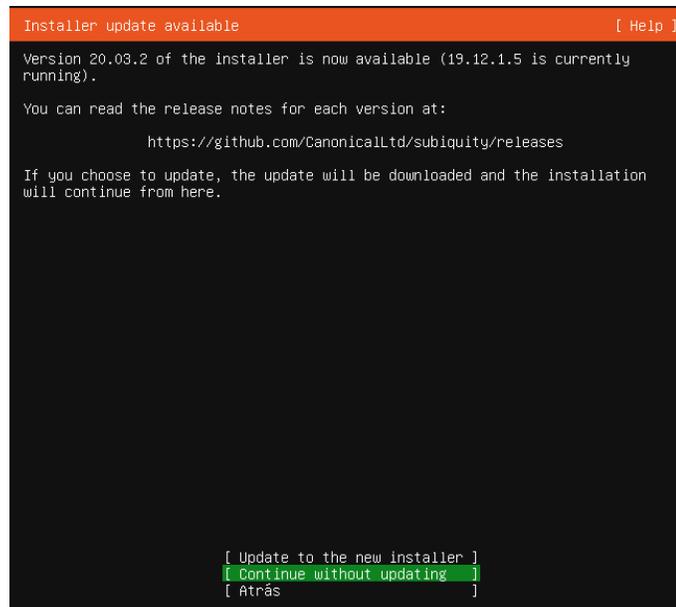


Figura I.2 Continuar instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, sin actualizaciones.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

El sistema preguntará por la configuración del teclado esto dependerá del teclado conectado al servidor, en este caso específico se eligió la siguiente configuración.

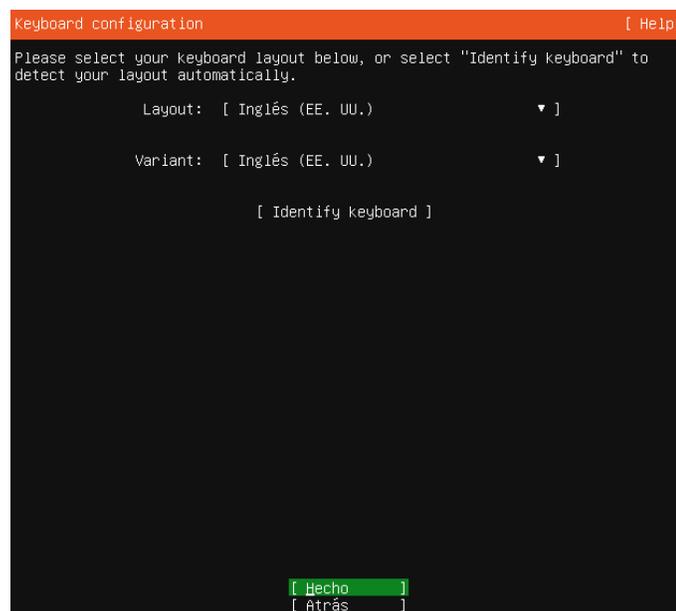


Figura I.3 Continuar instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, configuración del teclado.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

Luego de esto se ingresa a un modulo de configuraciones de red, donde generalmente le asigna una dirección por DHCP al servidor, se debe de mantener así para culminar con la instalación, pero una vez instalado el sistema operativo, se debe de realizar una configuración para asignar una dirección IP estática.

Cuando en la instalación se indique si se desea conectar a algún proxy, se debe dejar el espacio en blanco, y se indica la opción no, claro que esto dependerá de si se cuenta con un proxy.

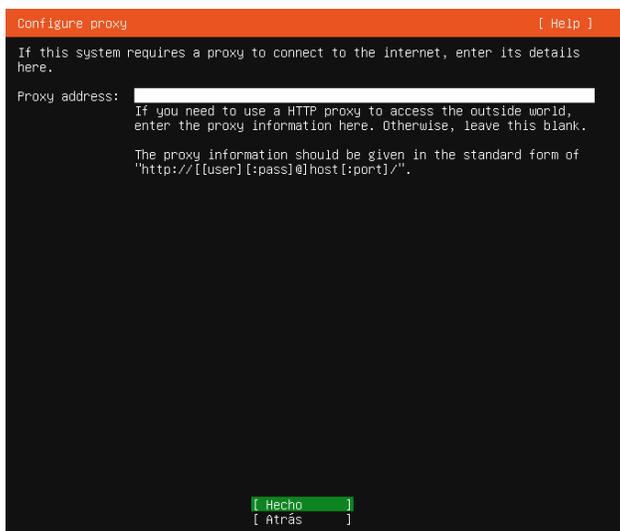


Figura I.4 Instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, configuración del proxy.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

La siguiente pantalla indica que se puede elegir una dirección alternativa de espejo para Ubuntu, existen dos opciones se puede mantener la dirección indicada de manera predeterminada o se puede indicar una nueva.

Se debe avanzar en la instalación hasta la pantalla indicada en la figura I.5, en esta etapa se debe tener especial cuidado, ya que se configura el servidor con estandar RAID 1, se debe seleccionar la opción de realizar las particiones de manera manual, como se indica en la figura I.5.

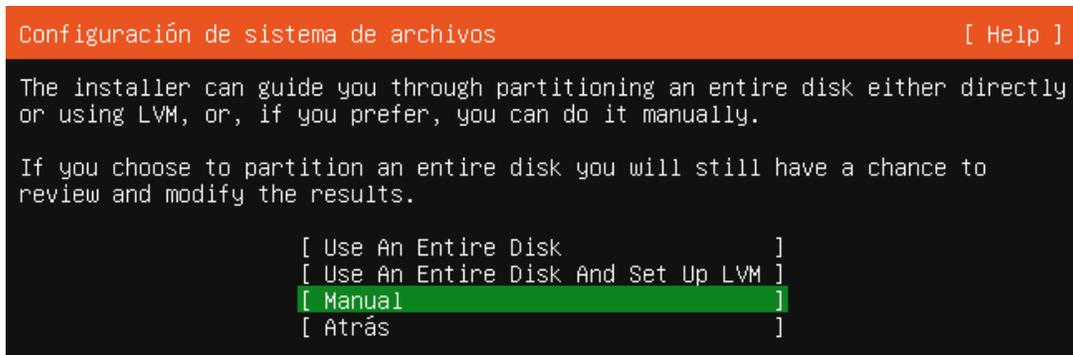


Figura I.5 Instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, configuración de particiones.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

La siguiente pantalla muestra las opciones descritas en la figura I.6, en este paso en el primer dispositivo o disco duro instalado en el servidor se debe seleccionar la opción "Make Boot Device".

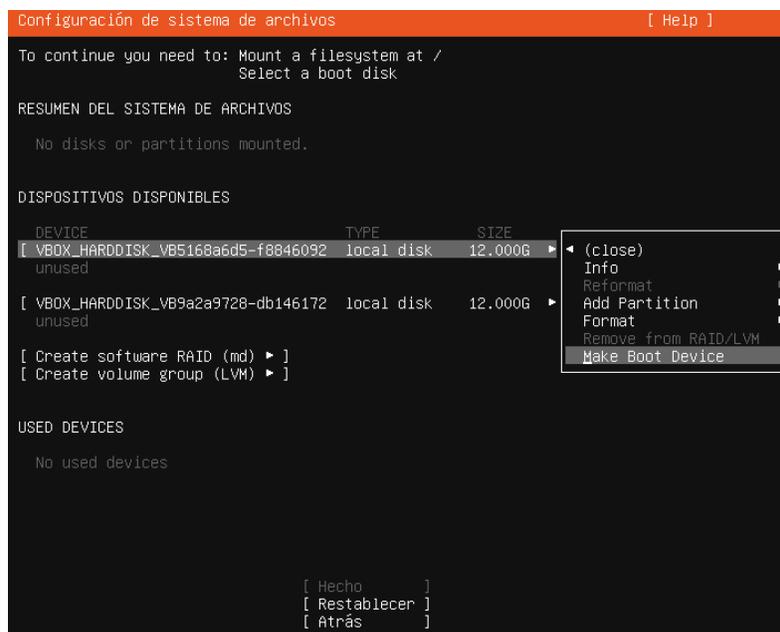


Figura I.6 Instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, configuración de particiones.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

Luego se selecciona el mismo dispositivo y se accede a la opción "add partition".

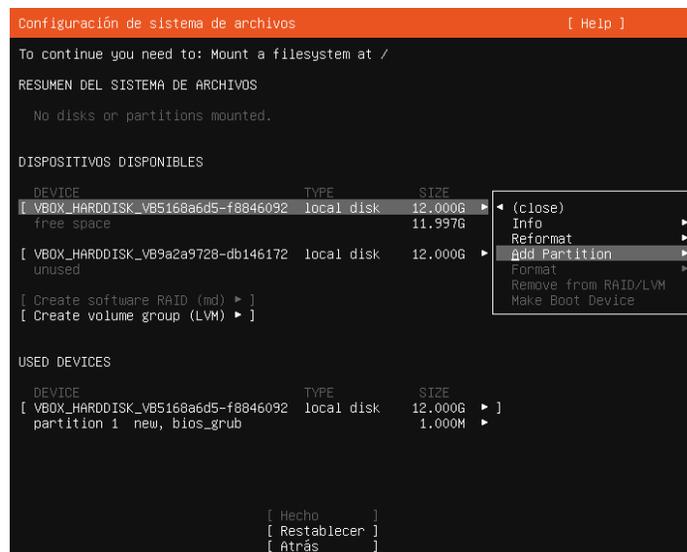


Figura I.7 Instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, configuración de particiones.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

Esta partición se crea con el mismo tamaño del disco, en este caso es un tamaño ficticio para efectos de la elaboración de este manual, sin que esto implique que este sea el tamaño real de las particiones en el servidor SIG de la Municipalidad de Alajuelita , en la opción *format* se debe de elegir “Leave unformatted”.

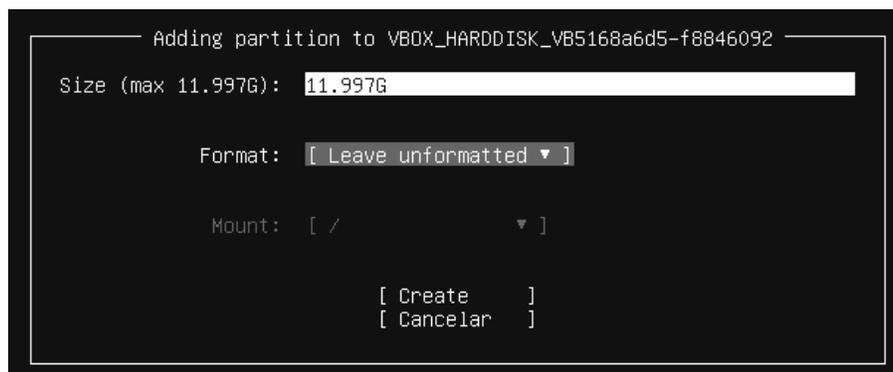


Figura I.8 Instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, configuración de particiones.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

Este paso de crear una partición sin formato se debe de replicar en cada disco duro instalado, para este caso específico que son solamente dos discos duros, entonces se crea una partición sin formato en cada uno.

Para los discos duros disponibles elegir esta opción, en el mismo sitio se debe de elegir la opción “add partition”, y se crea la partición con todo el espacio disponible en los discos, luego de esto se debe de elegir la opción “Create *software* RAID (md)”, como se muestra en la figura 9.

```
To continue you need to: Mount a filesystem at /
RESUMEN DEL SISTEMA DE ARCHIVOS
  No disks or partitions mounted.

DISPOSITIVOS DISPONIBLES

  DEVICE                                TYPE          SIZE
[ VBOX_HARDDISK_VB5bed0874-419db9d5    local disk    10.000G
  partition 1 new, unused                9.998G
[ VBOX_HARDDISK_VB9cb82277-21b3f813    local disk    10.000G
  partition 1 new, unused                9.998G

[ Create software RAID (md) ▶ ]
[ Create volume group (LVM) ▶ ]

USED DEVICES
  No used devices
```

Figura I.9 Instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, configuración de particiones.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

Después de esto se debe elegir los discos duros que se usarán en la instalación Raid.

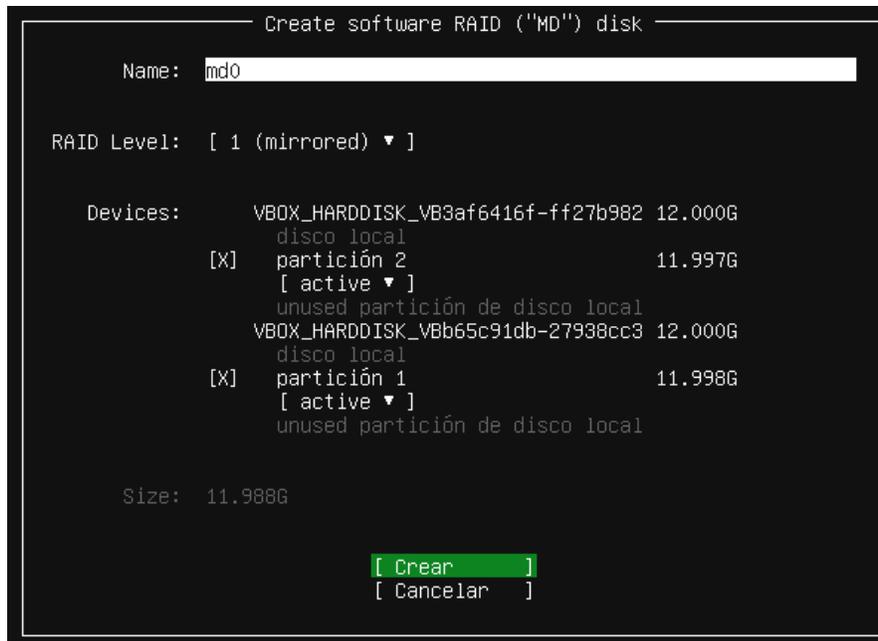


Figura 1.10 Instalaci3n de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, configuraci3n de particiones.

Fuente: Captura de instalaci3n Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

Con la barra espaciadora se eligen las particiones creadas, y se sigue la siguiente pantalla, se le dar3 un formato seg3n se muestra en la figura 11 y 12, a la partici3n creada por la configuraci3n Raid.

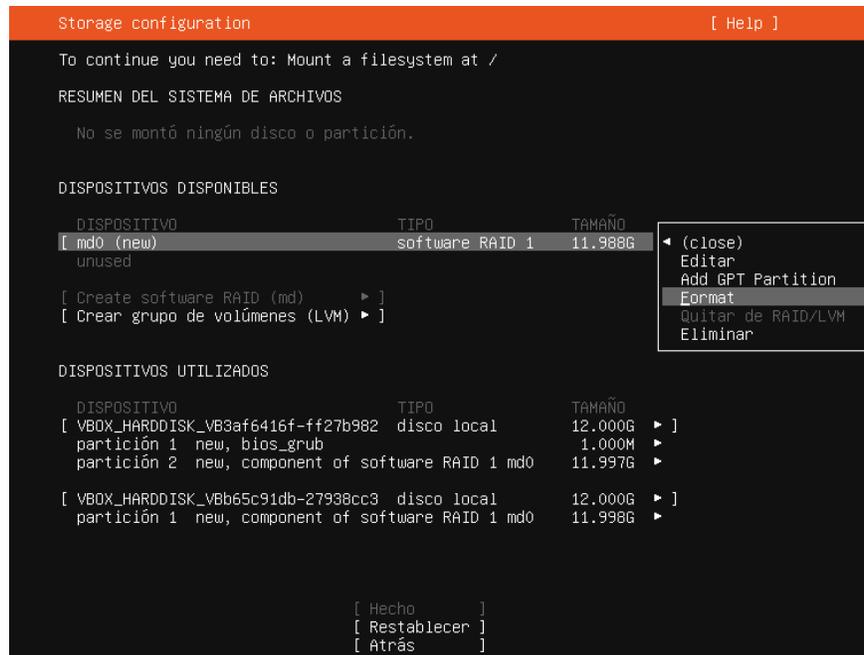


Figura I.11 Instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, configuración de particiones.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

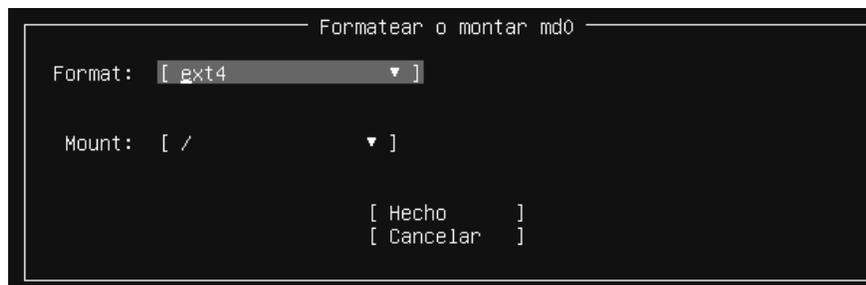


Figura I.12 Instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, configuración de particiones.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

Luego de esto se debe seleccionar la opción “Hecho”, en la siguiente pantalla nos pide algunos datos de usuario, este paso es importante definir un usuario y una contraseña de administrador, es importante recordar esta contraseña ya que se utilizará en todas las instalaciones posteriores.

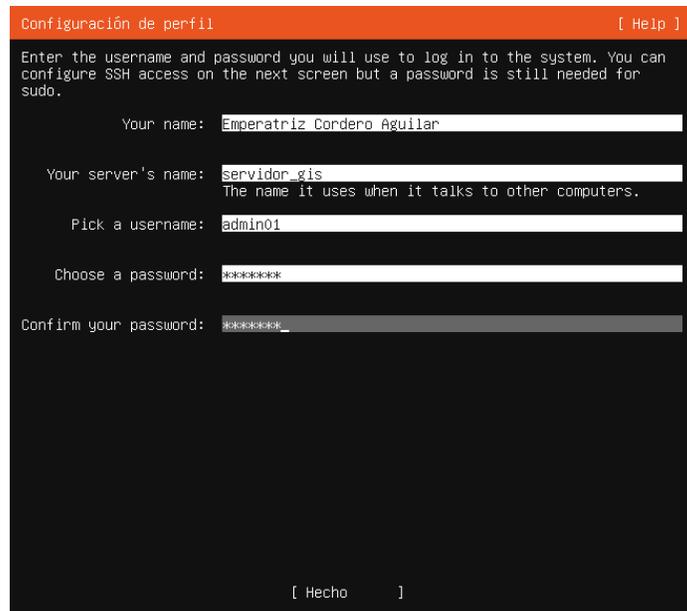


Figura I.13 Instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, configuración de usuario.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

En la pantalla siguiente de la instalación se puede escoger si se desea instalar aplicaciones populares en entornos de servidores, inclusive está disponible de instalar postgresQL10, sin embargo más adelante se instalará la versión PostgreSQL 11, que es una versión más reciente de esta base de datos, habilitada para usar en entornos con Ubuntu Server.

```
Instalando el sistema [ Help ]
installing system
curtin command install
preparing for installation
configuring storage
  running 'curtin block-meta simple'
  curtin command block-meta
  removing previous storage devices
  configuring disk: disk-sda
  configuring disk: disk-sdb
  configuring partition: partition-2
  configuring partition: partition-3
  configuring partition: partition-4
  configuring raid: raid-0
  configuring format: format-1
  configuring mount: mount-1
configuring network
  running 'curtin net-meta auto'
  curtin command net-meta
writing install sources to disk
  running 'curtin extract'
  curtin command extract
  acquiring and extracting image from cp:///media/filesystem
configuring installed system
  running '/snap/bin/subiquity.subiquity-configure-run'
  running '/snap/bin/subiquity.subiquity-configure-apt'
/snap/subiquity/1569/usr/bin/python3 true'
  curtin command apt-config
  curtin command in-target |

[ View full log ]
```

Figura I.14 Instalación de Ubuntu Server 18.04.4 LTS, configuración de usuario.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

Se pasan a las siguientes pantallas de la instalación, en donde se pregunta si se desea realizar alguna configuración adicional, en este caso no se desean instalar adicionales.

Una vez finalizado el proceso de la instalación se deben realizar actualizaciones de paquetes, para lo cual ejecutamos los siguientes comandos.

```
$ Sudo su
```

Para entrar al servidor con permisos elevados

```
$ apt-get update
```

Para actualizar repositorios

```
$ apt-get upgrade
```

Actualizar aplicaciones instaladas

```
$ apt-get dist-upgrade
```

Instalación PostgreSQL

El PostgreSQL es un sistema de base de datos relacional de objetos de código abierto, y es donde se alojará todo el proyecto, es decir la información predial de la municipalidad de Alajuelita.

El instalador del motor de bases de datos PostgreSQL está disponible en el link <https://www.postgresql.org/download/>, y se deberá verificar el sistema operativo en donde se instalará PostgreSQL.

Para el caso del servidor SIG toda la instalación se hará por línea de comandos, una vez instalado el sistema operativo, y realizadas todas las actualizaciones, se procede a instalar PostgreSQL 11, para esto debemos ejecutar los siguientes comandos.

Se debe de importar las llaves de firma de PostgreSQL con el comando

```
$ wget -q https://www.postgresql.org/media/keys/ACCC4CF8.asc -O- | sudo apt-key add -
```

```
admin01@servidor-gis:~$ wget -q https://www.postgresql.org/media/keys/ACCC4CF8.asc -O- | sudo apt-key add -  
[sudo] password for admin01:  
OK  
admin01@servidor-gis:~$ _
```

Figura I.15 Instalación de PostgreSQL 11 en Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

Se debe agregar el repositorio de archivos

```
$ echo "deb http://apt.postgresql.org/pub/repos/apt/ bionic-pgdg main" | sudo tee /etc/apt/sources.list.d/postgresql.list
```

```
admin01@servidor-gis:~$ echo "deb http://apt.postgresql.org/pub/repos/apt/ bionic-pgdg main" | sudo tee /etc/apt/sources.list.d/postgresql.list  
[sudo] password for admin01:  
deb http://apt.postgresql.org/pub/repos/apt/ bionic-pgdg main  
admin01@servidor-gis:~$
```

Figura I.16 Instalación de PostgreSQL 11 en Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

Se procede a instalar los paquetes de PostgreSQL con el siguiente comando, de igual manera que el comando anterior si se desea instalar otra versión de PostgreSQL, el comando varía.

```
$ sudo apt-get update  
  
$ sudo apt-get install -y postgresql-11
```

Es de suma importancia la siguiente configuración en el PostgreSQL, ya que como servidor tiene que ser accesible para toda la infraestructura cliente, de la manera que PostgreSQL viene configurada por defecto, solamente escuchará peticiones del localhost, es decir desde el mismo servidor.

Usamos el siguiente comando

```
$ sudo nano /etc/postgresql/11/main/postgresql.conf
```

Se debe de buscar la sección "Conexión Settings", y cambiar donde se indica #listen_addresses = 'localhost' por #listen_addresses = '*'

Después de esto es necesario reiniciar postgresql con el comando

```
$ sudo systemctl restart postgresql
```

Es necesario que es necesario que seleccionar que postgresql, escuche peticiones en el puerto 5432.

```
$ sudo apt update  
  
$ sudo apt install postgresql postgresql-contrib
```

Lo primero es importar la clave GPG para los paquetes de PostgreSQL

Con los comandos

```
$ sudo apt-get install wget ca-certificates
```

Luego de agregamos el repositorio oficial de PostgreSQL podemos instalarlo en Ubuntu server 18.04.

```
$ sudo apt-get update  
  
$ sudo apt-get install postgresql postgresql-contrib
```

Después de esto es necesario instalar el pgAdmin 4 para poder, El PGAdmin es una interfaz basada en la web para la gestión de instancias de bases de datos PostgreSQL.

Es necesario haber configurado el repositorio, en el paso anterior.

```
$ sudo apt-get install pgadmin4 pgadmin4-apache2
```

En este paso se debe de configurar el inicio de sesión de administrador pgadmin4.

Se debe de ingresar una dirección de correo para usar como ID de inicio de sesión soporte en documentación

La instalación de PostGIS se realiza en el “servidor SIG” con el comando.

```
$apt-get install postgis
```

```
root@servidor_gis:/home/admin01# apt-get install postgis
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Se instalarán los siguientes paquetes adicionales:
fontconfig-config fonts-dejavu-core gcc-7-base gdal-data libaec0 libarmadillo8 libarpack2
libblas3 libboost-serialization1.65.1 libboost-system1.65.1 libboost-thread1.65.1 libcgall3
libdap25 libdapclient6v5 libepsilon1 libfontconfig1 libfreex11 libfyba0 libgdal20 libgeos-3.7.1
libgeos-c1v5 libgeotiff2 libgfortran4 libgif7 libgmox4ldb1 libhdf4-0-alt libhdf5-100 libjbig0
libjpeg-turbo8 libjpeg8 libkmlbase1 libkmlDOM1 libkmlengine1 liblapack3 liblcms2-2 libltd17
libminizip1 libmysqlclient20 libnetcdf13 libnspr4 libnss3 libodbc1 libogdi3.2 libopenjp2-7
libpoppler73 libproj12 libprotobuf-c1 libqhull7 libquadmath0 libspatialite7 libsuperlu5
libsuperlu5 libsz2 libtiff5 liburiparser1 libwebp6 libxerces-c3.2 mysql-common odbcinst
odbcinstdebconf poppler-data postgis-doc postgresql-12 postgresql-12-postgis-3
postgresql-12-postgis-3-scripts postgresql-client-12 proj-bin proj-data
Paquetes sugeridos:
geotiff-bin gdal-bin libgeotiff-epsg libhdf4-doc libhdf4-alt-dev hdf4-tools libicms2-utils
libmyodbc odbc-postgresql tdsodbc unixodbc-bin ogdi-bin poppler-utils ghostscript
fonts-japanese-mincho | fonts-ipafont-mincho fonts-japanese-gothic | fonts-ipafont-gothic
fonts-arthlic-ukal fonts-arthlic-uming fonts-nanum postgis-gui postgresql-doc-12
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
fontconfig-config fonts-dejavu-core gcc-7-base gdal-data libaec0 libarmadillo8 libarpack2
libblas3 libboost-serialization1.65.1 libboost-system1.65.1 libboost-thread1.65.1 libcgall3
libdap25 libdapclient6v5 libepsilon1 libfontconfig1 libfreex11 libfyba0 libgdal20 libgeos-3.7.1
libgeos-c1v5 libgeotiff2 libgfortran4 libgif7 libgmox4ldb1 libhdf4-0-alt libhdf5-100 libjbig0
libjpeg-turbo8 libjpeg8 libkmlbase1 libkmlDOM1 libkmlengine1 liblapack3 liblcms2-2 libltd17
libminizip1 libmysqlclient20 libnetcdf13 libnspr4 libnss3 libodbc1 libogdi3.2 libopenjp2-7
libpoppler73 libproj12 libprotobuf-c1 libqhull7 libquadmath0 libspatialite7 libsuperlu5
libsuperlu5 libsz2 libtiff5 liburiparser1 libwebp6 libxerces-c3.2 mysql-common odbcinst
odbcinstdebconf poppler-data postgis postgis-doc postgresql-12 postgresql-12-postgis-3
postgresql-12-postgis-3-scripts postgresql-client-12 proj-bin proj-data
actualizados, 69 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 22 no actualizados.
Se necesita descargar 50,6 MB de archivos.
Se utilizarán 213 MB de espacio de disco adicional después de esta operación.
¿Continuar? [S/n]
```

Figura 17. Instalación de PostGIS, el servidor GIS.

Fuente: Captura de instalación Ubuntu Server 18.04.4 LTS.

La instalación de PostGIS es esencial para este proyecto, ya que hasta esta etapa solamente tenemos una base de datos relacional, PostGIS agrega el componente espacial, misma que agrega soporte para datos geográficos.

Apéndice II. Guía de creación y administración de la base de datos (municipalidad_alajuelita) desde pgAdmin.

El instalador de pgAdmin está disponible en la página <https://www.pgadmin.org/download/>, se debe seleccionar el sistema operativo que tiene la máquina desde la cual se va a gestionar.

Para iniciar la conexión desde el dispositivo desde el que se instaló el *software* pgAdmin, se debe elegir la opción crear un nuevo servidor.

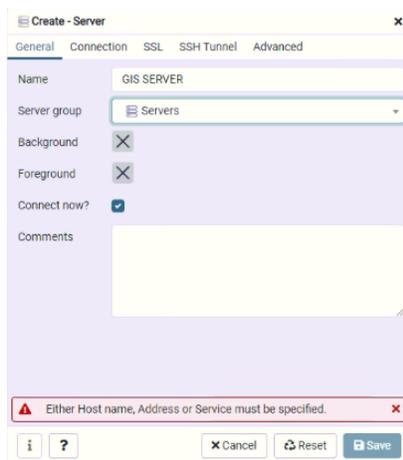


Figura II.1 Conexión al servidor desde pgAdmin.

Fuente: Captura programa pgAdmin.

El servidor fue llamado “GIS SERVER” y tiene asociada la IP 10.1.1.3, la cual se seguirá utilizando para conexiones futuras.

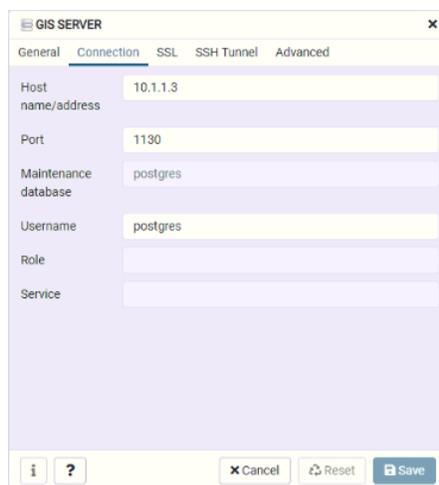


Figura II.2 Conexión al servidor GIS desde pgAdmin.

Fuente: Captura programa pgAdmin.

En la pestaña “Connection” se debe introducir la IP del servidor que es 10.1.1.3 y el puerto 1130, parámetros que se definieron en la configuración del servidor, en etapas anteriores.

En las otras pestañas, SSL, SSH Tunnel, y Advanced, no se debe alterar la información, con este paso se debe de mostrar las bases de datos dentro del servidor, por lo general se crea una base de datos por defecto nombrada “Postgres”.

Una vez que conectó al servidor SIG desde la interfaz de pgAdmin, se creó la base de datos sobre la cual se alojó la información espacial que necesita la Municipalidad de Alajuelita.

El primer paso es autenticarse, se va a solicitar la contraseña del súper usuario que se definió en etapas anteriores a la hora de autenticarse, y luego se debe de seleccionar la opción de crear una nueva base de datos, nombrada “municipalidad_alajuelita”.

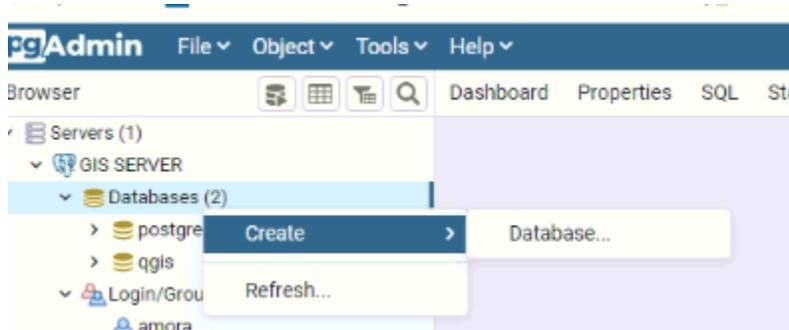


Figura II.3 Crear base datos en servidor SIG desde pgAdmin.

Fuente: Captura programa pgAdmin.

Para crear la base de datos se seleccionó la opción crear “database”, y se creó la base de datos con nombre “municipalidad_alajuelita”, a esta base de datos se le habilitó la componente espacial en opción Create-Extension, como se muestra en la figura II.4.

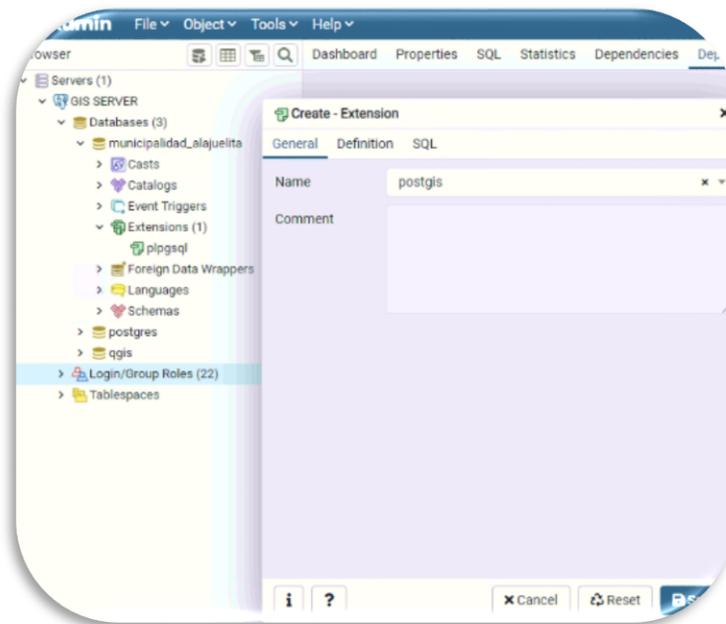


Figura II.4 Crear complemento espacial a la base de datos “municipalidad_alajuelita”.

Fuente: Captura programa pgAdmin.

Y se creó otro esquema diferente al esquema “public” creado por defecto, para alojar la información que se integrará a la base de datos en la siguiente etapa.

Crear Usuarios y Asignar Roles

En la opción login/group roles creamos los usuarios clientes, como se muestra en la figura II.5

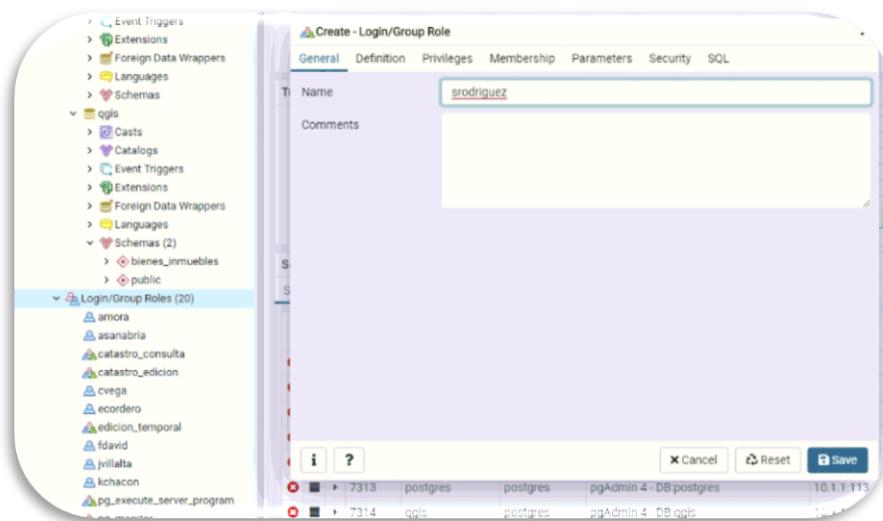


Figura II.5 Crear usuario en la base de datos.

Fuente: Captura programa pgAdmin.

La siguiente acción que se debe de ejecutar después de definir el nombre de usuario es poner una contraseña, inclusive se le puede indicar una fecha de expiración a la contraseña, y definir el límite de conexión, el valor por defecto -1 permite conexiones ilimitadas.

A cada usuario creado se le van a otorgar los privilegios según se indica en la figura II.6, y posterior a esto cada vez que se deba funciones a cada usuario dependiendo del rol que pertenezca.

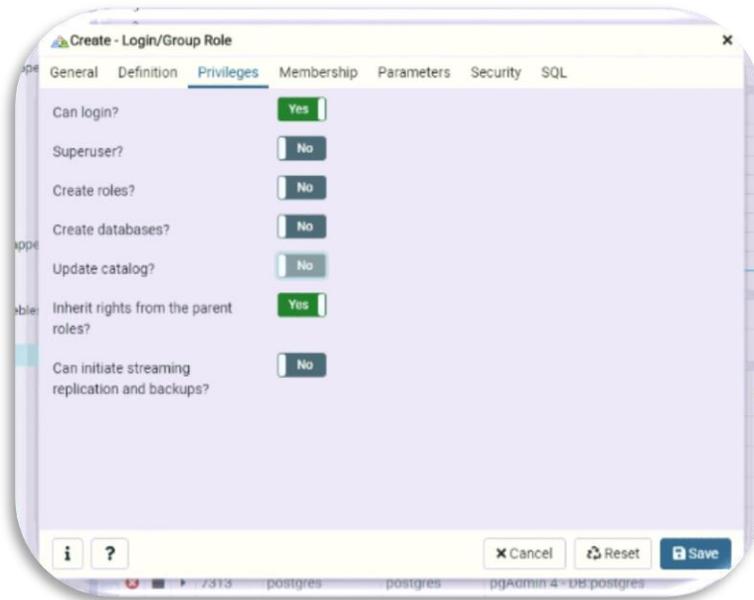


Figura II.6 Privilegios de usuario en la base de datos.

Fuente: Captura programa pgAdmin.

En la opción SQL, se puede visualizar las sentencias de la creación de este usuario por línea de comandos, si se tiene el dominio de las sentencias SQL es más práctico realizarlo de esta manera.

Hasta este paso los usuarios pueden conectarse a la base de datos desde un dispositivo cliente, sin embargo no tienen acceso a visualizar la información del servidor ni a cargar capas es decir, hasta este paso los usuarios solamente pueden autenticarse.

Los roles no deben tener habilitado el privilegio "login", hasta este apartado no se ha entrado en detalle con la autorización que se concede a cada rol, estas autorizaciones o privilegios mejor conocidos como "GRANTS", los cuales pueden ser: SELECT, INSERT, UPDATE, DELET, TRUNCATE, REFERENCES, TRIGGER, CREATE, CONNECT, TEMPORARY, EXECUTE, USAGE, estos se verán en detalle cuando se le carguen las capas de información a la base de datos.

Apéndice III. Importar las capas a la base de datos (municipalidad_alajuelita) desde QGIS.

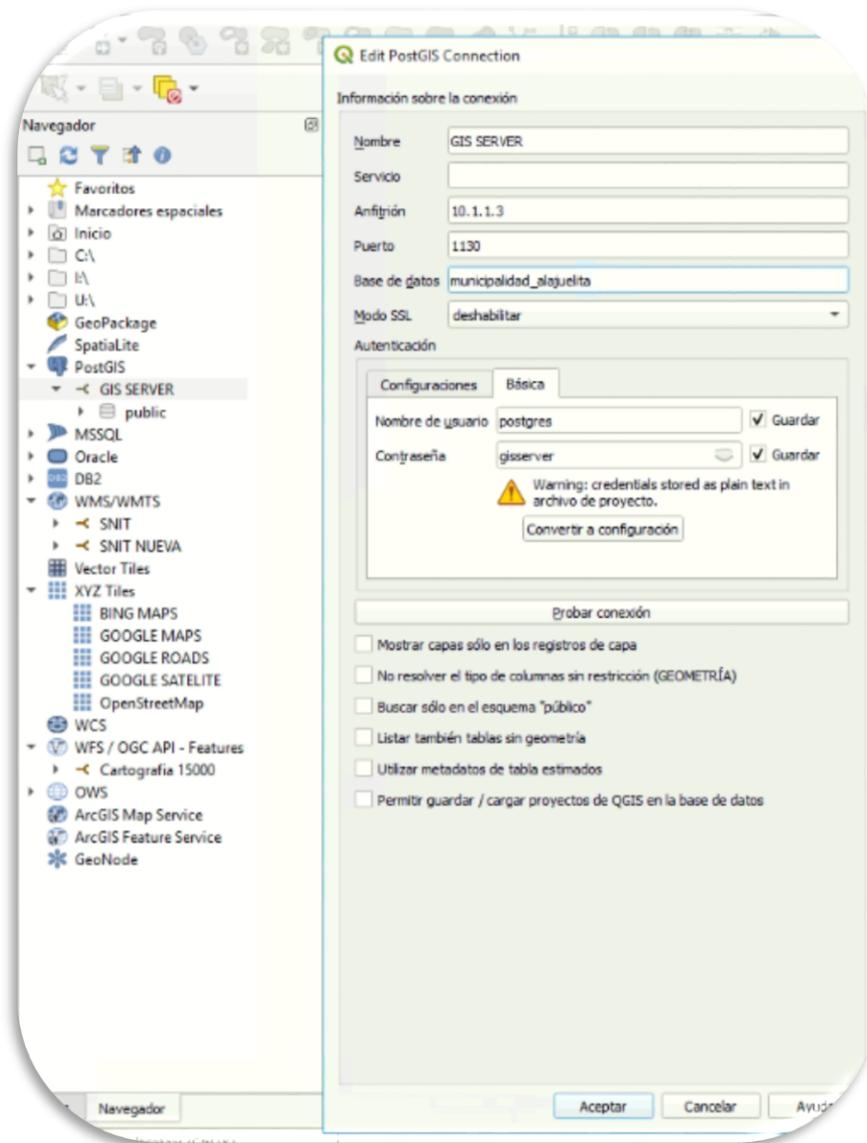


Figura III.1 Conexión a la base de datos en “QGIS”.

Fuente: Captura programa pgAdmin.

Una vez ya instalado el programa QGIS, y conectado a la base de datos se puede cargar de manera sencilla las capas desde la herramienta “Administrador de bases de datos”.

Se debe acceder a la herramienta como se indica en la figura III.1 y se debe tener las capas ya cargadas en el mapa.

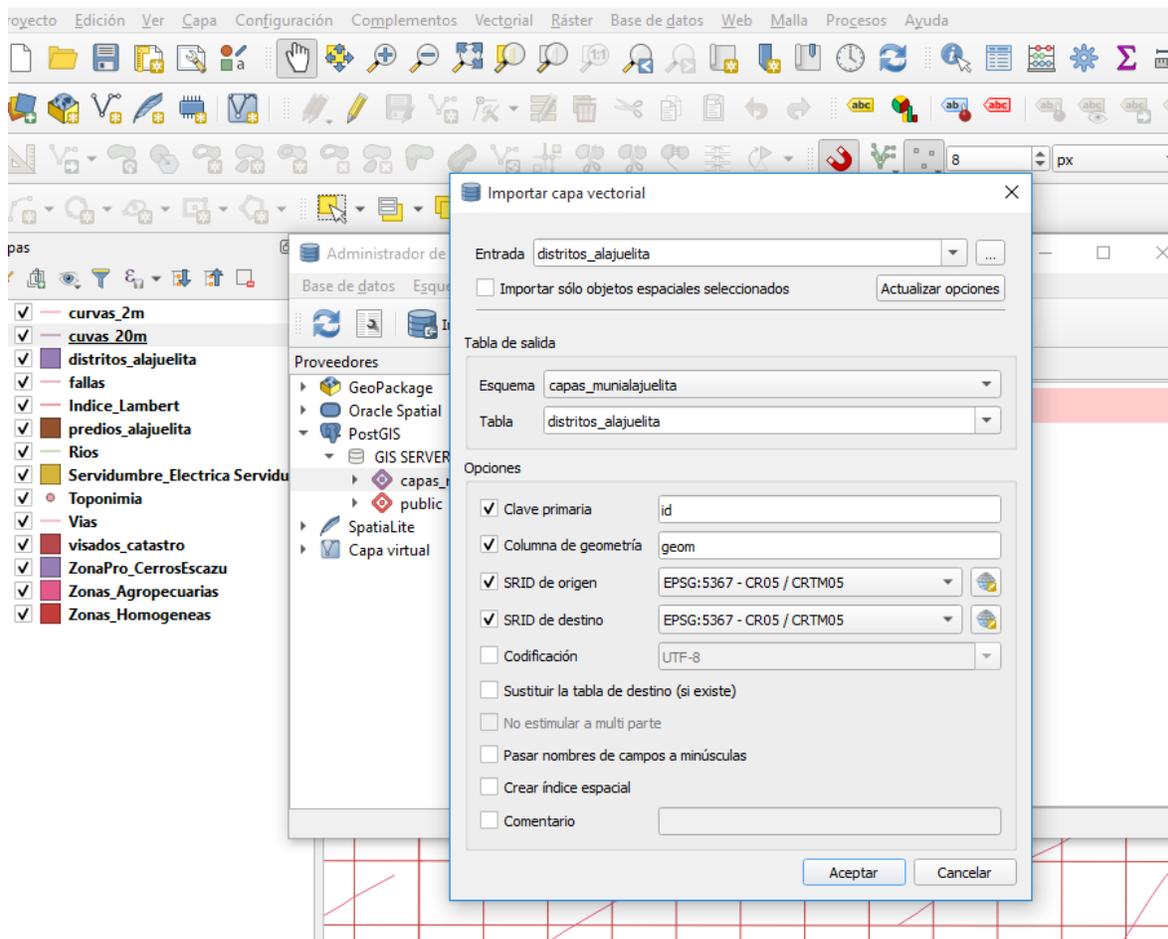


Figura III.2 Cargar capas al servidor GIS con la herramienta Administrador de bases de datos en “QGIS”.

Fuente: Captura programa QGIS.

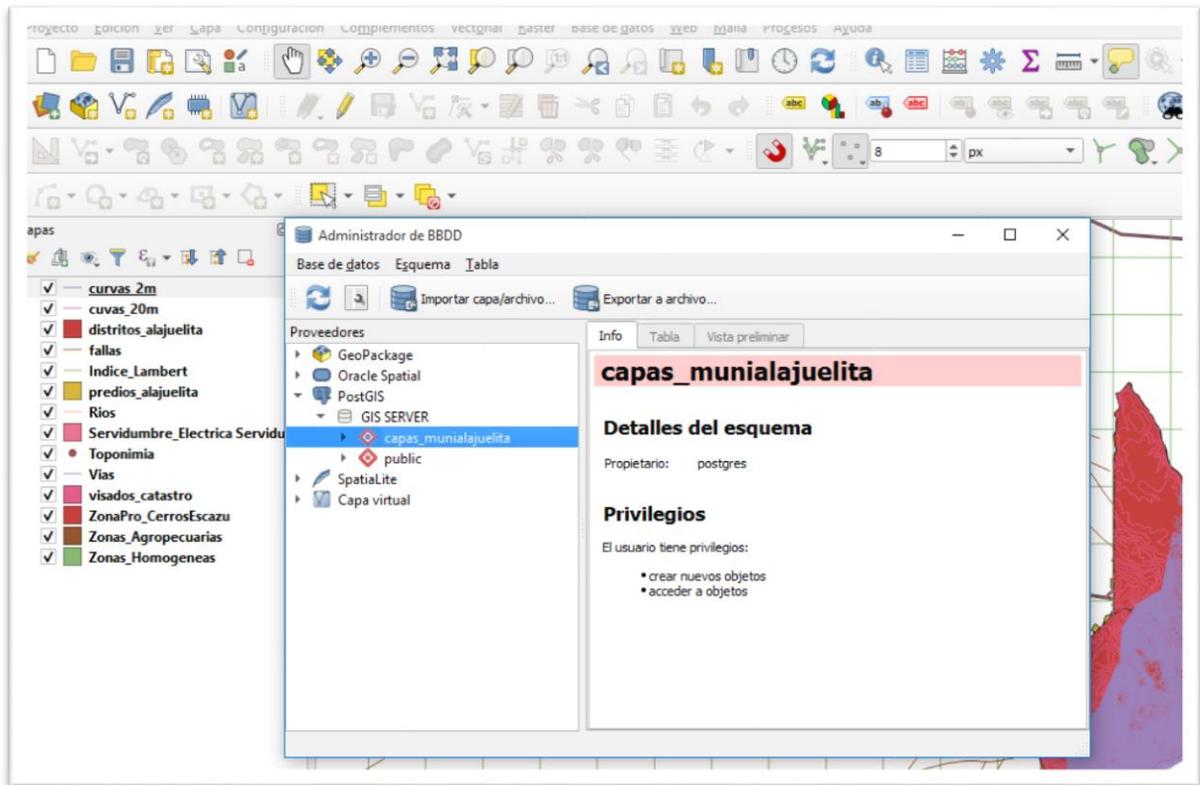


Figura III.3 Cargar capas al servidor GIS con la herramienta Administrador de bases de datos en “QGIS”.

Fuente: Captura programa QGIS.

De la misma manera que se indicó anteriormente se debe importar la tabla extraída del SAM en formato “.csv” para poder integrar la información del SAM con la capa predios en la base de datos “municipalidad_alajuelita”. Una vez que la tabla extraída del SAM ya se encuentra dentro de la base de datos, sobre tabla predios, se despliegan las opciones al dar click derecho sobre la tabla predios, y sobre la herramienta “Query Tool” según se muestra en la figura III.4 se debe ejecutar la siguiente sentencia por cada campo de la tabla predios que se desee actualizar con información de la tabla del SAM.

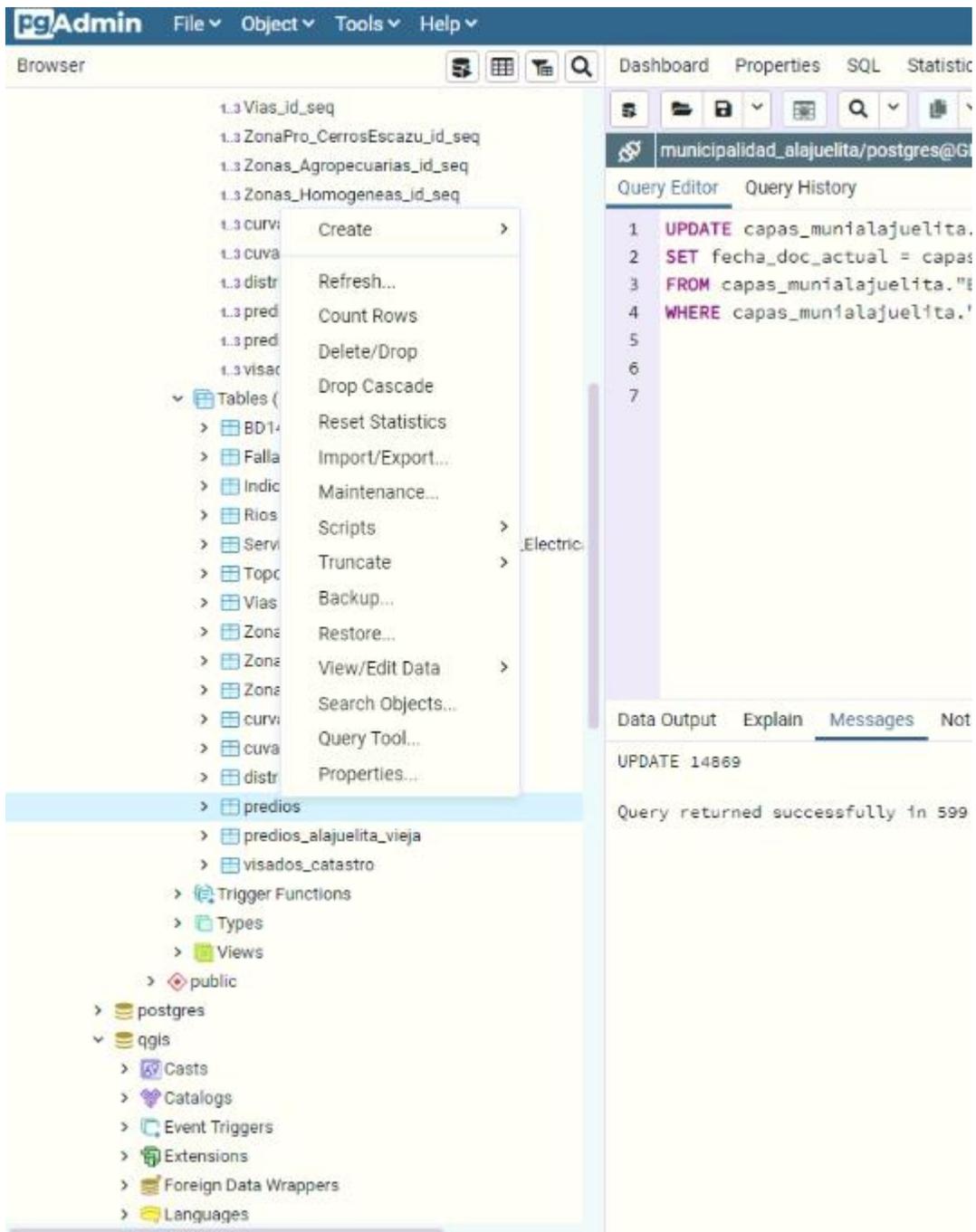


Figura III.4 Desplegar herramienta “Query Tool” en la tabla predios en pgAdmin.

Fuente: Captura programa pgAdmin.

Esta sentencia actualiza el atributo de “finca” en la capa predios, con el atributo “finca” que se extrae de la información del SAM, para todos los registros donde se logre una coincidencia en el número de gis tanto en la capa predios como en el SAM.

```
UPDATE capas_munialajuelita."predios"  
SET finca = capas_munialajuelita."BD14012021".finca  
FROM capas_munialajuelita."BD14012021"  
WHERE capas_munialajuelita."predios".gis = capas_munialajuelita."BD14012021".gis
```

Esta sentencia actualiza el atributo de “plano” en la capa predios, con el atributo “plano” que se extrae de la información del SAM, para todos los registros donde se logre una coincidencia en el número de gis tanto en la capa predios como en el SAM.

```
UPDATE capas_munialajuelita."predios"  
SET plano = capas_munialajuelita."BD14012021".plano  
FROM capas_munialajuelita."BD14012021"  
WHERE capas_munialajuelita."predios".gis = capas_munialajuelita."BD14012021".gis
```

Esta sentencia actualiza el atributo de “duplicado” en la capa predios, con el atributo “duplicado” que se extrae de la información del SAM, para todos los registros donde se logre una coincidencia en el número de gis tanto en la capa predios como en el SAM.

```
UPDATE capas_munialajuelita."predios"  
SET duplicado = capas_munialajuelita."BD14012021".duplicado  
FROM capas_munialajuelita."BD14012021"  
WHERE capas_munialajuelita."predios".gis = capas_munialajuelita."BD14012021".gis
```

Esta sentencia actualiza el atributo de “horizontal” en la capa predios, con el atributo “horizontal” que se extrae de la información del SAM, para todos los registros donde se logre una coincidencia en el número de gis tanto en la capa predios como en el SAM.

```
UPDATE capas_munialajuelita."predios"
```

```
SET horizontal = capas_munialajuelita."BD14012021".horizontal
```

```
FROM capas_munialajuelita."BD14012021"
```

```
WHERE capas_munialajuelita."predios".gis = capas_munialajuelita."BD14012021".gis
```

Esta sentencia actualiza el atributo de “derecho” en la capa predios, con el atributo “derecho” que se extrae de la información del SAM, para todos los registros donde se logre una coincidencia en el número de gis tanto en la capa predios como en el SAM.

```
UPDATE capas_munialajuelita."predios"
```

```
SET derecho = capas_munialajuelita."BD14012021".derecho
```

```
FROM capas_munialajuelita."BD14012021"
```

```
WHERE capas_munialajuelita."predios".gis = capas_munialajuelita."BD14012021"
```

Otorgar permisos a cada Rol.

Desde la interfaz de pgAdmin se deben verificar que se crearon todos los usuarios de manera correcta, y que cada usuario pertenezca a un rol, para este caso solo se realizaron dos roles, lo que permitirán a los usuarios del servidor consultar la información o editarla y actualizarla

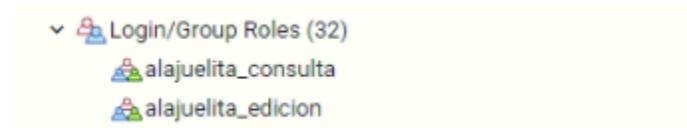


Figura III.5 Roles de usuarios en servidor GIS.

Fuente: Captura programa pgAdmin.

Una vez que los roles están creados se debe de darles permisos de uso en el esquema, y en las tablas, entonces en el esquema en este caso llamado “capas_munialajuelita” en la pestaña “Security” se le debe de conceder el privilegio “USAGE” a todos los roles.

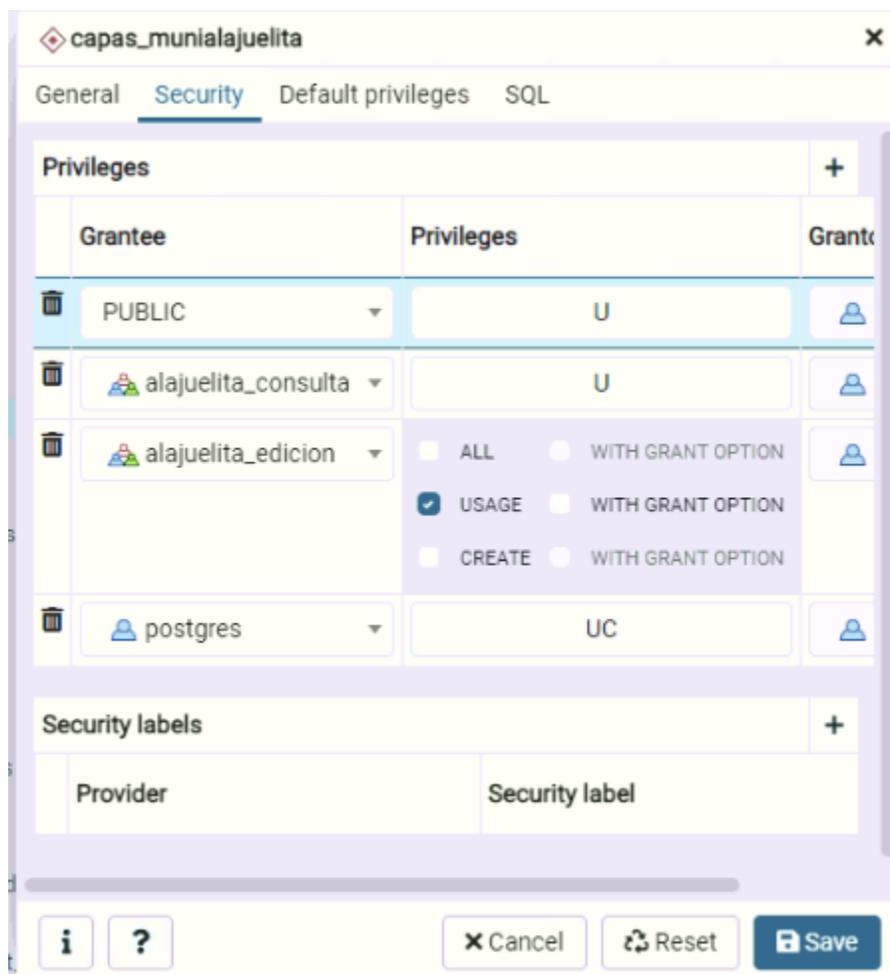


Figura III.6 Roles de usuarios en servidor SIG.

Fuente: Captura programa pgAdmin.

Luego de esto en las propiedades de cada tabla, se debe elegir los privilegios para cada rol, por ejemplo en la institución donde se desarrolla este proyecto la única capa que estará expuesta a la edición de los usuarios, es la capa “predios”, entonces los privilegios que se deben otorgar, serán los de “SELECT” a todas las otras tablas en el esquema, y la capa predios se le deben otorgar permisos

según el Rol, por ejemplo a el rol de consulta solo necesita “SELECT” en todas las tablas, pero el Rol “Alajuelita_edicion” necesita todos los permisos en esta tabla.

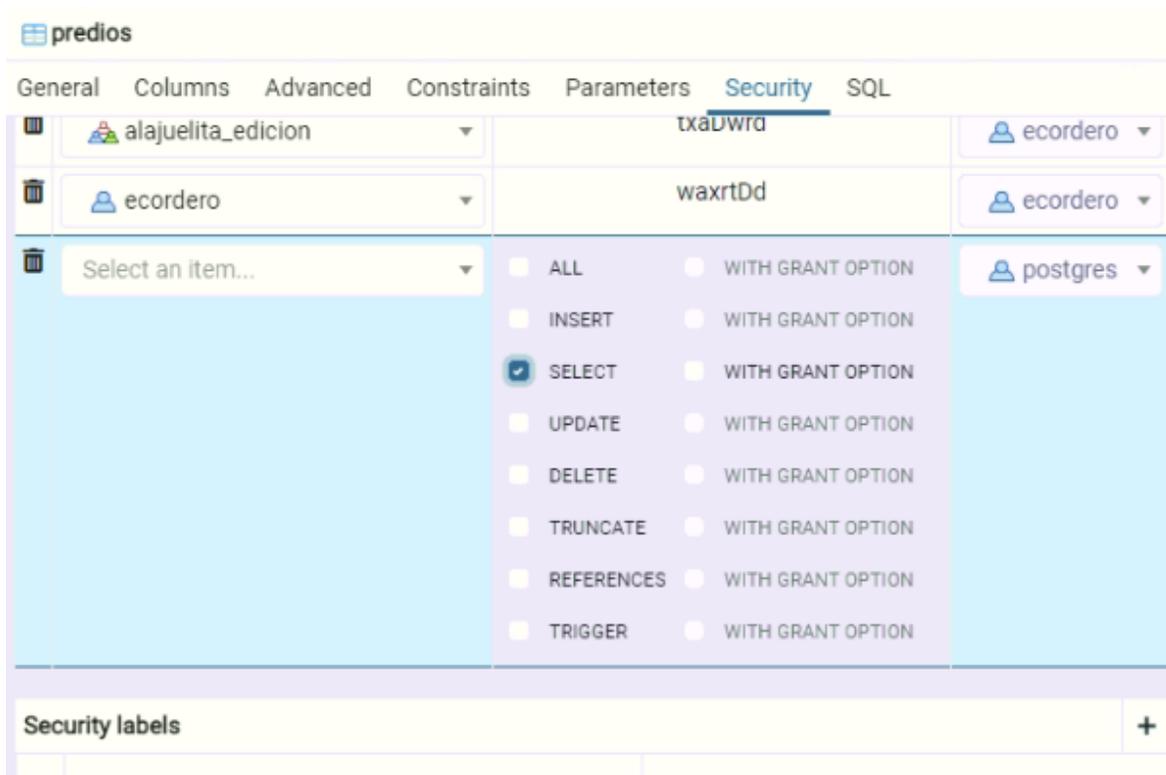


Figura III.7 Permiso de Roles de usuarios en servidor SIG en la tabla predios.

Fuente: Fuente: Captura programa pgAdmin.

Apéndice IV. Protocolo de mantenimiento III.1 Dibujar predios nuevos producto de los movimientos registrales en el cantón de Alajuelita.

Se debe realizar una consulta a la plataforma en línea del registro nacional, por el número de finca con la finalidad de corroborar la información.

Para esto en la página (<https://www.rnpdigital.com/shopping/login.jspx>) se deben de crear un usuario y una contraseña, y cada finca en el listado la van a consultar, en consultas gratuitas → consultas por número de finca, y se consulta el movimiento de la finca. Ver figura IV.1.



Figura IV.1 Consulta por número de finca en la plataforma en línea del registro Nacional.

Fuente: Plataforma en línea del Registro Nacional.

Hay que revisar el número de plano que se usará para dibujar el predio, y se debe de revisar si esta finca generó segregaciones, ver en la figura IV, los campos señalados con color amarillo, se les debe tener especial atención uno de ellos es el número de plano indicado en el asiento registral y el otro indica si la finca tiene segregaciones.

REPUBLICA DE COSTA RICA
REGISTRO NACIONAL
CONSULTA POR NUMERO DE FINCA
MATRICULA: 144810- - 006

PROVINCIA: SAN JOSÉ **FINCA:** 144810 **DUPLICADO:** **HORIZONTAL:** **DERECHO:** 006
SEGREGACIONES: SI HAY

NATURALEZA: TERRENO PARA CONSTRUIR
SITUADA EN EL DISTRITO 3-SAN ANTONIO CANTON 10-ALAJUELITA DE LA PROVINCIA DE SAN JOSÉ

LINDEROS:
NORTE : CALLE PUBLICA CON 19.36 METROS LINEALES DE FRENTE
SUR : ANTONIO CALDERON RETANA Y; DANTE BOSCHINI SALAZAR
ESTE : SILVIA ELENA CENTENO MATARRITA
OESTE : ANTONIO CALDERON RETANA

MIDE: DOSCIENTOS VEINTISIETE METROS CUADRADOS
PLANO: SJ-2064074-2018

Figura IV.2 Información de interés en el Registro Nacional para conformar predios nuevos.

Una vez se tenga claro el número de plano, se debe de buscar y se dibujará el plano por medio de su derrotero en QGIS, con el complemento “Azimuth and Distance”, y se guardara en la capa “predios”. Esto para los casos que el plano no este dibujado, y se llenan los atributos de la tabla, más adelante se explicará cuáles son los atributos que debe de llenarse.

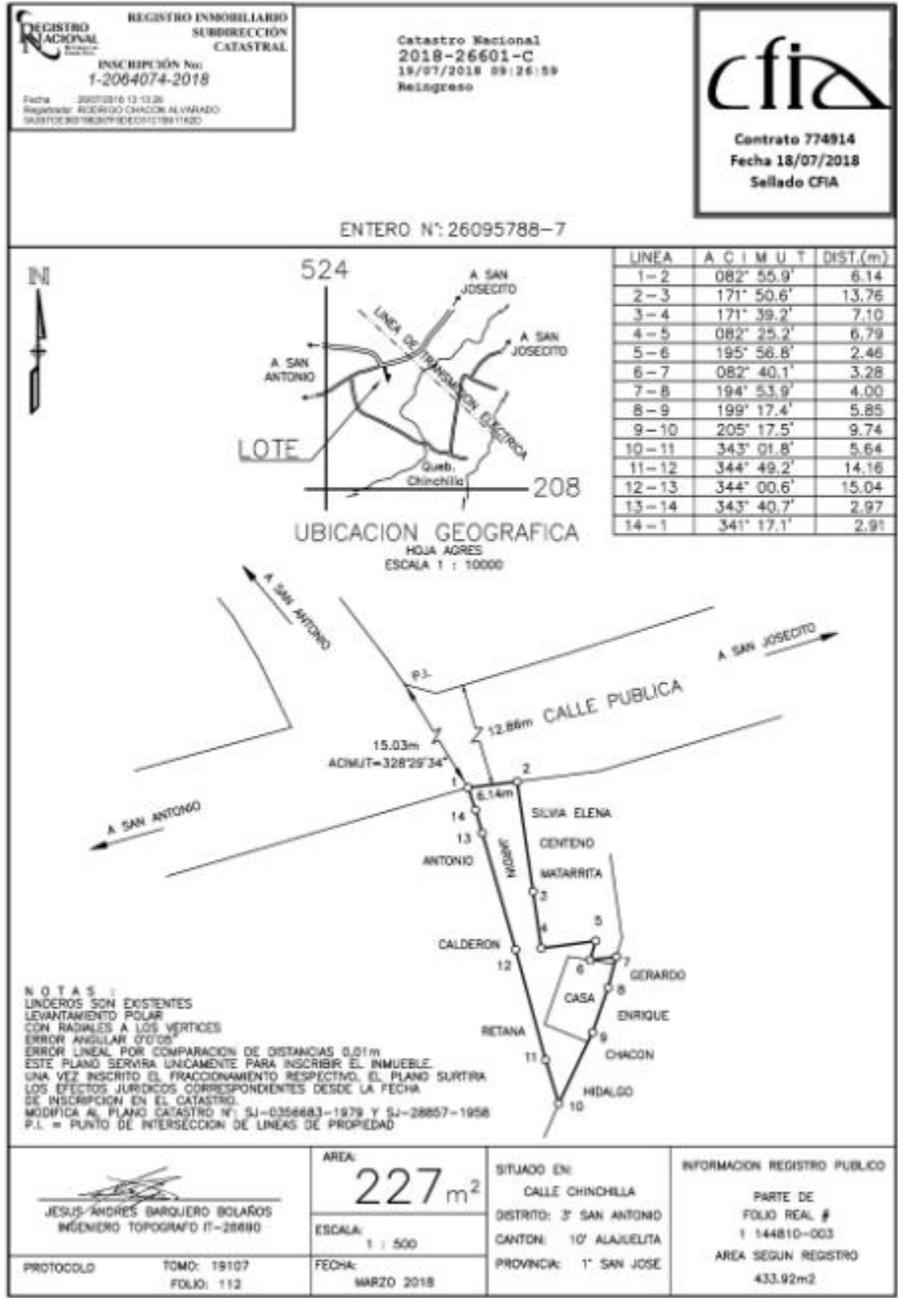


Figura IV.3 Imagen del plano SJ-2064074-2018.

Es más fácil ubicar primero la zona donde se ubica el inmueble, y posterior a esto dibujar el plano, como el cantón de Alajuelita aún no está declarado como zona catastrada, a la fecha de este documento, y la mayoría de planos del cantón aún hacen referencia al sistema de coordenadas Lambert Norte, por lo que se debe de buscar el cuadrante donde se localiza el plano y dibujar el predio lo más aproximado a su ubicación actual.

Toda la cartografía del país debería estar en el sistema oficial de coordenadas según decreto 33797-MJ-MOPT, de Oficialización de la Red Nacional de Coordenadas, sin embargo para la primera etapa de dibujar los predios nuevos, configuraremos el programa QGIS en la antigua proyección de coordenadas para Costa Rica, Lambert, y para el caso de Alajuelita, Lambert norte.

Antes de iniciar se debe descargar el programa QGIS, si es posible en la última versión estable disponible en (<https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html>), una vez instalado el programa se debe configurar el proyecto a la proyección Lambert Norte, esto únicamente a la hora de dibujar los nuevos predios, a la hora de copiar y pegar las entidades en la capa predios, estas entidades reprojectarán en CRTM05.

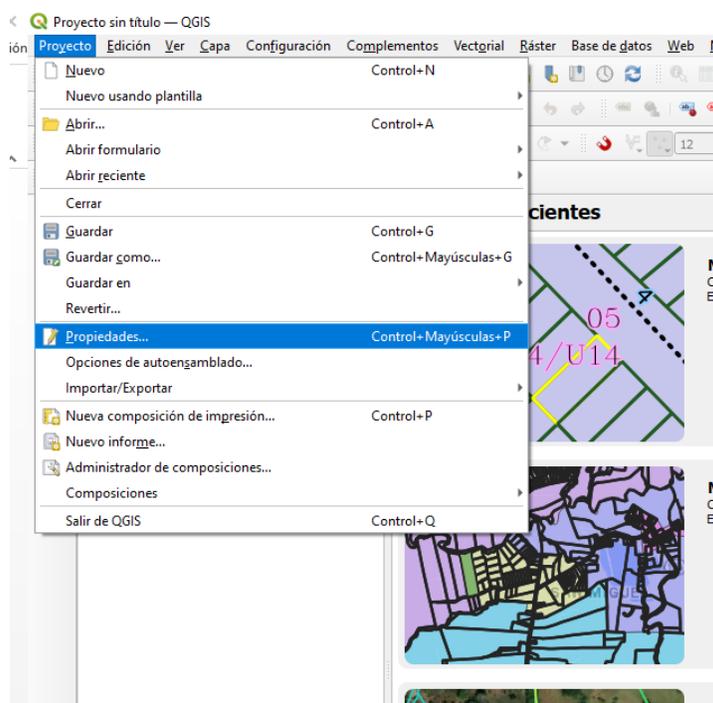


Figura IV.4 Configuración del programa QGIS.

Fuente: Captura programa QGIS.

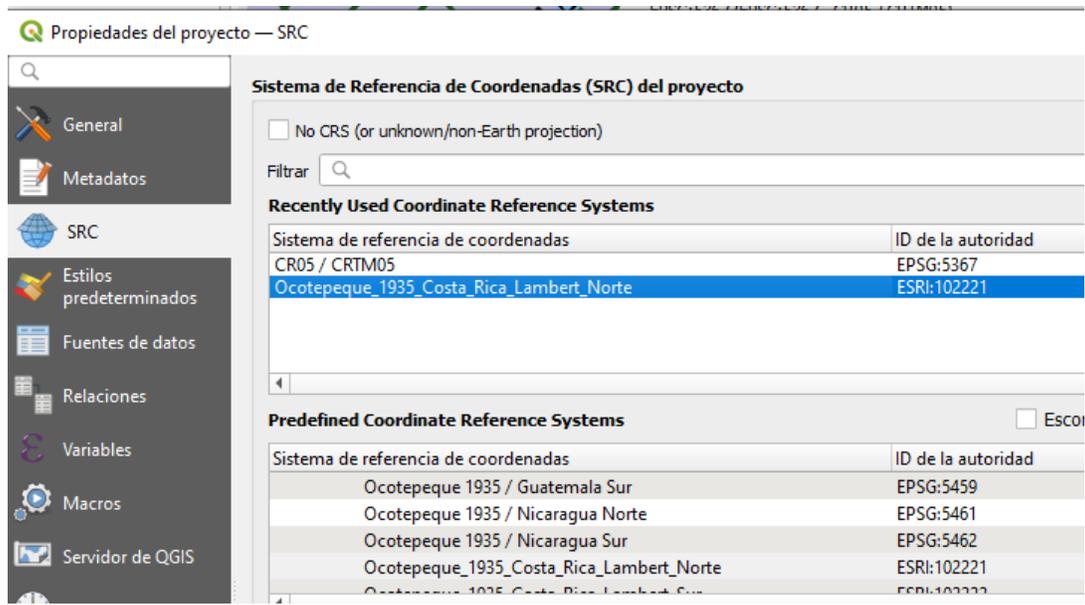


Figura IV.5 Configuración del programa QGIS.

Fuente: Captura programa QGIS.

Esto para que sea más sencillo ubicar los predios de acuerdo a la información que se despliega en la imagen del plano. Luego en la imagen buscamos la ubicación geográfica, por ejemplo en este caso, ver figura 2 la coordenada Lambert Este sería 524000 y la norte sería 208000, en la barra inferior del QGIS, hay un recuadro que indica coordenada, ver figura IV.6, en ese recuadro se debe escribir 524000,208000 y la tecla enter.

Automáticamente la vista del programa se desplegará en el recuadro de coordenadas requerido. Es importante cargar las capas de cartografía, ya que esto facilitará el proceso de ubicar los planos.

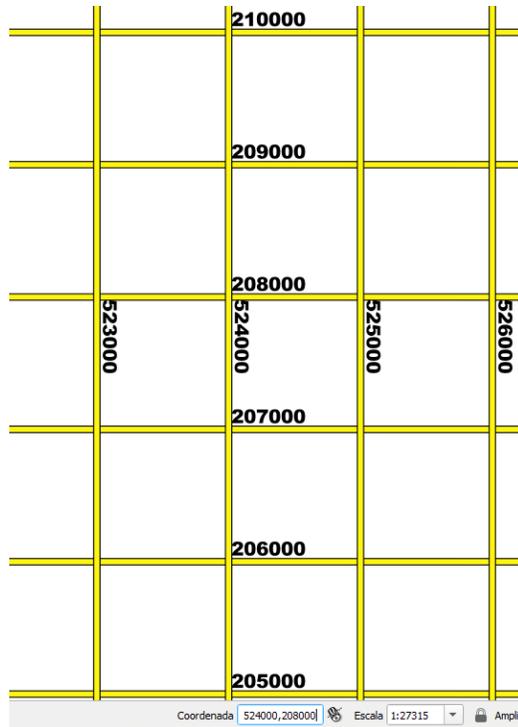


Figura IV.6 Configuración del programa QGIS.

Fuente: Captura programa QGIS.

Luego de haber encontrado la ubicación aproximada del predio, se procede a dibujarlo por medio del complemento “Azimuth and Distance”, este se debe activar en la barra de menú, complementos,

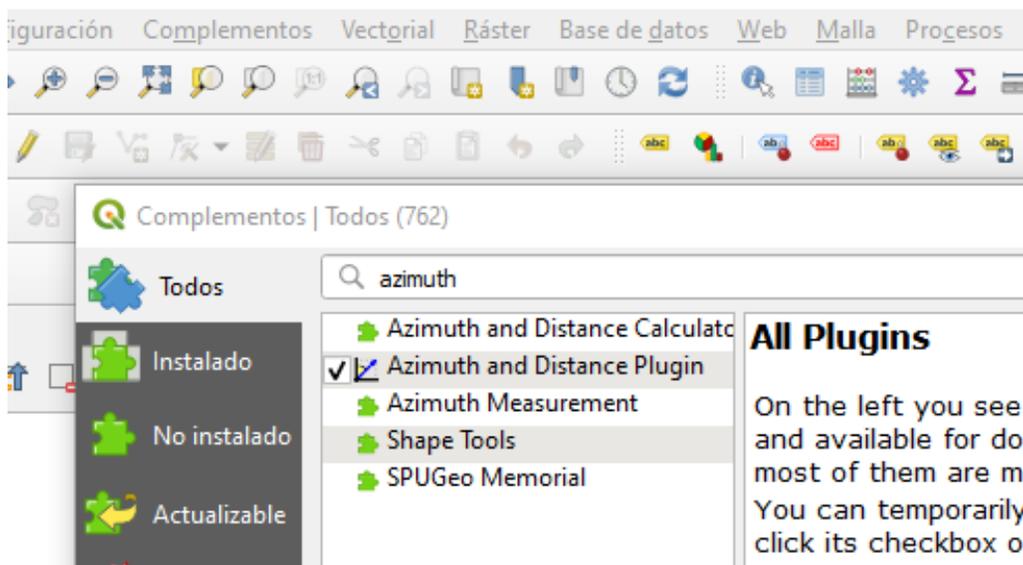


Figura III.7 Activar el complemento “Azimuth and Distance Plugin”.

Fuente: Captura programa QGIS.

Posterior a esto nos acercamos a la zona donde se ubica el predio, y abrimos el complemento, para empezar a dibujar, como se indica en la figura 7.

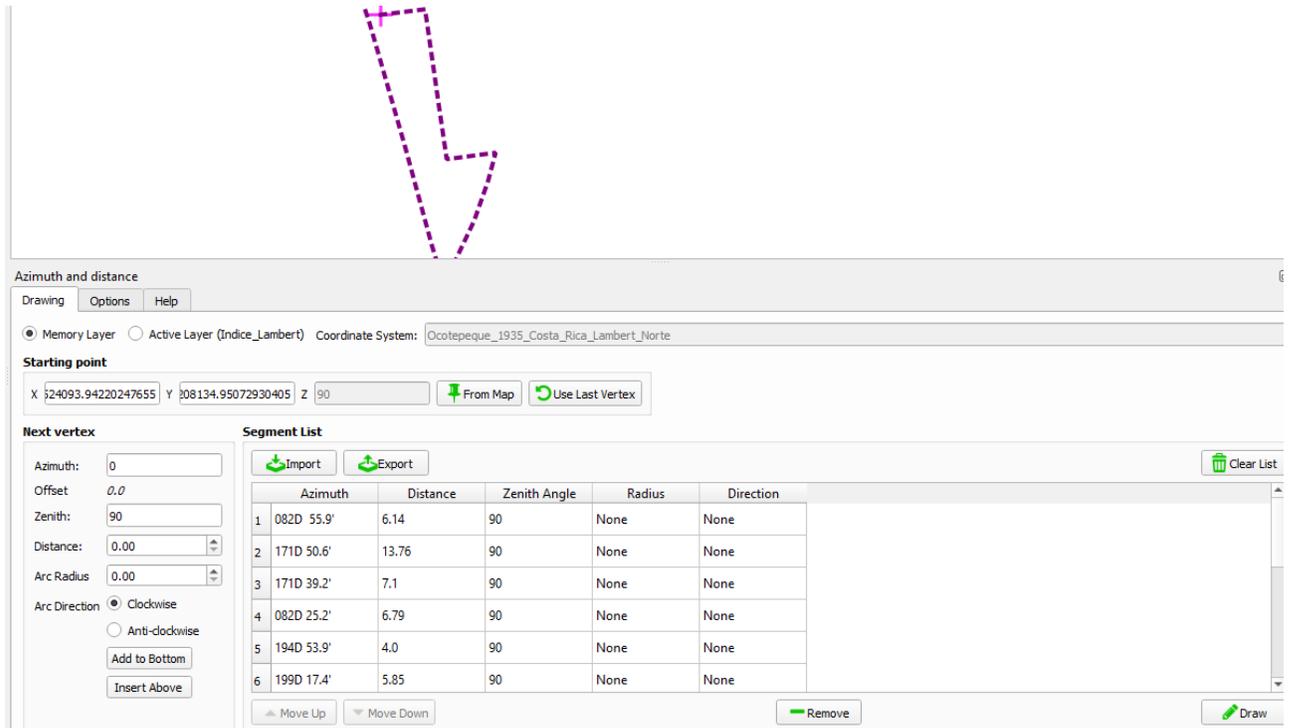


Figura III.8 Herramienta azimuth and distance en QGIS.

Fuente: Captura programa QGIS.

Después de ingresar cada línea en el derrotero se presiona add to Bottom, este proceso se repite con cada línea del derrotero, y finalmente se debe de seleccionar la opción "Draw", es importante el formato en que se debe escribir cada línea del derrotero para que sea reconocida por el complemento.

La opción Clockwise debe estar activada, y después de dibujar cada elemento, se deben indicar sus atributos correctamente en este caso se deberá llenar número de plano con 12 dígitos de la siguiente manera, hasta completar 12 dígitos, completando con ceros a la derecha del número de inscripción en el caso de los números de plano que no alcanzan los 12 dígitos.

Y en cada predio dibujado se deben de guardar los cambios en la capa predios proporcionados en los insumos, para que a la hora de trasladar esta información espacial a la capa predios del servidor SIG, exista concordancia con la información de sus atributos.

Es importante que cada predio se le llene los atributos de la siguiente manera

GIS: distrito (2dígitos)+finca (7 dígitos)+Duplicado + Horizontal.

Plano: 12 dígitos

Finca: 8 dígitos

IV.2 Realizar saneamiento y depuración de los predios ya dibujados en el Mapa Municipal de Alajuelita.

Para realizar este procedimiento de saneamiento y depuración de la información es necesario cargar la capa bloques integrada en el servidor en etapas anteriores, de esta manera se realizará una revisión de los predios organizada por la capa bloques.

El objetivo es revisar de manera individual cada predio, de manera que cada entidad dentro de la base de datos "municipalidad_alajuelita" tenga sus atributos correctos y no tengan actualizaciones según la información en el Registro Nacional.

La revisión que se debe de realizar a cada predio se puede resumir en los siguientes pasos.

- Consultar el predio
- Ver imagen del plano que coincida con la ubicación actual del plano.
- Consultar posibles actualizaciones (nuevo plano o segregaciones)
- Verificar los atributos correctos

En caso que se detecte una incongruencia en la información antes indicada, se debe proceder a subsanarla, si se trata de la ubicación errónea se debe conformar en predio en la ubicación correcta según el procedimiento en IV, si se trata de actualización de la información esta debe corregirse primero en le SAM, para que la miasma se refleje en la capa predios, y si se trata de algún atributo incorrecto se debe de corregir.

Apéndice V. Guía de usuario

Para conectarse a la base de datos es necesario conocer las credenciales del servidor, mismas que se muestran en la figura V.1 esta conexión se realiza desde el dispositivo de cada usuario mediante el *software* QGIS.

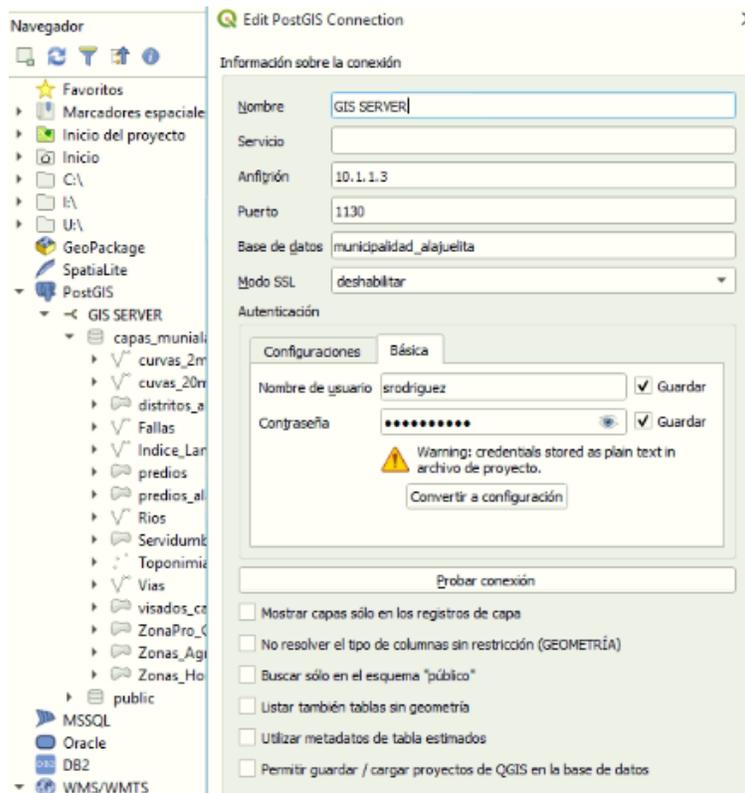


Figura V.1 Conexión al servidor SIG desde el *software* QGIS.

Fuente: Captura programa QGIS.

Una vez que realiza la conexión al servidor, es posible trasladar las capas del servidor al *software* QGIS, arrastrando la capa que se desea utilizar.

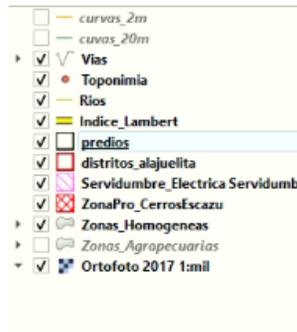


Figura V.2 Capas de servidor SIG en el software QGIS.

Fuente: Captura programa QGIS.

Es posible realizar búsqueda por atributos en cada capa, por ejemplo para buscar por número de finca desde la tabla de atributos de la capa predios, se debe seleccionar click derecho, y abrir la tabla de atributos como se muestra en la figura V.3.

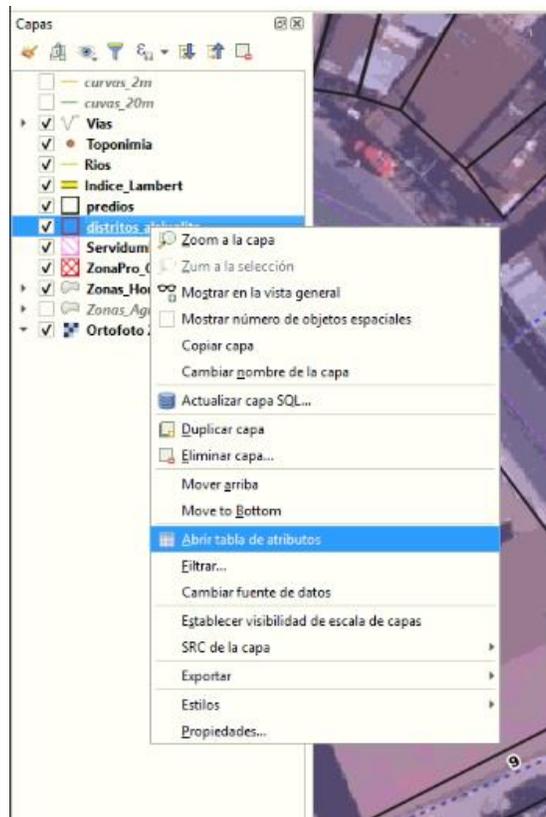


Figura V.3 Capas de servidor SIG en el software QGIS.

Fuente: Captura programa QGIS.

En el filtro de campo se puede elegir el atributo deseado para la búsqueda como se indica en la figura V.4, en este caso número de finca, y de esta manera es posible realizar la búsqueda por número de finca. Es posible guardar el proyecto con las capas arrastradas en el panel de capas, de manera que es necesario realizar los pasos anteriores únicamente si se requiere realizar un proyecto nuevo.

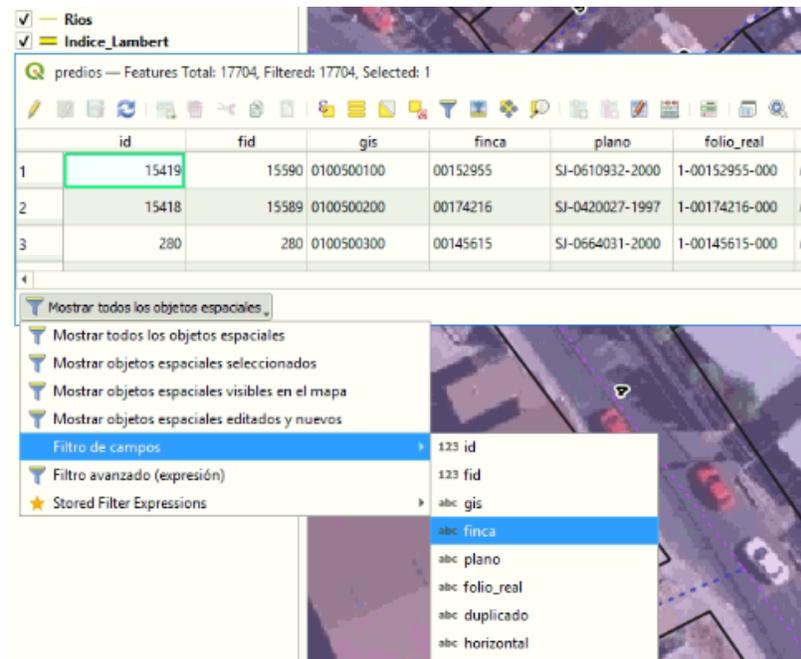


Figura V.4 Búsqueda por número de finca en capa predios en el software QGIS.

Fuente: Captura programa QGIS.