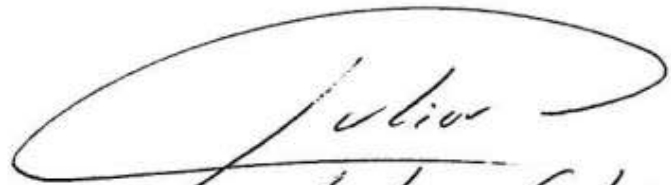


**DISEÑO DE UN APLICATIVO SOBRE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA (SIG) A PARTIR DE LA INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DE  
ESTUDIOS DE SUELOS REALIZADOS POR E.D. INGEOTECNIA S.A.S EN EL  
ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.**

**PRESENTADO POR**

**PABLO DAVID SALAMANCA MANCERA**

**ID: 000268133**



*Juliana Belvis F.*  
*Julio 15/2019*

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**BUCARAMANGA**

**2019**

**DISEÑO DE UN APLICATIVO SOBRE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA (SIG) A PARTIR DE LA INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DE  
ESTUDIOS DE SUELOS REALIZADOS POR E.D. INGEOTECNIA S.A.S EN EL  
ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.**

**PABLO DAVID SALAMANCA MANCERA**

**ID: 000268133**

**JULIÁN ANDRÉ GALVIS FLOREZ**

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO**

**INGENIERO CIVIL**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**BUCARAMANGA**

**2019**

*A mis padres Martha y Pablo y a mi hermano Andrés por su apoyo, compañía y ejemplo y por haber contribuido de la mejor manera a ser quien soy hoy en día.*

*A todos mis familiares y amigos por sus consejos, confianza y apoyo incondicional.*

Pablo David Salamanca

## AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Julián Galvis por su gran apoyo, guía y consejos durante mis estudios universitarios, por compartir sus conocimientos y su experiencia y por asesorarme en todo el proceso como docente director del proyecto.

Al ingeniero Carlos Buenahora y a la ingeniera Stella Bravo por permitirme y haber patrocinado la realización de este proyecto, al ingeniero Fabián Amaya, al ingeniero Anderson Villamil y a la ingeniera Martha Mancera por su enorme colaboración y orientación y a toda la familia Ingeotecnia por ayudarme a enriquecer mi experiencia y formación personal y profesional.

## CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	1
2	JUSTIFICACIÓN .....	3
3	OBJETIVOS .....	4
3.1	Objetivo General .....	4
3.2	Objetivos Específicos .....	4
4	ALCANCE .....	6
5	GLOSARIO .....	7
6	ANTECEDENTES .....	10
7	MARCO TEÓRICO .....	11
7.1	Sistema de Información Geográfica (SIG) .....	11
7.2	Estudio geotécnico o de suelos .....	12
7.3	Representación de la información geotécnica .....	15
8	METODOLOGÍA .....	17
8.1	FASE 1: Definición del Objetivo .....	17
8.2	FASE 2: Definición de Herramientas .....	17
8.3	FASE 3: Selección de la información .....	17
8.4	FASE 4: Recopilación de Datos .....	18
8.5	FASE 5: Elaboración de base de datos .....	18
8.6	FASE 6: Carga de información .....	18
9	DESARROLLO DEL PROYECTO .....	19
9.1	FASE 1: Definición del Objetivo .....	19
9.2	FASE 2: Definición de Herramientas .....	20
9.3	FASE 3: Selección de la información .....	30

9.4	FASE 4: Recopilación de Datos.....	34
9.5	FASE 5: Elaboración de base de datos .....	48
9.6	FASE 6: Carga de Información .....	53
10	ANÁLISIS .....	109
11	CONCLUSIONES.....	112
12	BIBLIOGRAFÍA .....	115
13	ANEXOS .....	119

## TABLAS

Tabla 1.	Antecedentes .....	10
Tabla 2.	Resumen de alternativas.....	29
Tabla 3.	Visualización de atributos evaluados por condicional. ....	77
Tabla 4.	Clasificación de las unidades de construcción por categorías. ....	87
Tabla 5.	Número y profundidad mínimos de sondeos para cada categoría. ....	87
Tabla 6.	Parámetros de referencia del lote de prueba 1. ....	90
Tabla 7.	Parámetros de referencia del lote de prueba 1. ....	92
Tabla 8.	Parámetros de referencia del lote de prueba 4. ....	96
Tabla 9.	Parámetros de referencia del lote de prueba 5. ....	98
Tabla 10.	Parámetros de referencia del lote de prueba 7. ....	101
Tabla 11.	Parámetros de referencia del lote de prueba 8. ....	103
Tabla 12.	Parámetros de referencia del lote de prueba 9. ....	105
Tabla 13.	Parámetros de referencia del lote de prueba 10. ....	107

## IMAGENES

Imagen 1. Visualización ArcGIS Online. ....	22
Imagen 2. Visualización de GVSIG Online.....	24
Imagen 3. Visualización de Qgis Cloud.....	26
Imagen 4. Visualización de NEXT GIS Cloud. ....	28
Imagen 5. Mapas base de ArcGIS Online. ....	31
Imagen 6. PR del ejemplo de estudio geotécnico. ....	35
Imagen 7. Localización del ejemplo de estudio geotécnico. ....	36
Imagen 8. Ubicación en Google Earth del ejemplo de estudio geotécnico. ....	37
Imagen 9. Coordenadas en Google Earth del ejemplo de estudio geotécnico. ....	38
Imagen 10. Perfil de suelo del ejemplo de estudio geotécnico. ....	39
Imagen 11. Capacidad y Prof. Suelo competente del ejemplo de estudio geotécnico. .....	40
Imagen 12. Nivel freático del ejemplo de estudio geotécnico. ....	41
Imagen 13. Descripción geología del ejemplo de estudio geotécnico.....	41
Imagen 14. Plano geológico del ejemplo de estudio geotécnico.....	43
Imagen 15. Descripción zonificación geotécnica del ejemplo de estudio geotécnico. .....	44
Imagen 16. Plano geotécnico del ejemplo de estudio geotécnico.....	45
Imagen 17. Características especiales del ejemplo de estudio geotécnico. ....	46
Imagen 18. Perfil de suelo del ejemplo de estudio geotécnico. ....	47
Imagen 19. Propiedades de suelo del ejemplo de estudio geotécnico.....	48
Imagen 20. Distribución Excel de la información geotécnica. ....	49
Imagen 21. Disposición base de datos de prueba. ....	51
Imagen 22. Página principal de ArcGIS Online. ....	54
Imagen 23. Página de inicio de sesión de ArcGIS Online.....	54
Imagen 24. Registro en ArcGIS Online. ....	55
Imagen 25. Creación de cuenta ArcGIS Online. ....	56
Imagen 26. Perfil de usuario de ArcGIS Online.....	57
Imagen 27. Nuevo mapa. ....	58
Imagen 28. Tipos de archivos a importar en ArcGIS Online. ....	58
Imagen 29. Agregar datos de Excel en ArcGIS.....	59
Imagen 30. Abrir datos XY de la hoja de cálculo.....	60
Imagen 31. Selección de datos X, Y en ArcGIS.....	61
Imagen 32. Seleccionar sistema de coordenadas en ArcGIS. ....	62
Imagen 33. Exportar datos de shapefiles en ArcGIS. ....	63

Imagen 34. Exportar datos en ArcGIS. ....	64
Imagen 35. Seleccionar carpeta de guardado ArcGIS Online.....	65
Imagen 36. Selección de archivos para comprimir.....	66
Imagen 37. Creación de archivo comprimido ZIP de shapefiles de prueba. ....	67
Imagen 38. Importar capa a ArcGIS Online. ....	68
Imagen 39. Edición de simbología de puntos en ArcGIS Online.....	69
Imagen 40. Primera visualización de puntos en ArcGIS Online.....	70
Imagen 41. Configuración ventana emergente en ArcGIS Online.....	71
Imagen 42. Distribución final estudios de suelo en ArcGIS Online. ....	72
Imagen 43. Agregar título en ventana emergente.....	73
Imagen 44. Configuración del condicional para atributos en ArcGIS Online. [21].	75
Imagen 45. Configuración de la apariencia de la ventana emergente. ....	76
Imagen 46. Visualización ventana emergente en ArcGIS Online.....	78
Imagen 47. Colores de zonas del Mapa de Zonificación Geotécnica [20].....	79
Imagen 48. Edición de etiquetas de zonificación geotécnica. ....	81
Imagen 49. Visualización de etiquetas de zonificación en ArcGIS Online. ....	82
Imagen 50. Ventana emergente de zonificación geotécnica en ArcGIS Online. ...	83
Imagen 51. Polígonos de zonificación geotécnica en ArcGIS Online.....	84
Imagen 52. Distribución de lotes para prueba final del SIG. ....	89
Imagen 53. Estudios cercanos al lote de prueba 1. ....	91
Imagen 54. Estudios cercanos al lote de prueba 2. ....	93
Imagen 55. Medición estudio más cercano lote de prueba 3.....	95
Imagen 56. Estudios cercanos al lote de prueba 4. ....	97
Imagen 57. Estudios cercanos al lote de prueba 5. ....	98
Imagen 58. Medición estudio más cercano lote de prueba 6. ....	100
Imagen 59. Estudios cercanos al lote de prueba 7. ....	102
Imagen 60. Estudios cercanos al lote de prueba 8. ....	103
Imagen 61. Estudios cercanos al lote de prueba 9. ....	105
Imagen 62. Estudios cercanos al lote de prueba 10. ....	107



**RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** DISEÑO DE UN APLICATIVO SOBRE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) A PARTIR DE LA INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTUDIOS DE SUELOS REALIZADOS POR E.D. INGEOTECNIA S.A.S EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.

**AUTOR(ES):** Pablo David Salamanca Mancera

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** Julián André Galvis Flórez

**RESUMEN**

La realización de este proyecto consistió en la recopilación de parámetros y características geotécnicas del área metropolitana de Bucaramanga. Inicialmente se tuvieron 420 estudios de suelos, los cuales se depuraron y finalmente se trabajó con información extraída de 158 estudios avalados por ingenieros civiles con conocimientos en el área de la geotecnia, suministrados por la empresa Ingeotecnia S.A.S. La información extraída fue almacenada en una base de datos en Excel, y luego de un ajuste de formato a esta base de datos para ser exportada y leída por herramientas geográficas computacionales, se elaboró un aplicativo sobre un sistema de información geográfico en la plataforma ArcGIS Online. Se incluyeron los polígonos e información de un plano de zonificación geotécnica. Con la información ya exportada, se realizaron pruebas sobre la obtención de datos desde el SIG elaborado, y un ejemplo del análisis que se le daría a estos. Un análisis de la información permitió concluir que; 67% de los estudios empleados para la ejecución de este trabajo de grado, presentan al menos un estrato de suelo aluvial, también se observó, que en la mayoría de estos estudios existen depósitos superficiales de baja resistencia señalados como suelos sueltos. El aplicativo en ARGIS Online permitió evidenciar que la mayoría de los estudios de suelos fueron ejecutados sobre la zona categorizada como 3A según el mapa de zonificación geotécnica de Bucaramanga, estos suelos denominados como limos rojos del abanico aluvial de Bucaramanga, en concordancia con los resultados de la clasificación de los depósitos y la ubicación de los estudios. Es importante saber que la información extraída es completamente puntual y abarca específicamente los datos concluidos y recomendados en los estudios de suelo suministrados, independientemente de la forma en que fueron determinados. Por este motivo, no es información absoluta y no debe ser interpolada. Además su uso solo será informativo y preliminar, nunca definitivo.

**PALABRAS**

**CLAVE:**

SIG, Base de datos, Estudio de suelos, Zonificación geotécnica, ArcGISOnline.

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

**GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** DESIGN OF AN APPLICATION ON A GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS) FROM SOIL STUDIES CONDUCTED BY E.D. INGEOTECNIA S.A.S IN METROPOLITAN AREA OF BUCARAMANGA

**AUTHOR(S):** Pablo David Salamanca Mancera

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** Julián André Galvis Flórez

**ABSTRACT**

The execution of this project began with the gathering of geotechnical parameters and characteristics of urban metropolitan area of Bucaramanga. At first were four thousands and twenty soil studies, after selection, there were one hundred fifty-eight (158) soil studies to work with, approved by geotechnical civil engineers and provided by the business Ingeotecnia S.A.S., Extracted information was stored on an Excel database. After a format adjusting of the database to be exported and understood by geographical software programs, it was decided to run a geographical information system on platform ArcGIS Online, there, symbols, labels and pop-ups to display the information were modified. Shapes and information of a geotechnical zoning local map, already existing, were included too. When all the information was online, tests about the way the information is gotten from the SIG and an example of the analysis it would have, were done. An analysis of the information allowed to know that; 67% of the selected studies to run this project, had at least one alluvial soil layer, were observed too, that in most of this studies the topsoil is formed by low resistance soil, frequently named loose-soil. The application in ArcGIS Online allowed to evidence that most of the soil studies were located on 3A zone according to the geotechnical zoning map, soils that are called red limes of the alluvial fan of Bucaramanga, in accordance with the results of the deposit classification and the location of the soil studies. It's important to know that extracted information is particular and includes specifically concluded and recommended data from provided soil studies, regardless the way they were obtained. For this reason, it's not absolute information, and density of points, variability of data and deposit classification doesn't allow to do interpolations, and its use will be only informative and preliminary, never definitive.

**KEYWORDS:**

GIS, Database, Geotechnical study, Geotechnical zoning, ArcGIS Online.

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## 1 INTRODUCCIÓN

La tecnología avanza muy rápidamente, y el campo de la geografía no es una excepción, ya hace más de veinte años que se está hablando de sistemas de información geográfica, sin embargo, se tenía la percepción de que estos sistemas se limitaban a ciertas áreas muy particulares, y de uso exclusivo de personal altamente calificado [1]. Hoy en día esa tendencia ha venido cambiando, y aunque no mucha gente conoce como tal el término “sistemas de información geográfica”, un muy alto porcentaje de la población hace uso de ellos.

Cerca del setenta por ciento de la información que se maneja en el mundo está georreferenciada [2], todo gracias al masivo acceso que se tiene de dispositivos capaces de leer e introducir nuevos datos con estas características. En la ingeniería, principalmente civil, geológica o afines, toda actividad debe estar relacionada con el conocimiento del entorno y del suelo, y que mejor manera de aprovechar los recursos tecnológicos actuales, que tener una gran cantidad de información canalizada, ordenada y plasmada, lista para visualizar y analizar en un mismo medio como un SIG.

Haciendo énfasis en el área de la geotecnia, que es el principal objetivo a tratar en este proyecto, el uso de los sistemas de información geográfica permitiría modelar y estudiar de manera previa una buena parte de información relevante a la hora de realizar un estudio de suelos, siendo una buena guía y fuente de información con el fin de definir el tipo y las características de las pruebas que deberán realizarse más a fondo, de acuerdo a las normas sismo resistentes vigentes [3].

Gracias a la colaboración de la empresa E.D. INGEOTECNIA SAS. Localizada en la ciudad de Floridablanca, quienes permitirán la utilización de su planta física, el apoyo de sus ingenieros y el manejo de los estudios de suelos realizados, se pretende crear la primera fase de un aplicativo SIG que contenga características geotécnicas del suelo en el área metropolitana de Bucaramanga.

## 2 JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales usos que se le ha dado a los Sistemas de información geográfica en Colombia es en la planificación u ordenamiento territorial, gracias a que está contemplado en la Ley 388 de 1997 [4], a pesar de esto, este tipo de aplicaciones son muy poco consultadas y mucho menos actualizadas. El aumento en el uso habitual de este tipo de herramientas no solo daría una mejor idea de los elementos existentes en el área de estudio junto a sus propiedades, sino que, gracias al software, permitiría analizar mucha de esta información, en el mismo aplicativo SIG para una rápida toma de decisiones [1].

Un sistema de información geográfica de carácter geotécnico del área metropolitana de Bucaramanga beneficiaría, no solo, a los ingenieros o trabajadores del área, sino a estudiantes o, con algún conocimiento del tema, constructores o empresarios, quienes podrán proyectar una aproximación de las condiciones que se esperan obtener en el suelo de un lote, y así planear y presupuestar la exploración del suelo. También se podría, mediante una continua actualización de datos, llevar un seguimiento y un análisis de obras o acciones de mejoramiento de suelos por parte de entidades o la empresa que lo esté realizando.

Para el proyecto actual, la idea surgió con el fin de permitir a los estudiantes de ingeniería civil ampliar sus conocimientos tanto la geotecnia y los estudios de suelos de la zona, como en el área de la cartografía y sistemas de información, para este caso; geográficos. Por otra parte, se espera mejorar, de algún modo, la calidad del trabajo en la empresa, dando los primeros pasos hacía un aplicativo SIG que no solo será un programa más, sino una herramienta de trabajo de uso diario [1].

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Diseñar un aplicativo SIG que permita georreferenciar las características geotécnicas más usadas tomando información de estudios de suelos realizados por la empresa E.D. INGEOTECNIA S.A.S en el área metropolitana de Bucaramanga.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- A partir de todos los estudios de suelos ejecutados por la empresa E.D INGEOTECNIA S.A.S desde el año 2011, seleccionar los que se localicen dentro del área metropolitana de Bucaramanga y evidenciar los parámetros y características geotécnicas que más se presentan para plantear la información base para el modelo SIG.
- Capturar la información de los distintos tipos de suelos y sus parámetros geotécnicos presentes en los estudios de suelos previamente seleccionados como lo son; peso unitario, cohesión, ángulo de fricción y perfil del suelo según la NSR-10, con el fin de generar una base de datos que permita alimentar el aplicativo SIG.
- Construir una base de datos a partir de los parámetros geotécnicos extraídos de los estudios de suelos, de manera que la información pueda ser interpretada y mostrada en el aplicativo y/o software seleccionado.
- Implementar un aplicativo en la plataforma seleccionada a partir de la base de datos generada, que contenga el tipo de perfil de suelo y los parámetros

geotécnicos definidos, de manera que el usuario final pueda obtener conocimientos preliminares de la zona de interés, útiles para proyectar una futura intervención del suelo.

#### 4 ALCANCE

En la realización de este proyecto para la creación de un aplicativo SIG, únicamente se tendrán en cuenta los parámetros y características geotécnicas obtenidas de los estudios de suelos realizados por la empresa como lo son; peso unitario, cohesión, ángulo de fricción y perfil del suelo según la NSR-10. El alcance de este proyecto no abarca el conocimiento total de los procedimientos mediante los cuales se obtuvieron, concluyeron o recomendaron cada uno de los parámetros y características mencionadas, pues todos los estudios de referencia fueron realizados y avalados por ingenieros geotecnistas. Y se recalca que esta información es completamente puntual, no son datos absolutos, por lo tanto, no debe ser interpolada y su uso solo será informativo y preliminar, nunca definitivo. Además, con el fin de tener la mayor cantidad de datos y una buena densidad en los puntos, el aplicativo generado abarcará exclusivamente la información existente del casco urbano del área metropolitana de Bucaramanga. El SIG como resultado obtenido al final del proyecto servirá para uso profesional del estudiante y de la empresa, quienes, junto con la universidad, tendrán los derechos del mismo. La viabilidad de ampliar su uso y en qué forma se realizaría tampoco serán abarcados.



## 5 GLOSARIO

**Aluvión:** Masa de suelo compuesta por elementos transportados por una corriente de agua y luego depositados por sedimentación [5].

**Ángulo de fricción interna:** El ángulo de fricción interna de un suelo corresponde al ángulo cuya tangente es el coeficiente promedio de fricción entre las partículas de un suelo [5].

**Capacidad admisible de soporte:** Es la cantidad de esfuerzo máxima calculada para el diseño y construcción de una cimentación en contacto con una superficie de suelo [5].

**Cohesión:** Característica propia de los materiales que presentan resistencia al corte bajo un esfuerzo normal nulo, puede calcularse aproximadamente como la mitad de la resistencia a la compresión simple [5].

**Coluvión:** Término que se refiere a masas de suelo que fueron depositados por escorrentía y suelen encontrarse en la base de las colinas o en laderas de pendiente media. Generalmente están compuestos por arenas mal gradadas con gravas [5].

**Coordenada:** Es un valor medido sobre la superficie terrestre que permite determinar la posición de un punto sobre esta. Utiliza líneas paralelas y perpendiculares cuya intersección define la localización del punto sobre un sistema previamente establecido [6].

**Datum:** Conjunto de datos que definen la ubicación del origen, la escala y la orientación en un sistema de coordenadas [7].

**Escala:** Es la relación entre la magnitud representada en un modelo y la magnitud del elemento en la realidad [6].

**Georreferenciación:** Consiste en asignar a un grupo de datos sus coordenadas geográficas correspondientes. Suele asignarse a imágenes sobrepuestas en un plano, a puntos o a polígonos en general [8].

**Modelo digital del terreno MDT:** Es la representación espacial de una variable cuantitativa y continua, generalmente simbolizada mediante una superficie. Cuando esta variable es la elevación o cota, se le denomina Modelo Digital de Elevaciones o MDE [7].

**Nivel Freático:** Se refiere a la profundidad a la que se encuentra el agua en una perforación, con respecto a la superficie del terreno.

**Pendiente:** Relación entre el cambio de elevación con respecto a una longitud horizontal de un terreno, medido generalmente en dirección rectilínea o a través de una ruta específica [7].

**Peso unitario:** Cantidad de masa de un cuerpo (suelo) por unidad de volumen.

**Profundidad de cimentación:** profundidad hasta la cual se llevan los elementos estructurales que transmiten el peso de la estructura al suelo de cimentación [5].

**Sondeo:** Método de investigación del subsuelo, generalmente utilizado para nombrar una perforación mecánica, del tipo ensayo de penetración estándar o SPT.

**Suelo residual:** Suelo meteorizado, formado por la descomposición de un material preexistente dejando un suelo con materiales insolubles y que no fueron transportados a distancias significativas [5].

**Tesela:** Es una parte de una imagen que fue dividida para garantizar una buena resolución al hacer zoom a una capa. Una tesela puede reemplazarse por otras cuatro o más, de manera que se pueda ampliar la imagen nítidamente. Cada imagen se almacena como teselas en varios niveles para disminuir su tamaño y facilitar su uso en aplicaciones geográficas.

## 6 ANTECEDENTES

Tabla 1. Antecedentes

TÍTULO	AUTORES	AÑO	RESUMEN
Diseño de una Aplicación SIG en el Campus de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.	Bravo Saavedra, Renata Jacqueline Luna Navas, Leidy Carolina	2010	El proyecto se encargó de recopilar y digitalizar la información espacial del campus de la UPB Bucaramanga, teniendo en cuenta cada tipo de zonas (verdes, peatonales, deportivas, etc.), así como varios tipos de redes (sanitaria, fibra óptica, eléctrica, etc.) encontrada en planos y/o recopilada por los autores, todo esto plasmado en un archivo tipo shape [9].
Apoyo en la actualización del sistema de información geográfica para el control de erosión de las obras ejecutadas en la jurisdicción de la CDMB por parte de la subdirección del riesgo y seguridad territorial.	Gómez Sanabria, Diego Julián	2017	Para la CDMB es indispensable mantener actualizada la información de sus proyectos, por lo tanto, este proyecto evidencia detalladamente el proceso de actualización de información geográfica por parte de la Subdirección de Riesgo y Seguridad Territorial, mediante visitas técnicas y revisión de documentos existentes [10].
Análisis y diseño de estudios geotécnicos para amenazas por remoción en masa, erosión y estabilidad de taludes para la empresa Geotecnología S.A.S.	Rodríguez Mejía, María Paula	2014	Se estudiaron las diferentes alternativas de solución para la mitigación de los problemas geotécnicos presentados en cada una de las exploraciones al subsuelo en varios proyectos asignados en Bucaramanga [11]
Inventario y estructuración de la información relacionada con la instrumentación geotécnica de la Central Sogamoso, para su visualización en ArcGIS.	Rodríguez Hernández, Julián Augusto	2016	Se realizó un montaje en ArcGIS de la información relevante respecto a la instrumentación geotécnica implementada en la Central Sogamoso, teniendo en cuenta el tipo de instrumento, localización, coordenadas, cota, abscisa, sección y comportamiento histórico [12].
Análisis y determinación de lineamientos para el aseguramiento de la calidad en los proyectos Geotécnicos	Torrado Gómez, Luz Marina Rondón, José Alberto	2014	Este trabajo consistió en el análisis y determinación de los lineamientos para garantizar la calidad en los proyectos geotécnicos, además del desarrollo de una guía virtual para la evaluación de las etapas establecidas [13].

## 7 MARCO TEÓRICO

### 7.1 Sistema de Información Geográfica (SIG)

Un sistema de información geográfica (SIG) puede definirse como un conjunto que integra tecnología informática (software y hardware), personas e información geográfica cuyas principales funciones son la lectura, edición, almacenamiento y análisis de datos espaciales georreferenciados mediante coordenadas. En pocas palabras, un SIG es un mapa de orden superior que supone la integración de distintas disciplinas [2]

#### 7.1.1 Componentes de un SIG

**Personas:** También llamado factor organizativo, engloba los elementos relativos a la coordinación entre distintos agentes que participan en los SIG, pues no existe un perfil único de personas involucradas, desde los encargados de toma de datos, programadores, hasta el usuario final. Con el paso del tiempo este componente ha propiciado la aparición de elementos que pretenden estandarizar los datos y gestionarlos adecuadamente. [2]

**Datos:** Los datos son indispensables para que todos los componentes del SIG cobren sentido. Es de gran importancia conocer las características, la forma y las propiedades de cada dato, así como la gestión y el almacenamiento de estos en el entorno digital. Un aspecto clave en los SIG es saber integrar todos los datos, aun siendo de orígenes distintos [2].

**Procesos:** La incorporación de distintos procesos en una única herramienta como el SIG es una de las funciones de este, los procesos pueden ser muy

sencillos o extremadamente complejos, sin embargo, aprovechando la capacidad de computo de las plataformas actuales se pueden realizar desde automatización de tareas cuyos resultados difícilmente podrían ser obtenidos de otro modo [2]

**Visualización:** En el caso de la información geográfica, la visualización no es solo una forma más de trabajar, sino que es la principal, por ser la forma en que los seres humanos entendemos el mundo. Teniendo en cuenta que los datos deben almacenarse de forma netamente numérica, el computador tiene la capacidad de generar representaciones visuales de estos, hoy en día tan complejas que no se limitan a planos, sino también en forma tridimensional [2].

**Tecnología:** Conformada por el *hardware*, que son los elementos físicos que permiten introducir, editar y visualizar los datos en sus diferentes representaciones, entre ellos están los computadores, GPS, tabletas digitalizadoras, dispositivos móviles, etc. Por otro lado, el *software* son las herramientas computacionales que permiten la operación y manipulación de datos en los dispositivos mencionados anteriormente, por ejemplo, ArcGIS, GRASS, GvSIG, etc. [2].

## 7.2 Estudio geotécnico o de suelos

Un estudio geotécnico comprende todas las actividades que permiten el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, análisis y recomendaciones con el objetivo de optimizar las condiciones de cimentación y/o estructuras de contención de manera que se garantice un comportamiento

estructural adecuado y se proteja la integridad humana y de elementos aledaños [3].

Según el Título H de la norma sismo resistente existen cuatro tipos de estudios geotécnicos:

- Estudio geotécnico preliminar.
- Estudio geotécnico definitivo.
- Asesoría geotécnica en las etapas de diseño y construcción.
- Estudio de estabilidad de laderas y taludes.

Los estudios geotécnicos definitivos contienen la mayor cantidad de información geotécnica y deben contener lo siguiente:

### **7.2.1 Generalidades del proyecto**

Nombre, localización, objetivos del estudio, descripción del proyecto, sistema estructural y evaluación de cargas.

### **7.2.2 Aspectos geológicos**

Resumen del reconocimiento del terreno, origen y unidades geológicas identificadas con su espesor, distribución y parámetros, características físico-mecánicas, niveles freáticos. Así como el tipo de suelo y la presencia de suelos con características especiales.

### **7.2.3 Análisis geotécnicos**

Resumen de los análisis con su respectiva justificación de los criterios geotécnicos adoptados. También el análisis de los problemas que pueden

presentarse en la cimentación, contención y en taludes junto con las diversas alternativas planteadas. Así mismo se deben incluir los análisis de estabilidad y deformación teniendo en cuenta las características de resistencia, deformabilidad e influencia de factores hidráulicos.

#### **7.2.4 Recomendaciones para el diseño**

Se deben contemplar parámetros para el diseño estructural tales como: tipo de cimentación, profundidad de apoyo, presiones admisibles, asentamientos y asentamientos diferenciales, tipos de estructuras de contención, perfil de suelo según NSR y parámetros de interacción suelo-estructura junto con una evaluación del comportamiento del suelo bajo acción de cargas sísmicas. También incluirá la estabilidad de excavaciones, laderas y rellenos y si se requiere, el diseño de filtros.

#### **7.2.5 Recomendaciones para la protección de edificaciones y predios vecinos**

Si el ingeniero geotecnista lo estima necesario, se realizará un capítulo que incluya asentamientos por cambios en nivel freático y sus efectos sobre las edificaciones vecinas. El diseño de un sistema que garantice la estabilidad de edificaciones o predios vecinos y la toma de medidas preventivas en caso de que exista ocurrencia de asentamientos o deformaciones laterales producidos por el peso de la nueva edificación.



### **7.2.6 Recomendaciones para la construcción del proyecto**

Se incluirán alternativas técnicamente factibles evaluadas por el ingeniero geotecnista y verificadas por quienes expidan las licencias de construcción, que permitan solucionar los problemas geotécnicos de excavación y construcción.

### **7.2.7 Anexos**

Incluir planos de localización del proyecto, ubicación de trabajos de campo, registros de perforación y resultado de pruebas y ensayos de campo y laboratorio. Se debe incluir la memoria de cálculo con el resumen de la metodología seguida, una muestra de cálculo de cada tipo de problema analizado y el resumen de los resultados en forma de gráficos y tablas. Además, planos, esquemas, dibujos, gráficas, fotografías, y todos los aspectos que se requieran para ilustrar y justificar adecuadamente el estudio y sus recomendaciones.

## **7.3 Representación de la información geotécnica**

En general, los parámetros contenidos en un estudio de suelos, obtenidos mediante ensayos, laboratorios o información existente, es posible representarlos gráficamente, en mapas, u otros. Estos parámetros y características geotécnicas son la topografía, la distribución y descripción litológica de las unidades geológicas, el espesor de los suelos, las formaciones superficiales y la existencia de rocas alteradas [3], estructura del suelo, clasificación geotécnica y propiedades de suelos

y rocas, condiciones hidrogeológicas, condiciones geomorfológicas, fenómenos geodinámicos y riesgos geológicos [14].

## 8 METODOLOGÍA

Se tomó como referencia una metodología en 6 fases para el diseño de un SIG [15] y se ajustó a lo que se requería para este proyecto.

### 8.1 FASE 1: Definición del Objetivo

La primera fase consiste en determinar la misión del Sistema de Información Geográfica, se busca definir la finalidad con la que se diseñará el aplicativo. Se requerirá realizar un análisis sobre quienes estarán involucrados, principalmente los usuarios finales, de manera que se establezcan que respuestas o soluciones aportará para el beneficio de estos.

### 8.2 FASE 2: Definición de Herramientas

Partiendo de la función que debe cumplir el aplicativo, esta fase corresponde a la selección del software y hardware más óptimo para realizar el montaje. La evaluación de diversas opciones de programas computacionales es pertinente a fin de utilizar el más idóneo para la generación de SIG con información geotécnica.

### 8.3 FASE 3: Selección de la información

Se debe definir durante esta etapa el marco espacial, el contexto y el tipo de información con la que se va a trabajar. Así como la selección y depuración de las fuentes de información relevantes y la definición de cada uno de los ítems y sus variables, los cuales serán representados posteriormente como puntos/iconos, líneas o polígonos en el aplicativo.

#### **8.4 FASE 4: Recopilación de Datos**

A partir de las fuentes de información, en este caso los estudios geotécnicos realizados por la empresa, se debe realizar una recopilación de datos puntuales, como lo son peso unitario, cohesión, ángulo de fricción, y perfil de suelo según la NSR-10, y también de datos generales tales como la localización y las zonificaciones geotécnica y geológica.

#### **8.5 FASE 5: Elaboración de base de datos**

Partiendo de la creación de una base de datos compuesta por toda la información obtenida en la Fase 4 y teniendo en cuenta el uso de una tabla unificada que contenga los parámetros y características geotécnicas seleccionadas, se procederá a ajustarla de manera que permita ser introducida la información al software elegido y pasar al desarrollo de un aplicativo cuyo resultado será un sistema de información geográfica con gran cantidad de información geotécnica de Bucaramanga y su área metropolitana.

#### **8.6 FASE 6: Carga de información**

Para una culminación satisfactoria del desarrollo del SIG, se exportará la base de datos totalmente ajustada a la plataforma seleccionada, allí se hará uso de las herramientas de edición y visualización que se dispongan, en función de obtener una apariencia y una distribución acorde al tipo de información que se está manejando. Además, se hará un breve ejercicio práctico del tratamiento que se le daría a la información geotécnica extraída del aplicativo finalmente terminado.

## 9 DESARROLLO DEL PROYECTO

La ejecución se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita anteriormente en este documento:

### 9.1 FASE 1: Definición del Objetivo

Previamente a la realización del proyecto se visualizó la respuesta que se espera que el sistema de información geográfica aporte [15]. De igual forma se tuvieron en cuenta la investigación preliminar realizada y las herramientas disponibles en aplicaciones computacionales de carácter geográfico. Para la definición de los objetivos del sistema planteado se tuvieron en cuenta tres aspectos principales; la información disponible, la información que se desea plasmar y la forma en que se va a mostrar.

#### 9.1.1 Objetivo principal

Tener organizada, plasmada y ubicada geográficamente gran cantidad de información geotécnica de los suelos del área metropolitana de Bucaramanga a partir de la información de estudios de suelo suministrados.

#### 9.1.2 Objetivos secundarios

- Obtener una base de datos organizada y de fácil visualización con la información geotécnica establecida.
- Extraer del SIG una idea preliminar de la zonificación en la que se encuentra ubicada el área de un futuro estudio geotécnico.

- Establecer parámetros geotécnicos **preliminares** que se esperan obtener en un próximo estudio de suelos, basados en la información georreferenciada de estudios cercanos.
- Poder verificar la relación entre los parámetros y las características obtenidas en distintos estudios geotécnicos realizados en ubicaciones o zonificaciones similares.

## 9.2 FASE 2: Definición de Herramientas

Teniendo presente el propósito del SIG, se procedió a definir los medios por los cuales se modelaría la información. Desde el comienzo se estableció que el hardware a utilizar por el usuario final no debía exigir ningún tipo de requerimiento especializado, únicamente contar con un navegador y conexión a internet. Por el contrario, la unidad para diseño del SIG si demandó un computador con un mínimo de características que permitieran trabajar con programas como Excel, AutoCAD, ArcGIS, Google Earth, (Programas de uso común en el ámbito académico e ingenieril), de manera que tampoco se requirió una exhaustiva elección de este, pues la totalidad de los dispositivos disponibles en el área de trabajo contaban con esas características.

Con respecto al software, sí fue conveniente realizar un análisis de alternativas, con el fin de optar por la mejor opción según las funciones de cada uno y las versiones ofrecidas. Las opciones evaluadas fueron las siguientes:

### 9.2.1 ArcGIS Online

Es una potente herramienta de creación de mapas web interactivos y aplicaciones. Posee funcionalidades de uso corporativo, es decir, para compañías u organizaciones. También

permite el uso en aplicaciones móviles y web personalizadas [16]. Se puede hacer uso del producto mediante dos tipos de cuentas:

### **Suscripción**

Consta de una licencia para 5 usuarios, con un costo aproximado de U\$ 2.500 (No oficial). Incluye servicios NO permitidos en una cuenta gratuita, como:

- Realizar análisis espacial directamente en línea.
- La posibilidad de manejar varios usuarios y permisos de acceso a los mapas.
- Incluir logo personalizado (de empresa, por ejemplo), dentro de la plataforma visualización.
- Soporte técnico.
- Entre otros.

### **Cuenta pública gratuita**

Una cuenta gratuita solo requiere la creación de un usuario y permite:

- Seleccionar entre diferentes mapas base.
- Acceder a distintos mapas e imágenes dentro del servidor online.
- Añadir datos, *shapes*, tablas o imágenes georreferenciadas propias.
- Acceder a los mapas desde navegadores web, aplicativos móviles e incluso ArcGIS versión de escritorio.
- Calcular distancias y áreas.

- Almacenar 2GB de información.

## Visualización

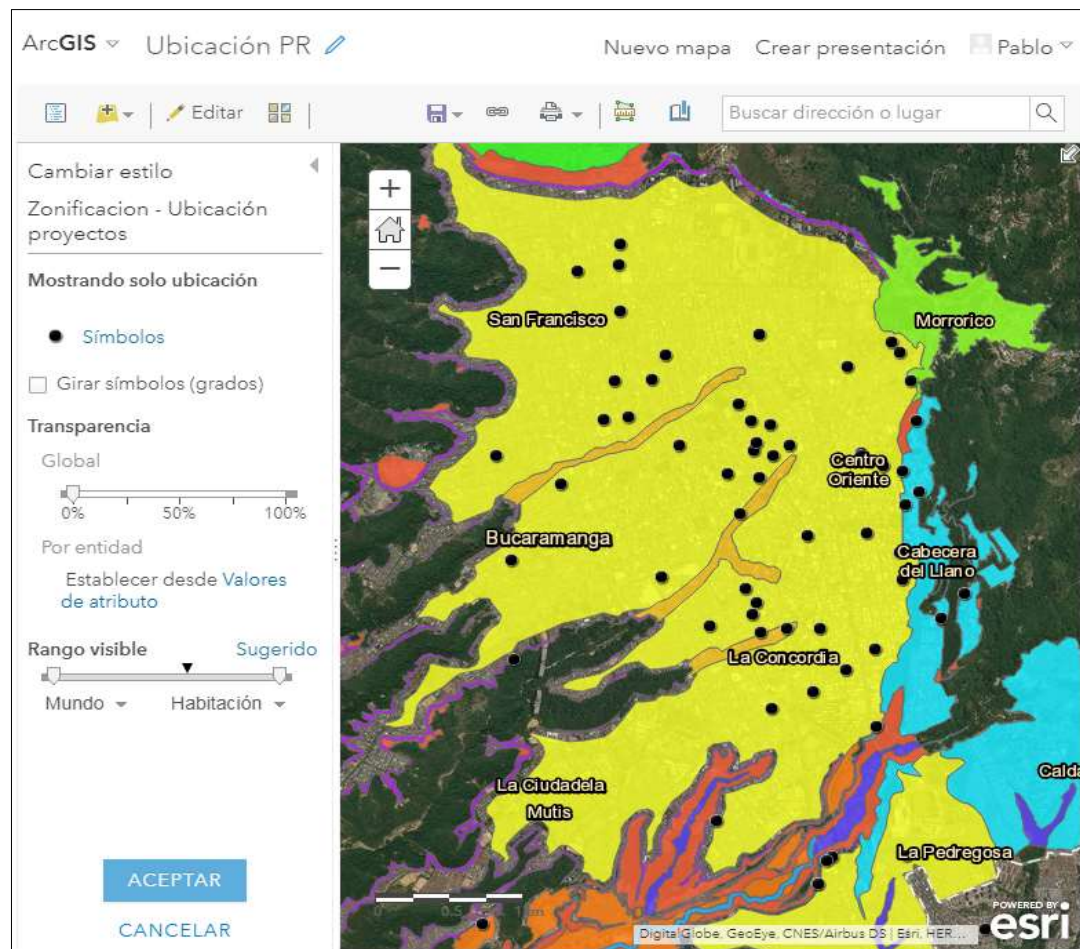


Imagen 1. Visualización ArcGIS Online.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>

### 9.2.2 GVSIG online

Es una plataforma en línea para el manejo de información geográfica y datos espaciales. Es de tipo software libre, lo que implica la posibilidad de personalización



y adaptación con componentes abiertos e interoperables [17]. Entre sus características se encuentran:

- Software libre. No genera costos directos.
- Gestión ágil , intuitiva y amigable con el usuario, de información geográfica; capas, simbología, etiquetado, imágenes georreferenciadas, etc.
- Gestión de gran cantidad de usuarios de distintos grupos y con distintos permisos de acceso.
- Permite la búsqueda de elementos cercanos a una ubicación señalada, a un radio determinado.
- Código abierto, lo que permite una total personalización de la plataforma.

## Visualización

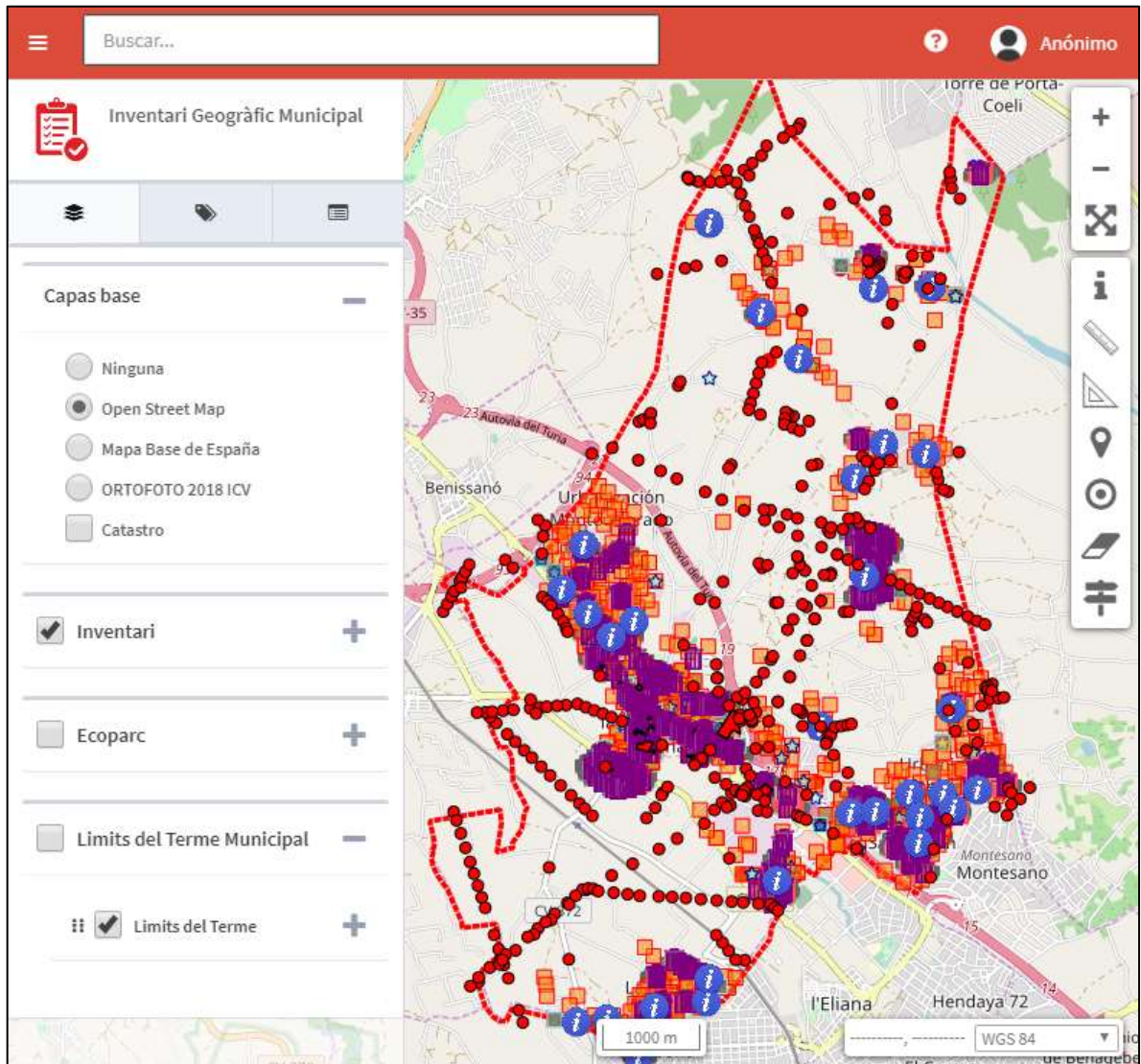


Imagen 2. Visualización de GVSIG Online.  
Tomado de: <https://sigpobla.gvsigonline.com>

### 9.2.3 QGIS cloud

Es una plataforma web que permite crear, editar y publicar mapas con un gran número de características que poseería un programa de escritorio [18]. Existen dos versiones:

#### QGIS Cloud Pro

Es la versión completa del servicio web. Tiene un costo de €65 al mes y consta de lo siguiente:

- Mapas en línea con posibilidad de restringir el acceso.
- Soporta SSL, que es un protocolo de seguros en línea.
- Máximo 500MB de almacenamiento de datos en la nube.
- Administración de usuarios.

#### QGIS Cloud Free

- Tiene la posibilidad de crear mapas complejos en QGIS para computador y subirlos desde allí directamente a QGIS cloud.
- Permite publicar un número ilimitado de mapas en una única base de datos.
- Máximo 50MB de almacenamiento en la web.
- Máximo 10 conexiones simultáneas a los mapas por cada cuenta.
- **NO** permite trabajar con imágenes georreferenciadas.

Visualización

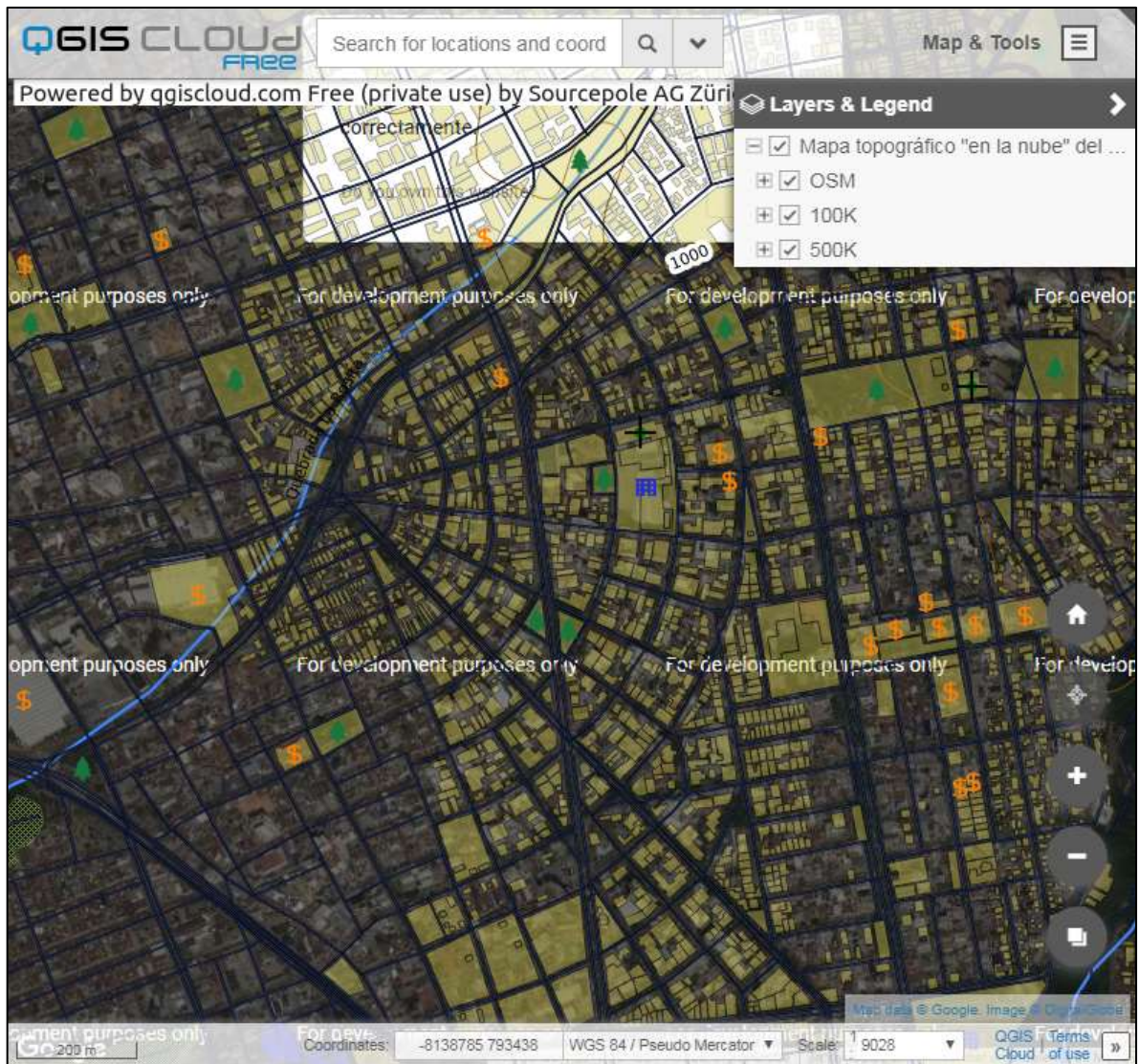


Imagen 3. Visualización de Qgis Cloud.

Tomado de: <http://www.qgiscloud.com>



#### **9.2.4 NEXT GIS**

Es un servidor web de sistemas de información geográfico y un sistema para guardar, visualizar y gestionar distintos tipos de información geoespacial. NEXT GIS ofrece varios tipos de servicios, entre lo que mejor se adapta al proyecto actual es el siguiente:

##### **NEXT GIS Cloud Free**

Es la versión sin costo de la plataforma, tiene limitaciones en cuanto a sus funciones, pero no se especifican exactamente cuales [19]. Sin embargo, si se anuncia que:

- Permite subir capas tipo ráster y tipo vector.
- Es posible crear, administrar y publicar mapas desde la interfaz web.
- Acceso y gestión flexible de mapas, capas y grupos de capas.

##### **Visualización**

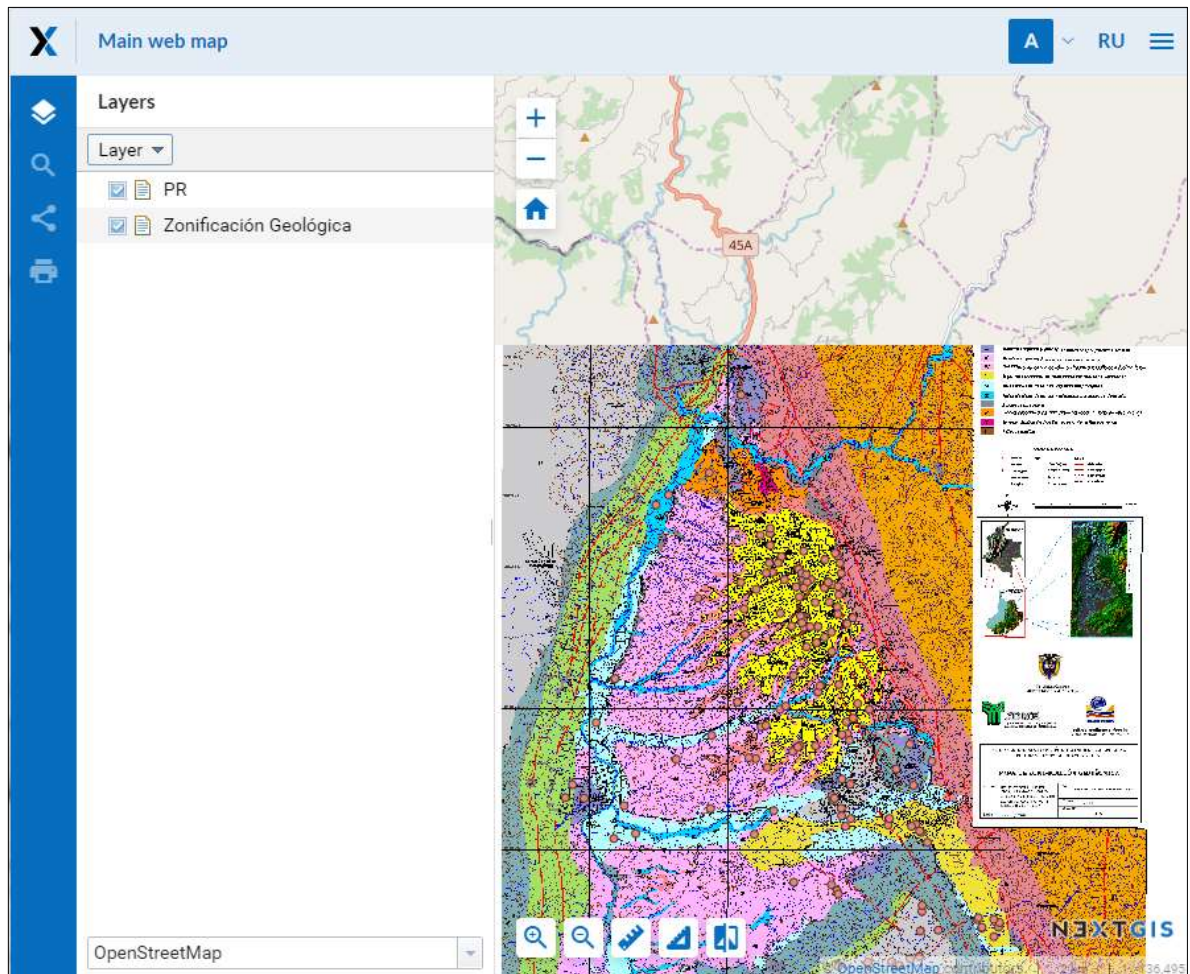


Imagen 4. Visualización de NEXT GIS Cloud.

Tomado de: <http://sigestudios.nextgis.com>

### 9.2.5 Comparación entre herramientas investigadas

A continuación, se encuentra plasmada una tabla con un breve resumen de las ventajas y las desventajas que se hallaron de cada plataforma.

**Tabla 2. Cuadro comparativo entre plataformas SIG en línea.**

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ArcGIS Online (Cuenta gratuita)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite seleccionar entre diferentes mapas base y acceder a distintos mapas e imágenes dentro del servidor online.</li> <li>• Admite añadir datos, shapes, tablas o imágenes georreferenciadas propias.</li> <li>• Se puede acceder a los mapas desde navegadores web, aplicativos móviles e incluso ArcGIS versión de escritorio.</li> <li>• Calcula distancias y áreas.</li> <li>• Almacena 2GB de información.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No permite realizar análisis espacial directamente en línea.</li> <li>• No existe la posibilidad de manejar varios usuarios ni permisos de acceso a los mapas.</li> <li>• No se puede incluir logo personalizado (de empresa, por ejemplo), dentro de la plataforma visualización.</li> <li>• Version gratuita no cuenta con soporte técnico.</li> </ul>
GvSIG Online	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un software libre. No genera costos directos.</li> <li>• Gestión ágil, intuitiva y amigable con el usuario, de información geográfica; capas, simbología, etiquetado, imágenes georreferenciadas, etc.</li> <li>• Gestión de gran cantidad de usuarios de distintos grupos y con distintos permisos de acceso.</li> <li>• Posee la función de búsqueda de elementos cercanos, a un radio determinado, a partir de una ubicación establecida.</li> <li>• Funciona a código abierto, lo que permite una total personalización de la plataforma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No posee un servidor web para trabajar directamente. Funciona implementando el código de programación web a la página web de una empresa u organización.</li> <li>• Lo anterior requiere que un profesional informático realice la programación del aplicativo antes de poder trabajar con él desde la página, y esto, a su vez, puede generar costo inicial y costos de servidores (según manejo de página web).</li> <li>• GvSIG ofrece el software como servicio en servidores y mantenimiento bajo un costo, e incluye servicio técnico.</li> </ul>
QGIS Cloud Free	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene la posibilidad de crear mapas complejos en QGIS para computador y subirlos desde allí directamente a QGIS cloud.</li> <li>• Permite publicar un número ilimitado de mapas en una única base de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene la posibilidad de restringir el acceso a los mapas ni administrar usuarios.</li> <li>• NO permite trabajar con imágenes georreferenciadas.</li> <li>• Admite únicamente 50MB de almacenamiento en la web y máximo 10 conexiones simultáneas a los mapas.</li> <li>• Mapa base es externo y en ocasiones genera errores de visualización.</li> </ul>
NEXT GIS Cloud Free	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite subir capas tipo ráster y tipo vector.</li> <li>• Es posible crear, administrar y publicar mapas desde la interfaz web.</li> <li>• Acceso y gestión flexible de mapas, capas y grupos de capas.</li> <li>• Se pueden crear tantos mapas como se deseen, siempre y cuando no excedan 30 capas en total.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es posible restringir el acceso a la información en esta versión gratuita.</li> <li>• Solo se permite el uso desde un único usuario.</li> <li>• Versiones de pago tienen un costo mensual de entre U\$10 y U\$50.</li> </ul>

**Fuente: Elaboración propia.**

### 9.2.6 Software seleccionado

A partir de la investigación de distintas opciones de software disponibles, expuestos anteriormente, y de un análisis de ventajas y desventajas de cada programa, así como pruebas y exploración de herramientas en cada una de las opciones que lo permitían; se definió hacer uso del aplicativo **ArcGIS Online** en la modalidad de “cuenta pública gratuita” para el montaje del sistema de información geográfica. Las principales razones que dieron origen a esta decisión fueron:

- La posibilidad de comenzar a trabajar inmediatamente después de crear la cuenta gratuita.
- Facilidad en el uso de la herramienta, tanto por parte de quien diseñe y configure el SIG, como por el usuario final, quien únicamente manipulará el aplicativo y tendrá acceso a la información mostrada.
- El uso ya extendido en el ámbito de la ingeniería civil de programas ArcMap, ArcGIS, y por lo tanto la compatibilidad de archivos entre estas aplicaciones de escritorio y ArcGIS Online.
- La capacidad de añadir datos e imágenes georreferenciadas propias sobre todos los mapas-base ya disponibles en la plataforma.

### 9.3 FASE 3: Selección de la información

Dentro de la tercera fase se define, inicialmente, el alcance geográfico, es decir, cual es el área limite dentro de la cual se tendrán en cuenta estudios de suelo. Por razones de calidad y cantidad de información disponible, de manera que se pretenda tener un sistema de información lo más denso y nutrido posible, se delimitó como área de influencia del sistema; el casco urbano de los municipios del área



metropolitana de Bucaramanga (Bucaramanga, Floridablanca, Piedecuesta y Girón) y zonas aledañas con alto crecimiento urbanístico (Ruitoque, anillo vial y corredor vial entre Floridablanca y Piedecuesta).

Partiendo de un área de influencia establecida, se planteó realizar la búsqueda de un mapa base adecuado, sin embargo, el software seleccionado incluye varios mapas base, los cuales pueden ser alternados, incluso por el usuario, según sus necesidades en el momento de la consulta del SIG. Dentro de estos mapas se encuentran imágenes satelitales, imágenes con etiquetas (vías, ríos, fronteras, barrios, lugares de interés), polígonos con nomenclatura de calles, topografía, etc. Como se muestra en la Imagen 5. Mapas base de ArcGIS Online.



**Imagen 5. Mapas base de ArcGIS Online.**

Tomado de: <https://www.arcgis.com/home/webmap/>

La selección de la información partió con la revisión de todos los estudios ejecutados por la empresa, teniendo un total de 420, incluidos estudios de suelo, diseños de estructuras de contención, EDARFRI (Estudios de amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa e Inundación), y asesorías geotécnicas disponibles hasta el momento en el que comenzó la realización de este proyecto.

La primera pauta de filtración a la que fueron sometidos los estudios fue que su ubicación se encontrara dentro de la zona de influencia, por lo tanto, estudios externos al área Metropolitana de Bucaramanga fueron descartados. El siguiente aspecto que se tuvo en cuenta para excluir, fueron la falta de información relevante en cada estudio, generalmente siendo algunas asesorías geotécnicas o diseños de baja magnitud que no contenían suficiente información para el SIG. Posterior a toda esta depuración, se obtuvieron **158 estudios** como referencia para la obtención de los datos de interés establecidos.

Uno de los objetivos del aplicativo a diseñar es la obtención de una base de datos que contenga la mayor cantidad de información geotécnica disponible, partiendo de esto, es pertinente establecer específicamente qué parámetros y características geotécnicas son de utilidad y estarían disponibles en la mayoría de estudios de suelo proporcionados. La frecuencia con la que se encontraron los parámetros en los documentos recopilados fue la siguiente:

- Peso unitario: 97%
- Cohesión: 97%
- Angulo de fricción: 97%
- Perfil de suelo según la NSR: 78%

A continuación, se encontrarán los datos que se tuvieron en cuenta; en negrilla los más relevantes, presentes en un alto porcentaje los estudios de suelos y, los restantes corresponden a información general y de utilidad que se debería incluir en el SIG final según la opinión de algunos ingenieros concedores del tema. Más adelante; en la Fase 4, se expondrá la manera en que se encontraba la información en los estudios y cómo se plasmaron en la base de datos.

- PR (Numeración interna anual del estudio o proyecto).
- Coordenadas: Latitud y Longitud.
- **Perfil de suelo según la Norma Sismo Resistente.**
- Profundidad de suelo competente.
- Capacidad Admisible.
- Nivel freático encontrado.
- Zonificación geotécnica y geológica.
- Características especiales.
- Tipo de suelo según su profundidad.

Para cada tipo de suelo su respectivo:

- **Peso unitario.**
- **Cohesión.**
- **Angulo de Fricción.**
- Módulo de elasticidad.
- Coeficiente de Balasto o Módulo de reacción.

Otro punto importante a tener en cuenta antes de continuar, son las escalas de trabajo, sobre este aspecto, fue importante considerar que se contaba con los polígonos de zonificación geotécnica extraídos del *Mapa de zonificación geotécnica* [20] de la CDMB e Ingeominas, publicado en 2001, en escala 1:25000, y se decidió

incluirlos. De manera que para el SIG como un todo se definió utilizar la escala mencionada. Sin embargo, gracias a que los mapas base de ArcGIS Online cuentan con una muy buena calidad y a que se tiene una buena densidad de estudios visualizables como puntos, se permite el acercamiento o “*zoom*” en el aplicativo hasta una escala de 1:2000 aproximadamente.

Con base en la información mostrada y desarrollada en la presente fase; FASE 3. se seleccionaron los estudios de suelo de relevancia para el proyecto con las características geotécnicas presentes en el área metropolitana de Bucaramanga, esta fase fue fundamental para evidenciar los parámetros geotécnicos que más se presentaron y poder plantear los datos base para el modelo SIG, que se muestran en la siguiente fase.

#### **9.4 FASE 4: Recopilación de Datos**

Con los documentos de los estudios de suelos previamente depurados, se procedió a recolectar la información relevante, y a continuación se expondrá un ejemplo de recopilación de cada parámetro a partir de uno de los estudios geotécnicos.

Es importante tener en cuenta que la información extraída es completamente puntual y abarca específicamente los datos concluidos y recomendados en los estudios de suelo suministrados, independientemente de la forma en que fueron determinados. Por este motivo, no es información absoluta. Y por la densidad de puntos, la variabilidad de los datos y de la formación geológica de los depósitos de suelos, esta no debe ser interpolada y su uso solo será indicativo y preliminar, nunca definitivo.

#### 9.4.1 Proyecto (PR)

El PR corresponde al código del proyecto, teniendo en cuenta el año de elaboración y un número secuencial. Este se encuentra en el nombre del documento (Word o PDF), así como en la portada del informe en cuestión. Para el ejemplo se tomó el **PR-18-42**.



Imagen 6. PR del ejemplo de estudio geotécnico  
Tomado de: Documento PR-18-42 E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

#### 9.4.2 Coordenadas: Latitud y Longitud

La manera de obtener las coordenadas de cada estudio se realizó con ayuda del programa Google Earth, pues los informes no contenían las coordenadas, sino una localización urbana, del tipo; calle, carrera y puntos de referencia aledaños. Todos con su respectiva imagen satelital o de dron.

## CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

### 2.1 LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

#### 2.1.1 Localización

El lote se encuentra localizado en la vereda de Ruitoque, en la vía anterior al sitio que se conoce como "Tres esquinas", en el municipio de Floridablanca en el departamento de Santander. El lote 46 se encuentra colindando al norte con el lote 47 y al sur con la casa 45 que se encuentra en construcción y al costado oriental y occidental ya cuenta con andenes y los puntos de conexión a los servicios públicos.

*Imagen 1 Localización*



Fuente: Imagen tomada y adaptada de Google Earth

**Imagen 7. Localización del ejemplo de estudio geotécnico.**

Tomado de: Documento PR-18-42 E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

A partir de esta información se procedió a situar un 'marcador' en Google Earth en el punto donde se ubica el estudio y así obtener sus coordenadas.

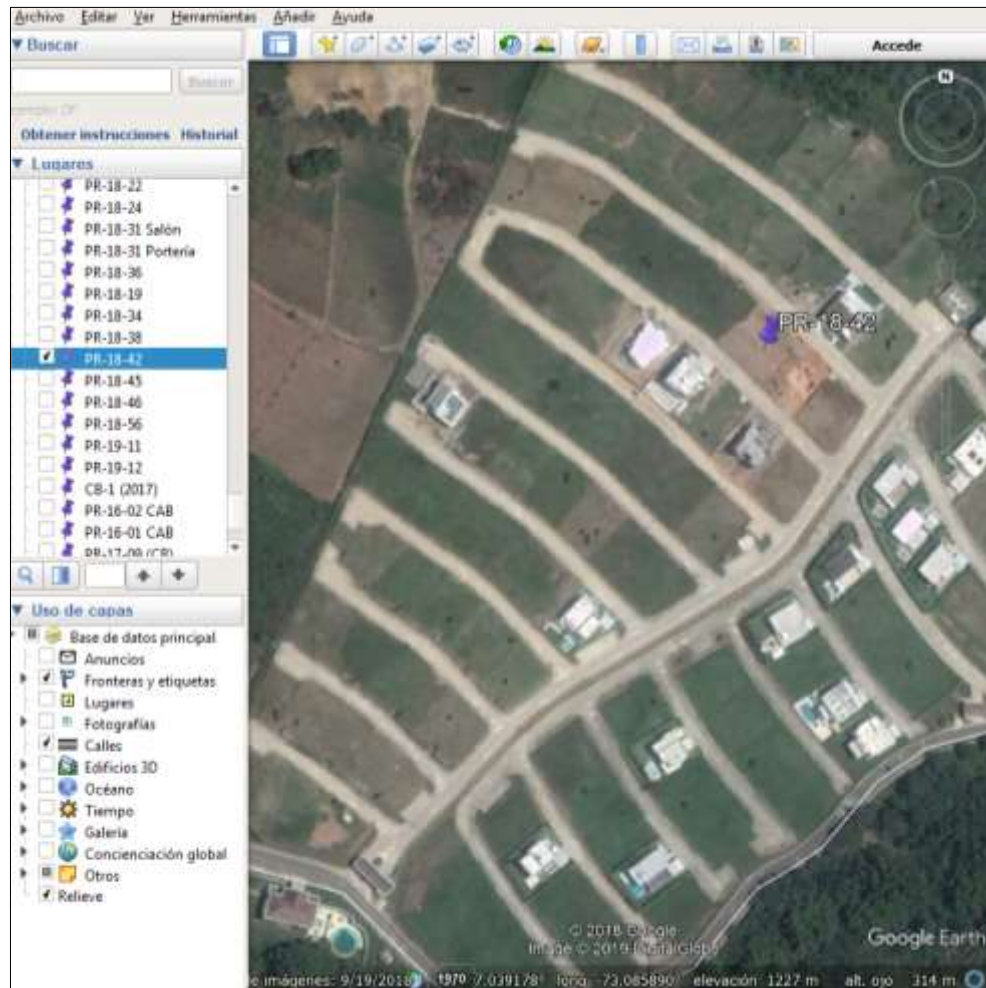


Imagen 8. Ubicación en Google Earth del ejemplo de estudio geotécnico.

Tomado de: Google Earth.

Oprimiendo ‘Clic derecho – Propiedades’ en el icono de cada PR, el programa muestra y permite copiar las coordenadas del punto, estas se encuentran en sistema **WGS 1984**, las cuales, posteriormente podrán ser interpretadas por casi cualquier herramienta cartográfica, como ArcGIS y ArcGIS online, que son las de uso del proyecto actual.



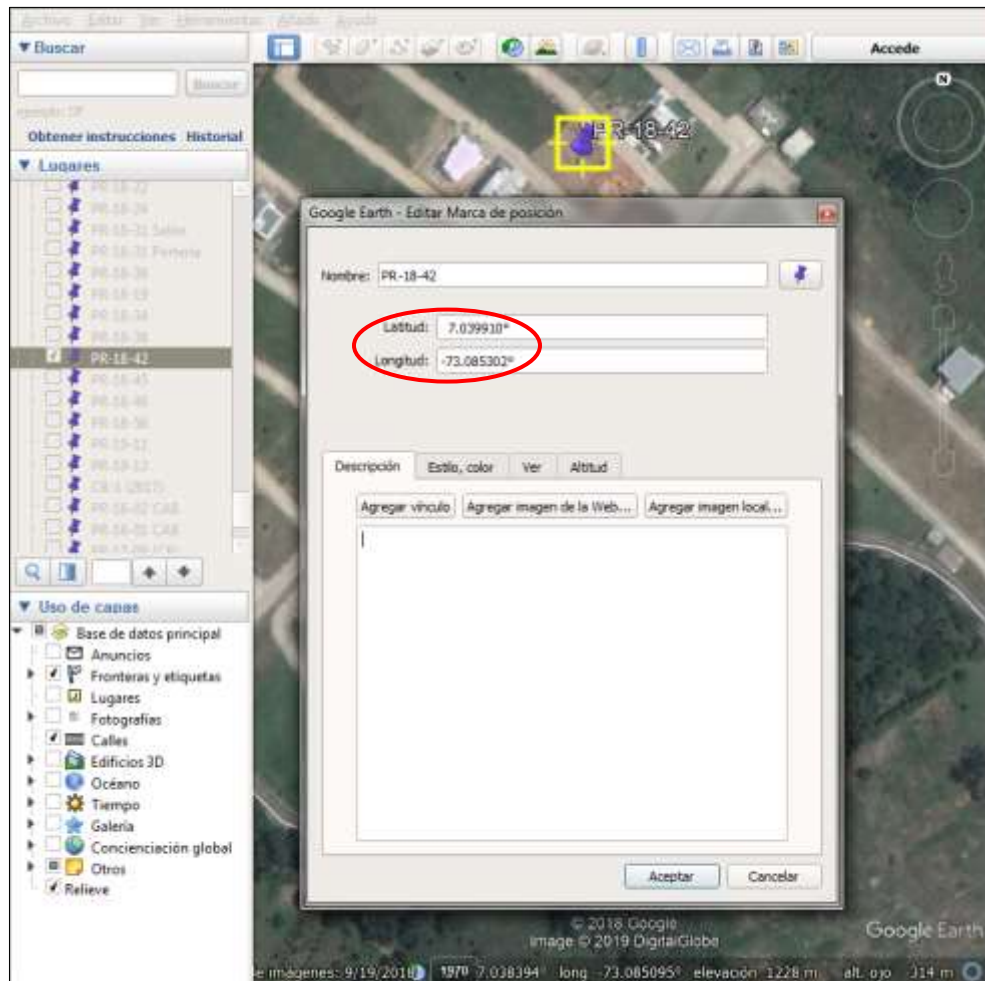


Imagen 9. Coordenadas en Google Earth del ejemplo de estudio geotécnico.

Tomado de: Google Earth.

### 9.4.3 Perfil de suelo según la Norma Sismo Resistente (NSR)

La clasificación del perfil de suelo se encuentra en el capítulo de Sismicidad de cada estudio, para esta clasificación se tiene en cuenta el perfil de suelo típico definido, y ensayos de línea sísmica, en caso de que se realicen, con el fin de evaluar los criterios de la NSR y definir el perfil adecuado a la profundidad de suelo competente.



### 5.1.8 Efectos locales

#### ❖ Clasificación de perfil de suelo

De acuerdo a la NSR-10 (Tabla A.2.4-1) el tipo y perfil de suelo típico del lote estudiado a partir de profundidad de suelo competente es:

Por debajo del nivel de cimentación el perfil de suelo es **Tipo D** cumpliendo con el criterio de  $50 > \bar{N} > 15$ .

Donde  $\bar{N}$  = número medio de golpes del ensayo de penetración estándar realizado de acuerdo a la norma ASTM D1586 haciendo corrección por energía  $N_{60}$ .

**Tabla 11 Clasificación de los Perfiles de Suelo**

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de suela competente	$V_p \geq 1500$ m/s
B	Perfil de suela de rigidez media	1500 m/s $> V_p \geq 750$ m/s
C	Perfiles de suelas muy duras o suelas blandas, que cumplen con el criterio de velocidad de la onda de corte, o perfiles de suelas muy duras o suelas blandas, que cumplen con cualquiera de los dos criterios	750 m/s $> V_p \geq 300$ m/s $N \geq 50$ o $\bar{q}_s \geq 300$ kPa ( $\approx 1$ kgf/cm <sup>2</sup> )
D	Perfiles de suelas rígidas que cumplen con el criterio de velocidad de la onda de corte, o perfiles de suelas rígidas que cumplen cualquiera de los dos criterios	300 m/s $> V_p \geq 150$ m/s $10 > N \geq 15$ o 750 kPa ( $\approx 1$ kgf/cm <sup>2</sup> ) $> \bar{q}_s \geq 50$ kPa ( $\approx 0.5$ kgf/cm <sup>2</sup> )
E	Perfil que cumple el criterio de velocidad de la onda de corte, o perfil que contiene un espacio total H mayor de 3 m de arcillas blandas	150 m/s $= V_p$ IP $> 20$ w $> 40\%$ 50 kPa ( $\approx 0.5$ kgf/cm <sup>2</sup> ) $> \bar{q}_s$
F	Los perfiles de suela tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotécnico de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subcategorías: F <sub>1</sub> — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelas arcillosas, arcillas sensibles, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F <sub>2</sub> — Lutas y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H = 3 m para lutas o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F <sub>3</sub> — Arcillas de muy alta plasticidad (H = 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 70) F <sub>4</sub> — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H = 30 m)	

Fuente: NSR-10

Imagen 10. Perfil de suelo del ejemplo de estudio geotécnico.

Tomado de: Documento PR-18-42 E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

#### 9.4.4 Profundidad a la que aparece perfil de suelo C

De acuerdo a un análisis inicial, el 70% de los estudios referenciados que contenían clasificación de suelo según la NSR evidenciaron perfil tipo C, luego, sobre este se diseñan la mayoría de proyectos en el área metropolitana de Bucaramanga. Por lo cual, se definió que la base de datos, y por consiguiente el SIG, tuvieran esta información de profundidad. La determinación del perfil de suelo mencionado,

explicado en el numeral 9.4.3, tuvo que hallarse desde la altura en que el suelo cumple con la definición consignada en la tabla mostrada en la Imagen 10. Perfil de suelo del ejemplo de estudio geotécnico. De manera que este será el dato que se extraerá si en el terreno existe perfil de suelo C. Para el PR-18-42 que se está tomado como ejemplo, la clasificación fue tipo D

#### 9.4.5 Capacidad admisible y profundidad de suelo competente

Esta información se encuentra en el capítulo de conclusiones y recomendaciones al final de cada estudio, esta capacidad ha sido determinada y recomendada por el o los ingenieros geotecnistas participantes en la elaboración del estudio y está ligada al tipo de edificación y de cimentación, sin embargo, en la recopilación de información únicamente se tomará el dato de manera general.

**8.1.2 Tipo de Cimentación y profundidad de suelo competente**

Se recomienda cimentar mediante zapatas individuales unidas por vigas de amarre rígidas o cimientos corridos.

En todos los casos la cimentación debe ser totalmente rígida para minimizar la ocurrencia de asentamientos diferenciales.

**8.1.3 Capacidad de soporte para zapatas**

Para el diseño zapatas se recomienda utilizar una presión admisible de trabajo de 5.0 Kg/cm<sup>2</sup> (50.0 Ton/m<sup>2</sup>) a una profundidad de 2.5 metros.

Para utilizar esta presión, se requiere que la cimentación cumpla con las siguientes características:

- ❖ Rigidez completa del sistema de cimentación (vigas de rigidez en las dos direcciones, con una altura no inferior al espesor del cimiento).

Imagen 11. Capacidad y Prof. Suelo competente del ejemplo de estudio geotécnico.

Tomado de: Documento PR-18-42 E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

#### 9.4.6 Nivel freático encontrado

Si se halló nivel de agua freática en las investigaciones realizadas, se encontrará claramente consignado entre las características físicas de cada proyecto, de lo contrario, estará escrito que este no apareció, como se muestra en la Imagen 12.

Es importante destacar que el nivel freático cambia durante el año, luego este dato es completamente variable, es por esta razón, que en la base de datos y en el aplicativo final se presenta en la mayoría de casos como un rango.

##### **2.1.5 Nivel freático al terminar los sondeos**

El nivel freático no apareció en los sondeos realizados.

Imagen 12. Nivel freático del ejemplo de estudio geotécnico.

Tomado de: Documento PR-18-42 E.D. INGEOECNIA S.A.S.

#### 9.4.7 Zonificación geológica

La zona en la que se ubica cada estudio posee ciertas características que permiten incluirla dentro de una zonificación geotécnica y geológica. Esta zonificación se encuentra a manera de planos, realizados y publicados por Ingeominas. A continuación se presenta un ejemplo de la descripción de la zonificación geológica extraída del estudio en cuestión.

##### **3.1.2 Geología y estratigrafía Local**

La geología local fue tomada con base en el estudio de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga realizado por Ingeominas en el 2001.

En la zona de influencia del lote en estudio afloran suelos residuales pertenecientes a la Formación Tambor (Kita).

Imagen 13. Descripción geología del ejemplo de estudio geotécnico.

Tomado de: Documento PR-18-42 E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

También se muestra un fragmento del plano geológico con la ubicación de la zona de estudio y sus respectivas convenciones.

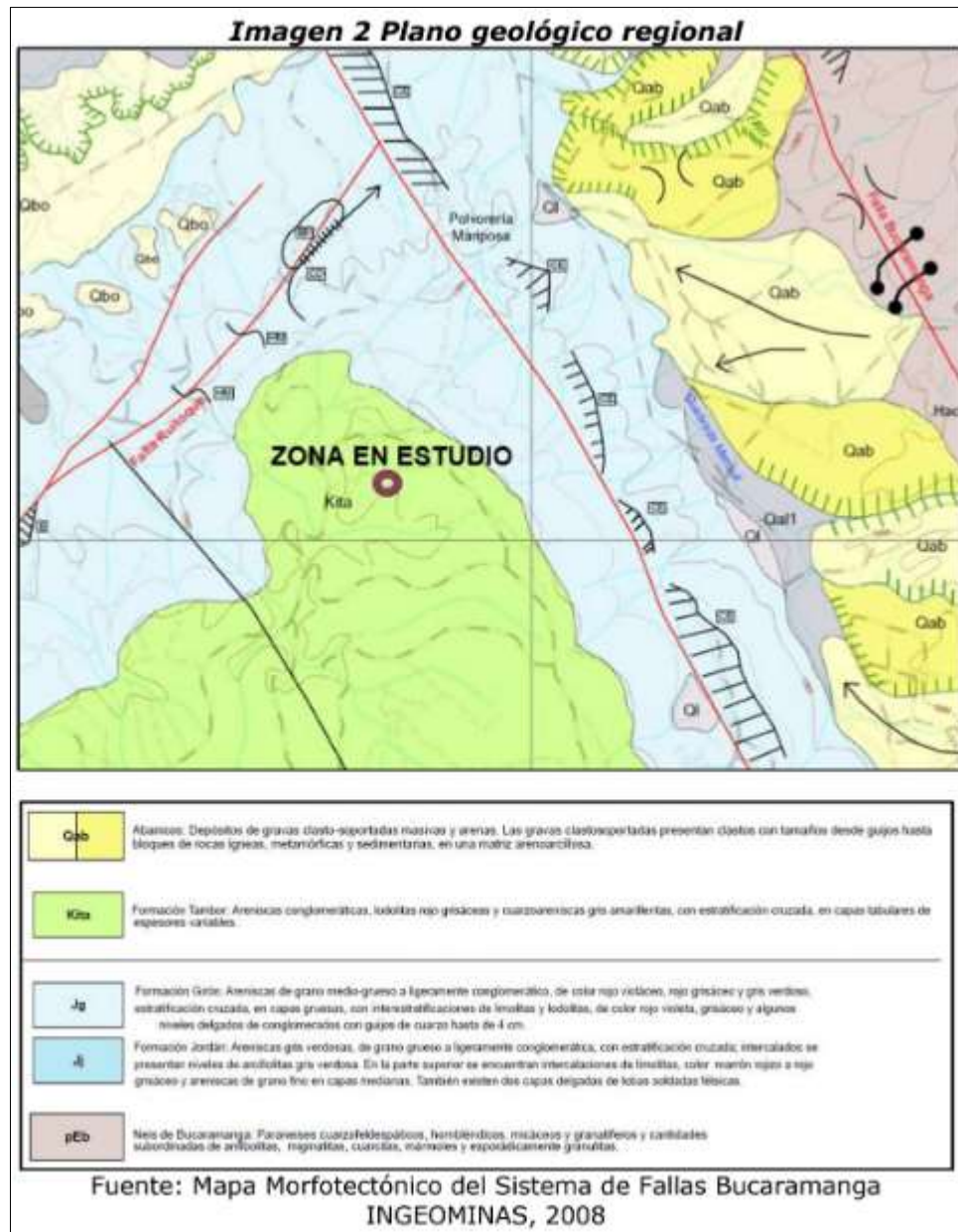


Imagen 14. Plano geológico del ejemplo de estudio geotécnico.

Tomado de: Documento PR-18-42 E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

#### 9.4.8 Zonificación geotécnica

Muy similar a la zonificación geológica, esta depende de la ubicación del lote de estudio. La zonificación se encuentra dispuesta a manera de planos, realizados y publicados por Ingeominas y la CDMB.

En seguida se presenta una muy breve descripción de la zona y la manera como está redactada en el estudio.

#### **3.1.4 Zonificación geotécnica (2001)**

ZONA 1A (Rocas sedimentarias con pendientes Moderadas a Bajas)

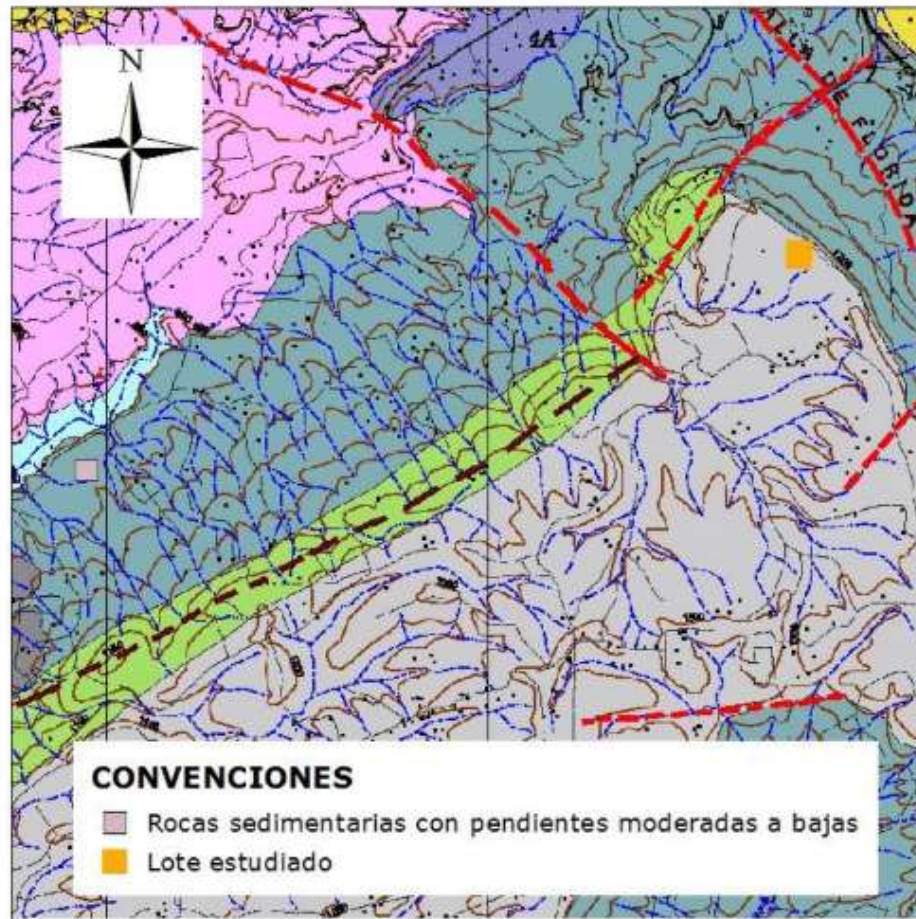
Imagen 15. Descripción zonificación geotécnica del ejemplo de estudio geotécnico.

Tomado de: Documento PR-18-42 E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

De igual manera se referencia el fragmento del plano junto con sus convenciones y la ubicación de la zona de estudio.



**Imagen 3 Plano geotécnico regional**



**1A**

***Rocas sedimentarias con pendientes moderadas a bajas***

Fuente: Imagen tomada y adaptada de CDMB – INGEOMINAS (2001)

Imagen 16. Plano geotécnico del ejemplo de estudio geotécnico.

Tomado de: Documento PR-18-42 E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

#### 9.4.9 Características especiales

La norma sismo resistente, en el Título H especifica, para los estudios geotécnicos que “*Se debe estudiar el efecto o descartar la presencia de suelos con características especiales como suelos expansivos, dispersivos, colapsables y los efectos de la presencia de vegetación o de cuerpos de agua cercanos*” [3]. Si a través del estudio se detecta que el lote presenta alguna o varias de estas características especiales, habrá una descripción de estas, de lo contrario se especificará que no fueron encontradas.

#### **3.2.3 Suelos con características especiales**

En los estudios realizados no se detectaron suelos con características especiales, de acuerdo a la definición del NSR-10.

En el lote no aparecen suelos dispersivos o colapsables, ni efectos negativos relacionados con la presencia de la vegetación o de cuerpos de agua.

Imagen 17. Características especiales del ejemplo de estudio geotécnico.

Tomado de: Documento PR-18-42 E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

#### 9.4.10 Tipo de suelo

De acuerdo a las investigaciones geotécnicas, sondeos y laboratorios realizados, se determina un perfil de suelo típico que incluye la profundidad, el número de golpes y la descripción. Para alimentar la base de datos para el SIG, se tomaron la profundidad y la descripción como indicativo del tipo de suelo.



## 6.1 PERFIL DE DISEÑO

A partir del comportamiento de los suelos y a la variación a profundidad de los sondeos, se determinó el siguiente perfil de diseño:

**Tabla 18 Perfil Típico**

Prof. (m)	N (golpes/pie)	Descripción
0.5	6	Suelos residuales compuestos por arenas muy finas, permeables, sueltas, algo húmedas, de color marrón, marrón amarillento-rojizo.
1.0	5	
1.5	12	Suelos residuales compuestos por arenas muy finas, permeables, medio densas, algo húmedas, de color amarillo y naranja.
2.0	25	
2.5	54	Suelos residuales compuestos ppr arenas finas, permeables, muy densas, algo húmedas, de color amarillo pálido.
3.0	100R	

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

**Imagen 18. Perfil de suelo del ejemplo de estudio geotécnico.**

**Tomado de: Documento PR-18-42 E.D. INGEOTECNIA S.A.S.**

Las características de cada tipo de suelo se encuentran resumidas al final del documento de cada estudio de suelos referenciado. Determinadas luego de haber estudiado, calculado y correlacionado, según corresponda, e incluyendo las memorias de cálculo de cada análisis, el ingeniero geotecnista encargado considerará los resultados, y este recomendará las propiedades finales que quedarán consignadas en una tabla, véase en la Imagen 19. Tabla de la cual se extrajo la información de peso unitario, cohesión y ángulo de fricción para este proyecto. Así como el módulo de elasticidad y el coeficiente de Balasto como datos complementarios, pero específicos de cada estudio de suelos.

### 8.1.4 Resumen de propiedades de los suelos

Se recomienda utilizar las propiedades de los suelos descritos a continuación, para los coeficientes de presión de tierras recomendados son los siguientes:

$$K_a = (\tan (45 - \phi/2))^2 \quad K_p = (\tan (45 + \phi/2))^2$$

**Tabla 31 Propiedades de los suelos**

Tipo de suelo	Peso unitario (KN/m <sup>3</sup> )	Angulo de fricción (°)	Cohesión (KN/m <sup>2</sup> )	E (MPa)	K <sub>a</sub>	K <sub>p</sub>	Módulo de reacción del suelo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Tipo I	17.25	26.72	3.0	8.4	0.38	2.63	8.4
Tipo II	18.04	30.57	7.0	15.6	0.33	3.06	15.6
Tipo III	18.80	38.00	10.0	36.8	0.24	4.20	36.8

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Imagen 19. Propiedades de suelo del ejemplo de estudio geotécnico.

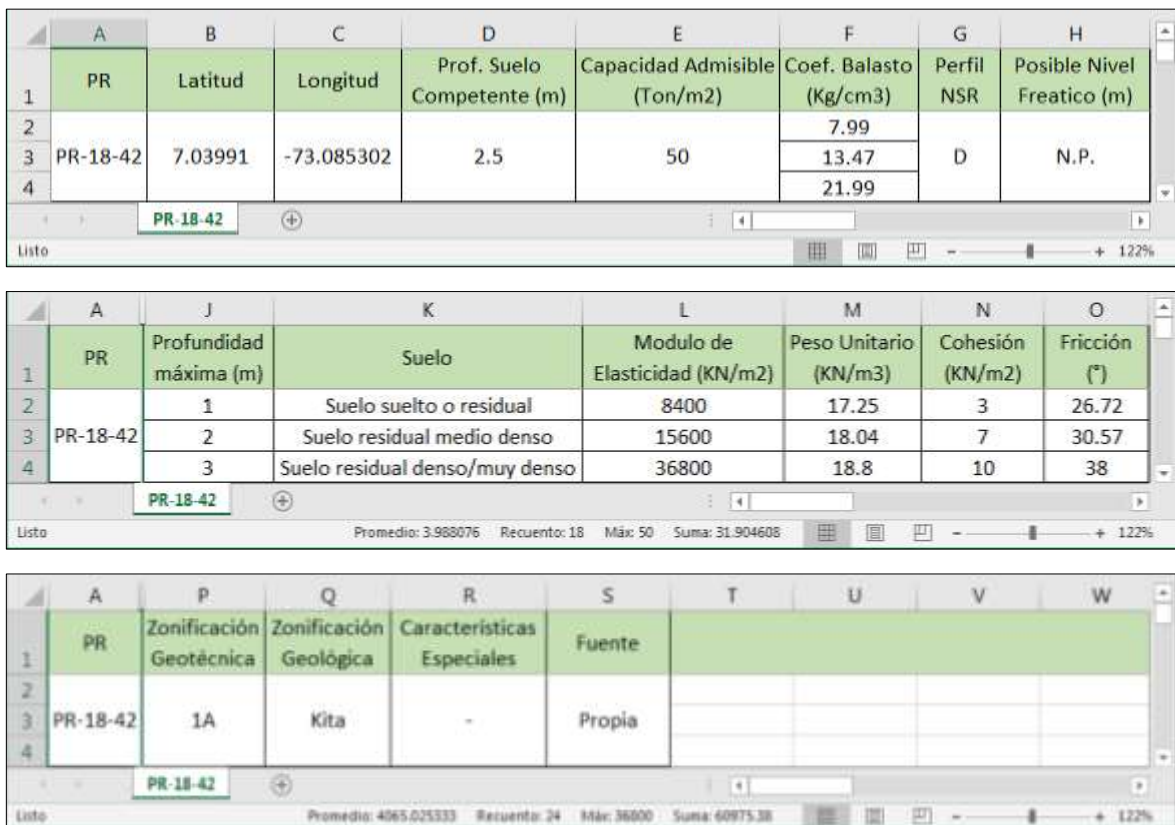
Tomado de: Documento PR-18-42 E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

Partiendo de los 158 estudios de suelos seleccionados en la FASE 3, La FASE 4 permitió extraer los principales parámetros geotécnicos determinados, es decir; peso unitario, cohesión, ángulo de fricción y perfil de suelo según la NSR-10, así como información general de cada estudio, como los son el PR, la ubicación, y las zonificaciones geológica y geotécnica en que se encuentra cada uno. De igual modo se incluyeron datos complementarios específicos de cada estudio tales como capacidad admisible, profundidad de suelo competente y profundidad o rango en el que se halló el nivel freático.

## 9.5 FASE 5: Elaboración de base de datos

A partir de toda la información extraída de cada uno de los 158 estudios geotécnicos, se procedió a desarrollar una base de datos clara y organizada. Para

esta actividad se seleccionó el programa Excel como herramienta óptima para el manejo de bases de datos y por la posibilidad de emplear distintos formatos de archivo compatibles con ArcGIS. A continuación se muestra un ejemplo de la distribución en la tabla en Excel de las características geotécnicas obtenidas.



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	PR	Latitud	Longitud	Prof. Suelo Competente (m)	Capacidad Admisible (Ton/m <sup>2</sup> )	Coef. Balasto (Kg/cm <sup>3</sup> )	Perfil NSR	Posible Nivel Freatico (m)
2						7.99		
3	PR-18-42	7.03991	-73.085302	2.5	50	13.47	D	N.P.
4						21.99		

	A	J	K	L	M	N	O
1	PR	Profundidad máxima (m)	Suelo	Modulo de Elasticidad (KN/m <sup>2</sup> )	Peso Unitario (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesión (KN/m <sup>2</sup> )	Fricción (°)
2		1	Suelo suelto o residual	8400	17.25	3	26.72
3	PR-18-42	2	Suelo residual medio denso	15600	18.04	7	30.57
4		3	Suelo residual denso/muy denso	36800	18.8	10	38

	A	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	PR	Zonificación Geotécnica	Zonificación Geológica	Características Especiales	Fuente				
2									
3	PR-18-42	1A	Kita	-	Propia				
4									

Imagen 20. Distribución Excel de la información geotécnica.

Tomado de: Microsoft Office Excel.

Toda la información extraída de los estudios geotécnicos y registrada en la base de datos se encuentra en el Anexo 1 al final del documento.

Para realizar la carga de la información a la plataforma elegida (ArcGIS Online), se decidió realizar una prueba preliminar, evidentemente la base de datos actual se encontraba distribuida de manera visualmente estética, sin embargo, no era posible la lectura correcta de ésta por parte del software. Para cada ítem, en el presente caso; estudio geotécnico, debía existir una única fila de datos, de manera que, no se podía tener celdas combinadas ni información en forma vertical.

### 9.5.1 Base de datos de prueba

Se decidió, por tanto, crear una base de datos alterna, exclusivamente con los estudios en los que hay un único tipo de suelo reportado, pues estos solo ocuparían una fila. Como se muestra en la Imagen 21. Disposición base de datos de prueba.

	A	B	C	D	E	F	G
1	PR	Latitud	Longitud	Prof. Suelo Competente (m)	Capacidad Admisible (Ton/m <sup>2</sup> )	Coef. Balasto (Kg/cm <sup>3</sup> )	Perfil NSR
2	PR-12-08	7.128234	-73.106713				
3	PR-13-04	7.064341	-73.123925		8		
4	PR-13-11	7.115068	-73.107235		40	8.18	C
5	PR-14-38	7.033508	-73.081112	0.5 - 1.5	60	25	C
6	PR-14-82	7.096796	-73.111579	4.0 - 7.4	24	4.2	D
7	PR-15-27	7.118046	-73.113116	6.0 - 7.0	41	16.82	C
8	PR-16-01	7.060335	-73.08808				C

H	I	J	K	L
Posible Nivel Freatico (m)	Profundidad (m)	Suelo	Modulo de Elasticidad (KN/m <sup>2</sup> )	Peso Unitario (KN/m <sup>3</sup> )
N.P.		Residual		18.3
1.9-3.0		Aluvial		18.0
N.P.	entre 1 y 4	Residual denso	50366	18.4
N.P.		Residual denso		
3		Aluvial miembro limos rojos		18.0
8.5	< 21			18.0

M	N	O	P	Q
Cohesión (KN/m <sup>2</sup> )	Fricción (*)	Zonificación Geotécnica	Zonificación Geológica	Características Especiales
20.0	29.2	3A y 3B	Qblr, JTRcg y pEb	
		6A	Qa12	Suseptible a licuación
18.0	30.0	3A	Qblr	
20.0	38.0	1A	Kita	
	33.0	3B	Qdl	
10.0	36.0	3A	Qblr	
20.0	32.0	5	Qab	

Imagen 21. Disposición base de datos de prueba.

Tomado de: Microsoft Office Excel.

### 9.5.2 Ajuste de base de datos

Para comenzar a exportar toda la información a ArcGIS Online fue necesario realizar un ajuste a la base de datos principal, como se mencionó al inicio de esta fase. Cada ítem únicamente debía ocupar una fila, y, sin importar el número de columnas necesarias, se procedió a acomodar la información de forma horizontal. Así:

PR	Latitud	Longitud	Prof. Suelo Competente	Capacidad Admisible	Coef. Balasto	Perfil NSR	Prof Perfil C	Posible Nivel Freático
PR-18-42	7.039910	-73.085302	2.5	50	21.99	D	-	N.P.

Suelo 1	Profundidad 1	Modulo de Elasticidad	Peso Unitario 1	Co	Fr
Suelo suelto residual	1	8400	17.25	3	26.72

Suelo 2	Profundidad 2	Modulo de Elasticidad	Peso Unitario 2	Cohes	Fri
Suelo residual medio denso	2	15600	18.04	7	30.57

Suelo 3	Profundidad 3	Modulo de Elasticidad 3	Peso Unitario 3	Cohesi	Fricci
Suelo residual denso/muy denso	3	36800	18.8	10	38

Suelo 4	Profundidad 4	Modulo de Elasticidad	Peso Unitario 4	Cohesión	Fricción
	-	-	-	-	-

Zonificación Geotécnica	Zonificación Geológica	Características Especiales
1A	Kita	-

**Figura 1. Distribución base de datos ajustada.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Toda la información registrada en la base de datos ajustada se encuentra en el Anexo 2 al final del documento.

La nueva distribución permitió disponer la información, en caso de ser necesario, de hasta cuatro tipos de suelo para cada estudio, incluyendo sus parámetros geotécnicos a profundidad, además de su información básica y general. De manera que todos estos parámetros geotécnicos extraídos y agrupados en la base de datos

fueran exportados e interpretados adecuadamente por ArcGIS Online y así poder comenzar a generar el aplicativo SIG en la plataforma mencionada.

## **9.6 FASE 6: Carga de Información**

Inicialmente se realizó la carga de información a ArcGIS online a partir de la base de datos de prueba, mencionada anteriormente, con el fin de adquirir experiencia en el manejo de la plataforma. Posteriormente se procedió a exportar la base de datos completa y ajustada para la implementación del aplicativo final en ArcGIS Online. Todo este procedimiento se describe a continuación.

### **9.6.1 Creación de cuenta de ArcGIS Online**

Para poder comenzar a introducir la información de la base de datos de prueba a la plataforma fue necesario haber creado una cuenta gratuita de ArcGIS Online, por tanto, el procedimiento de registro realizado se encontrará a continuación.

Primero se debió ingresar a la dirección web '[www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)' y posteriormente oprimir en el botón '*Iniciar sesión*'.





Imagen 22. Página principal de ArcGIS Online.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>

Apareció una ventana para introducir un nombre de usuario y una contraseña, pero, al no contar con estos aún, se debió seleccionar la opción 'Cree una cuenta pública'.

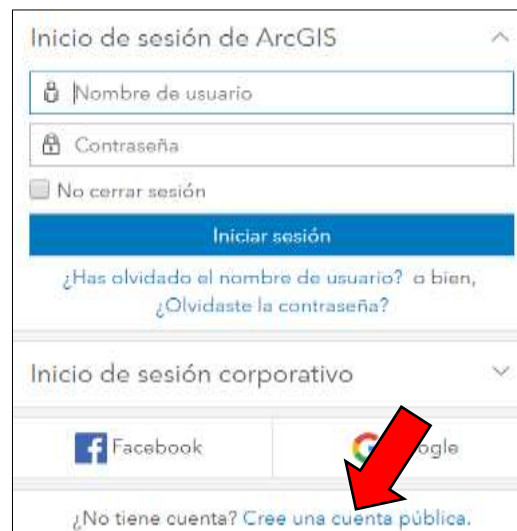
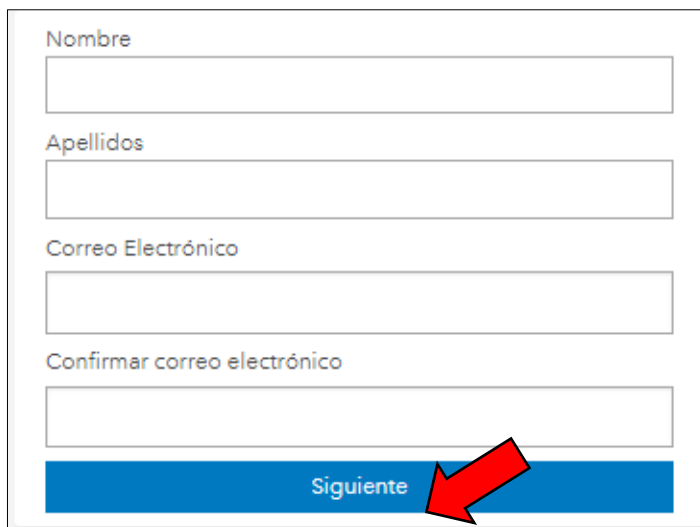


Imagen 23. Página de inicio de sesión de ArcGIS Online.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>



A partir de este punto, fueron solicitados datos tales como nombre, apellido y correo electrónico, para luego ser rellenos y oprimir en el botón ‘*Siguiente*’.



Nombre

Apellidos

Correo Electrónico

Confirmar correo electrónico

Siguiente

**Imagen 24. Registro en ArcGIS Online.**

Tomado de: <https://www.arcgis.com>

La página informa que fue enviado un enlace al correo electrónico suministrado y al seguirlo se pudo continuar y culminar con el registro. En ese momento se solicitó nombre de usuario, contraseña, reescribir la contraseña, seleccionar una pregunta de seguridad, escribir la respuesta y aceptar las condiciones y políticas de Esri ArcGIS Online, antes de seleccionar la opción de ‘*Crear cuenta*’.



Nombre de usuario

Contraseña

Reescriba la contraseña

Pregunta de seguridad

Selección única

Respuesta

[Lee los Términos de uso y la Política de privacidad](#)

[Lee los Términos de uso y la Política de privacidad en otros idiomas](#)

Acepto y estoy de acuerdo con los

Condiciones de uso de Esri ArcGIS Online

Política de privacidad de Esri ArcGIS Online

Crear cuenta

Imagen 25. Creación de cuenta ArcGIS Online.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>

Seguidamente apareció el perfil recién creado con varios menús en la parte superior y los datos básicos introducidos durante el registro. Haciendo clic en el vínculo 'Mapa' quedó la plataforma lista para comenzar a trabajar en un SIG.

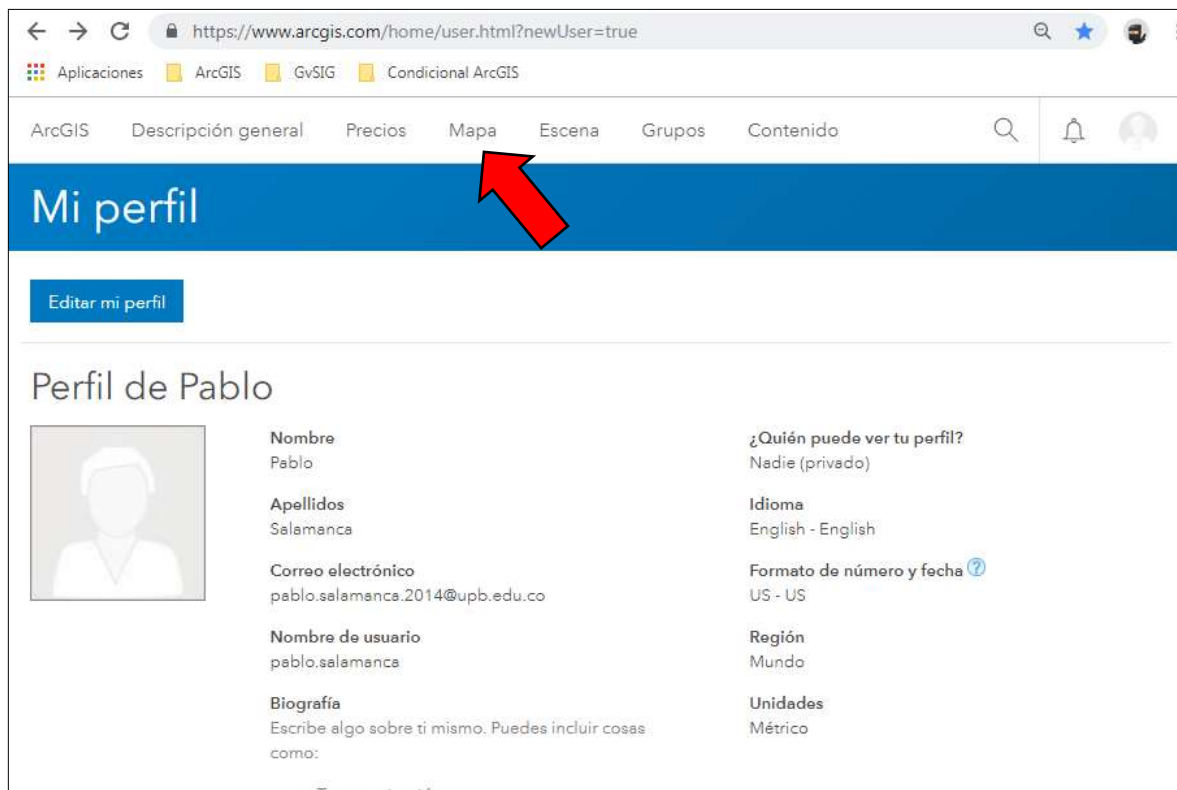


Imagen 26. Perfil de usuario de ArcGIS Online.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>

### 9.6.2 Prueba de carga a ArcGIS Online

Para cargar la información de prueba, se realizó desde la presentación del mapa que apareció a partir de los pasos anteriores, y fue la siguiente:

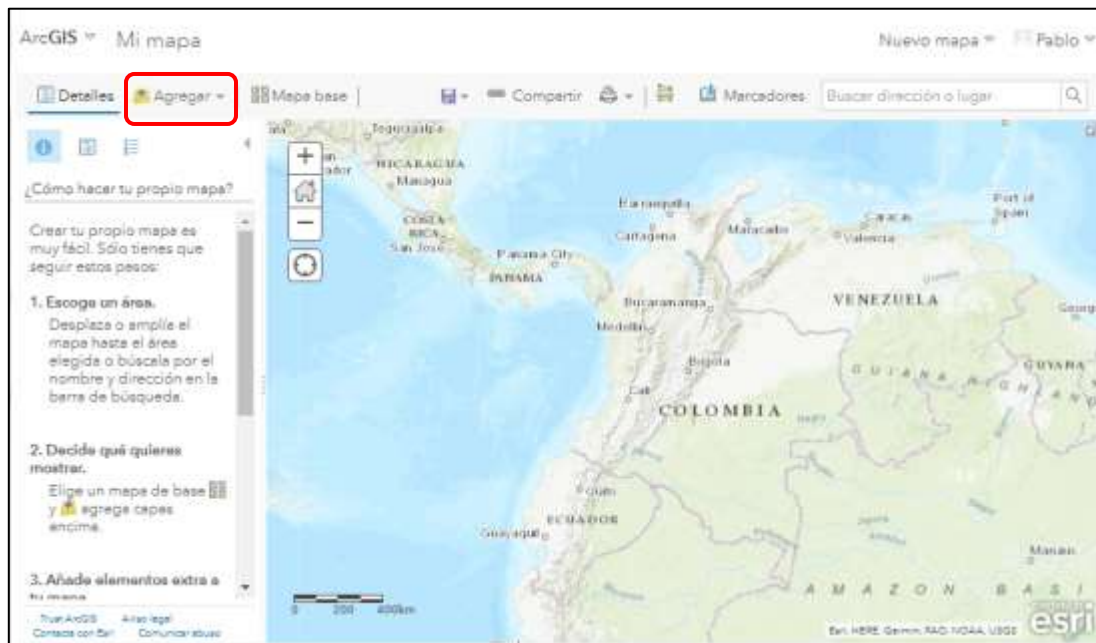


Imagen 27. Nuevo mapa.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>

En el menú 'Agregar', existe una opción de agregar capa desde un archivo, y muestra todos los tipos de archivo que ArcGIS Online permite importar.



Imagen 28. Tipos de archivos a importar en ArcGIS Online.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>

La opción de archivo más viable y completa para introducir los datos a partir de Excel fue mediante Shapefile. Los Shapefiles fueron creados desde el archivo de Excel guardado con extensión '.xls' en el programa ArcGIS de escritorio, y posteriormente comprimidos en extensión ZIP para ser leídos en línea. Este proceso se realizó de la siguiente manera:

En un documento nuevo de ArcGIS se seleccionó la opción 'Add Data' en la barra de herramientas Standard, allí apareció una ventana para seleccionar el archivo '.xls' desde la carpeta del computador dónde fue guardado y se escogió la hoja de cálculo donde se encuentra la base de datos que se va a importar para luego dar clic en el botón 'Add'.

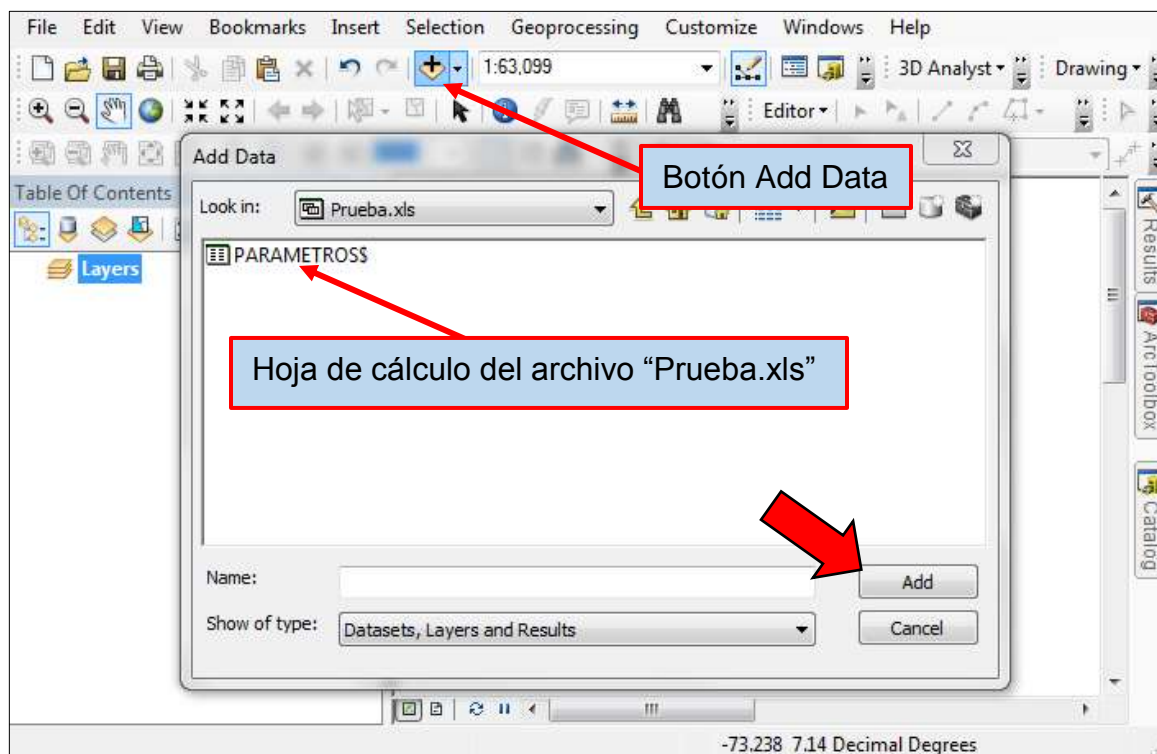


Imagen 29. Agregar datos de Excel en ArcGIS.

En la tabla de contenido de ArcGIS (Parte izquierda de la ventana) se ubicó el nombre de la hoja de cálculo, allí se oprimió ‘Clic derecho’ y luego ‘Display XY Data...’.

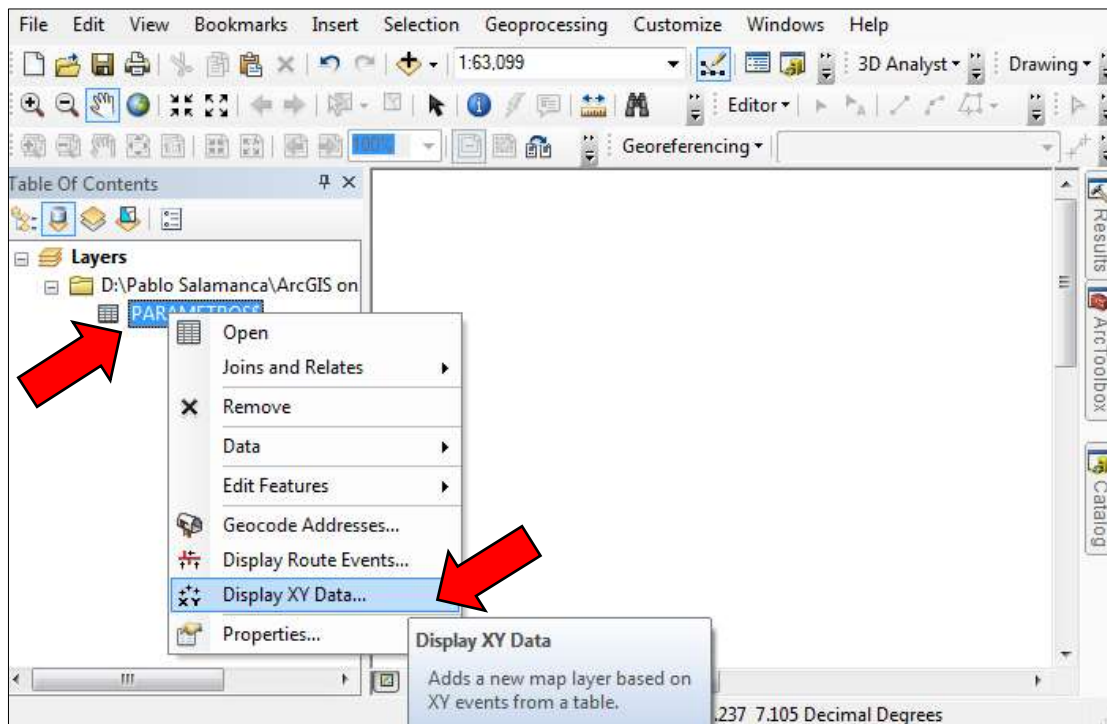


Imagen 30. Abrir datos XY de la hoja de cálculo.

Luego, se mostró una ventana en la cual se debió seleccionar que campo (columna) de la antigua hoja de cálculo de Excel correspondía con las coordenadas X, Y, es decir, para la longitud el eje X y para la latitud el eje Y, y Z en el caso de que se tuviera información de cotas (no definidas para el actual caso). Seguidamente, en esa misma ventana hubo que elegir desde el botón ‘Edit...’, el sistema de coordenadas al cual estaba ligada la información.

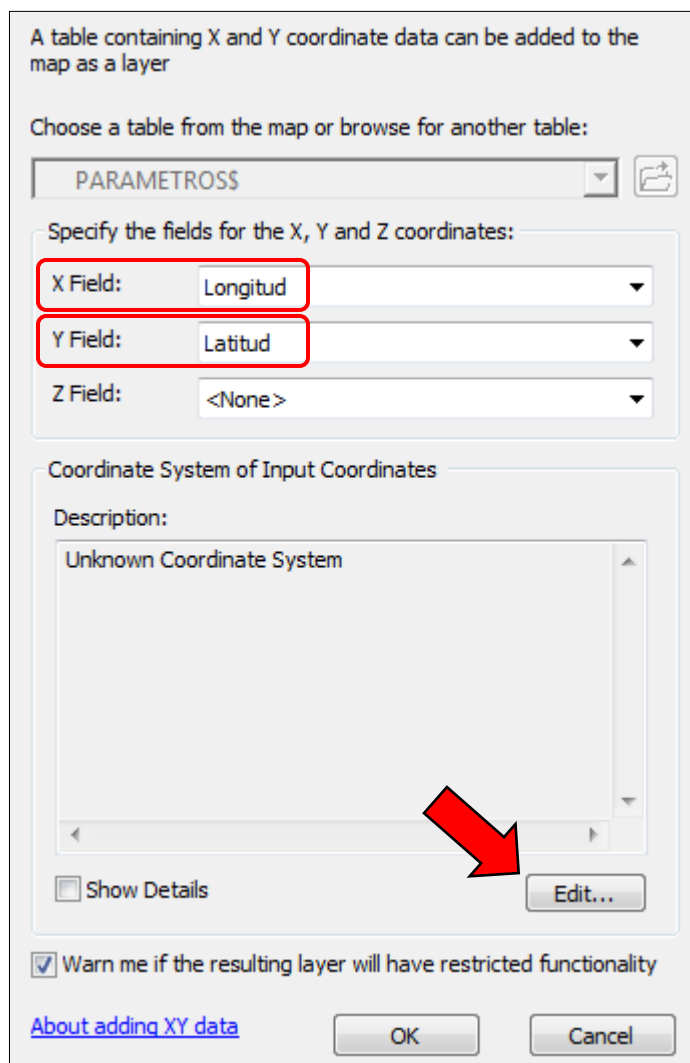


Imagen 31. Selección de datos X, Y en ArcGIS.

Allí se buscó y se eligió el sistema **WGS 1984**, siendo este el que se dispuso en la base de datos desde la recopilación de la información a partir de los estudios y mediante Google Earth. Después se oprimió 'Aceptar' y en la ventana emergente que apareció, también 'Aceptar'.



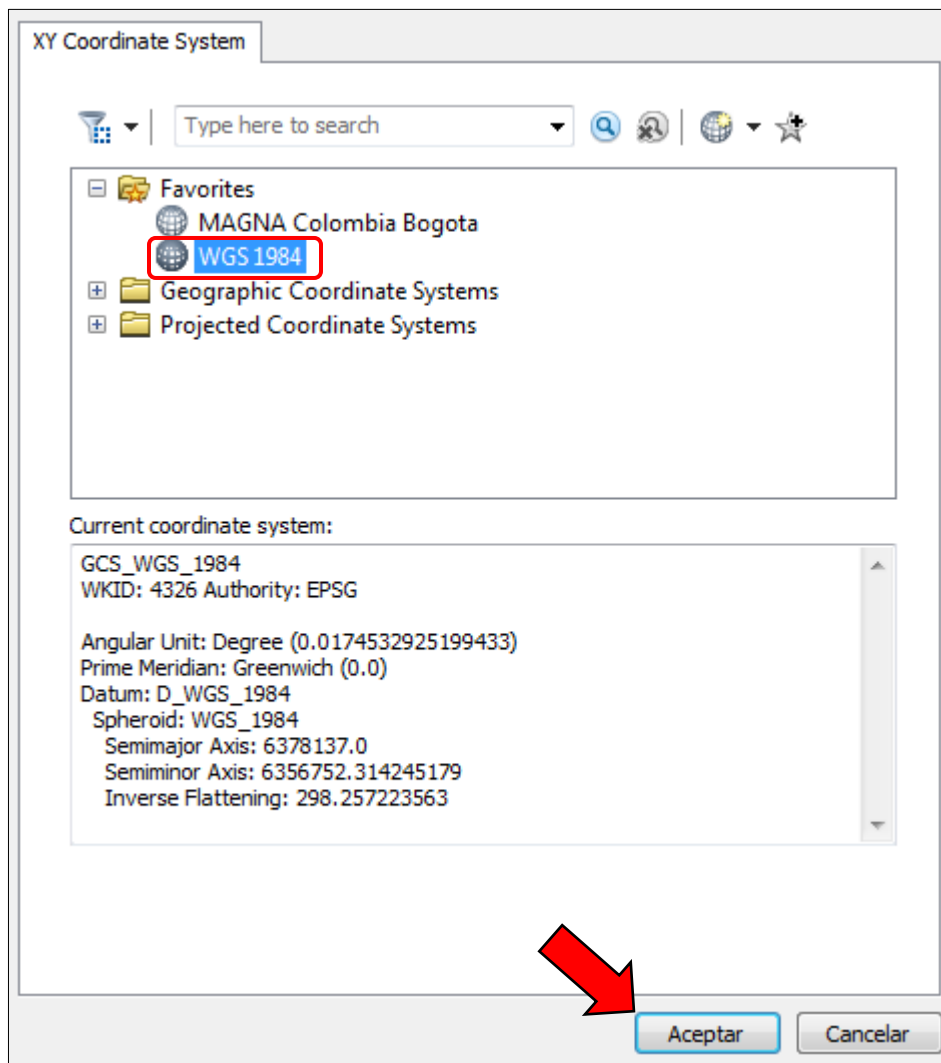
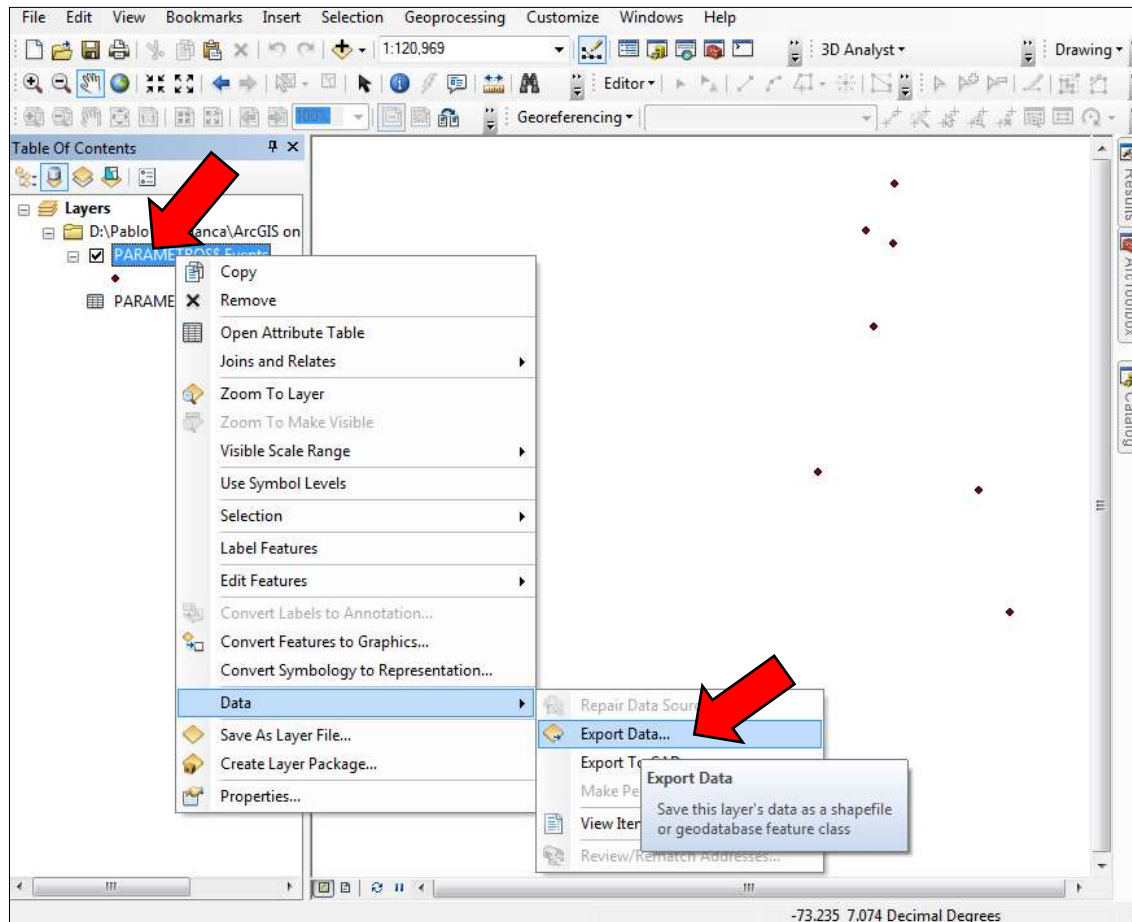


Imagen 32. Seleccionar sistema de coordenadas en ArcGIS.

Nuevamente en la tabla de contenido de ArcGIS (Ubicada en la parte izquierda de la ventana), apareció una nueva capa que muestra un ícono tipo punto y en la parte derecha se podían observar varios de estos íconos en la ubicación de cada estudio referenciado. Para crear, por último, los shapefiles se oprimió clic derecho sobre esta última capa y allí se seleccionó del menú 'Data', la opción 'Export Data...'.



**Imagen 33. Exportar datos de shapefiles en ArcGIS.**

Dentro de la ventana Export Data se seleccionó la opción '*All features*', es decir "todas las características", y en la parte inferior derecha, se oprimió el botón que permitiría buscar la ubicación de la carpeta que se precisó para guardar la información.

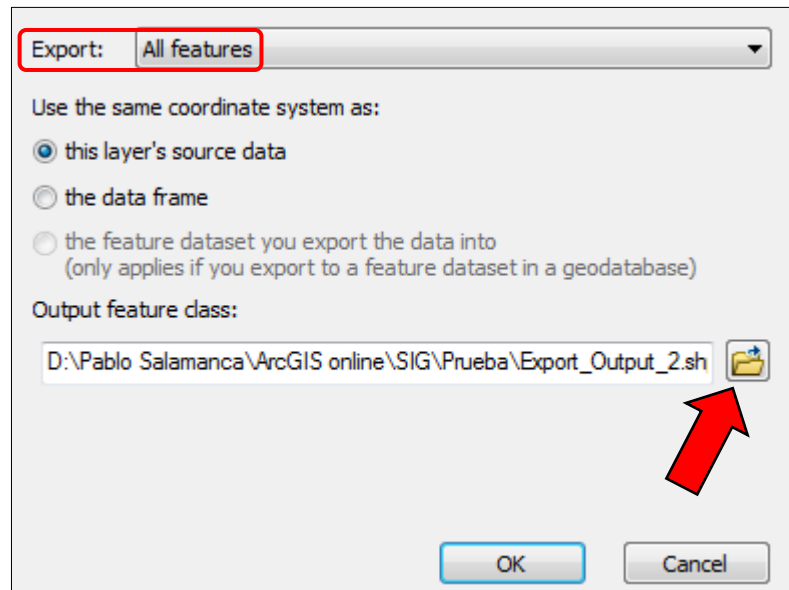


Imagen 34. Exportar datos en ArcGIS.

Al seleccionar la carpeta y definir el nombre con el que se deseó guardar los archivos, se debió tener presente que el tipo de archivo para guardar fuera Shapefile, eligiéndolo en la parte inferior de la ventana en el menú 'Save as type:'. Posteriormente se oprimió el botón 'Save' y el botón 'Ok' en la ventana mostrada en la Imagen 34. Exportar datos en ArcGIS. El programa preguntó si se quería agregar los archivos creados como una nueva capa y se oprimió 'sí'. De esta manera, y después de cerrar ArcGIS para que los archivos no continúen como archivos en uso, ya habrían quedado guardados los Shapefiles listos para comprimir.

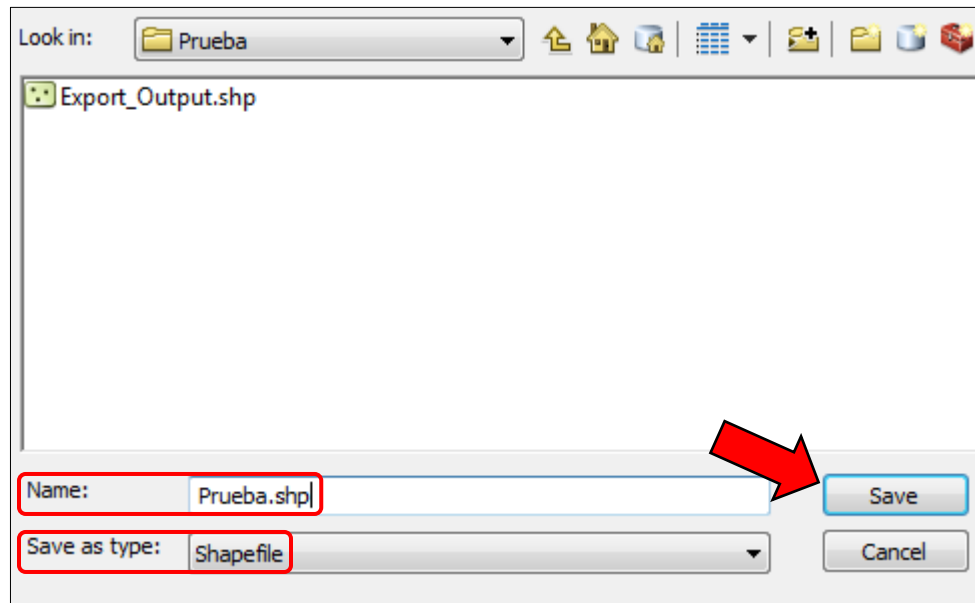
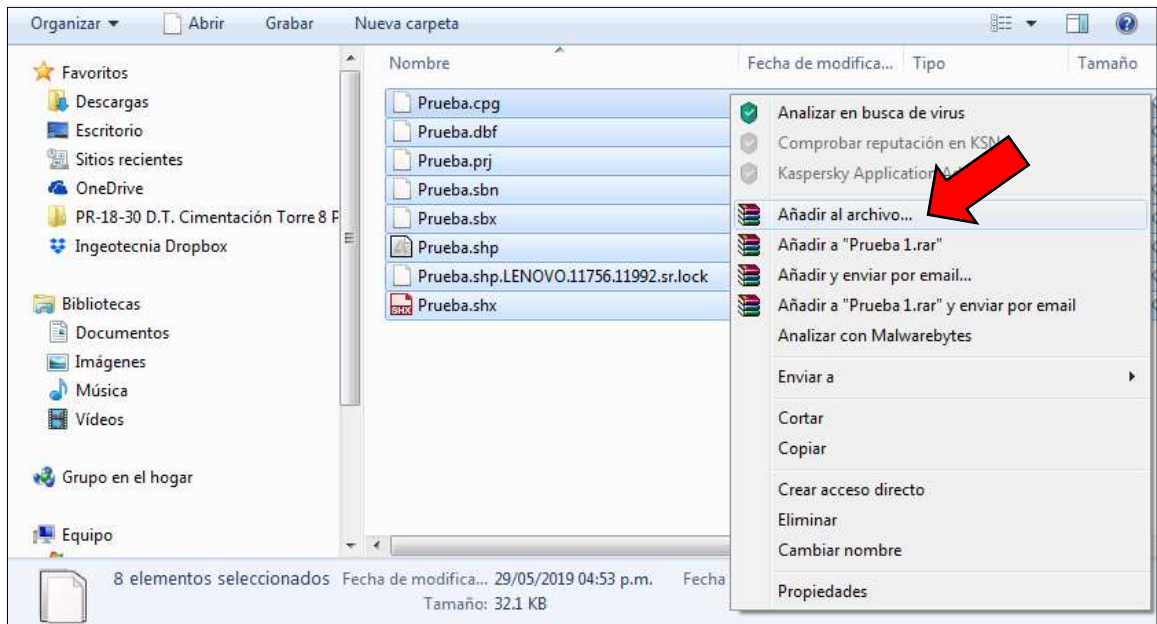


Imagen 35. Seleccionar carpeta de guardado ArcGIS Online.

Yendo a la carpeta donde quedaron guardados los shapefiles, fueron seleccionados todos los archivos y posteriormente se opimió clic derecho sobre los elementos, allí se seleccionó la opción *'Añadir al archivo...'*.



**Imagen 36. Selección de archivos para comprimir.**

En la ventana que emergió, fue importante seleccionar formato de archivo ZIP, pues este es el tipo de extensión de compresión que permite leer ArcGIS Online, además fue posible escribir un nombre y ajustar propiedades avanzadas de compresión, las cuales no fueron editadas. Después de esto, pulsando el botón 'Aceptar', se creó un único archivo comprimido que abarcó todos los elementos generados por ArcGIS, que luego serían exportados a ArcGIS Online.

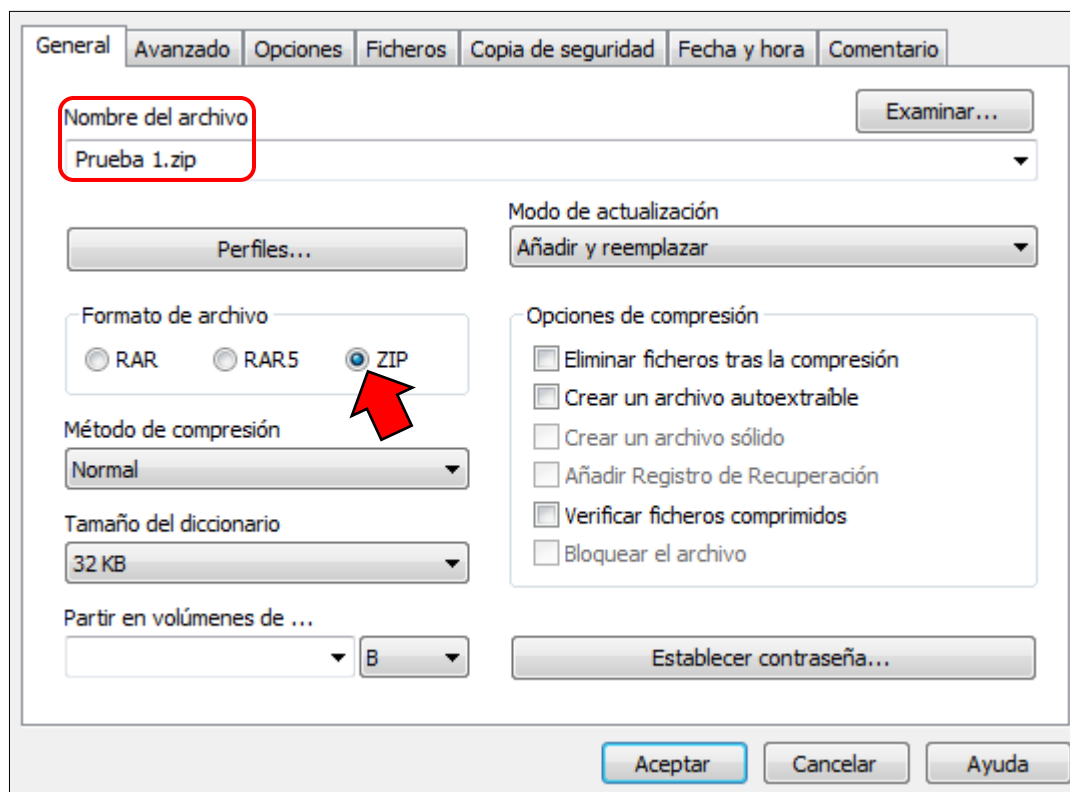
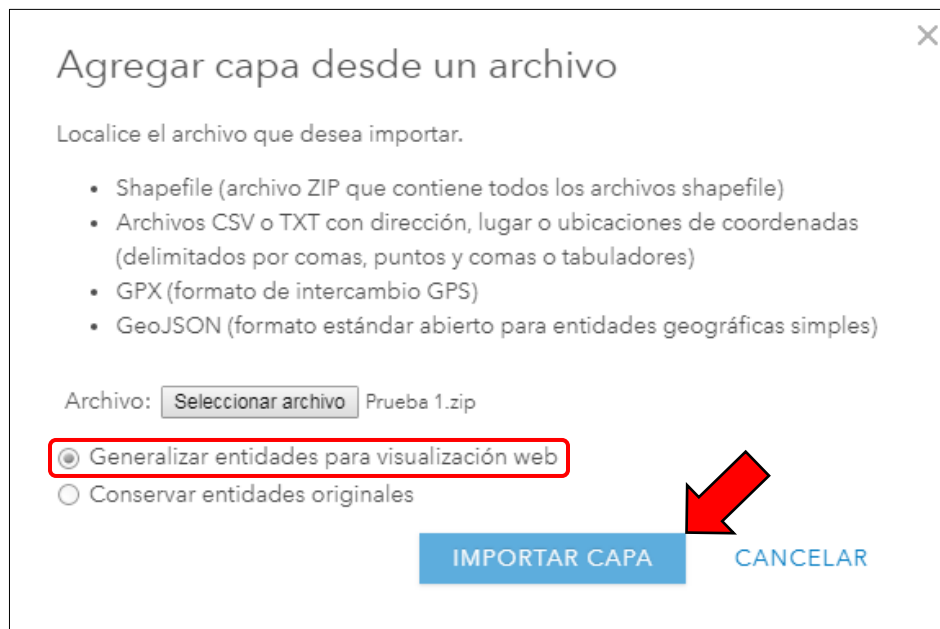


Imagen 37. Creación de archivo comprimido ZIP de shapefiles de prueba.

Regresando a ArcGIS Online, se pudo importar la base de datos de prueba en formato shapefile comprimido, como solicitó la plataforma (mostrado en la Imagen 28. Tipos de archivos a importar en ArcGIS Online.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>). Se seleccionó desde la carpeta el archivo comprimido creado y se escogió la opción de '*Generalizar entidades para visualización web*', lo que permite, básicamente, es optimizar la información para funciones web, y que el uso de datos en línea pueda ser más ágil. Todo lo anterior con el fin de poder comenzar a entender el funcionamiento del aplicativo y la manera como se podrían organizar los datos para generar el SIG.



**Imagen 38. Importar capa a ArcGIS Online.**

Tomado de: <https://www.arcgis.com>

En el momento en que terminaron de cargar los shapefiles, aparecieron varias opciones de visualización de los elementos importados, en la primera se eligió el atributo que se deseaba mostrar, que fue únicamente la ubicación. A partir de la ubicación, el programa permitió seleccionar un estilo de dibujo (símbolos o íconos que representarían cada estudio geotécnico en su ubicación), a partir de dos opciones, símbolo único o mapa de calor, fue escogido símbolo único, y desde el botón 'Opciones' fue posible editar la simbología, incluyendo forma, color, tamaño, transparencia y rango de visibilidad por escalas. Finalmente se oprimió 'Hecho' para finalizar y guardar la edición.



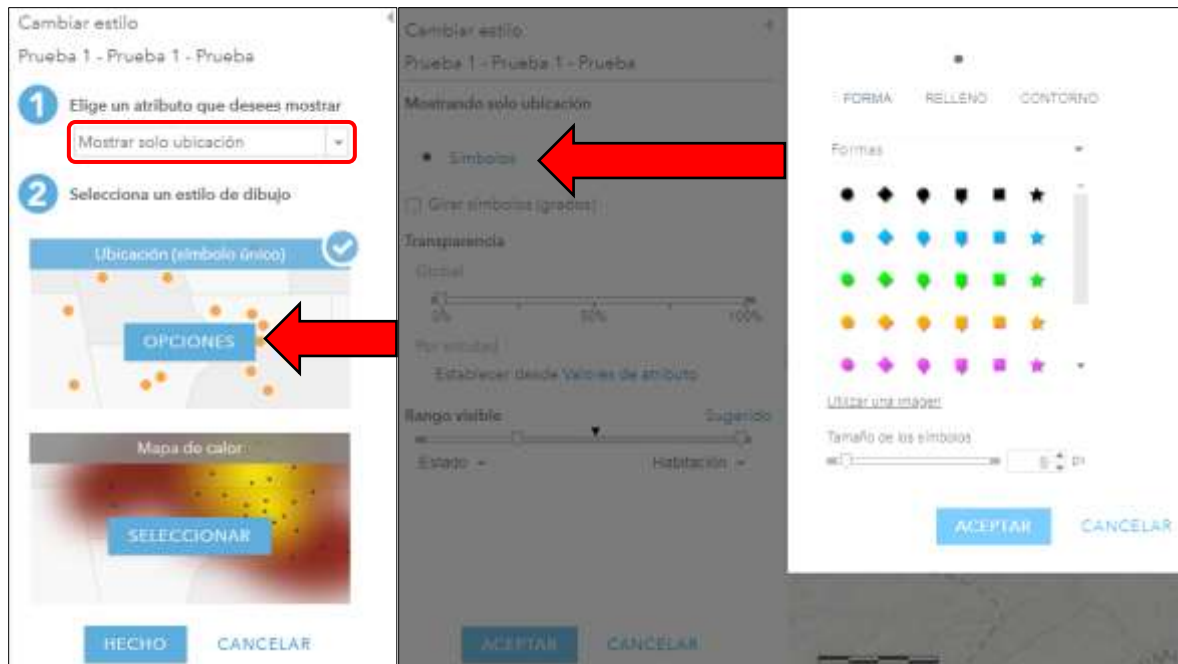


Imagen 39. Edición de simbología de puntos en ArcGIS Online

Tomado de: <https://www.arcgis.com>

Desde este punto ya se tuvo una visualización más próxima de lo que se espera que contenga el SIG final. Dentro de la ventana existente, similar a ArcGIS de escritorio, en el sector izquierdo se encuentra la tabla de contenido, es decir, donde se mostrarán las capas que se encuentran insertadas en el mapa. Del mismo modo, en la parte superior, hay un botón que permite elegir entre varios mapas base predispuestos para todos los usuarios de ArcGIS Online según las necesidades de cada uno. Por tener en la situación actual un área de influencia en su mayoría urbana, se decidió seleccionar como mapa la imagen satelital, teniendo también la posibilidad, de acuerdo al uso específico, el mapa base urbano llamado 'Calles', con nomenclatura de vías, sectores y sitios de interés.

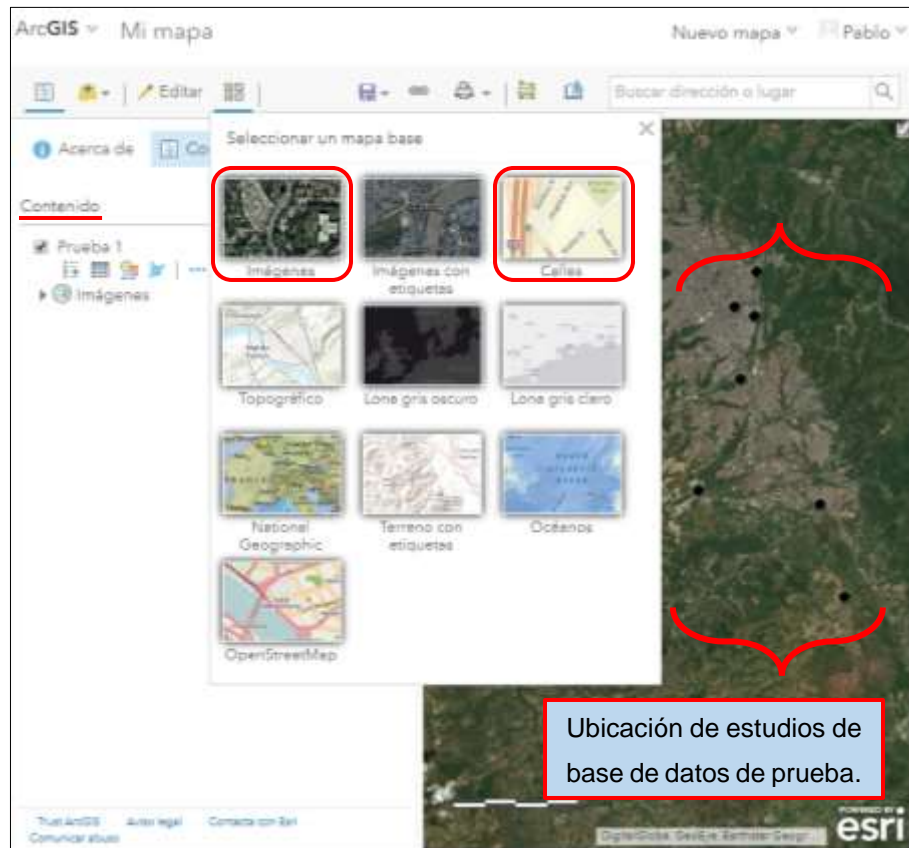


Imagen 40. Primera visualización de puntos en ArcGIS Online.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>

Se espera poder visualizar ordenadamente toda la información geotécnica extraída de cada informe geotécnico, para este fin, existe una herramienta llamada 'ventana emergente', la cual aparece oprimiendo clic en el icono de cada estudio ubicado en el mapa. ArcGIS Online permite realizar una configuración bastante amplia de esta ventana, pudiendo disponer de un título, elegir qué atributos se visualizarán, agregar contenido multimedia, enlaces, e incluso realizar programación mediante código HTML de funciones básicas tales como condicionales y así evitar mostrar contenido que está presente en algún elemento, pero que en otro no lo requiere.

La opción 'configurar atributos' permite también determinar qué campos pueden o no editarse, asimismo, es posible, para los campos numéricos, establecer la cantidad de cifras decimales que se deseen mostrar, y para los campos de tipo texto, definir su distribución, ya sea en única línea (renglón) o múltiples.

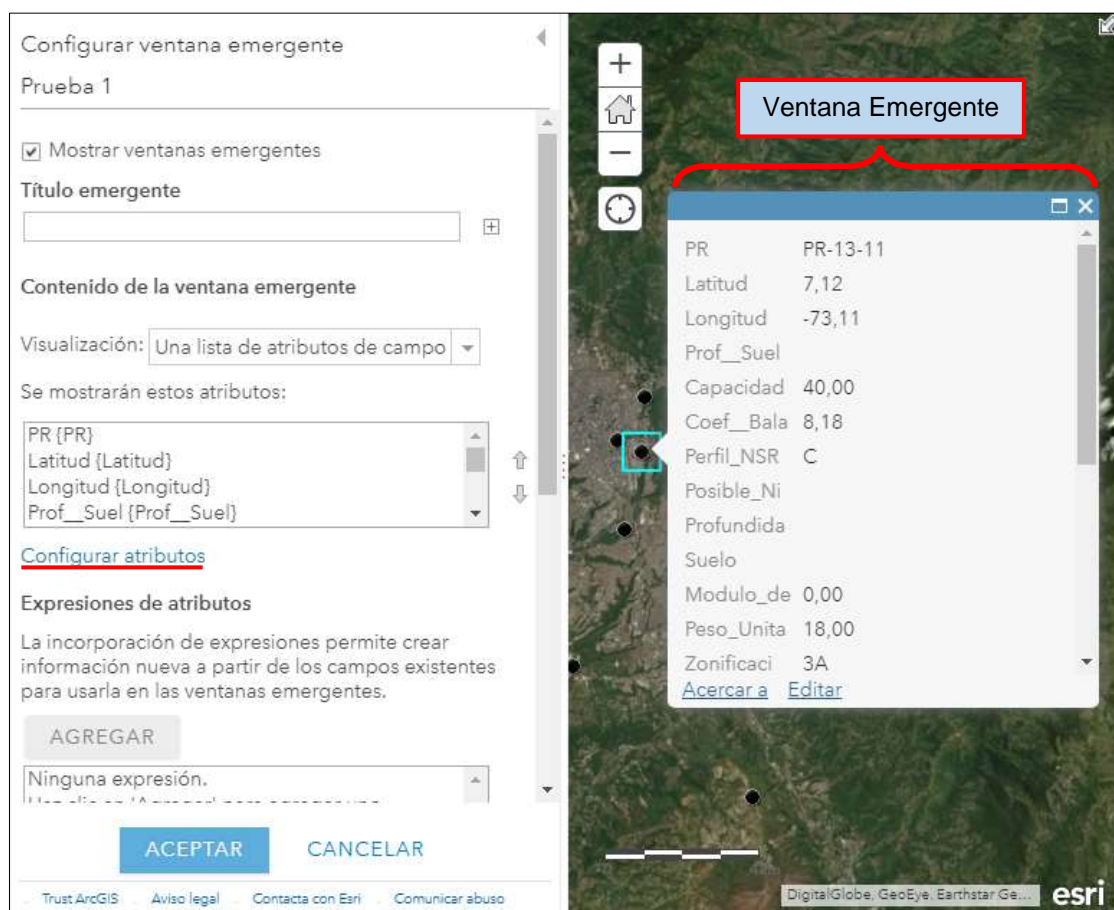


Imagen 41. Configuración ventana emergente en ArcGIS Online.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

Habiendo adquirido ya un conocimiento esencial de la herramienta de trabajo y de sus principales funciones, se dio por culminada con éxito la prueba de carga.

### 9.6.3 Carga y ajuste de visualización en ArcGIS Online

Llevar toda la información de la base de datos ajustada a la plataforma el línea requirió el mismo proceso descrito en el numeral [9.6.2] Prueba de carga, por lo cual, únicamente serán descritos a continuación los procedimientos distintos o complementarios que hayan permitido ajustar la información dentro del programa, para cumplir con los objetivos del SIG y la búsqueda de una visualización óptima.

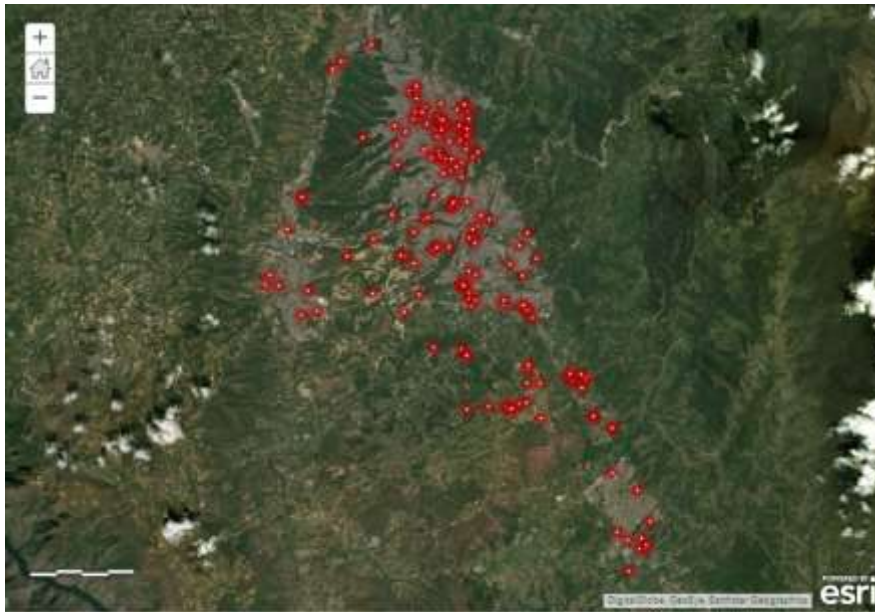


Imagen 42. Distribución final estudios de suelo en ArcGIS Online.

Uno de los aspectos más importantes dentro de la presentación del SIG son las ventanas emergentes, mediante las cuales se accederá a la mayoría de la información almacenada, por consiguiente, se procederá a explicar la configuración establecida para éstas.

La Imagen 41. Configuración ventana emergente en ArcGIS Online. Dio una introducción a lo que contiene la configuración de las ventanas emergentes. Para ajustarla a la necesidad del SIG, primero, se debió activar la opción ‘Mostrar ventanas emergentes’, segundo, darle un título a la ventana, de manera que apareciera el nombre de cada PR que se esté visualizando, para esto se oprimió el botón ‘[+]’ a la derecha de la casilla de título y se seleccionó el atributo “{PR}”.

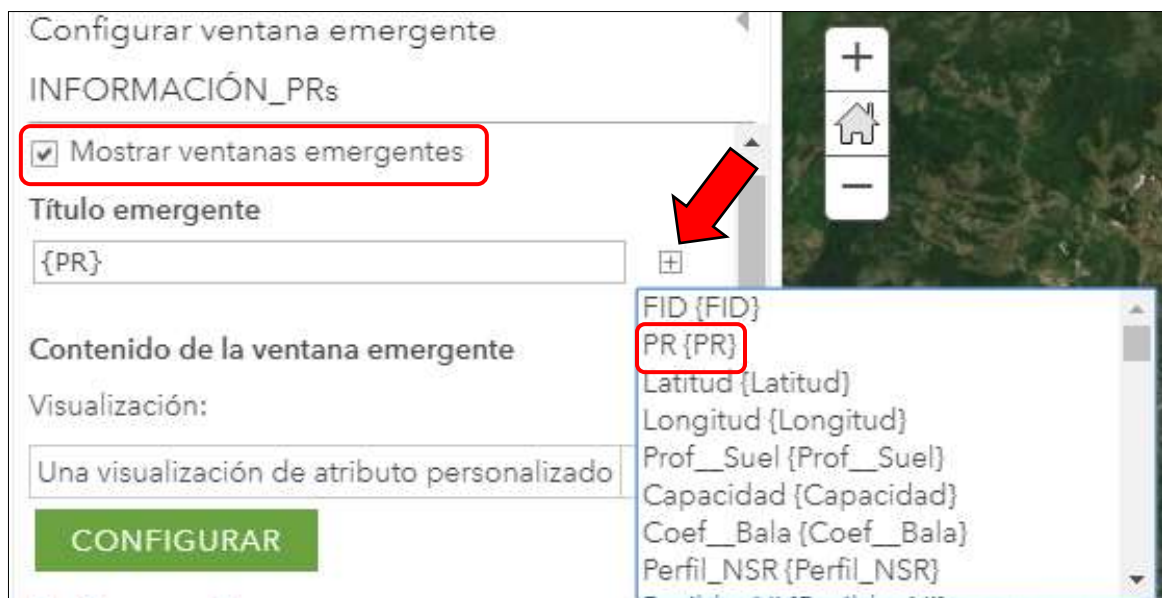


Imagen 43. Agregar título en ventana emergente.

Para configurar el contenido de la ventana, se requirieron agregar antes, las “Expresiones de atributos”; características que permiten programar brevemente en HTML, y que fueron mencionadas en la Prueba de carga [70]. Luego de oprimir el botón ‘AGREGAR’ en el mismo panel de configuración de ventana emergente, apareció una nueva ventana en donde se escribió el código con el condicional. Este condicional, con el fin de que, si un estudio posee únicamente un tipo de suelo, no aparezcan los títulos de suelo 2, suelo 3 o suelo 4, ni los títulos de sus parámetros.

El código utilizado consta del condicional “IIF”, de la función “isEmpty” que reconoce si la celda está vacía, de la característica evaluada y de los resultados su se cumple o no se cumple el condicional [21]. De manera que, para el ejemplo que se expone en la Imagen 44. Configuración del condicional para atributos en ArcGIS Online, funciona de igual manera para la ventana emergente de cada PR, tal que si la celda del atributo “suelo 2” está vacía, entonces se muestra “ “ que corresponde a un espacio vacío, y si por el contrario, la celda contiene información, aparece el título “Suelo 2”, e incluirá la información respectiva. Cada expresión de atributo se guardó automáticamente con el formato “{expression/exprN}”, donde N es un número a partir de 0, según el orden de creación.



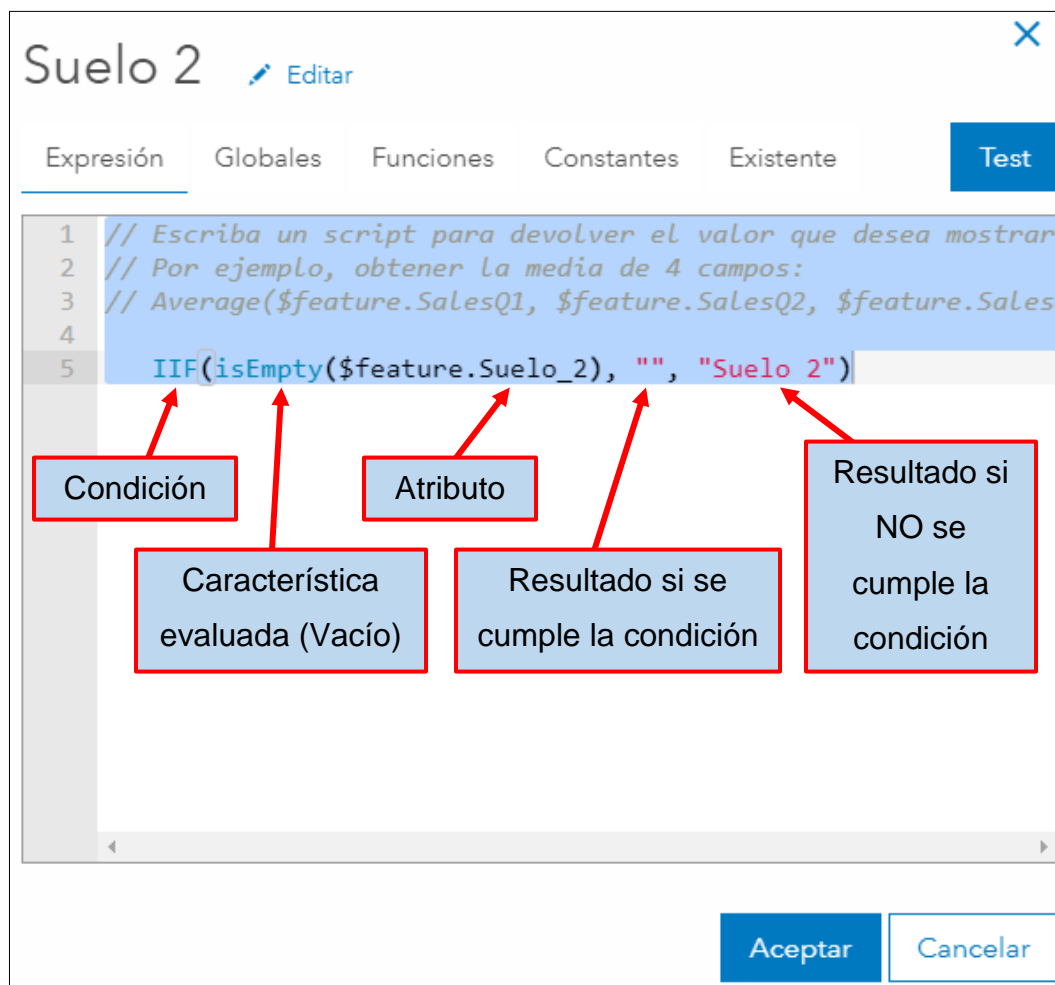


Imagen 44. Configuración del condicional para atributos en ArcGIS Online. [21]

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

Se agregó condicional a los parámetros de profundidad, módulo de elasticidad, peso unitario, cohesión, y ángulo de fricción del suelo 2, el suelo 3 y el suelo 4. No se le aplicó al suelo 1 y sus parámetros, pues la totalidad de los estudios poseen al menos un parámetro de al menos un estrato de suelo.



Posteriormente, la configuración permite la edición del área de la ventana emergente y así poder darle el formato y la distribución deseada. Allí se escribieron los títulos de cada atributo, las unidades de cada parámetro geotécnico y se adjuntaron las expresiones de atributos (condicionales) previamente creados para los ítems especificados.

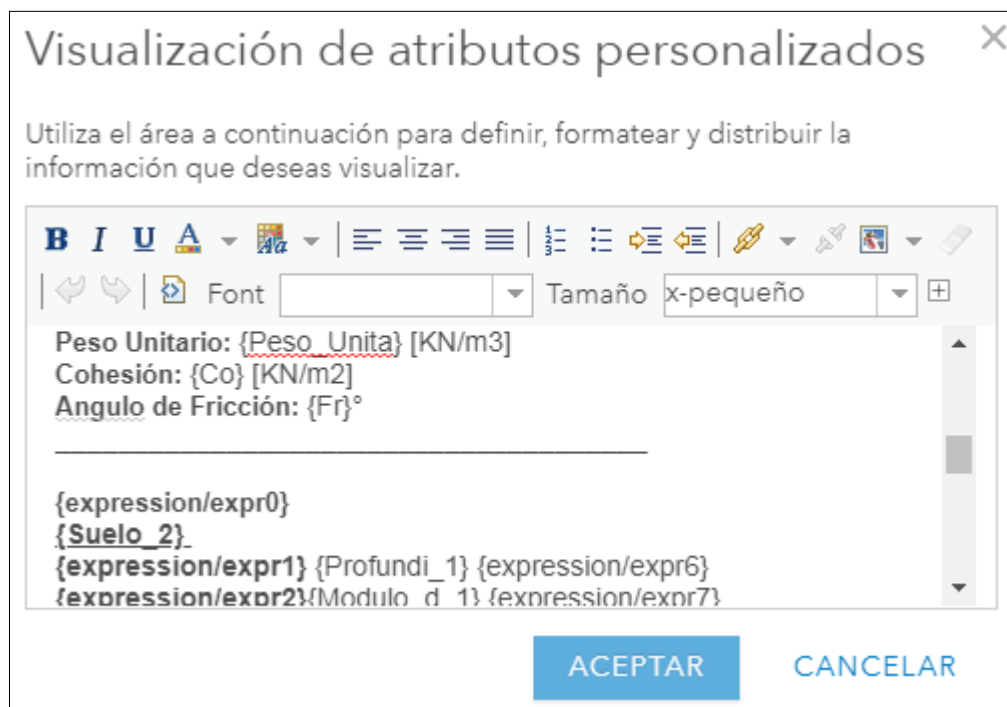


Imagen 45. Configuración de la apariencia de la ventana emergente.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

A continuación se expondrá un ejemplo de la configuración junto a su correspondiente visualización de una ventana emergente del SIG.

Tabla 3. Visualización de atributos evaluados por condicional.

Pánel de edición de ventana emergente	Visualización
<b>Latitud:</b> {Latitud} <b>Longitud:</b> {Longitud} <b>Prof. Suelo Competente:</b> {Prof__Suel} [m] <b>Capacidad Admisible:</b> {Capacidad} [Ton/m2] <b>Coef. Balasto:</b> {Coef_Bala} [Kg/cm2] <b>Perfil NSR:</b> {Perfil NSR} <b>Posible Nivel Freático:</b> {Posible_Ni} [m] <b>Zonif. Geotécnica:</b> {Zonificaci}	Latitud: 7,026709 Longitud: -73,086074 Prof. Suelo Competente: 1.2 - 4.5 [m] Capacidad Admisible: 40 [Ton/m2] Coef. Balasto: 25.97 [Kg/cm2] Perfil NSR: C y D Posible Nivel Freático: N.P. [m] Zonif. Geotécnica: 1A
<b>Suelo 1</b> <b>{Suelo_1}</b> <b>Profundidad Máxima:</b> {Profundida} [m] <b>Mod. Elasticidad:</b> {Modulo_de} [KN/m2] <b>Peso Unitario:</b> {Peso_Unita} [KN/m3] <b>Cohesión:</b> {Co} [KN/m2] <b>Angulo de Fricción:</b> {Fr}°	<b>Suelo 1</b> <b>Suelo orgánico medio denso</b> <b>Profundidad Máxima:</b> 1 [m] <b>Mod. Elasticidad:</b> 9500 [KN/m2] <b>Peso Unitario:</b> 17.79 [KN/m3] <b>Cohesión:</b> 12 [KN/m2] <b>Angulo de Fricción:</b> 29.07°
{expression/expr0} <b>{Suelo_2}</b> {expression/expr1} {Profundi_1} {expression/expr6} {expression/expr2} {Modulo_d_1} {expression/expr7} {expression/expr5} {Peso_Uni_1} {expression/expr8} {expression/expr4} {Cohes} {expression/expr7} {expression/expr3} {Fri}{expression/expr9}	<b>Suelo 2</b> <b>Suelo residual denso/muy denso</b> <b>Profundidad Máxima:</b> 2 [m] <b>Elasticidad:</b> 38610 [KN/m2] <b>Peso Unitario:</b> 18.97 [KN/m3] <b>Cohesión:</b> 15 [KN/m2] <b>Fricción:</b> 37.81°
{expression/expr20} <b>{Suelo_4}</b> {expression/expr21} {Profundi_3} {expression/expr26} {expression/expr22} {Modulo_d_3} {expression/expr27} {expression/expr25} {Peso_Uni_3} {expression/expr28} {expression/expr24} {Cohesión} {expression/expr27} {expression/expr23} {Fricción} {expression/expr29}	- - - - - -

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

Como se pudo apreciar, la configuración de atributos de la ventana emergente, permitió organizar la información a disposición de los requerimientos y también evitar mostrar exceso de datos innecesarios haciendo uso de las expresiones de atributos, en este caso; condicional. En la Imagen 46. Visualización ventana

emergente en ArcGIS Online. se aprecia la visualización de una ventana emergente típica del sistema creado.

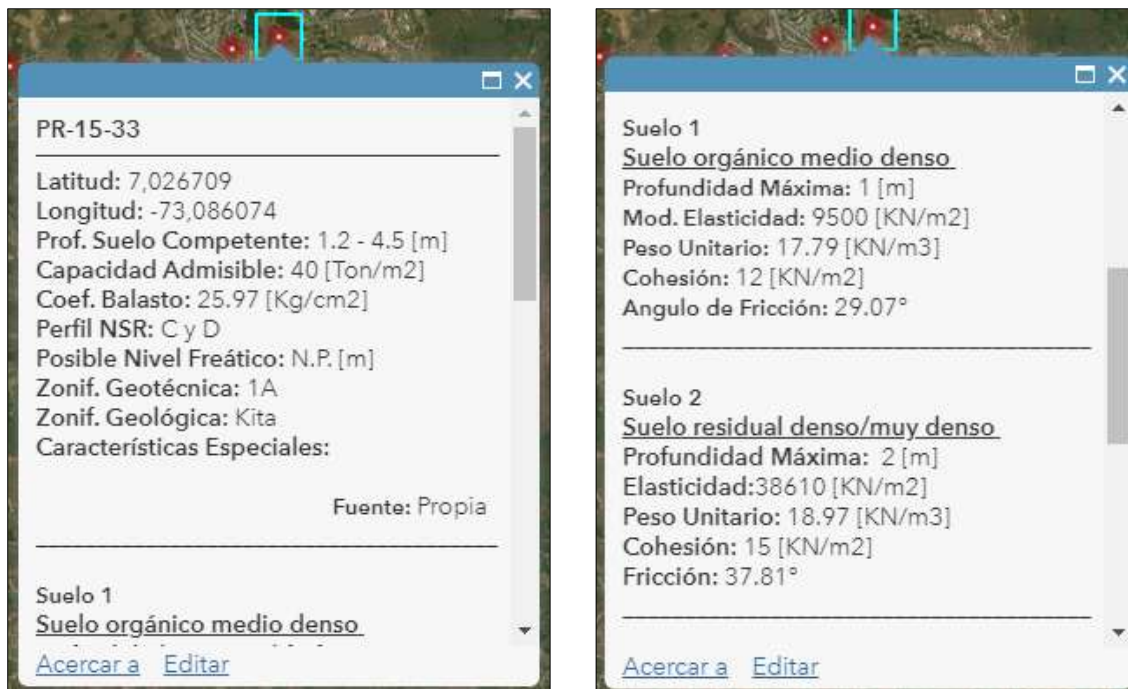


Imagen 46. Visualización ventana emergente en ArcGIS Online.

Tomado de: <https://www.arcgis.com/home/webmap>.

Otro elemento que se optó por incluir en el SIG fue el plano de zonificación geotécnica, útil, no tanto para los estudios ya referenciados, pues estos cuentan con la información de la o las zonificaciones en que se ubica, sino como herramienta extra para el análisis preliminar de un próximo estudio que se deba realizar dentro del área de influencia. Para ello, la empresa suministró los shapefiles del mapa de zonificación del área metropolitana de Bucaramanga [20], disponible en el Anexo 3,

el cual fue ajustado para exportarlo a ArcGIS Online de la misma manera que se realizó la prueba de carga [9.6.2].

El ajuste del plano de zonificación en la plataforma en línea consistió principalmente en darle los colores adecuados. Además de que cada zona contiene nombre y descripción, el color también hace parte de la información contenida en el documento del 2001 [20]. Se utilizó la herramienta computacional “Color Cop”, que permite copiar el código de color exacto presente en cualquier elemento de la pantalla, para tomar el color desde las convenciones del documento mencionado.

Zonas	Descripción
1A	Rocas sedimentarias con pendientes moderadas a bajas
1B	Rocas sedimentarias con pendientes fuertes
1C	Rocas sedimentarias fracturadas afectadas por fallamiento geológico
2A	Rocas ígneas y metamórficas de alta pendiente
2B	Rocas ígneas y metamórficas fracturadas afectadas por fallas geológicas
3A	Limos rojos del abanico aluvial de Bucaramanga
3B	Escarpes de la meseta de Bucaramanga
4A	Miembros organos y gravoso no afectados por procesos erosivos
4B	Miembro organos afectado por procesos erosivos
4C	Miembros organos y limos rojos en laderas susceptibles a deslizamientos
5	Flujos de escombros del piedemonte del macizo de Santander
6A	Valles aluviales de los ríos y quebradas principales
6B	Valles aluviales de los ríos y afectados por procesos de erosión
7	Depósitos de coluvión
8A	Zona susceptible a deslizamientos activos en el norte de Bucaramanga
8B	Zona de deslizamiento activo en el norte de Bucaramanga
9	Rellenos sueltos

Imagen 47. Colores de zonas del Mapa de Zonificación Geotécnica [20].

De igual manera que en la prueba de carga, como se aprecia en la Imagen 39. Edición de simbología de puntos en ArcGIS Online se decidió utilizar estilo de símbolo único, en este caso para la unidad (geotécnica). Y a cada etiqueta de zonificación (1A, 1B, 1C, 2A, etc.), dando clic en cada cuadrado se le introdujo su color respectivo.



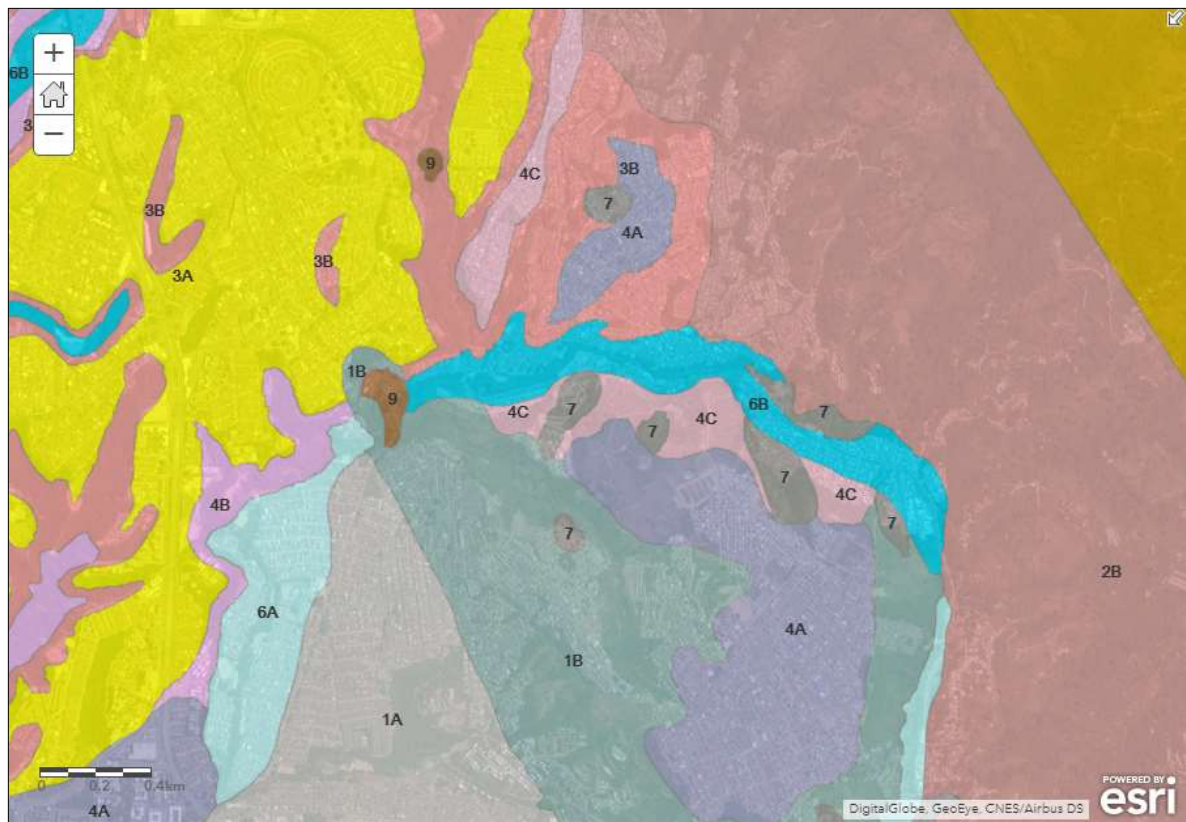
Imagen 48. Edición de etiquetas de zonificación geotécnica.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

ArcGIS Online ofrece la posibilidad de colocar etiquetas, muy útiles en este tipo de información poligonal. Se optó por hacer uso de estas, con el fin de conocer a qué unidad geotécnica corresponde cualquier localización dentro del área, sin necesidad de hacer clic en polígono en el que se encuentre. Para tal fin, dentro de las opciones



de cada capa, se encuentra la opción '*Crear etiquetas*', allí fue posible seleccionar el atributo que se desea mostrar como etiqueta, y editar el texto y el rango de escalas visible, este último elegido de manera que, al existir polígonos demasiado pequeños y cercanos, no se superpongan unos con otros cuando se esté visualizando en una escala grande.



**Imagen 49. Visualización de etiquetas de zonificación en ArcGIS Online.**

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

Para la zonificación también se realizó un ajuste de ventana emergente, sin embargo, no fue tan extenso como el de los estudios geotécnicos, únicamente se editaron los nombres de los atributos, de manera que fueran más visuales y no



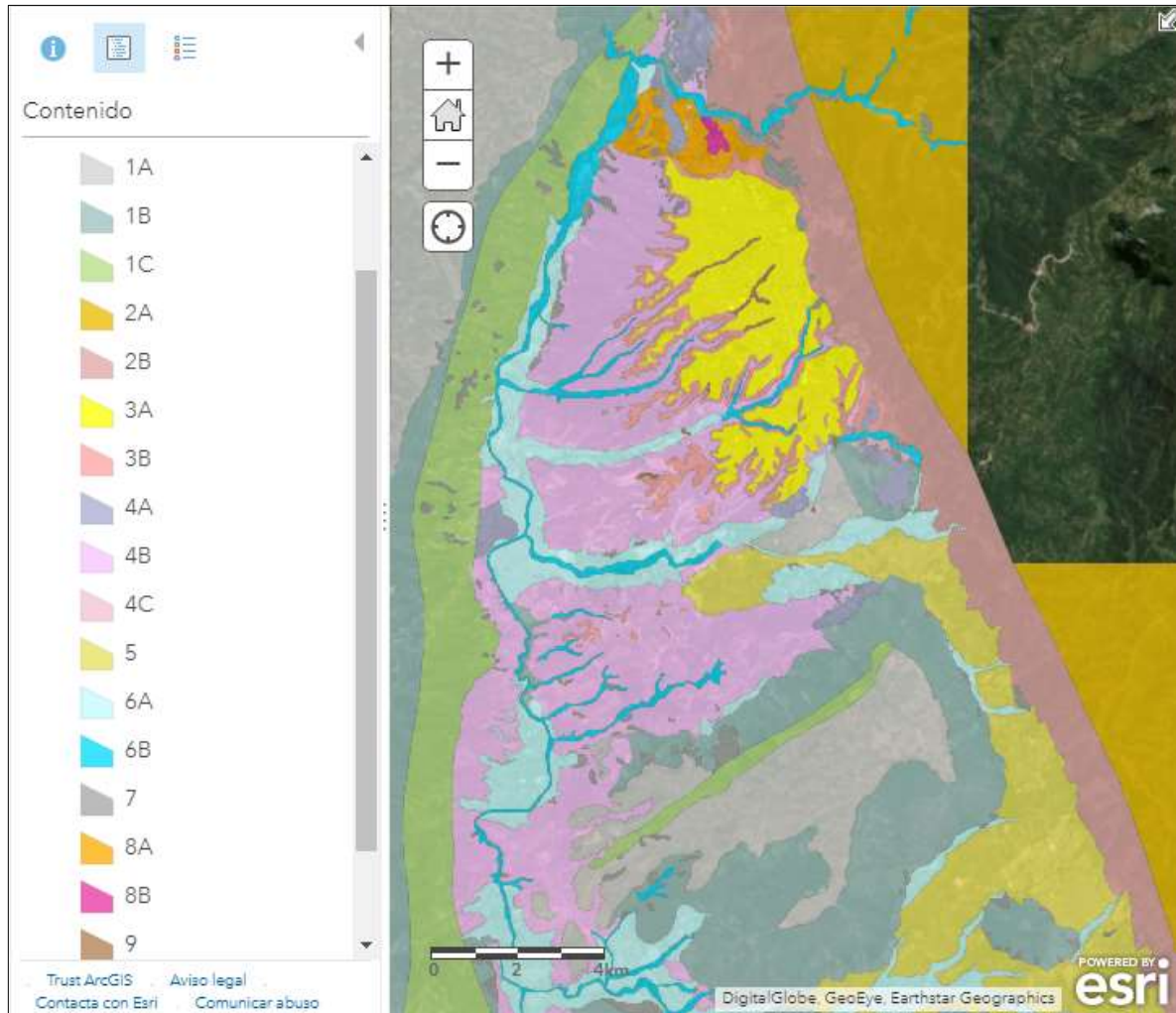
mantuvieran su formato computacional, sino que fueran palabras o frases claras, acentuadas y con espacios, en lugar de abreviaturas y símbolos. Igualmente se ratificó que el título de la ventana emergente correspondiera al campo del nombre de la zonificación.



Imagen 50. Ventana emergente de zonificación geotécnica en ArcGIS Online.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

El resultado de este proceso fue la visualización del plano de zonificación geotécnica georreferenciado en el programa ArcGIS online con los colores y la simbología correspondiente y adecuada, quedando totalmente listo para ser utilizado en el SIG.



**Imagen 51. Polígonos de zonificación geotécnica en ArcGIS Online.**

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

Finalmente, la FASE 6: Carga de Información culminó con la presentación del sistema de información geográfica completo. Conformado por la totalidad de los parámetros y características extraídos de cada estudio geotécnico, visualizables en ventanas emergentes, así como de los planos de zonificación geotécnica, también cada uno con su nombre, descripción y color propio. Todo lo anterior

georreferenciado y plasmado en herramienta ArcGIS Online. Como se puede ver a continuación.

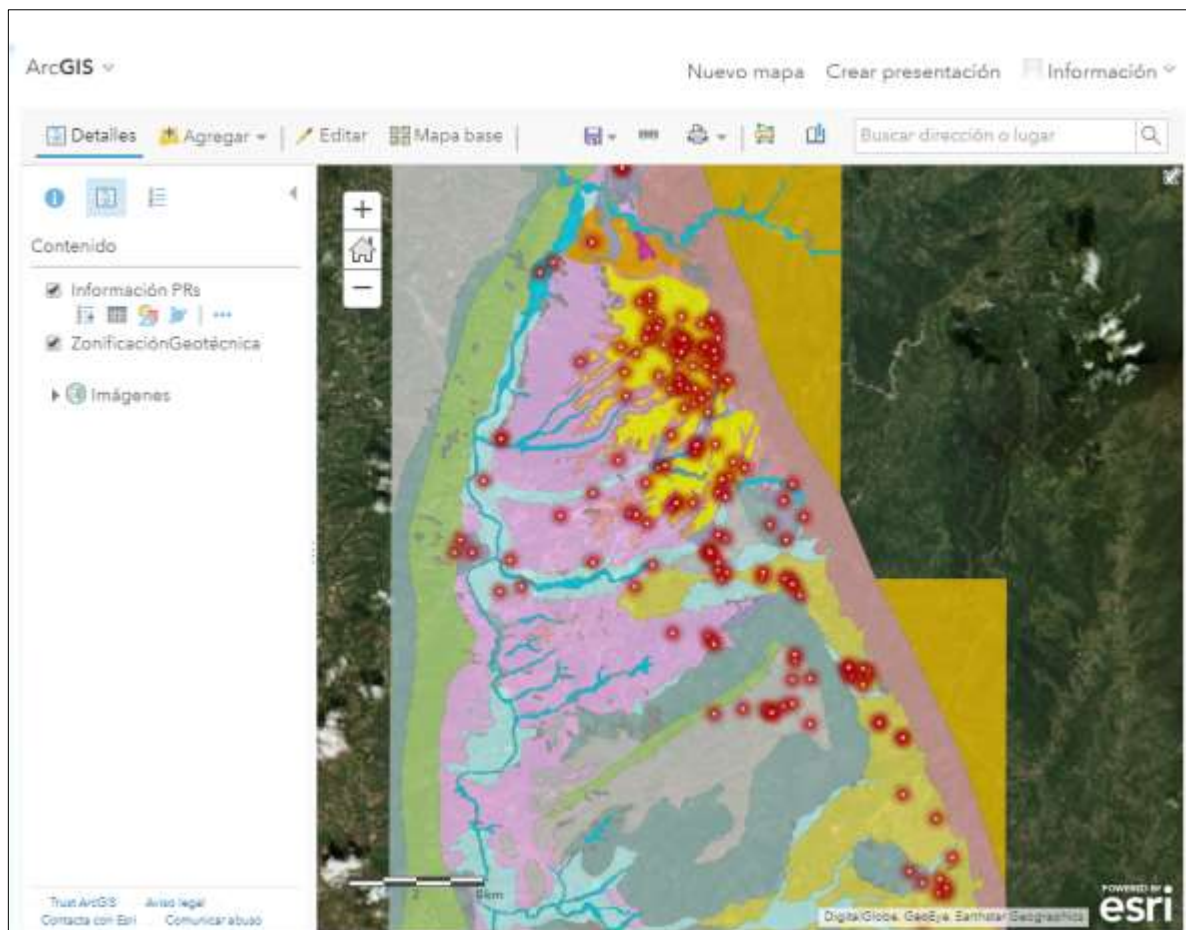


Imagen 52. Visualización final del SIG en ArcGIS Online.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

#### 9.6.4 Aplicación del SIG

Para aplicar el SIG, se optó por elaborar un problema hipotético de carácter práctico, emulando la utilidad que se le daría a la información presentada en el SIG. A continuación, se enunciará la situación planteada y su respectiva solución.

La Constructora Earth Ha decidido invertir en el área metropolitana de Bucaramanga, para tal fin, ha comprado un total de 10 lotes (ubicados aleatoriamente) para construcción de vivienda. La empresa tiene un único diseño tipo, que desea levantar en cada uno de sus lotes, este diseño corresponde a un edificio que consta de 15 pisos y 2 sótanos.

La constructora decide contratar a INGEOTECNIA, para que realice lo siguiente:

- Especificar para cada lote adquirido si requiere un estudio especial (EDARFRI) o únicamente debe realizarse el estudio geotécnico.
- Precisar algunas recomendaciones preliminares para la cimentación, con el fin de que la constructora pueda elaborar un presupuesto aproximado de los costos de esta.
- Definir la campaña de exploración geotécnica con el fin de estimar los costos de los estudios de suelos de la manera más optimizada posible.

Con el objeto de dar solución a las actividades anteriormente planteadas, se hizo uso de la herramienta computacional y se extrajeron los siguientes parámetros:

- Profundidad a la que se encuentra el perfil de suelo C.
- Capacidad de soporte a 10 m de profundidad.
- Profundidad a la que se encontró nivel freático.

- Requiere o no estudio detallado especial.

Además, de acuerdo a la NSR-10, el tipo de edificación que se proyecta construir en todos los lotes, por tener exactamente el mismo diseño, cumple con:

Según el número de pisos, incluyendo sótanos, terrazas y pisos técnicos, para el caso evaluado, el valor fue 17 (15 pisos + 2 sótanos), por lo tanto, la categoría de construcción, corresponde a **Categoría Alta**.

Tabla 4. Clasificación de las unidades de construcción por categorías.

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN
<b>Alta</b>	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8,000 kN

Tomado de: NSR-10 Título H

Para cada categoría la NSR-10 estipula la cantidad y la profundidad mínima de sondeos, así pues, para Categoría Alta corresponde:

- Profundidad Mínima de sondeos: **25 m.**
- Número mínimo de sondeos: **4**

Tabla 5. Número y profundidad mínimos de sondeos para cada categoría.

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5

Tomado de: NSR-10 Título H



Como se puede observar en la Imagen 10. Perfil de suelo del ejemplo de estudio geotécnico. del presente documento, el suelo se clasifica en diferentes perfiles, que van de la A (Roca firme) a la F (Suelo de muy baja capacidad de soporte). La norma permite, según este perfil de suelo y la categoría de la unidad de construcción (Baja, media, alta o especial), detener el 50% de los sondeos, aún si no se ha cumplido la profundidad mínima, siempre que se cumplan algunas condiciones. Para este caso aplicó la siguiente condición:

Para Categoría Alta, el 50 % de los sondeos se puede detener, cuando estos [22] penetren al menos 4 metros o 2,5 veces el diámetro de los pilotes, dentro de material correspondiente a perfil C, B o A.

La distribución de los lotes que posee la constructora Earth Es el siguiente:



**Imagen 53. Distribución de lotes para prueba final del SIG.**

Tomado de: Google Earth.



**LOTE 1**

**Coordenadas:** (En sistema WGS 1984)

Latitud: 7,135273

Longitud: -73,123637

**Zonificación Geotécnica:** 3A. Limos rojos del abanico aluvial de Bucaramanga.

**Se recomienda estudio detallado:** No.

Los estudios geotécnicos cercanos al Lote 1 que se encontraron en el SIG, junto a sus parámetros, fueron los siguientes:

**Tabla 6. Parámetros de referencia del lote de prueba 1.**

Distancia evaluada	Nombre PR	Distancia desde el Lote 1 de prueba [m]	Profundidad del perfil de suelo C [m]	Cap. de soporte a 10 m de prof. [Ton/m <sup>2</sup> ]	Profundidad nivel freático encontrado [m]
0 a 200 m	PR-18-22	160	9	> 38	N.P.
200 a 500 m	PR-18-36	250	-	> 30	N.P.
	PR-17-45	300	-	> 50	N.P.
	PR-16-31	420	6	40 (a 13 m)	N.P.

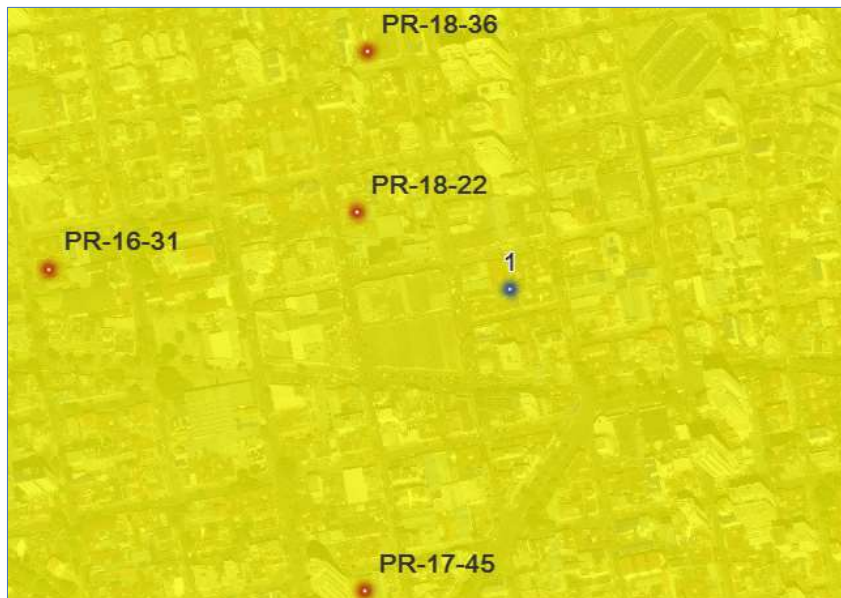


Imagen 54. Estudios cercanos al lote de prueba 1.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

### **Recomendaciones preliminares:**

Cimentar a 9 metros de profundidad con una capacidad admisible de trabajo de 38 [ton/m<sup>2</sup>] y un perfil de suelo C según título H de la NSR-10.

### **Campaña de exploración recomendada:**

Según la información recopilada del SIG, se estima que perfil de suelo C se encuentra a 9 [m]. Al ser categoría alta, los sondeos se suspenderían a esta profundidad +4 metros, es decir, a 13 [m], a menos que la profundidad de excavación de los sótanos sea mayor a esta altura.

### **LOTE 2**

**Coordenadas:** (En sistema WGS 1984)

Latitud: 7,125720

Longitud: -73,113646

**Zonificación Geotécnica:** 3A. Limos rojos del abanico aluvial de Bucaramanga.

**Se recomienda estudio detallado:** No.

Los estudios geotécnicos cercanos al Lote 2 que se encontraron en el SIG, junto a sus parámetros, fueron los siguientes:

Tabla 7. Parámetros de referencia del lote de prueba 1.

Distancia evaluada	Nombre PR	Distancia desde el Lote 2 de prueba [m]	Profundidad del perfil de suelo C [m]	Cap. de soporte aprox. a 10 m de prof. [Ton/m2]	Profundidad nivel freático encontrado [m]
0 a 200 m	Ninguno	-	-	-	-
200 a 500 m	PR-17-13	210	5.5	> 45	N.P.
	PR-12-03	210	-	-	13.3
	PR-15-38	330	6.5	> 38.2	N.P.
	PR-16-30	330	-	40	Entre 5 y 12
	PR-15-13	340	9	35.7	N.P.
	PR-12-05	390	-	-	14.5
	PR-13-10	430	Entre 3.5 y 4.5	> 50	N.P.
	PR-15-34	490	11	> 46	11.2

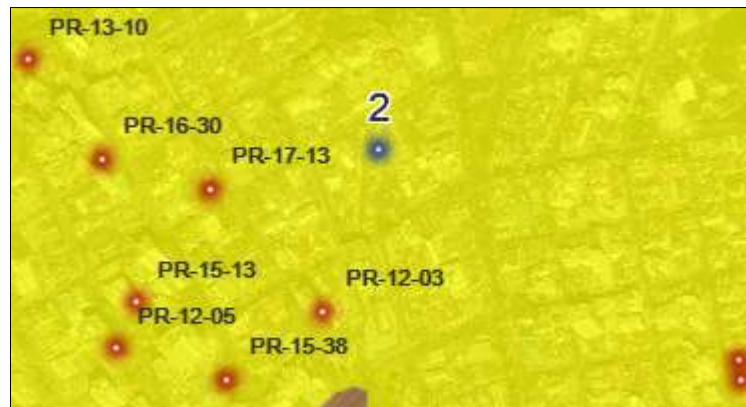


Imagen 55. Estudios cercanos al lote de prueba 2.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

### Recomendaciones preliminares:

Cimentar a 6.5 metros de profundidad con una capacidad admisible de trabajo de 40 [ton/m<sup>2</sup>] y un perfil de suelo C según título H de la NSR-10.

### Campaña de exploración recomendada:

Según la información recopilada del SIG, se estima que perfil de suelo C se encuentra a 6.5 [m]. Al ser categoría alta, los sondeos se suspenderían a esta profundidad +4 metros, es decir, a 10.5 [m], a menos que la profundidad de excavación de los sótanos sea mayor a esta altura.

### LOTE 3

**Coordenadas:** (En sistema WGS 1984)

Latitud: 7,100621

Longitud: -73,128885

**Zonificación Geotécnica:** 3A. Limos rojos del abanico aluvial de Bucaramanga.

**Se recomienda estudio detallado:** No.

Los estudios geotécnicos cercanos al Lote 3 que se encontraron en el SIG, junto a sus parámetros, fueron los siguientes:

No se encontró ningún estudio geotécnico cercano a menos de 500 m, el más próximo se encuentra a 1040 m, luego no es pertinente el uso de sus datos como referencia para presupuestar ni definir preliminarmente la exploración del lote de prueba 3.

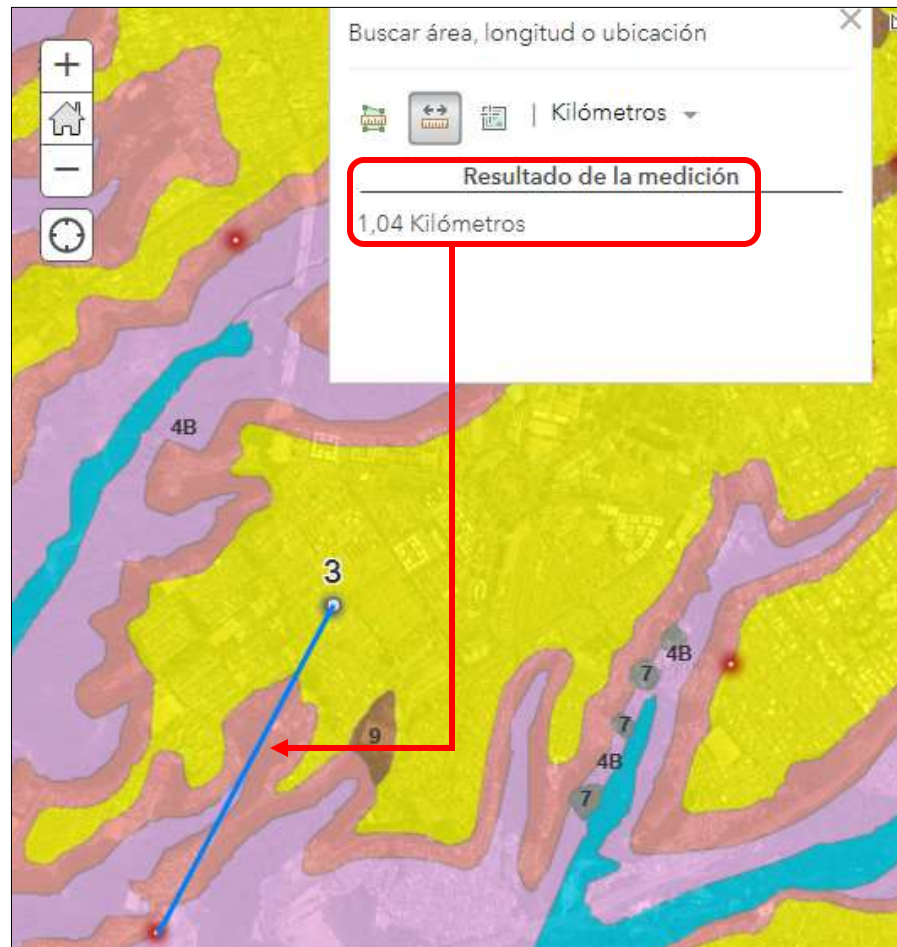


Imagen 56. Medición estudio más cercano lote de prueba 3.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

### Recomendaciones preliminares:

No se cuenta con información para generar recomendaciones.

### Campaña de exploración recomendada:

No se cuenta con la información suficiente recomendar una campaña de exploración.

**LOTE 4**

**Coordenadas:** (En sistema WGS 1984)

Latitud: 7,110555

Longitud: -73,108299

**Zonificación Geotécnica:** 3A. Limos rojos del abanico aluvial de Bucaramanga.

**Se recomienda estudio detallado:** No.

Los estudios geotécnicos cercanos al Lote 4 que se encontraron en el SIG, junto a sus parámetros, fueron los siguientes:

**Tabla 8. Parámetros de referencia del lote de prueba 4.**

Distancia evaluada	Nombre PR	Distancia desde el Lote 4 de prueba [m]	Profundidad del perfil de suelo C [m]	Cap. de soporte aprox. a 10 m de prof. [Ton/m <sup>2</sup> ]	Profundidad nivel freático encontrado [m]
<b>0 a 200 m</b>	PR-13-08	70	6	> 35	4.5
<b>200 a 500 m</b>	PR-15-08	310	-	-	3
	PR-11-01	450	-	-	6
	PR-GT-18-01	470	-	-	3.2



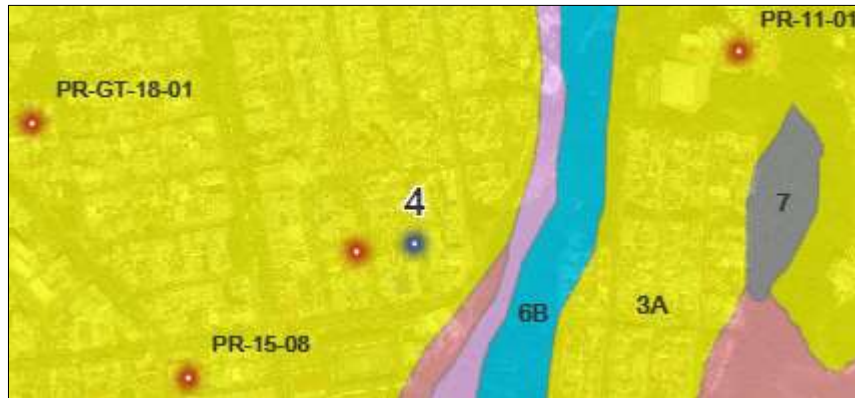


Imagen 57. Estudios cercanos al lote de prueba 4.  
Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

### Recomendaciones preliminares:

Cimentar a 6 metros de profundidad con una capacidad admisible de trabajo de 35 ton/m<sup>2</sup> y un perfil de suelo C según título H de la NSR-10.

### Campaña de exploración recomendada:

Según la información recopilada del SIG, se estima que perfil de suelo C se encuentra a 6 [m]. Al ser categoría alta, los sondeos se suspenderían a esta profundidad, +4 metros, es decir, a 10 [m], a menos que la profundidad de excavación de los sótanos sea mayor a esta altura.

### LOTE 5

**Coordenadas:** (En sistema WGS 1984)

Latitud: 7,078258

Longitud: -73,094947

**Zonificación Geotécnica:** 1B. Rocas sedimentarias con pendientes fuertes.

**Se recomienda estudio detallado:** No.

Los estudios geotécnicos cercanos al Lote 5 que se encontraron en el SIG, junto a sus parámetros, fueron los siguientes:

Tabla 9. Parámetros de referencia del lote de prueba 5.

Distancia evaluada	Nombre PR	Distancia desde el Lote 5 de prueba [m]	Profundidad del perfil de suelo C [m]	Cap. de soporte aprox. a 10 m de prof. [Ton/m2]	Profundidad nivel freático encontrado [m]
0 a 200 m	Ninguno	-	-	-	-
200 a 500 m	PR-15-02	470	3	> 50	N.P.

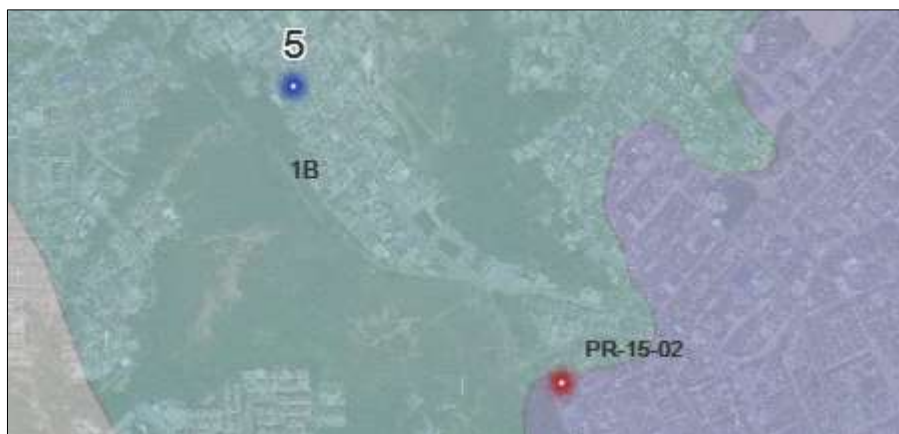


Imagen 58. Estudios cercanos al lote de prueba 5.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

**Recomendaciones preliminares:**

El único estudio de referencia se encuentra a gran distancia (470 metros) del lote en estudio, por lo tanto, no representa muy buena confiabilidad para recomendar cimentar a 3 metros de profundidad con una capacidad admisible de trabajo de 50 ton/m<sup>2</sup> y un perfil de suelo C según título H de la NSR-10.

**Campaña de exploración recomendada:**

Según la información recopilada del SIG, se estima vagamente que perfil de suelo C se encuentra a 3 [m]. Al ser categoría alta, los sondeos se suspenderían a esta profundidad +4 metros, es decir, a 7 [m], sin embargo, la profundidad de excavación de los sótanos es igual a esta altura, por lo tanto se debería continuar con los sondeos hasta 4 [m] por debajo de esta profundidad.

**LOTE 6**

**Coordenadas:** (En sistema WGS 1984)

Latitud: 6,990939

Longitud: -73,047921

**Zonificación Geotécnica:** 5. Flujos de escombros del piedemonte del macizo de Santander.

**Se recomienda estudio detallado:** Si.

Los estudios geotécnicos cercanos al Lote 6 que se encontraron en el SIG, junto a sus parámetros, fueron los siguientes:

No se encontró ningún estudio geotécnico cercano a menos de 500 m, el más próximo se encuentra a 570 m, luego no es pertinente el uso de sus datos como referencia para presupuestar ni definir preliminarmente la exploración del lote de prueba 6.

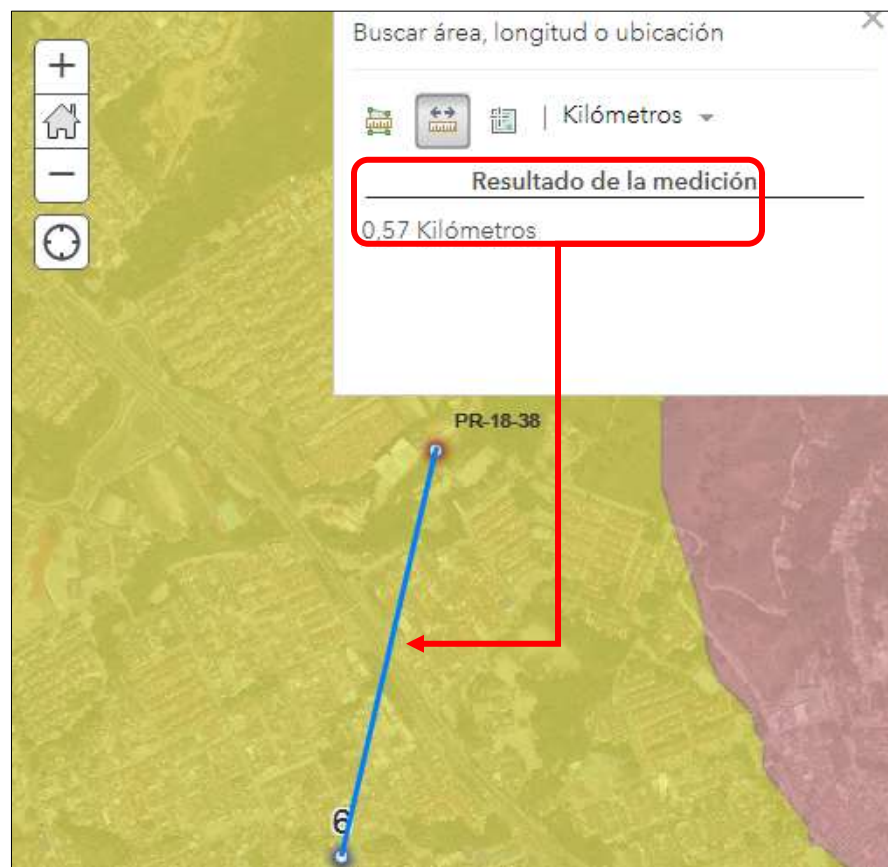


Imagen 59. Medición estudio más cercano lote de prueba 6.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

### **Recomendaciones preliminares:**

No se cuenta con información para generar recomendaciones.

**Campaña de exploración recomendada:**

No se cuenta con la información suficiente recomendar una campaña de exploración.

**LOTE 7**

**Coordenadas:** (En sistema WGS 1984)

Latitud: 7,064928

Longitud: -73,167035

**Zonificación Geotécnica:** 6A. Valles aluviales de los ríos y quebradas principales.

**Se recomienda estudio detallado:** Si.

Los estudios geotécnicos cercanos al Lote 7 que se encontraron en el SIG, junto a sus parámetros, fueron los siguientes:

Tabla 10. Parámetros de referencia del lote de prueba 7.

Distancia evaluada	Nombre PR	Distancia desde el Lote 7 de prueba [m]	Profundidad del perfil de suelo C [m]	Cap. de soporte aprox. a 10 m de prof. [Ton/m2]	Profundidad nivel freático encontrado [m]
0 a 200 m	Ninguno	-	-	-	-
200 a 500 m	PR-16-45	470	2	-	N.P.



Imagen 60. Estudios cercanos al lote de prueba 7.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

### Recomendaciones preliminares:

La información disponible y la distancia del estudio de referencia son insuficientes para generar recomendaciones.

### Campaña de exploración recomendada:

La información disponible y la distancia del estudio de referencia son insuficientes para recomendar una campaña de exploración.

### LOTE 8

**Coordenadas:** (En sistema WGS 1984)

Latitud: 7,090653

Longitud: -73,168423

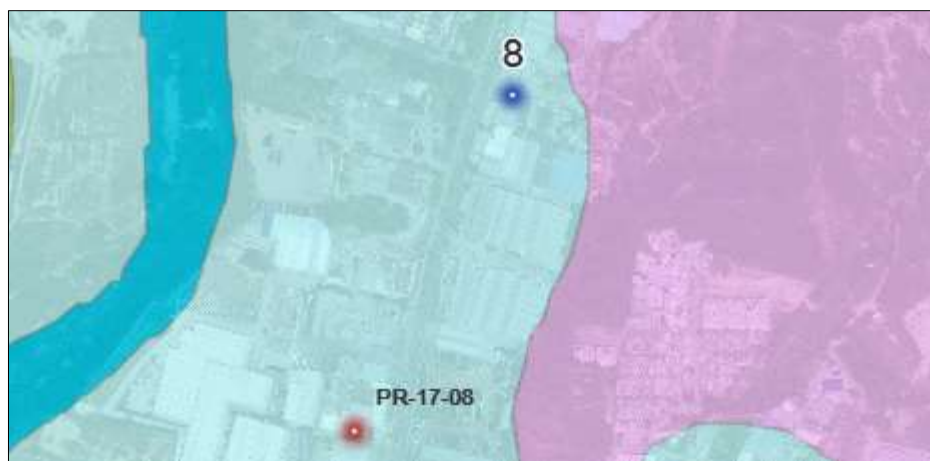
**Zonificación Geotécnica:** 6A. Valles aluviales de los ríos y quebradas principales.

**Se recomienda estudio detallado: Si.**

Los estudios geotécnicos cercanos al Lote 8 que se encontraron en el SIG, junto a sus parámetros, fueron los siguientes:

**Tabla 11. Parámetros de referencia del lote de prueba 8.**

Distancia evaluada	Nombre PR	Distancia desde el Lote 8 de prueba [m]	Profundidad del perfil de suelo C [m]	Cap. de soporte aprox. a 10 m de prof. [Ton/m <sup>2</sup> ]	Profundidad nivel freático encontrado [m]
0 a 200 m	Ninguno	-	-	-	-
200 a 500 m	PR-17-08	440	5	> 25	N.P.



**Imagen 61. Estudios cercanos al lote de prueba 8.**

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.



**Recomendaciones preliminares:**

El único estudio de referencia se encuentra a gran distancia (440 metros) del lote en estudio, por lo tanto, no representa muy buena confiabilidad para recomendar cimentar a 3 metros de profundidad con una capacidad admisible de trabajo de 50 ton/m<sup>2</sup> y un perfil de suelo C según título H de la NSR-10.

**Campaña de exploración recomendada:**

Según la información recopilada del SIG, se estima vagamente que perfil de suelo C se encuentra a 5 [m]. Al ser categoría alta, los sondeos se suspenderían a esta profundidad +4 metros, es decir, a 9 [m], a menos que la profundidad de excavación de los sótanos sea mayor a esta altura.

**LOTE 9**

**Coordenadas:** (En sistema WGS 1984)

Latitud: 7,030471

Longitud: -73,083233

**Zonificación Geotécnica:** 1A. Rocas sedimentarias con pendientes moderadas a bajas.

**Se recomienda estudio detallado:** No.

Los estudios geotécnicos cercanos al Lote 9 que se encontraron en el SIG, junto a sus parámetros, fueron los siguientes:

Tabla 12. Parámetros de referencia del lote de prueba 9.

Distancia evaluada	Nombre PR	Distancia desde el Lote 9 de prueba [m]	Profundidad del perfil de suelo C [m]	Cap. de soporte aprox. a 10 m de prof. [Ton/m2]	Profundidad nivel freático encontrado [m]
0 a 200 m	Ninguno	-	-	-	-
200 a 500 m	PR-14-38	410	-	> 60	N.P.
	PR-14-51	420	-	-	Entre 1.7 y 2.5



Imagen 62. Estudios cercanos al lote de prueba 9.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

### Recomendaciones preliminares:

Solo se encontraron dos estudios de referencia que se encuentran a gran distancia (410 y 420 metros) del lote en estudio, además dentro de la información de estos estudios, no se dispone de la profundidad a la que aparece el perfil de suelo C, por

lo tanto, no representan muy buena confiabilidad para recomendar alguna cimentación.

**Campaña de exploración recomendada:**

No se dispone de la profundidad a la que aparece el perfil de suelo C, en los estudios de referencia, por lo tanto, no es posible recomendar una campaña de exploración.

**LOTE 10**

**Coordenadas:** (En sistema WGS 1984)

Latitud: 7,085147

Longitud: -73,114233

**Zonificación Geotécnica:** 3A. Limos rojos del abanico aluvial de Bucaramanga.

**Se recomienda estudio detallado:** No.

Los estudios geotécnicos cercanos al Lote 10 que se encontraron en el SIG, junto a sus parámetros, fueron los siguientes:

Tabla 13. Parámetros de referencia del lote de prueba 10.

Distancia evaluada	Nombre PR	Distancia desde el Lote 10 de prueba [m]	Profundidad del perfil de suelo C [m]	Cap. de soporte aprox. a 10 m de prof. [Ton/m <sup>2</sup> ]	Profundidad nivel freático encontrado [m]
0 a 200 m	Ninguno	-	-	-	-
200 a 500 m	PR-14-34	470	Entre 1.5 y 5.5	> 36	N.P.

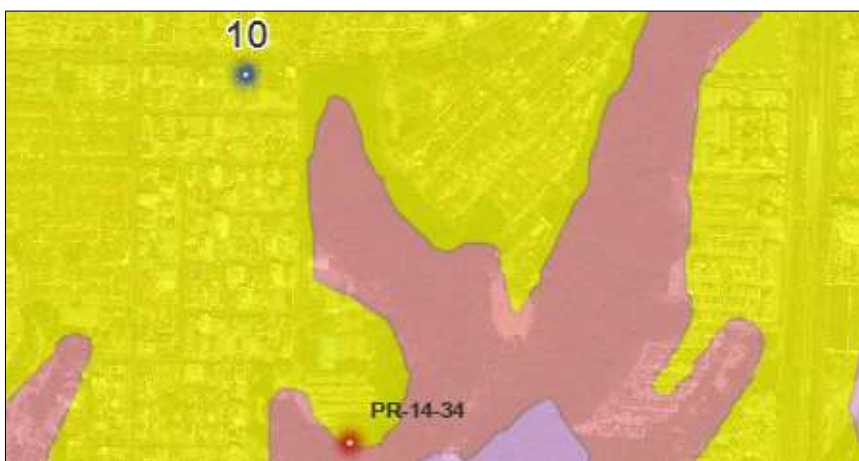


Imagen 63. Estudios cercanos al lote de prueba 10.

Tomado de: <https://www.arcgis.com>.

### Recomendaciones preliminares:

El único estudio de referencia se encuentra a gran distancia (470 metros) del lote en estudio, y la profundidad a la que se encuentra el perfil de suelo C es variable, por lo tanto, no representa muy buena confiabilidad para recomendar alguna cimentación.

**Campaña de exploración recomendada:**

La profundidad a la que aparece el perfil de suelo C no es específica en el estudio de referencia, por lo tanto, no es posible recomendar una campaña de exploración.

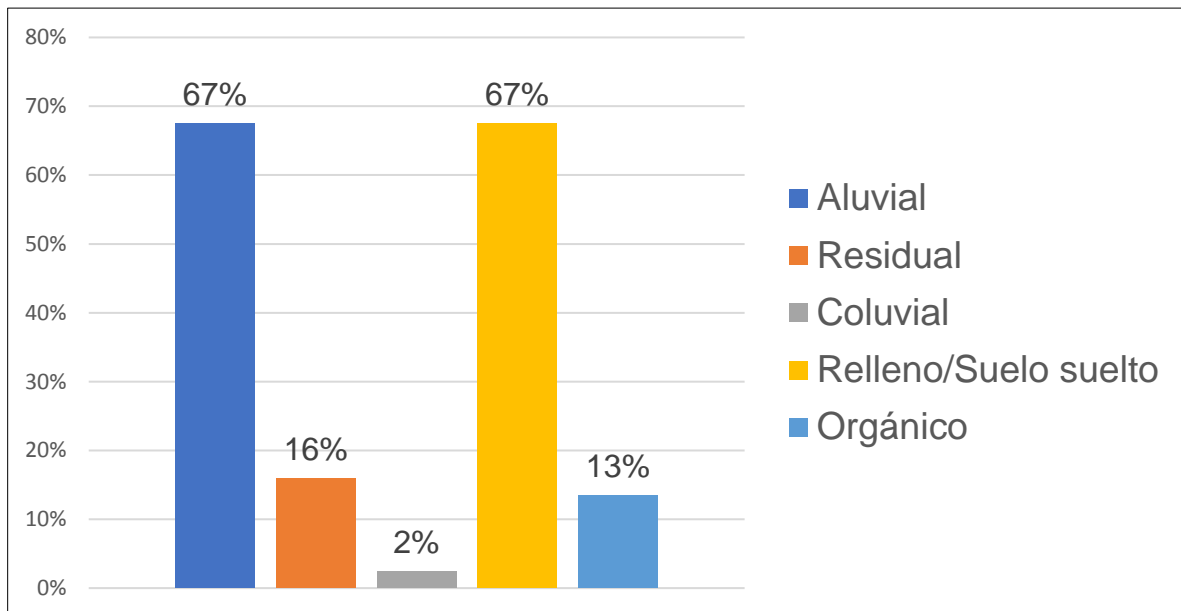
## 10 ANÁLISIS

Como primera medida, cabe resaltar que fueron 158 los estudios geotécnicos suministrados aptos para ser incluidos en la base de datos y posteriormente en el SIG, estos estuvieron distribuidos en los cascos urbanos así: En el municipio de Bucaramanga se tuvieron 82, el municipio de Floridablanca contó con 29, Piedecuesta tuvo un total de 10, en Girón hubo 9, además, en distintas zonas de alto crecimiento urbanístico, como lo son Ruitoque, el anillo vial y el corredor vial entre Floridablanca y Piedecuesta estuvieron los restantes, es decir 28.

La base de datos generada a partir de los datos geotécnicos de los estudios de suelos distribuidos por gran parte de la zona urbana del área metropolitana de Bucaramanga fue una muy buena fuente de información sobre las características del terreno en la zona. A partir de esta base de datos, se realizaron algunos análisis estadísticos que permitieran tener una idea general de la disposición del subsuelo en el área.

Actualmente es de gran importancia para la geotecnia el conocimiento de la clasificación del suelo teniendo en cuenta su formación y evolución geológica, dentro del suelo de Bucaramanga y su área metropolitana, partiendo de esta clasificación, se hallaron depósitos aluviales, coluviales y suelos residuales, de igual manera se incluyeron en esta categorización suelos orgánicos y suelos sueltos, generalmente asociados a rellenos antropogénicos [22]. La Figura 2. Clasificación de los suelos estudiados según su formación y evolución geológica. Muestra el porcentaje de estudios en los que se encontró al menos un estrato del tipo de suelo en cuestión; con respecto al total de estudios. Se tiene en cuenta que la suma de

los porcentajes no da 100%, pues cada estudio podía tener dos o más estratos de diferente clasificación.



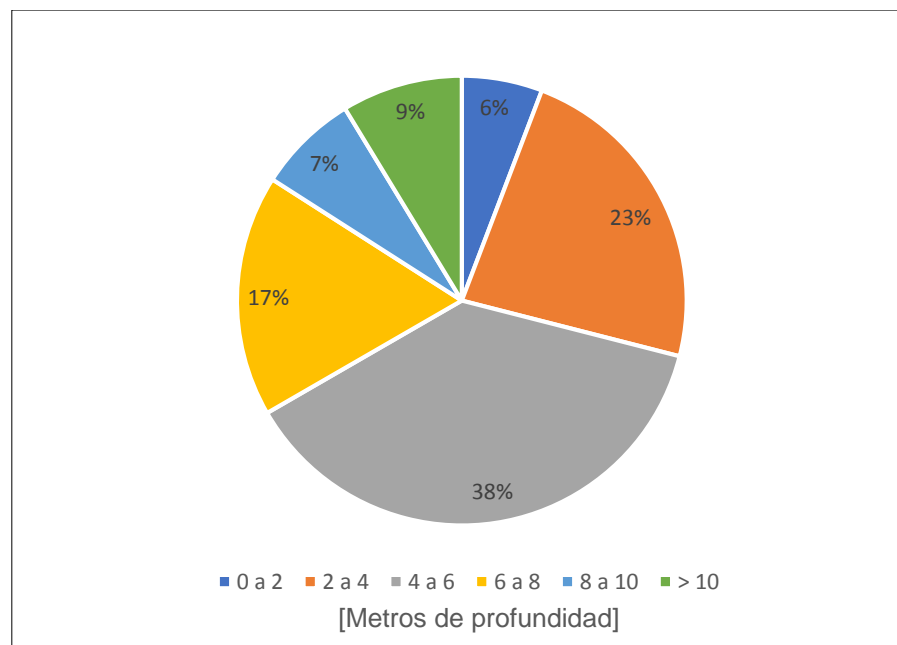
**Figura 2. Clasificación de los suelos estudiados según su formación y evolución geológica.**

Fuente: Elaboración propia.

Otro aspecto relevante para realizar un estudio geotécnico en Colombia es la clasificación del perfil de suelo, requerida según la Norma Sismo Resistente 2010 (Tabla A.2.4-1. del título A), la cual, a partir de ciertas características, del número de Golpes del perfil típico del área estudiada o de la velocidad de onda cortante, divide el suelo en tipo A, B, C, D, E o F. Siendo A roca muy dura y competente, y F suelo de muy baja capacidad [23]. En los suelos del área de influencia de este proyecto, se evidenció que, de los 158 estudios disponibles, 126 contenían información del perfil de suelo según la NSR, y de esos, 90 poseían perfil C, es decir el 71%.



De manera que, como la mayoría del suelo en la zona pertenece a clasificación de suelo tipo C, muy comúnmente se recomienda diseñar a partir de este material considerado firme. Por lo tanto, se dispuso analizar las distintas profundidades a las que se encuentra esta categoría. La Figura 3. Profundidad a la que se encontró perfil de suelo C en los estudios de suelo. Muestra en qué manera está repartida, por rangos, la profundidad a la que se encuentra el perfil de suelo C a partir de los estudios que poseían esta información.



**Figura 3. Profundidad a la que se encontró perfil de suelo C en los estudios de suelo.**

**Fuente: Elaboración Propia.**

Así pues, en la mayoría de los casos el perfil de suelo tipo C se encuentra entre 4 y 6 metros de profundidad, por el contrario, muy poco se encuentra esta clasificación a nivel superficial entre 0 y 2 metros al interior del suelo.

## 11 CONCLUSIONES

Inicialmente se tuvieron disponibles 420 documentos de estudios de suelos, diseños de pantallas, diseños de estructuras de contención, EDARFRI (Estudios de amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa e Inundación), y asesorías geotécnicas, ejecutados y avalados por ingenieros geotecnistas desde el año 2011 hasta el momento en el que se inició este proyecto, los cuales fueron proporcionados por la empresa Ingeotecnia S.A.S. Una ardua revisión de estos permitió seleccionar, de acuerdo al alcance y a los objetivos específicos, cuáles serían de utilidad. Primero se eliminaron los documentos de estudios ejecutados fuera del área metropolitana de Bucaramanga. Posteriormente se examinó la información contenida en cada estudio y se descartaron los que no contaban suficiente información geotécnica relevante. De los estudios que permanecieron se encontró que el 97% contenía datos de peso unitario, cohesión y ángulo de fricción y el 78% indicaba el perfil de suelo recomendado según la NSR-10. Finalizada esta selección se contó con 158 estudios como referencia para la obtención de los datos geotécnicos de interés.

Teniendo los 158 estudios de suelos seleccionados, desde el documento de cada uno, se extrajeron los parámetros geotécnicos determinados, es decir; peso unitario, cohesión, ángulo de fricción y perfil de suelo según la NSR-10, así como información general de cada estudio, como los son el PR, la ubicación, y las zonificaciones geológica y geotécnica en que se encuentra cada uno. De igual modo se incluyeron datos complementarios específicos de cada estudio, tales como capacidad admisible, profundidad de suelo competente y profundidad o rango en el que se halló el nivel freático. Toda esta información fue almacenada en una hoja de Excel para posteriormente alimentar el aplicativo SIG realizando los ajustes necesarios.

Con un ajuste de la base de datos inicial, en el cual la información de cada estudio de suelos únicamente ocuparía una fila. La distribución de la base de datos final permitió disponer la información de hasta cuatro estratos de suelo para cada estudio, incluyendo sus parámetros geotécnicos a profundidad, además de su información básica y general. De manera que todos estos parámetros geotécnicos extraídos y agrupados finalmente pudieron ser exportados e interpretados adecuadamente por ArcGIS Online y así se pudo comenzar a generar el aplicativo SIG en la plataforma mencionada.

Se realizó la investigación de varias plataformas en línea que permitieran generar un aplicativo SIG con la información recolectada. Las opciones evaluadas fueron GvSIG Online, NEXT GIS, QGIS Cloud y ArcGIS Online. Después de probar algunas de estas opciones se sintetizó la información investigada sobre cada una de ellas en un cuadro comparativo de ventajas y desventajas, mediante el cual se definió hacer uso de ArcGIS Online en la modalidad de “cuenta pública gratuita”, principalmente por la facilidad e inmediatez para comenzar a usarla y por la compatibilidad entre archivos creados o utilizados en otros programas.

A partir de la cuenta de ArcGIS Online creada, se exportó y editó la base de datos para dar por concluida la implementación del aplicativo en el sistema de información geográfica. Éste, conformado por el tipo de perfil del suelo y la totalidad de los parámetros y características extraídos de cada estudio geotécnico, así como los planos de zonificación geotécnica, y su descripción. Todo lo anterior georreferenciado y plasmado en la herramienta ArcGIS Online disponible para que el usuario logre obtener una idea preliminar de las características del suelo en diferentes zonas del área metropolitana de Bucaramanga y pueda proyectar o planear nuevas intervenciones geotécnicas.



## 12 BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. M. Molina, L. F. López y G. I. Villegas, «LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA PLANIFICACIÓN MUNICIPAL,» *Revista EIA*, nº 4, 2005.
- [2] V. Olaya, *Sistemas de Información Geográfica*, 2014, pp. 12-21.
- [3] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, «Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente, NSR 10, Título H,» Bogotá, AIS, 2010.
- [4] *Ley 388 de 1997*, Artículo 112, 1997.
- [5] F. H. Patiño, «Geotecnia - Diccionario Básico,» Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2001.
- [6] L. Lopez Trigal, «Diccionario de geografía aplicada y profesional,» Universidad de León, 2015.

- [7] F. Pucha-Cofrep, A. Fries, F. Cánovas-García, F. Oñate-Valdivieso, V. González-Jaramillo, D. Pucha-Cofrep, Fundamentos de SIG, 2017, pp. 7-9.
- [8] A. Jiménez Moreno, «Sistemas y Análisis de la Información Geográfica. Manual de autoapendizaje con ArcGIS,» Alfaomega y Ra-Ma, 2008.
- [9] R. Bravo Saavedra, L. Luna Navas, «Diseño de una Aplicación SIG en el Campus de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.,» UPB Seccional Bucaramanga, 2010.
- [10] D. J. Gómez Sanabria, «Apoyo en la actualización del sistema de información geográfica para el control de erosión de las obras ejecutadas en la jurisdicción de la CDMB por parte de la subdirección del riesgo y seguridad territorial.,» 2017.
- [11] M. P. Rodríguez Mejía, «Análisis y diseño de estudios geotécnicos para amenazas por remoción en masa, erosión y estabilidad de taludes para la empresa Geotecnología S.A.S.,» UPB Seccional Bucaramanga, 2014.
- [12] J. A. Rodríguez Hernández, «Inventario y estructuración de la información relacionada con la instrumentación geotécnica de la Central Sogamoso, para su visualización en ArcGIS.,» UPB Seccional Bucaramanga, 2016.

- [13] L. M. Torrado Gómez y J. A. Rondón, «Análisis y determinación de lineamientos para el aseguramiento de la calidad en los proyectos Geotécnicos.,» UPB Seccional Bucaramanga, 2014.
- [14] Y. Centeno, L. Cortéz, M. Salguero, «Elaboración de mapa de características geotécnicas de los municipios de antiguo Cuscatlán y Santa Tecla y propuesta de requerimientos mínimos en estudios geotécnicos para muros de retención, taludes y edificaciones de menos de tres niveles,» Universidad de El Salvador, 2008.
- [15] R. V. Ocaña Ortiz, J. Mundó y J. Lusitano, «Metodología para la Creación de Sistemas de Información Geográfica en Transporte para la Planificación y la Gestión urbana.,» *FERMENTUM*, vol. 34, nº 12, pp. 303-320, 2002.
- [16] A. Morales, «MappingGIS,» 17 11 2015. [En línea]. Available: <https://mappinggis.com/2013/10/primeros-pasos-con-arccgis-online/>. [Último acceso: 16 04 2019].
- [17] C. Martínez Izquierdo, Á. Anguix y J. V. Higón, «gvSIG Online, La solución para Infraestructuras de Datos,» 7-8 06 2018. [En línea]. Available: <http://www.sigte.udg.edu/jornadassiglibre/wp-content/uploads/2018/06/gvsig-online-sig-libre-girona-jun-2018-cmartinez-es.pdf>. [Último acceso: 16 04 2019].



- [18] A. Morales, «MappingGIS,» 31 01 2019. [En línea]. Available: <https://mappinggis.com/2019/01/como-publicar-mapas-con-qgis/>. [Último acceso: 16 04 2019].
- [19] «NEXTGIS,» NextGis, [En línea]. Available: <http://nextgis.com/nextgis-com/plans>. [Último acceso: 16 04 2019].
- [20] J. García Nuñez, D. Ibañez Almeida, E. Carrillo Lombana, E. Castro Marín y J. Suarez Díaz, «Mapa de Zonificación Geotécnica,» CDMB e Ingeominas, 2001.
- [21] K. Gerrow, «Conditional Field display with Arcade in Pop Ups,» 18 07 2017. [En línea]. Available: <https://community.esri.com/community/gis/web-gis/arcgisonline/blog/2017/07/18/conditional-field-display-with-arcade-in-pop-ups>. [Último acceso: 18 04 2019].
- [22] G. Duque Escobar y C. E. Escobar P., «GEOMECÁNICA,» Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2016.
- [23] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, «Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente, NSR 10, Título A,» Bogotá, AIS, 2010.

**13 ANEXOS**



PR	Latitud	Longitud	Prof. Sueto (Componente)	Capacidad Admisiva (Tonn/m2)	Cost. Bateno (€/cm3)	Perfi. KNR	Prof. Perfil C (m)	Prof. Perfil D (m)	Posible Huse (Frecuente)	Profundidad (m)	Sueto	Modulo de Elasticidad (KN/m2)	Peso (Ton/m3)	Coeficiente (KN/m2)	Friccion (f)	Zonificacion Geotecnica	Zonificacion Geologica	Caracteristicas Especiales	
PR-11-01	7.123281	-71.104839								6	Sueto suelto	17.00	18.14	12	33				
PR-11-07	7.1169	-71.107356								8.5	Sueto suelto	18.14	15.5	25.5		3A	Qbr		
PR-12-02	7.2029	-71.087542								5	Sueto suelto	18.14	15.5	25.5		7	II		
PR-12-03	7.123992	-71.124252								13.3	Sueto suelto	17.3	13.5	22.5		3A	Qbr		
PR-12-05	7.123004	-71.10473								14.5	Sueto suelto	18.14	15.5	25.5		3A	Qbr		
PR-12-08	7.131373	-71.13131								N.P.	Sueto suelto	17.3	13.5	22.5		3A	Qbr		
PR-12-08	7.128934	-71.08753								N.P.	Sueto suelto	18.14	15.5	25.5		3A y 3B	Qbr y Qbr		
PR-12-09	7.08639	-71.10271	14-16	35	10	D	0	0	N.P.		Sueto suelto	17	15	25		3 y 4A	Qbr y Qbr		
PR-12-10	7.06763	-71.10841								3.8-6.9	Sueto suelto	18.14	15.5	25.5		1A	Qbr		
PR-12-12	7.11816	-71.10945								4.6	Sueto suelto	18	10	30		3A	Qbr		
PR-12-14	7.12186	-71.11012								1.7	Sueto suelto	18	10	30		3A	Qbr		
PR-13-01	7.121208	-71.11895								N.P.	Sueto suelto	19	27	30		3A	Qbr		
PR-13-03	7.09493	-71.11249								4.3-12	Sueto suelto y rellenos	15.7	10	35		3B	Qbr		
PR-13-04	7.06431	-71.12325		8						1.9-3.0	Sueto suelto	17.65	20	36		6A	Qbr	Susceptible a licuacion	
PR-13-06	7.129119	-71.12193	6	38	6.42	C	3.5-5.0		N.P.		Sueto suelto	19	18	30		3A	Qbr		
PR-13-07	7.125856	-71.12423								10	Sueto suelto	18	10	30		3A	Qbr		
PR-13-08	7.11964	-71.10894	6	35	8.18	C	6		4.5		Sueto suelto	17	10	30		3A	Qbr		
PR-13-10	7.12668	-71.11743	6	30	9.09	C	3.5-4.5		N.P.		Sueto suelto	18	5	35		3A	Qbr		
PR-13-11	7.12526	-71.10735								3	Sueto suelto	18	10	30		3A	Qbr		
PR-13-15	7.13013	-71.10781								8.5	Sueto y rellenos	16.18	7	38		7	Qbr		
PR-13-16	7.04342	-71.10887	1.5-2.0	40	7.63	D		1.5-2.0	N.P.		Sueto suelto	17.65	20	30		4B	Qbr		
PR-13-18	7.02034	-71.08842	7.5	40	7.27	C	7.5		5		Sueto suelto	18.9	4	28		1A	Kita		
PR-13-19	7.07946	-71.11881	9	30	9.09	D	4.5		N.P.		Sueto suelto	20	40	11		3B	Qbr		
PR-13-20	6.97592	-71.09415								N.P.	Sueto suelto	18	20	30		5	II		
PR-13-21	7.07705	-71.08761								1.0-3.0	Sueto suelto	18	20	30		6A y 2B	Qbr y Qbr		
PR-13-23	7.09496	-71.11236	11.5	40		C y D	11		4.3-12		Sueto suelto y rellenos	16	10	35		3A y 3B	Qbr		
PR-13-24	7.14231	-71.15453	4.5	40	9.09	C	4		N.P.		Sueto suelto	18	10	30		6B	Qbr		
PR-13-26	7.09489	-71.09972								N.P.	Sueto suelto	16.5	4	20		3A	Qbr		
PR-13-28	7.10718	-71.11795	4.5	35	7.27	C	4.5		N.P.		Sueto suelto	16.5	15	30		3A	Qbr		
PR-13-31	7.120879	-71.1002	6.0-15.5	40	10.9	C	4		N.P.		Sueto suelto	16.67	10	29		7	ITRq		
PR-13-32	7.071206	-71.10402	1.0-3.5	60	10.9	C	1.5-3.0		N.P.		Sueto suelto	16.67	10	29		1A	Qbr		
PR-14-00	7.08379	-71.14003	4	28	6.36	C	4		N.P.		Sueto suelto	21	30	34		6A y 4B	Qbr		
PR-14-02	6.97573	-71.04627	5.0-7.5	40		C	2.5-11.5		2.5-7.5		Sueto suelto	15.800	18	5	31.8		5	Qbr	
PR-14-03	7.062329	-71.10384	1.5-5.5	49		C	5.5		1.5		Sueto suelto	18.7	15	35.2		6A	Qbr		
PR-14-04	7.115104	-71.12184	4	33		C	4		N.P.		Sueto suelto	18	20	30		5A	Qbr		
PR-14-05	7.042829	-71.08546	1.5	28		C	1.5		N.P.		Sueto suelto	25000	18.5	10	35.2		5	Qbr	
PR-14-07	7.119185	-71.14834								N.P.	Sueto suelto	16.5	4	19.5		4B y 3B	Qbr y Qbr		
PR-14-08	7.113601	-71.11629	1.5-2.0	45		C	2		N.P.		Sueto suelto	14.800	17	15	25		3A	Qbr	
PR-14-26	7.05471	-71.08391	0.5	5		D	0.5		N.P.		Sueto suelto	6800	18	0	27		5	II	
PR-14-27	7.11464	-71.11607								9	Sueto suelto	18.500	16.6	10	33		3A	Qbr	
PR-14-28	7.112009	-71.11525								N.P.	Sueto suelto	18.5	15	32		3A	Qbr		
PR-14-30	7.06799	-71.10847								8.8	Sueto suelto	16.6	10	28		1A	Qbr		
PR-14-31	7.119487	-71.11793	0.5-1.5	31		C	1.5				Sueto suelto	7800	17.2	12	26.8		9	Qbr	
PR-14-32	7.05404	-71.06978	4.5	40		D	1		N.P.		Sueto suelto	10000	17.5	12	28		5	Qbr	
PR-14-34	7.04261	-71.06977	3	45	24.8	D	2.5		N.P.		Sueto suelto	39000	18.5	10	35.2		5	Qbr	
PR-14-36	7.067718	-71.11363	1.0-5.5	36	12.2	C	1.0-5.5		N.P.		Sueto suelto	39000	18.5	10	35.2		3B	Qbr	
PR-14-35	7.067718	-71.11363	1	32	3.33	D	1		N.P.		Sueto suelto	32000	16.6	20	27.2		1C	QbrQbr3	
PR-14-38	7.033508	-71.08112	0.5-1.5	60	25	C	0.5		N.P.		Sueto suelto	50000	18.7	20	38		1A	Kita	
PR-14-39	7.134141	-71.10347	5	36	4.12	C	5		3.2-7.8		Sueto suelto	43600	19	20	30.1		3A	Qbr y ITRq	
PR-14-41	6.98118	-71.10402	2.0-3.5	46		C	0.8-13		2-7.3		Sueto suelto	17.3	29.8	0		1B	II		
PR-14-42	7.07779	-71.12889	5.5-25.0	40		D			5.5-25.0		Sueto suelto	40000	18.4	63.1	15		1B	II	
PR-14-48	7.142325	-71.11679	2.5-6.5	44		C	2.5-6.5		3.1-6.41		Sueto suelto	18.5	10	35		3A	Qbr		
PR-14-51	7.03283	7.032831								1.7-2.57	Sueto suelto	17.3	20	27		1A	Kita		
PR-14-53	7.122401	-71.10843	4	45	20	C	4		1.4-1.9		Sueto suelto	7200	17.5	10	26		3A	Qbr	
PR-14-57	7.081139	-71.11719	0.9	15.055		D	0.9		N.P.		Sueto suelto	30700	19.1	18	33		3B	Qbr	
PR-14-60	7.08996	7.08996	Coste 25 Zapatos	12.5		C	10		0.0-10.63		Sueto suelto	11708	17.90	10	17.7		4B	Qbr	
PR-14-60	7.084212	-71.10478	1.0-3.5	35	15.01	D	1.0-3.5		N.P.		Sueto suelto	18729	16.45	20	32.2		4B	Qbr	
PR-14-62	7.06776	-71.11579	4.0-7.4	24	4.2	D	2.0-4.0		N.P.		Sueto suelto	44114	18.05	26.3	31.6		3A	Qbr	
PR-14-63	7.07374	-71.09575	8.5-10.5	11	18.06	D	8.5-10.5		3.8-5.2		Sueto suelto	29000	18.7	14	28		3B	Qbr	
PR-14-84	7.008	-71.11746	1.5-2.5	30		D	1.5-2.5		0.8-1.2		Sueto suelto	23800	18.2	10	37.2		3A	Qbr	
PR-15-01	7.05877	-71.08546	4	50	8.36	C	3		6.1		Sueto suelto	6900	17.2	5	25		5	Qbr	
PR-15-02	7.075104	-71.09258	0.5-1.5	50	20.11	C	3		N.P.		Sueto suelto	42300	19.3	12	34.2		4A	Qbr	
PR-15-03	7.07148	-71.10549	8	7.5	8.38	C y E	7.5		5		Sueto suelto	29000	19	1	18		6A	Qbr	
PR-15-07	7.09635	-71.12224	3.5	32	12.2	C y D	5		0	N.P.	Sueto suelto	18300	17.8	10	29.3		4B	Qbr	
PR-15-08	7.09115	-71.10711								3	Sueto suelto	40300	19	18	37.2		3A	Qbr	
PR-15-09	7.12584	-71.12584	4.5-6.0	42	7.50	C	6		N.P.		Sueto suelto	8700	16.5	7	27.2		3A	Qbr	
PR-15-11	7.05862	-71.12896	0.5-1.5	37	14.84	C	1.5		N.P.		Sueto suelto	17400	18.2	19	31.7		3B	Qbr	
PR-15-12	7.091101	-71.10788	2	36	23.7	C y D	2.5		0	N.P.	Sueto suelto	26800	18.8	15	26.2		6B y 3B	Qbr	
PR-15-13	7.124903	-71.11629	9	35.7	16	C	9		N.P.		Sueto suelto	14200	18.7	12	35.2		3A	Qbr	
PR-15-14	7.05475	-71.10652	3	38.1	9.73	D y E	3		N.P.		Sueto suelto	7800	17.2	8	27.8		5	Qbr	
PR-15-17	7.09681	-71.08941	9.5	34	18.09	C y D	9.5		1.5	3.8	Sueto suelto	14700	18.3	10					



PR	Latitud	Longitud	Prof. Suelo Competente	Capacidad Admisible	Cof. Basealt.	Perfil NSR	Prof Perfil C	Possible Nivel Freático	Suelo 1	Profundidad 1	Modulo de Elasticidad 1	Peso Unitario 1	Co	Fr	Suelo 2	Profundidad 2	Modulo de Elasticidad 2	Peso Unitario 2	Cohes	Fricc	Suelo 3	Profundidad 3	Modulo de Elasticidad 3	Peso Unitario 3	Cohes	Fricc	Suelo 4	Profundidad 4	Modulo de Elasticidad 4	Peso Unitario 4	Cohes	Fricc	Zonificación Geotécnica	Zonificación Geológica	Características Especiales			
PR-11-01	7.112581	-73.104819	-	-	-	-	-	-	Suelo suelto	-	-	-	-	-	Aluvial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
PR-11-02	7.111600	-73.107356	-	-	-	-	-	8.5	Suelo suelto	-	-	16.67	22.5	22.5	Aluvial	-	-	18.14	20	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3A	Obt	-		
PR-12-07	7.209000	-73.087562	-	-	-	-	-	-	Clasual	-	-	17.3	33.5	20.0	Gravoso	-	-	17.3	20	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
PR-12-03	7.122992	-73.114252	-	-	-	-	-	13.3	Suelo suelto	-	-	16.18	10	15	Aluvial	-	-	18.14	22	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
PR-12-05	7.123604	-73.116673	-	-	-	-	-	14.5	Orgánico y rellenos	-	-	16.18	10	15	Suelo algo duro	-	-	17.16	15	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
PR-12-06	7.123973	-73.121120	-	-	-	-	-	-	Orgánico y rellenos	-	-	16.5	10	15	Suelo algo duro	-	-	17.5	12	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-12-08	7.128234	-73.100713	-	-	-	-	-	-	Residual	-	-	18.1	20	25.2	Aluvial duro	-	-	18.1	20	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
PR-12-09	7.060336	-73.105721	14.16	35	10	D	-	-	Aluvial	-	-	19	22	30	Suelo suelto	-	-	17	15	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
PR-12-10	7.067463	-73.108641	-	-	-	-	-	3.8-4.9	Suelo suelto	-	-	16.5	10	15	Aluvial duro	-	-	18	20	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-12-16	7.131800	-73.107012	-	-	-	-	-	4.5	Orgánico y rellenos	-	-	17	10	15	Aluvial duro	-	-	18	10	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-12-14	7.121860	-73.110712	-	-	-	-	-	1.7	Orgánico y rellenos	-	-	16	10	15	Aluvial duro	-	-	18	20	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-01	7.221208	-73.118995	-	-	-	-	-	-	Aluvial duro	-	-	17	10	15	Aluvial duro	-	-	17	10	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-03	7.094903	-73.114099	-	-	-	-	-	-	Suelo suelto y rellenos	-	-	15.7	10	15	Aluvial algo duro	-	-	17.65	20	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-04	7.064341	-73.123925	-	8	-	-	-	1.8-3.0	Aluvial	-	-	-	-	-	Aluvial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-06	7.129919	-73.121263	6	38	6.42	C	3.5-5.0	N.P.	Aluvial duro	-	-	18	18	22	Aluvial duro	-	-	19	18	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-07	7.125856	-73.124237	-	-	-	-	-	10	Suelo suelto	-	-	18	10	30	Aluvial duro	-	-	19	18	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-08	7.110464	-73.108904	6	35	8.18	C	6	4.5	Suelo	-	-	17	10	10	Aluvial algo duro	-	-	18	20	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-10	7.126668	-73.117413	6	50	9.09	C	3.5-4.5	N.P.	Aluvial duro	-	-	19	35	18	Aluvial algo duro	-	-	18	25	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-11	7.115068	-73.107253	-	40	8.18	C	3	-	Aluvial duro	-	-	18	18	30	Aluvial duro	-	-	18	25	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-15	7.130113	-73.107581	-	-	-	-	-	8.5	Suelo y rellenos	-	-	16.18	7	18	Aluvial	-	-	17.65	20	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-16	7.065242	-73.108897	1.5-2.0	40	7.63	D	-	-	Suelo suelto	-	-	16.6	6	22	Suelo duro	-	-	16.9	30	33.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-18	7.201104	-73.088462	7.5	40	7.27	D	7.5	5	Suelo suelto	7.5	-	16.5	4	25	Suelo suelto	-	-	16.5	4	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-19	7.079646	-73.118981	9	30	8.09	D	-	-	Aluvial medio	-	-	18	28	21	Aluvial duro	-	-	20	40	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-20	6.975592	-73.044115	-	-	-	-	-	-	Suelo medio	-	-	16	0	20	Relleño	-	-	18	0	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-21	7.277905	-73.088462	-	-	-	-	-	-	Suelo suelto	-	-	16.5	4	25	Suelo suelto	-	-	16.5	4	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-23	7.094986	-73.112395	11.5	40	9.09	C	4	N.P.	Suelo suelto y rellenos	-	-	16	10	15	Relleno de cañada	-	-	16	10	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-24	7.144231	-73.154539	4.5	40	9.09	C	4	N.P.	Suelo suelto	-	-	16.5	4	25	Aluvial	-	-	16.5	4	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-26	7.094986	-73.099912	-	-	-	-	-	-	Suelo suelto	-	-	16.5	4	25	Suelo aluvial	-	-	18.5	15	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-28	7.107718	-73.112795	4.5	35	7.27	C	4.5	N.P.	Suelo suelto	-	-	1.5	-	10	Suelo aluvial algo duro	-	-	4.5	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-31	7.120879	-73.106200	6.0-15.0	40	10.9	C	4	N.P.	Suelo Orgánico	-	-	16.67	10	29	Suelo aluvial algo duro	11	-	18.64	20	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-13-32	7.121206	-73.104002	2.5	40	9.09	C	1.5-3.0	N.P.	Suelo suelto	-	-	16.67	10	29	Suelo suelto	-	-	18.64	20	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-14-00	7.083789	-73.140073	4	28	6.36	C	4	N.P.	Suelo suelto	-	-	25	-	25	Suelo Duro	-	-	5.5	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-14-02	6.975592	-73.044287	5.0-7.0	40	-	-	-	2.5-7.5	Aluvial medio denso	8	15.900	18	5	31.8	Aluvial firme	12	26100	18.7	15	35.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-14-03	7.062109	-73.103884	1.5-5.5	40	9	D	-	-	Suelo suelto	-	-	15.5	5.5	25	Suelo suelto	-	-	18	20	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-14-04	7.115304	-73.122184	4	33	-	-	-	-	Aluvial blando	1	6000	17	15	26.1	Aluvial dens-muy denso	Mayor 4	31700	18.6	20	35.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-14-05	7.042977	-73.065460	1.5	28	-	-	-	-	Suelo Orgánico	1	25000	18.7	5	30.8	Aluvial medio	Mayor 4	28200	18.6	10	35.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PR-14-07	7.119185	-73.143614	-	30	-	-	-	-	Suelo suelto	-	-	16.5	4	25	Suelo suelto	-	-	18.5	13	30.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-14-08	7.113861	-73.116369	1.5-2.0	45	-	-	-	-	Aluvial suelto	1	11400	17	15	25	Aluvial dens-muy denso	Mayor 17	62800	18.9	20	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-14-26	7.05171	-73.083930	0.5	5	-	-	-	-	Relleno	5.5	6800	18	0	27	Residual medio denso	Mayor 6	18500	18.6	10	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PR-14-27	7.111646	-73.116687	-	-	-	-	-	-	Limo arenoso	1.5	18.5	15	29	25	33	Aluvial	-	-	18	5	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PR-14-28	7.112009	-73.119255	-	-	-	-	-	-	Limo arenoso	1.5	18.5	15	29	25	33	Aluvial	-	-	18	5	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PR-14-30	7.067099	-73.108477	-	-	-	-	-	-	Limo Arenoso																													



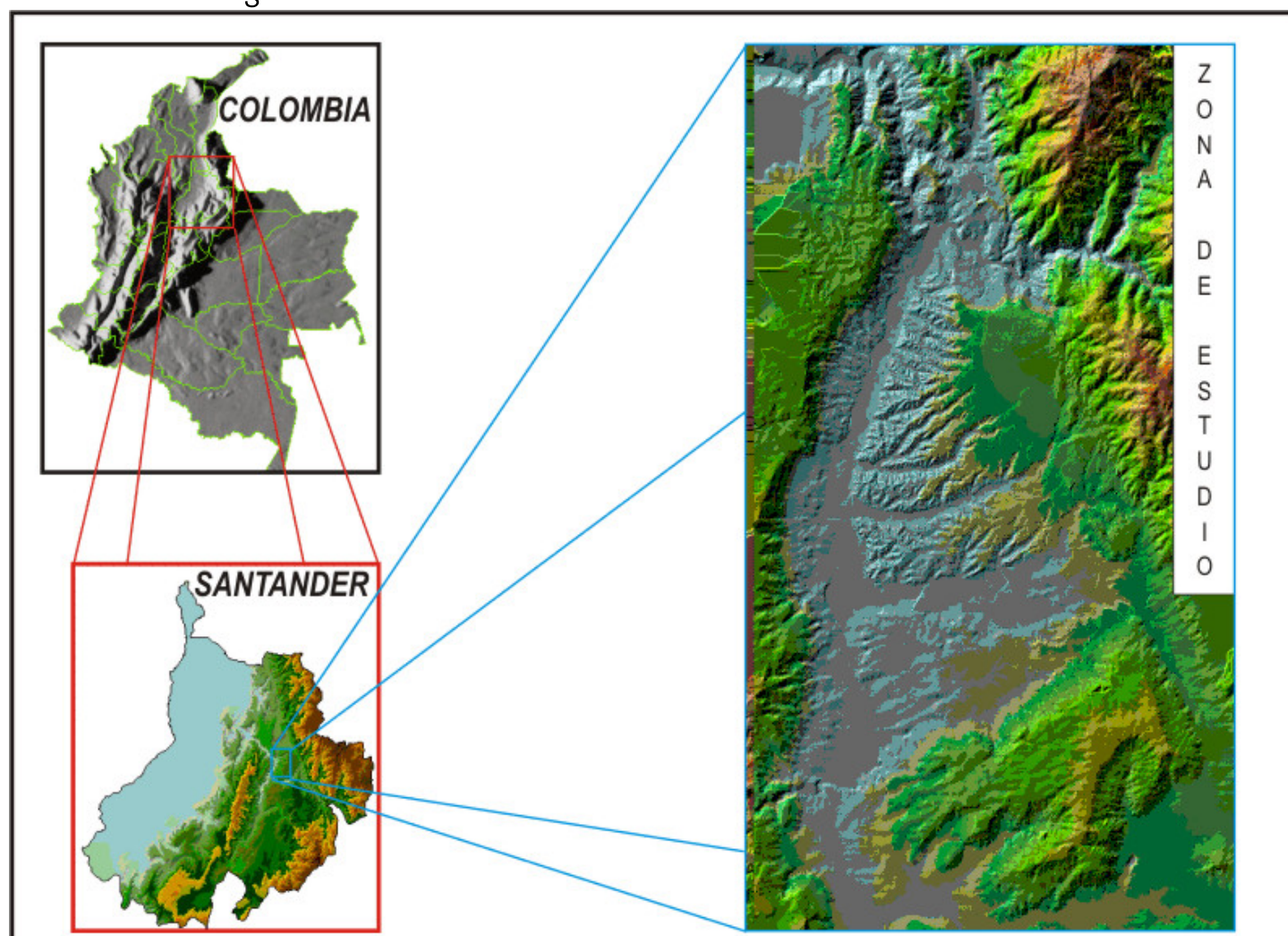
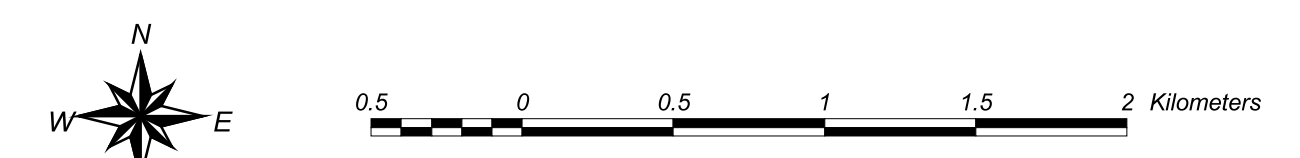
# LEYENDA

## Zonificación Geotécnica

Zonas	Descripción
1A	Rocas sedimentarias con pendientes moderadas a bajas
1B	Rocas sedimentarias con pendientes fuertes
1C	Rocas sedimentarias fracturadas afectadas por fallamiento geológico
2A	Rocas ígneas y metamórficas de alta pendiente
2B	Rocas ígneas y metamórficas fracturadas afectadas por fallas geológicas
3A	Limos rojos del abanico aluvial de Bucaramanga
3B	Escarpes de la meseta de Bucaramanga
4A	Miembros orgánicos y gravosos no afectados por procesos erosivos
4B	Miembro orgánico afectado por procesos erosivos
4C	Miembros orgánicos y limos rojos en laderas susceptibles a deslizamientos
5	Flujos de escombros del piedemonte del macizo de Santander
6A	Valles aluviales de los ríos y quebradas principales
6B	Valles aluviales de los ríos y afectados por procesos de erosión
7	Depósitos de coluvión
8A	Zona susceptible a deslizamientos activos en el norte de Bucaramanga
8B	Zona de deslizamiento activo en el norte de Bucaramanga
9	Rellenos sueltos

## CONVENCIONES

	Escuela		Vías		Fallas
	Vivienda		Vías principales		Falla activa
	Acotografía		Vías secundarias		Falla inactiva
	Coordenadas		Casco urbano		Falla inferida
	Drenajes		Curvas de nivel		Lineamiento



Republica de Colombia  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA



corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga



Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero - Ambiental y Nuclear

## ZONIFICACIÓN SISMOGEO TÉCNICA INDICATIVA DEL AREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

### MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Autores:	JESUS GARCIA NUÑEZ DIEGO IBAÑEZ ALMEIDA EDGAR CARRILLO LOMBANA EDUARDO CASTRO MARIN JAIME SUAREZ DIAZ	Area:	AMENAZAS GEOAMBIENTALES
Fecha:	Junio / 2001	Escala:	1:25000
		Plano N°:	3.5

