

**VISUALIZACIÓN DEL INVENTARIO LLEVADO ACABO POR EL CONSORCIO  
M&CI DE LOS DATOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS PRESENTADOS A LA  
CDBM EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA**

**GUILLERMO ANDRÉS ARIZA DURÁN  
LUCIO FABIÁN MERCHÁN LADINO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2012**

**VISUALIZACIÓN DEL INVENTARIO LLEVADO ACABO POR EL CONSORCIO  
M&CI DE LOS DATOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS PRESENTADOS A LA  
CDBM EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA**

**GUILLERMO ANDRÉS ARIZA DURÁN  
LUCIO FABIÁN MERCHÁN LADINO**

**Trabajo de Grado en Modalidad Investigación, Para Optar al Título de  
INGENIERO CIVIL**

**Director**

**WILFREDO DEL TORO RODRIGUEZ  
Ingeniero Civil. M.Sc. Suelos**

**Codirector**

**WILLIAM E. CORTÉS PEÑA  
Prof. Especializado CDBM**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2012**

## DEDICATORIA

A Dios, porque a través de su comprensión, pruebas, guías, sabiduría y paciencia me dio la oportunidad de alcanzar este logro. Porque desde el inicio de mi carrera, hubo una voz interior que me decía “Usted va a ser INGENIERO” y finalmente lo veo realizado.

A mis padres Guillermo Ariza Gutiérrez y Carmen Delia Duran Corredor, por su comprensión, cariño, fortaleza, paciencia y palabras de alivio, que me han acompañado en el transcurso de mi vida forjándome el camino del bien, siempre de la mano de bendiciones y cuidados recomendados al altísimo.

A mis hermanas Lizeth y Yurley, soy afortunado de tenerlas llenando mi vida de grandes momentos y enseñanzas compartidas.

A mis tías, tíos, abuelas, abuelos (Q.E.P.D) me han dado la confianza, cariño y entendimiento en la cotidianidad.

A mis amigos, compañeros y conocidos por LA AMISTAD Y esas experiencias vividas (TRASNOCHOS, SALIDAS, ETC) durante el transcurso de mi carrera.

Gracias,

Guillermo Andrés Ariza Durán

## DEDICATORIA

A mis padres, Gladys Ladino y José Merchán porque con su apoyo  
Me dieron la fuerza para seguir siempre adelante en la vida  
Este triunfo es para ustedes.

A mis hermanos, tíos y primos que siempre estuvieron a mi lado  
Ayudándome a superar cualquier obstáculo que se presentará  
Gracias familia.

A mis amigos, en especial Catica, Sebas, Guillermo, Juan, Nata, Mely, Fabián,  
Jorge, Paola, Andrés, Malory, Diana, Jesús, Jefferson, por su amistad,

Jamás olvidare los momentos que se vivieron en la u

Gracias.

Lucio Fabián Merchán Ladino

## **AGRADECIMIENTOS**

LOS AUTORES, EXPRESAN AGRADECIMIENTOS A LAS SIGUIENTES PERSONAS:

A la ingeniera Elizabeth Cepeda de la CDMB, por su colaboración y ayuda en este proyecto

Al ingeniero Wilfredo del Toro por ser nuestro director de proyecto, por la orientación.

Al ingeniero William Cortes por ser nuestro codirector del proyecto, en su labor, acompañamiento durante el desarrollo del proyecto.

Al ingeniero John Domínguez, por su colaboración al principio del proyecto por su tiempo y valiosos aportes.

Al ingeniero Abelardo Arteaga por presentarnos ante el Dr. Ricardo Arteaga de la Corporación para la elaboración de este proyecto.

A los amigos y compañeros, que con sus aportes contribuyeron a la realización de este proyecto

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION	19
1. OBJETIVOS	21
1.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
2. MARCO TEORICO	22
2.1 GEOLOGIA	22
2.1.1 Miembro Órganos(Qbo)	22
2.1.2 Miembro Finos (Qbf)	23
2.1.3 Miembro Gravoso (Qbg)	24
2.1.4. Miembro Limos Rojos (Qblr)	25
2.2. UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES	25
2.2.1 Suelo Gravoso del Miembro Órganos (Formación Bucaramanga) (Sft3)	26
2.2.2 Suelos del Miembro Finos (Formación Bucaramanga) (Sfl1)	26
2.2.3 Suelos Miembro Gravoso (Formación Bucaramanga) (Sft2)	27
2.2.4 Suelos del Miembro Limos Rojos ( Formación Bucaramanga)(Sfl2)	27
2.2.5 Suelos Coluviales Activos (Sco1) e Inactivos (Sco2)	28
2.3 SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA	28
2.3.1 Funcionamiento de un SIG	29
2.3.2 Técnicas utilizadas en los Sistemas de Información Geográfica	30
2.3.2.1 Creación de datos.	30
2.3.2.2 Representación de los datos.	31

3. CREACION DE UN ARCHIVO “.shp” MEDIANTE AUTOCAD CIVIL 3D (AC3D)	36
3.1 DELIMITACIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS MEDIANTE POLÍGONOS	36
3.2 CONFIGURACIÓN DEL CAMPO DE TRABAJO EN AC3D	38
3.3 DEFINIR DATOS DE OBJETOS	38
3.3.1 Asociar datos a los objetos	39
3.3.2 Exportación con Map 3d	41
4. CREACION DE PUNTOS	44
4.1 CREACIÓN DE ARCHIVO SHAPE DE PUNTOS	45
4.2 MOSTRAR UN ARCHIVO MEDIANTE EL HIPERVÍNCULO O HOT-LINK QUE DISPONE ARCMAP.	49
5. CREACION DE UNA SUPERFICIE	51
5.1 HABILITACIÓN DE LA EXTENSIÓN 3D ANALYST	51
5.2 CREACIÓN DE ARCHIVO TIN	53
6. ELABORACION DEL SIG	59
6.1 EDICIÓN DE LA INFORMACIÓN	61
6.2 VÍNCULO DE MATERIAL FOTOGRÁFICO Y DOCUMENTADO	62
6.2.1 Visualización del anexo	64
7. CREACIÓN DE SUPERFICIES QUE REPRESENTEN LAS UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (UGS) DE BUCARAMANGA	66
7.1 CREACIÓN DE ARCHIVO SHP.	66
7.2. ACTIVACIÓN EXTENSIÓN GEOSTATISTICAL ANALYST Y SELECCIÓN DE UNO DE LOS MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN.	68
7.2.1 Interpolación con la media ponderada por el inverso de la distancia	68
7.2.2 Interpolación con función de base radial	68

7.2.3 Polinomio con interpolación global.	69
7.2.4 Polinomio con interpolación local	69
7.2.5 Interpolación Kriging	69
7.2.5.1 Kriging ordinario	69
7.2.5.2 Kriging universal	69
7.3 CREACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA UNIDAD GEOLÓGICA SUPERFICIAL (UGS) MEDIANTE EL KRIGING ORDINARIO.	70
7.3.1. Creación de la superficie Sft3 con el Kriging ordinario sin modificación de los parámetros	70
7.3.1.1 Elección del método de interpolación.	70
7.3.1.2 Especificaciones de opciones del método.	70
7.3.1.3 Obtención de validación cruzada	71
7.3.2 Creación de la superficie Sft3 con el Kriging ordinario modificando los parámetros por defecto:	73
7.3.2.1 Elección del método de predicción:	73
7.3.2.2 Especificaciones de opciones del método:	74
7.3.2.3 Obtención de validación cruzada:	74
7.4 CREACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA UNIDAD GEOLÓGICA SUPERFICIAL (UGS) SFT3, CON FUNCIÓN DE BASE RADIAL (FBR).	77
7.4.1 Elección del método de interpolación	77
7.4.2 Especificaciones de opciones del método:	78
7.4.3 Obtención de validación cruzada:	78
CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFIA	86
ANEXOS	88

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Capas Temáticas	29
Figura 2. Interpretación cartográfica vectorial (izquierda) y raster (derecha) de elementos geográficos	32
Figura 3. Representación de curvas de nivel sobre una superficie tridimensional generada por una malla TIN	33
Figura 4. Dimensión espacial de los datos en un SIG	33
Figura 5. Plano geológico Balconcitos en .dwg	36
Figura 6. Resultado del comando layoff	37
Figura 7. Generación de contorno	37
Figura 8. Selección del espacio de trabajo en AC3D	38
Figura 9. Definir nueva tabla de objetos	39
Figura 10. Crear, Asociar/Disociar datos de objeto AC3D	40
Figura 11. Pestaña Propiedades del campo creado	40
Figura 12. Salida, Exportar a extensión .shp	41
Figura 13. Ventana pestaña Selección de Exportar	42
Figura 14. Ventana pestaña Opciones de Exportar	42
Figura 15. Ventana pestaña Datos de Exportar	42
Figura 16. Resultado creación del shape de Balconcitos	43
Figura 17. Vista de puntos creados en Excel	44
Figura 18. Ventana de entrada a ArcMap	45
Figura 19. Visualización de los puntos cargados	45
Figura 20. Ventana Add Data	46
Figura 21. Vista selección Display XY Data	47
Figura 22. Ventana entrada de parámetros en Display XY Data	47
Figura 23. Ventana Spatial Reference Properties	48

Figura 24. Vista Data, Export Data	48
Figura 25. Ventana Export Data	49
Figura 26. Ventana Properties, pestaña Display	50
Figura 27. Vista del Hipervínculo	50
Figura 28. Activar extensión 3D Analyst	51
Figura 29. Barra 3D Analyst	52
Figura 30. Ventana Create/Modify TIN	52
Figura 31. Ventana Create TIN From Features	53
Figura 32. Ventana Layer Properties, pestaña Simbology	54
Figura 33. Ventana Convert TIN to Raster	55
Figura 34. Visualización de la conversión	56
Figura 35. Ventana Layer Properties, pestaña Base Heights	57
Figura 36. Visualización del relieve del raster	58
Figura 37. Vista del raster exagerando el valor en la vertical	58
Figura 38. Ventana New Group Layer	59
Figura 39. Ventana Add Data	60
Figura 40. Visualización del proyecto llamado MONTAJE	60
Figura 41. Ventana Editor	61
Figura 42. Ventana Tabla de atributos	62
Figura 43. Ventana agregar nuevo campo	62
Figura 44. Ventana Add Field	63
Figura 45. Ventana campo Ruta con la dirección de archivo asociado	64
Figura 46. Visualización del hipervínculo, asociado al Perfil 2, barrio La Torre Tanque Acueducto	65
Figura 47. ArcMap 9.3, añadir tabla de Excel	67
Figura 48. Puntos de sondeo, donde afloran Sft3	67
Figura 49. Cuadro de Cross Validation	71
Figura 50. Superficie generada con el Kriging ordinario sin modificación de parámetros	72
Figura 51. Superficie con los errores típicos de la predicción	72

Figura 52. Visualización en ArcScene de la superficie Sft3, creada por el método de Kriging Ordinario sin modificación de parámetros	73
Figura 53. Cuadro de Cross Validation	74
Figura 54. Superficie generada con el Kriging Ordinario variando los parámetros por defecto	75
Figura 55. Superficie con los errores típicos de la predicción	75
Figura 56. Visualización en ArcScene de la superficie Sft3 creada por el método Kriging Ordinario, variando los parámetros por defecto	76
Figura 57. Visualización en ArcScene de la superficie Sft3, creada por el método de Kriging Ordinario, con los parámetros y variación de los mismos por defecto	77
Figura 58. Ventana Cross Validation RBF Interpolation Step 2 of 2	78
Figura 59. Ventana Cross Validation RBF Interpolation Step 2 of 2	79
Figura 60. Visualización de la superficie creada por Kriging ordinario y Completely Regularized Spline	79
Figura 61. Ventana Cross Validation. Step 5 of 5	80
Figura 62. Generación de la capa de suelo del miembro fino Sfl1, por el método Kriging Ordinario	80
Figura 63. Ventana Cross Validation. Step 5 of 5	81
Figura 64. Generación de la capa de suelo del miembro gravoso Sft2, por el método Kriging Ordinario	81
Figura 65. Ventana Cross Validation Step 5 of 5	81
Figura 66. Generación de la capa de suelo del miembro limos rojos (Sfl2) por el método de Kriging Ordinario	82
Figura 67. Visualización de las capas de suelo	82
Figura 68. Visualización tridimensional de los suelos con espaciado	83
Figura 69. Visualización de perfil de las capas de suelos	83

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. UBICACIÓN DE LOS 41 BARRIOS ANALIZADOS	89
ANEXO B. 1.UBICACIÓN DE LOS SONDEOS	92
ANEXO B 2.UBICACIÓN DE LOS SONDEOS DONDE AFLORA Sft3	94
ANEXO B 3.UBICACIÓN DE LOS SONDEOS DONDE AFLORA Sfi1	96
ANEXO B 4.UBICACIÓN DE LOS SONDEOS DONDE AFLORA Sft2	97
ANEXO B. 5.UBICACIÓN DE LOS SONDEOS DONDE AFLORA Sfi2	99
ANEXO C. IMAGEN TIPO RASTER SUMINISTRADA POR LA CORPORACIÓN	101
ANEXO D. IMPRESIÓN DEL MAPA DE LOS 41 SITIOS ANALIZADOS	102
ANEXO E REGISTRO DE PERFORACION DEL BARRIO TIPO PAN DE AZUCAR BAJO	103
ANEXO F PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL BARRIO TIPO PAN DE AZUCAR BAJO	104
ANEXO G. FOTOS UNIDADES GEOLOGICAS DEL BARRIO PAN DE AZUCAR BAJO	105
ANEXO H PROCEDIMIENTO PARA LA IMPRESIÓN DE MAPAS EN ARCGIS	107
ANEXO I GENERACION DE UN PERFIL DE UNA SUPERFICIE DE SUELO	112

## RESUMEN

**TITULO:** VISUALIZACIÓN DEL INVENTARIO LLEVADO A CABO POR EL CONSORCIO M&CI DE LOS DATOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS PRESENTADOS A LA CDMB EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA\*

**AUTORES:** GUILLERMO ANDRÉS ARIZA DURÁN\*\*  
LUCIO FABIÁN MERCHÁN LADINO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Sistema de Información Geográfica, Superficie, Unidades Geológicas Superficiales, Barrios, Sondeos,

### CONTENIDO:

El proyecto se realizó con el propósito de desarrollar una metodología para dar a conocer de manera interactiva y visual el inventario sobre el VOLUMEN VI INFORMES DE ESTABILIDAD realizado por el Consorcio M&CI, el cual es propiedad de la CDMB. Partiendo de la información geológica y geotécnica cómo: unidades geológicas superficiales, registro de perforaciones, zonas de estudio, laboratorios y fotografías. Realizada esta parte se sigue el procedimiento de acuerdo al objetivo general acompañado de los objetivos específicos y un procedimiento ya estipulado en el plan de trabajo.

Dicho proceso se basa en la geo-referenciación de cada uno de los elementos presentes, como puntos, líneas y polígonos, contenidos en mapas geológicos digitales de los barrios estudiados con extensión .dwg suministrada por la entidad y elaborando éstos en formato tipo .shp, haciendo uso de los programas AutoCAD Civil 3D y ArcGIS 9, en donde se manipulan los datos espaciales y sus atributos.

El resultado es una esquematización virtual, con información vinculada de los 41 barrios estudiados por el Consorcio M&CI, que se proyectan sobre una superficie, para visualizar mejor su distribución en el espacio geográfico. Partiendo del modelado del terreno y los espesores de las de las unidades geológicas superficiales contenidos en los informes se genero las superficies de los suelos para conocer su estructura en la zona de estudio. El producto sirve cómo material de soporte para las gestiones que realiza la CDMB en la ciudad de Bucaramanga.

---

\*Proyecto de Grado. Modalidad Investigación

\*\*Facultad de Ingenierías Físico - Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo del Toro

## ABSTRACT

**TITLE:** VISUALIZATION OF THE VISUALIZATION REALIZED BY M&CI CONSORTIUM ABOUT GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL DATA PRESENTED TO CDMB IN THE BUCARAMANGA CITY \*

**AUTHORS:** GUILLERMO ANDRÉS ARIZA DURÁN\*\*  
LUCIO FABIÁN MERCHÁN LADINO\*\*

**KEY WORDS:** Geographic Information System (**GIS**), Surface, Surface Geological Units, neighborhoods, Surveys.

**CONTENT:** The project was carried out with the purpose of develop a methodology to present of interactive and visual form the inventory about the STABILITY REPORTS (VOLUME VI) realized by the M & IC consortium, which is owned of the CDMB. Initially was collect geological and geotechnical information how: surface geologic units, registration of perforations, study areas, laboratories and photographs. Once this part is ready, the process continues according to the general objective accompanied by specific objectives and a procedure stipulated in the work plan.

This process is based on the geo-referencing of each element present, such as points, lines and polygons contained in digital geological maps of the neighborhoods studied with the extension .dwg provided by the entity and developing these in type formats .shp, using programs AutoCAD Civil 3D and ArcGIS 9, where they manipulate the spatial data and its attributes.

The result is a virtual schematization, with linked information of the 41 neighborhoods studied by the M & IC Consortium, which are projected onto a surface, to better visualize their distribution in geographical space. Based on the modeling of the terrain and the thicknesses of the surface geological units contained in the reports was generated soil surface to know its structure in the study area. The product serves as support material for the ongoing efforts realized by the CDMB in the Bucaramanga city.

---

\*Project Grade: Investigation Modality

\*\*Faculty of Fisicomecanicas Sciences, School of Civil Engineering, Director: Ing. Wilfredo Del Toro. Codirector: Ing. William Cortés

## INTRODUCCION

La realización de una base de conocimientos, comprende el uso de la información organizada en conjuntos clasificados, que tiene como propósito gestionar de manera eficiente la información que permite resolver una variedad de problemas, ya que su uso es fundamental para la toma de decisiones.

En la actualidad existe una gama de herramientas para la organización de información, como lo es el sistema de información geográfico (SIG) cuyo fin es almacenar, desplegar, consultar, analizar y modelar datos geo-espaciales de tal manera que sirva para el desarrollo de proyectos futuros de ingeniería.

Una vez examinada la situación actual de la CDMB en cuanto la organización de la información geológica y geotécnica suministrada por el consorcio M&CI se plantea una alternativa que consiste en la creación de un modelo de datos geográficos que permita visualizar la información, con el fin de consolidarla, organizarla y centralizar para que los procesos al interior de la CDMB avance de forma coordinada y eficiente.

Con el propósito de visualizar los datos más relevantes de los informes presentados por el consorcio M&CI, se realizó una recopilación de información geológica y geotécnica, que servirá de apoyo para la CDMB en el momento de determinar los parámetros que faciliten identificar el tipo de material presente en la zona, y junto con un estudio económico, proponer medidas de mitigación y de corrección al proceso de erosión.

El modelo SIG y la visualización de las unidades geológicas superficiales se generaron a través del software ArcGIS 9 con aplicaciones integradas como ArcMap 9.3 Y ArcScene 9.3<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> La CDMB, cuenta con las licencias de los software comerciales utilizados en el proyecto

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Esquematización virtual del sistema de información geológica y geotécnica como soporte para la gestión de la corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB).

### **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Representación de los datos obtenidos en campo mediante la elaboración de un SIG de acuerdo a la información suministrada por cada punto analizado en el área metropolitana.
- Visualización de los cortes y/o perforaciones de la estratificación geológica que presenta la ciudad de Bucaramanga.
- Utilización del proyecto como material de apoyo en estudios de prevención, riesgo, estabilidad de taludes, remoción de masas y diseños de los mismos. (Por parte de la CDMB).
- Optimización y aprovechamiento del potencial de los programas ingenieriles para la aplicación del proyecto.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 GEOLOGIA**

En los sectores de estudio afloran los miembros: Limos Rojos (Qblr), Gravoso (Qbg), Miembro Órganos (Qbo). La información geológica que se presenta a continuación se tomo de los estudios de INGEOMINAS (2001).

#### **2.1.1 Miembro Órganos(Qbo)**

Definido por Hubach (1952). Esta es la unidad mas potente de la formación Bucaramanga, estimándose que su espesor podría superar los 180m; De acuerdo con Bueno y Solarte (1994), corresponde a una serie monótona de niveles polimicticos de fragmentos gruesos, de aspecto conglomerático, con alternancia de capas y lentes limo arenosos, con variaciones laterales y verticales en composición y textura. Hubach (1952), describe niveles lenticulares limo arenoso, con espesores de hasta 5 m.

Uno de estos niveles polimicticos aflora en la parte superior del talud de la autopista. Tiene aspecto “conglomeratico” y conforma un depósito de gravas y bloques, débilmente consolidados, clasto-soportados y grano soportados, dispuestos en forma de capas gruesas a muy gruesas, con un espesor hasta de 5 m. El tamaño de los cantos varia entre 10 y 30 cm, alcanzando bloques mayores de 0.80 m de diámetro. Estos se componen en su mayoría de areniscas silíceas de grano medio, bien cementadas y en menor proporción de fragmentos de rocas ígneas acidas de textura fanerítica, neis micáceos de color amarillo hasta rosado, areniscas lodosas rojizas de grano fino y alto contenido de micas, cuarzo lechoso,

lidades y cherts. Todos los fragmentos tienen formas sub angulares a sub redondeadas, esfericidad baja a media y mala selección.

Se presenta un nivel gravoso arenoso por debajo del anterior, con matriz arcillosa, pardo amarillenta, con algunas variaciones a gris amarillento. En el tope, es decir, donde se ubican las casas del barrio Bucaramanga existe un nivel de arena fina y arena arcillosa compactas, de consistencia firme, ligeramente micáceas con trazas de materia orgánica.

### **2.1.2 Miembro Finos (Qbf)**

Este nivel fue reconocido y definido por Hubach (1952). Se ubica estratigráficamente entre el nivel inferior de la Formación Bucaramanga (Miembro Órganos) y el nivel superior (Miembro Gravoso) en contactos netos plano paralelos. Es una extensa capa lenticular horizontal, más o menos continua, de unos 15m de espesor promedio, donde alternan niveles arcillosos, limo arenoso y areno limosos, de colores gris verdoso.

La geometría de sus niveles es tabular a lenticular, con espesores que oscilan entre 5 y 40 cm, de estratificación plana paralela, cruzada y ondulosa. La secuencia del miembro Finos se puede dividir en dos conjuntos: 1) Conjunto Arcilloso: Localizado hacia la base, se caracteriza por ser arcillo-limoso, masivo, de colores grises a verdes, con estratificación plana paralela, en donde el espesor varia ampliamente. 2) Conjunto Arenoso: Se localiza hacia el techo, donde muestra una alternancia de niveles areno limosos con niveles limo arenosos arcillosos de colores amarillento a pardo amarillento. Hacia la base de este conjunto predominan costras y un nivel arcilloso pardo oscuro.

En los sitios donde aflora su geomorfología corresponde a escarpes, observándose un grado de alteración moderada con consistencia plástica para el

conjunto Arcilloso. El miembro Finos es, en gran parte del área, un nivel guía de baja permeabilidad.

El ambiente de deposición de este miembro es de depósitos aluviales de intercanales poco profundo, de baja energía y de escasas interdigitaciones de flujo de escombros de facies arenosos.

### **2.1.3 Miembro Gravoso (Qbg)**

Definido por Niño y Vargas (1992), su espesor varía entre 8 y 30 m; presenta niveles gravosos, gravo arenosos y gravo-lodosos. Los cantos están compuestos por rocas metamórficas e ígneas y sedimentarias tales como areniscas cuarzosas, areniscas limosas y limolitas moradas, en su mayor parte de tamaño grava de diámetro promedio 15cm y bloques de roca, en menor cantidad, hasta de 0,8 m de diámetros, subangulares a subredondeados, en matriz areno-arcillo-limosa, color pardo rojizo, rojizo y ocre pálido; en general el deposito es matriz soportado, aunque localmente se presenta clasto soportado. El contacto inferior con el miembro Finos es neto, continuo y suavemente ondulado y el contacto superior con el miembro Limos rojos es gradacional (Niño y Vargas, 1992)

Los depósitos que conforman el miembro Gravoso presentan un grado de meteorización medio alto. Los bajos porcentajes de humedad natural ( $W < 15\%$ ), el predominio granular y el grado de meteorización sugiere que, al menos la parte superficial de este miembro, tiene poca compactación y buena permeabilidad. EL ambiente de depositacion indica un dominio de flujo de escombros.

#### **2.1.4. Miembro Limos Rojos (Qblr)**

Nivel definido por Julivert (1963). Este miembro se localiza en el sector urbanizado de Bucaramanga, aunque no en forma uniforme y se continúa hacia el sur, hasta el sector norte del municipio de Floridablanca.

Geomorfológicamente este miembro constituye lo que anteriormente se denominaba como “Meseta de Bucaramanga”, con relieve semiplano y pendientes entre 2% y 7%: el drenaje es escaso paralelo y superficial (Niño y Vargas, 1992).

Esta constituido por arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y naranjas. Se observo la presencia esporádica de bloques angulares de arenisca asociados superficialmente a este miembro; estos cantos pueden estar embebidos dentro de limos rojos y se caracterizan por estar meteorizados.

Subrayase al segmento gravoso y su contacto con este es gradacional. La parte mas superficial de este miembro se encuentra altamente meteorizada, formándose en alguno sectores niveles de oxidación que le ayudan a incrementar su compactación y resistencia a la erosión.

## **2.2. UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES**

Las Unidades Geológicas Superficiales corresponden a un conjunto de materiales que incluyen suelos y rocas cuyas propiedades se conservan por debajo de la superficie hasta algunas decenas de metros. Las UGS se utilizan como herramienta para evaluar el comportamiento mecánico de los terrenos ante diferentes usos, como desarrollo de obras de infraestructura, desarrollos mineros y demás usos definidos en los planes de ordenamiento territorial.

Estos mapas se obtienen a partir del análisis de la información geológica que permite separar diferentes tipos de roca de acuerdo con su grado de meteorización, fracturamiento y resistencia geológica, así como suelos de acuerdo con su origen en transportados y residuales.

### **2.2.1 Suelo Gravoso del Miembro Órganos (Formación Bucaramanga) (Sft3)**

Corresponde a un depósito principalmente matriz soportado, cuya matriz es limo arcilloso, de color gris claro, con tintes marrones y rojizos de alteración, altamente erodable. Los bloques y cantos son redondeados, se componen de arenisca cuarzosa, de grano fino, micácea, con grado de alteración moderada. También se aprecian limolitas rojas alteradas, bloques de esquistos, cantos de cuarzo, conglomerados y cuarcitas frescas.

La unidad presenta consistencia muy firme a extremadamente firme en estado seco, pero al absorber agua pierde totalmente la consistencia y se desintegran la matriz. Tiene alta permeabilidad, es fácilmente erodable lo que facilita el desprendimiento de bloques y cantos en las épocas de fuertes precipitaciones originando surcos, cárcavas y tierras malas, que genera estoraques los cuales alcanza en algunos sitios alrededor de 15m de altura. Dentro de estos depósitos se presentan lentes de arcilla limo-arenosa que lateralmente varia a arena gravosa (INGEOMINAS, 2007)

### **2.2.2 Suelos del Miembro Finos (Formación Bucaramanga) (Sfl1)**

Esta unidad esta conformada principalmente por arcillas y limos de color gris claro a verde, con estratificación plano paralela; en algunos sectores se encuentran niveles areno-limosos, de un color amarillo a pardo y el espesor varia ampliamente en diferentes partes del área de Bucaramanga, infrayaciendo al miembro gravoso.

El espesor mas potente se presenta hacia la zona de los tejares del barrio guadales, donde alcanza los 10 m; en la vía que conduce al Terminal de Transporte desde el barrio Real de Minas, alcanza espesores hasta de 17 m. El espesor mínimo se encuentra en el municipio de Bucaramanga entre los barrios Jardines de Coaviconsas y Manuela Beltrán, donde tiene 2 m.

### **2.2.3 Suelos Miembro Gravoso (Formación Bucaramanga) (Sft2)**

Los depósitos que conforman el miembro Gravoso de la formación Bucaramanga, presentan un grado de meteorización variable, fluctuando entre materiales inalterados a completamente meteorizados.

En el área de Bucaramanga, se observa una secuencia de materiales de consolidación intermedia, color amarillo naranja, material clasto a matriz soportado, de matriz areno-limosa, con gravas y bloques, compuestos por areniscas, neises y rocas ígneas, con diámetros de hasta 1m, subredondeados a redondeado, esporádicamente subangulares.

Los bajos porcentajes de humedad natural, el predominio granular y el grado de meteorización, sugiere que al menos la parte superficial de este miembro, tiene poca compactación y buena permeabilidad.

### **2.2.4 Suelos del Miembro Limos Rojos ( Formación Bucaramanga)(Sfl2)**

Se encuentran compuestos por arcillas y limos de color rojo, con contenido de arena en algunas partes, también se pueden encontrar bloques de diferente tamaño principalmente de areniscas y neis. Esta unidad subrayase al segmento gravoso y su contacto con este es gradacional.

Geomorfológicamente este miembro constituye lo que anteriormente se denominaba como “Meseta de Bucaramanga”, con relieve semiplano; el drenaje es escaso, paralelo y superficial. La parte mas superficial de este miembro se encuentra altamente meteorizada, formándose en algunos sectores niveles de oxidación que le ayudan a incrementar su compactación y resistencia a la erosión.

### **2.2.5 Suelos Coluviales Activos (Sco1) e Inactivos (Sco2)**

Los coluviones son masas incoherentes de materiales sueltos y heterogéneos, de suelos y/o fragmentos de roca angulares a subangulares, depositados por la gravedad, lavado de la lluvia o movimientos en masa (INGEOMINAS, 2007). Se caracterizan por ser materiales clasto-soportados o matriz soportados según el origen de los sedimentos. Su tamaño de grano varía desde grava (sedimentos con diámetro mayor a 2 mm) hasta bloques de 0,8 m de diámetro. La matriz de estos depósitos tiene consistencia muy baja a baja en coluviones activos y media a alta en coluviones inactivos. Su composición litológica depende de la fuente de origen de los sedimentos.

Los coluviones activos se asocian a depósitos coluviales antiguos que se están reactivando actualmente. Son inconsolidados, permeables, con fragmentos poco alterados, susceptibles a ser erosionados y a generar movimientos en masa. Los suelos coluviales inactivos se caracterizan por su consistencia moderada y no han presentado movimientos recientes.

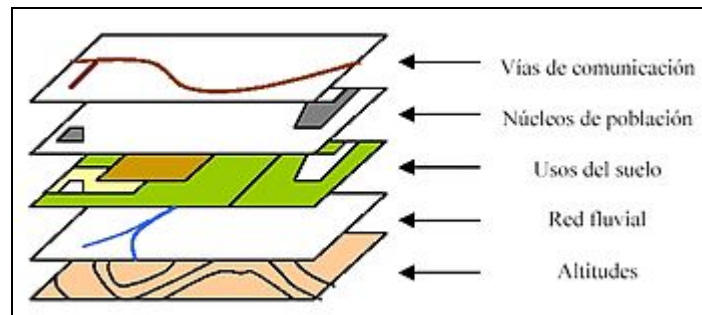
## **2.3 SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA**

Un sistema de información geográfica (SIG o GIS, por sus siglas en inglés Geographic Information System) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular,

analizar y desplegar en todas sus formas, la información geográficamente referenciada, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

### 2.3.1 Funcionamiento de un SIG

**Figura 1. Capas Temáticas**



Fuente. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sig.jpg?uselang=es>

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG, es la gestión de la información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las

almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Las principales cuestiones que pueden resolver un sistema de información geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad son:

**Localización:** Preguntar por las características de un lugar concreto

**Condición:** El cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema

**Tendencia:** Comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.

**Rutas:** Calculo de rutas optimas entre dos o mas puntos

**Pautas:** Detección de pautas espaciales

**Modelos:** Generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los sistemas de información geográfica, es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades, con un componente espacial. La profunda revolución que han provocado las nuevas tecnologías ha incluido de manera decisiva en su evolución.

### **2.3.2 Técnicas utilizadas en los Sistemas de Información Geográfica**

**2.3.2.1 Creación de datos.** Las modernas tecnologías SIG trabajan con información digital, para la cual existen varios métodos utilizados en la creación de datos digitales. El método mas utilizado es la digitalización, donde a partir de un mapa impreso o con información tomada en campo se transfiere a un medio digital por el empleo de un programa de diseño asistido por ordenador, (DAO o CAD) con capacidades de geo-referenciación.

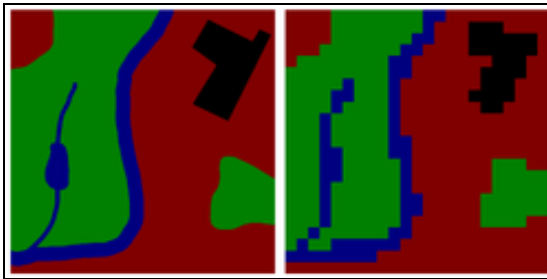
Dada la amplia disponibilidad de imágenes orto rectificadas (tanto de satélite y cómo aéreas), la digitalización por esta vía se esta convirtiendo en la principal fuente de extracción de datos geográficos. Esta forma de digitalización implica la búsqueda de datos geográficos directamente en las imágenes aéreas en lugar del método tradicional de la localización de formas geográficas sobre un tablero de digitalización.

**2.3.2.2 Representación de los datos.** Los datos SIG, representan los objetos del mundo real (carreteras, el uso del suelo, altitudes). Los objetos del mundo real se pueden dividir en dos abstracciones: objetos discretos (una casa) y continuos (cantidad de lluvia caída, una elevación). Existen dos forma de almacenar los datos en un SIG: raster y vectorial.

Los SIG que se centrar en el manejo de datos en formato vectorial son más populares en el mercado. No obstante, los SIG raster, son muy utilizados en estudios que requieran la generación de capas continuas, necesarias en fenómenos no discretos; también en estudios medioambientales donde no se requiere una excesiva precisión espacial (contaminación atmosférica, distribución de temperaturas, localización de especies marinas, análisis geológicos, etc.).

**2.3.2.2.1 Raster.** Un tipo de datos raster, en esencia, cualquier tipo de imagen digital representada en mallas. El modelo de SIG raster o de retícula se centra en las propiedades del espacio mas que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un valor único valor.

**Figura 2. Interpretación cartográfica vectorial (izquierda) y raster (derecha) de elementos geográficos**



Fuente: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raster\\_vector\\_gis.png?uselang=es](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raster_vector_gis.png?uselang=es)

En la fotografía digital, se reconoce el pixel como la unidad menor de información de una imagen. Una combinación de estos pixeles creará una imagen, a distinción del uso común de gráficos vectoriales escalables que son la base del modelo vectorial. Si bien una imagen digital se refiere a la salida como una representación de la realidad, en una fotografía o el arte transferidos a la computadora, el tipo de datos raster reflejará una abstracción de la realidad. Las fotografías aéreas son una forma de datos raster utilizada comúnmente con un solo propósito: mostrar una imagen detallada de un mapa base sobre la que se realizarán labores de digitalización.

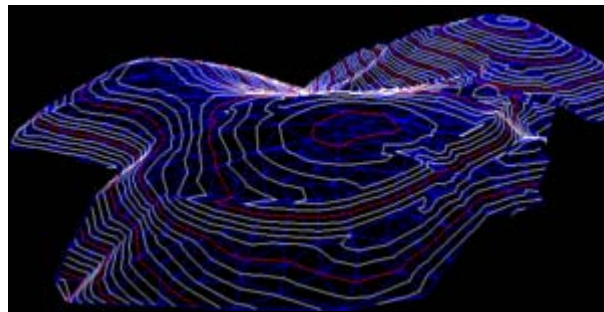
Los datos raster se componen de filas y columnas de celdas, cada celda almacena un valor único. Los datos raster pueden ser imágenes (imágenes raster), con un valor de color en cada celda (o pixel). Otros valores registrados para cada celda pueden ser un valor discreto, como el uso del suelo, valores continuos, como temperaturas, o un valor nulo si no se dispone de datos.

Los datos raster se almacenan en diferentes formatos, desde un archivo estándar basado en la estructura de TIFF, JPEG, etc. a grandes objetos binarios (BLOB), los datos almacenados directamente en sistema de gestión de base de datos. El almacenamiento en bases de datos, cuando se indexan, por lo general permiten una rápida recuperación de los datos raster, pero a costa de requerir el

almacenamiento de millones de registros con un importante tamaño de memoria. En un modelo raster cuanto mayor sean las dimensiones de las celdas, menor es la precisión o detalle (resolución) de la representación del espacio geográfico.

**2.3.2.2 Vectorial.** En un SIG, las características geográficas se expresan con frecuencia como vectores, manteniendo las características geométricas de las figuras.

**Figura 3. Representación de curvas de nivel sobre una superficie tridimensional generada por una malla TIN**



FUENTE:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Digitales\\_Gel%C3%A4ndemodell.png?uselang=es](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Digitales_Gel%C3%A4ndemodell.png?uselang=es)

En los datos vectoriales, el interés de las representaciones se centra en la precisión de localización de los elementos geográficos sobre el espacio y donde los fenómenos a representar son discretos, es decir, de límites definidos.

**Figura 4. Dimensión espacial de los datos en un SIG**



FUENTE: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DimensionesdelosdatosSIG.jpg?uselang=es>

Los elementos vectoriales pueden crearse respetando una integridad territorial a través de la aplicación de unas normas topológicas tales como que “los polígonos no deben superponerse”. Los datos vectoriales se pueden utilizar para representar variaciones continuas de fenómenos. Las líneas de contorno y las redes irregulares de triángulos (TIN) se utilizan para representar la altitud u otros valores en continua evolución. Los TIN son registros de valores en un punto localizado, que están conectados por líneas para formar una malla irregular de triángulos. La cara de los triángulos representa, por ejemplo la superficie del terreno.

Para poder modelar digitalmente las entidades del mundo real se utilizan tres métodos geométricos: el punto, la línea y el polígono<sup>4</sup>.

**2.3.2.2.1 Puntos** Los puntos se utilizan para las entidades geográficas que mejor pueden ser expresadas por un único punto de referencia. Por ejemplo, las localizaciones de los pozos, picos de elevaciones o puntos de interés. Los puntos transmiten la menor cantidad de información de estos tipos de archivo y no son posibles las mediciones. También se pueden utilizar para representar zonas a una escala pequeña. Por ejemplo, las ciudades en un mapa del mundo estarán representadas por puntos en lugar de polígonos.

**2.3.2.2.2 Líneas o Polilíneas.** Las líneas unidimensionales o poli líneas son usadas para rasgos lineales como ríos, caminos, ferrocarriles, rastros, líneas topográficas o curvas de nivel. De igual forma que en las entidades puntuales, en pequeñas escalas pueden ser utilizados para representar polígonos. En los elementos lineales pueden medirse la distancia.

**2.3.2.2.3 Polígonos.** Los polígonos bidimensionales se utilizan para representar elementos geográficos que cubren un área particular de la superficie de la tierra.

---

<sup>4</sup> En los S.I.G. referirse a estos elementos gráficos que representan elementos del mapa con su denominación inglesa *feature*. Fuente [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_Informaci%C3%B3n\\_Geogr%C3%A1fica](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica)

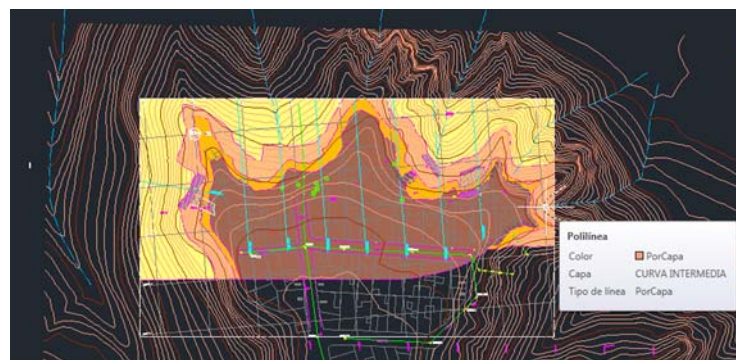
Estas entidades pueden representar lagos, límites de parques naturales, edificios, provincias, o los usos del suelo, por ejemplo. Los polígonos transmiten la mayor cantidad de datos de información en archivos con datos vectoriales y en ellos se pueden medir el perímetro y el área.

### 3. CREACION DE UN ARCHIVO “.shp” MEDIANTE AUTOCAD CIVIL 3D (AC3D)

#### 3.1 DELIMITACIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS MEDIANTE POLÍGONOS

Mediante el plano geológico, llevado a cabo por el consorcio M&CI, se realiza una copia para manipularlo y hacerle revisiones previas, como: tipos de capas, líneas, puntos y polígonos, utilizando AutoCAD Civil 3D (AC3D)<sup>5</sup>. (Ver Figura 5)<sup>6</sup>

**Figura 5. Plano geológico Balconcitos en .dwg**



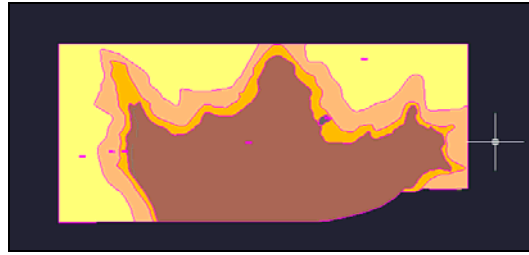
FUENTE: AC3D y modificada por los autores

Por medio del comando **layoff**, se apagan u ocultan las capas, que no se quieren mostrar en el dibujo o molesten la visualización; se digita dicho comando y se pulsa **Enter**, el puntero se transforma en un cuadrado blanco, pidiendo seleccionar objetos para ocultar. (Ver Figura 6).

<sup>5</sup> AutoCAD Civil 3D, la CDMB cuenta con la licencia del software para la elaboración del proyecto

<sup>6</sup> Plano Geológico del barrio Balconcitos elaborado por el Consorcio M&CI, propiedad CDMB

**Figura 6. Resultado del comando layoff**

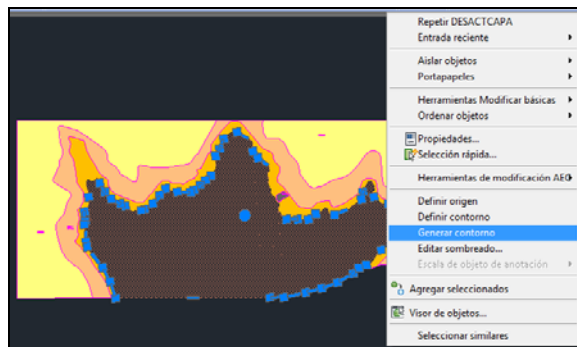


FUENTE: AC3D y modificada por los autores

La creación del shape es por polígonos, que contienen las unidades geológicas. Éstos deben estar delimitado por un perímetro, que es un polilínea irregular en la cual se encuentra el inicio con el fin, formando una sola entidad, cómo no se tiene esta polilínea, sino que está a trazos, se puede utilizar el comando **unir**; otra opción es haciendo uso del sombreado o **hatch** que tiene cada polígono.

Se maneja la segunda opción que es más práctica: seleccionar el hatch, clic derecho, en la lista desplegable, seleccionar **Generar contorno** o **Generate boundary**, (Ver Figura 7) el contorno aparece delimitado tal como se muestra en la FIGURA y tiene la capa atribuida al hatch; para hacer el cambio de capa es seleccionar el contorno y en la barra de herramientas cambiar la capa por otra capa.

**Figura 7. Generación de contorno**



FUENTE: AC3D y modificada por los autores

### 3.2 CONFIGURACIÓN DEL CAMPO DE TRABAJO EN AC3D


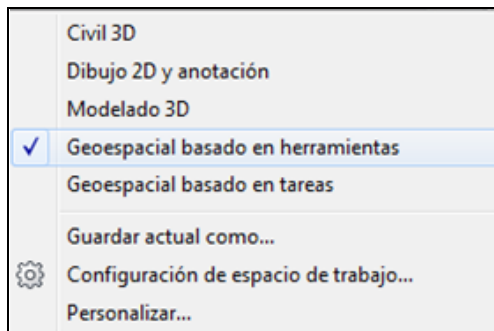
En AutoCAD, un espacio de trabajo es la interfaz de usuario básica que incluye los controles, comandos y paletas que necesita para el proceso de dibujo. Por defecto **AutoCAD Civil 3D** trae el espacio de trabajo en “**CIVIL 3D**”, se requiere trabajar con geo-referenciación; en la parte inferior de la ventana de **AutoCAD**, hay un símbolo de engranaje o un piñón  éste encierra el campo de espacio de trabajo, desplegamos la lista y activamos (Ver Figura 8) “**Geoespacial basado en herramientas**”.

Figura 8. Selección del espacio de trabajo en AC3D



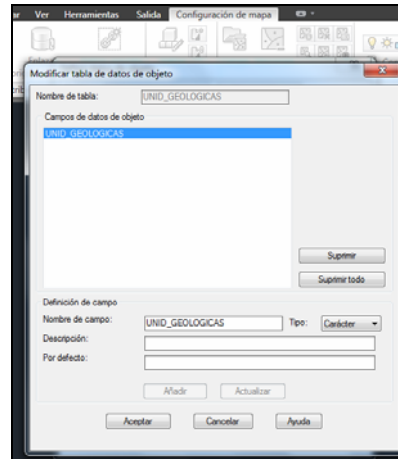
FUENTE: AC3D y modificada por los autores

### 3.3 DEFINIR DATOS DE OBJETOS

En la parte superior, se accede a la pestaña **Configuración de mapa**, opción **Definir datos de objeto**, aparece una ventana, la cual en la parte superior está el campo **Tabla**, éste se encuentra vacío porque no se tiene nada. Se agrega en **Nueva tabla**, en **Nombre de la tabla**, se debe llenar con un nombre sin dejar espacio, si requiere de un espacio se debe anotar con guión de piso o guión bajo “\_”; en **Nombre de campo**, se coloca el mismo texto de **Nombre de tabla**, luego en **Tipo**, se despliega con la flecha hacia abajo la lista de opciones se escoge **Carácter**, por último aparece habilitado **Añadir**, haciendo clic ahí. En la caja de

vista aparece el nombre de la tabla añadido en **Campos de datos de objeto**, **Aceptar** y luego **Cerrar**. (Ver Figura 9).

**Figura 9. Definir nueva tabla de objetos**

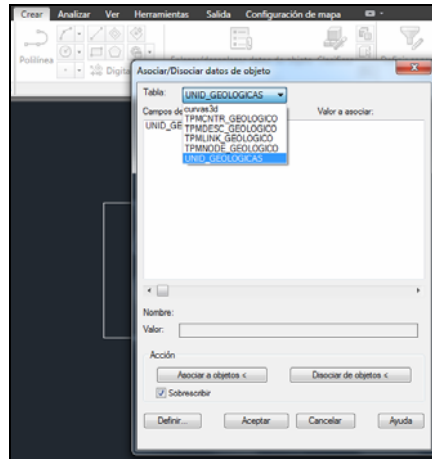


FUENTE: AC3D y modificada por los autores

### 3.3.1 Asociar datos a los objetos

En la pestaña **Crear**, la cual se encuentra en la barra de menús en la parte superior, seleccionar **Enlazar/desenlazar datos de objeto**, emerge la ventana **Asociar/Disociar datos de objetos**, en **Tabla** abrimos las opciones, seleccionando la que se acaba de crear y le decimos **Asociar a objetos**. (Ver Figura 10).

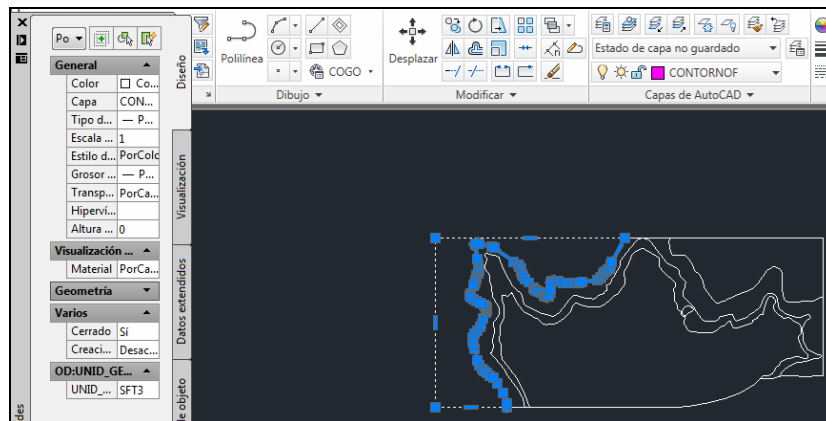
**Figura 10. Crear, Asociar/Disociar datos de objeto AC3D**



FUENTE: AC3D y modificada por los autores

El comando nos retorna al dibujo y se seleccionan las entidades a atribuir, oprimiendo al final la tecla **Enter**. Ahora en cada contorno realizado, clic derecho, seleccionar **Propiedades**, esta ventana aparece al costado izquierdo del dibujo, para la edición de la celda accede dando clic y enseguida se escribe el nombre deseado. (Ver Figura 11)

**Figura 11. Pestaña Propiedades del campo creado**

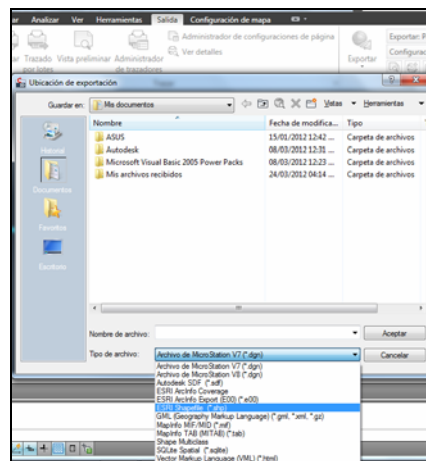


FUENTE: AC3D y modificada por los autores

### 3.3.2 Exportación con Map 3d

Después de haber asociado los atributos al dibujo, cómo líneas, puntos, polígonos, en la barra de menús, **Salida**, seleccionar **Exportar Map 3D**, se guarda cada dibujo de acuerdo a las unidades geológicas en una carpeta específica, con la extensión .shp [ESRI Shapefile (\*.shp)], que está en las opciones de **Tipo de archivo**. (Ver Figura 12).

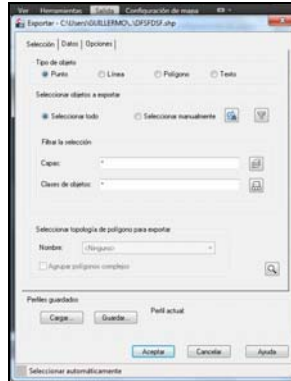
Figura 12. Salida, Exportar a extensión .shp



FUENTE: AC3D y modificada por los autores

De lo anterior aparece una ventana, que contiene tres (3) pestañas: **Selección**, **Datos** y **Opciones**, en la cual seleccionamos: **Polígono**, **Selección manual**, (Ver Figura 13), nos dirigimos a cada contorno y oprimimos **Enter**, nos aparece de nuevo la ventana donde se están anexando los parámetros; en la última pestaña **Opciones**, activar **Otros** el cuadro donde aparece: **Tratar cualquier polilínea como polígono** (Ver Figura 14); en la pestaña de la mitad se refiere **Datos**, en **Seleccionar atributos**, desplegar la carpeta **Tabla de datos de objeto** y seleccionar la tabla que creada por último se da **Aceptar**. (Ver Figura 15).

**Figura 13. Ventana pestaña Selección de Exportar**



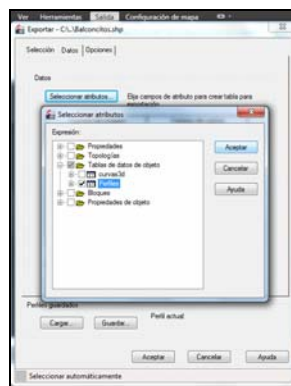
FUENTE: AC3D y modificada por los autores

**Figura 14. Ventana pestaña Opciones de Exportar**



FUENTE: AC3D y modificada por los autores

**Figura 15. Ventana pestaña Datos de Exportar**

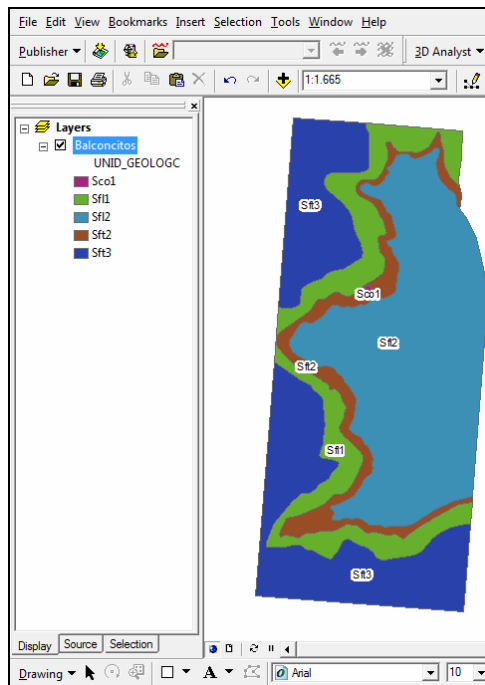


FUENTE: AC3D y modificada por los autores

Luego de haber involucrado los parámetros correspondientes en las figuras 13, 14 y 15, se procede a seleccionar manualmente los polígonos que vamos a exportar.

Para visualizar el shape creado, utilizamos ArcGIS 9, con su aplicación ArcMap 9.3, en la ventana de entrada, empezar nuevo proyecto vacío, después agregamos el tema que contiene el creado mediante AutoCAD (**Ver Figura 16**). De este modo obtenemos el shape de las UGS de cada barrio, el anterior procedimiento también se puede realizar para exportar líneas, puntos y texto, sólo que en **Selección (Ver Figura 13)**, marcamos cuál es el tipo de objeto a exportar.

**Figura 16. Resultado creación del shape de Balconcitos**

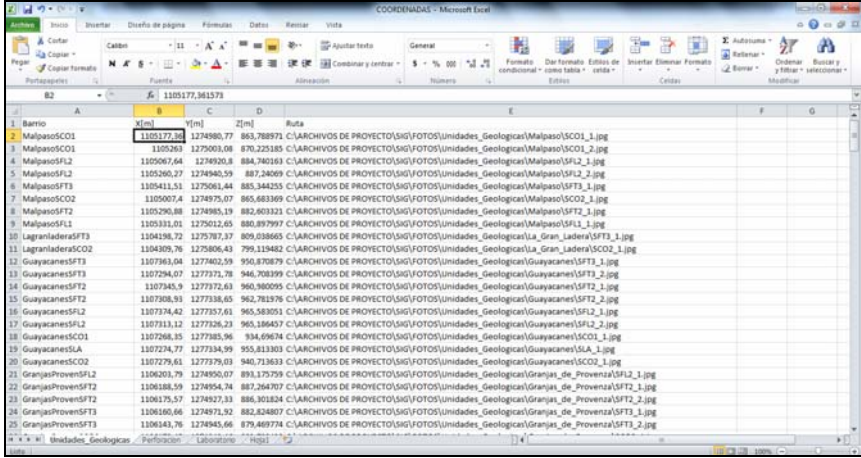


FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

## 4. CREACION DE PUNTOS

En Excel se crea un archivo, el cual contenga en las columnas Barrios, X[m], Y[m], Z[m], Ruta que corresponden: X a coordenadas Este, Y a coordenadas Norte, Z la cota o elevación de dicho punto y la Ruta que tendrá asociado un archivo; ésta parte se explicará en lo concerniente a hipervínculos qué tiene lugar en este libro más adelante. Se llenan las columnas de acuerdo a la información hallada en los informes y planos. (Ver Figura 17).

Figura 17. Vista de puntos creados en Excel



Barrio	X[m]	Y[m]	Z[m]	Ruta
MalpasosCO1	1105177.08	1274980.77	883.28871	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Malpasos\CO1_1.jpg
MalpasosCO1	1105263	1275001.08	870.225185	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Malpasos\CO1_2.jpg
MalpasosFL1	1105067.64	1274920.8	884.740163	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Malpasos\FL1_1.jpg
MalpasosFL2	1105260.27	1274940.59	887.24069	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Malpasos\FL2_1.jpg
MalpasosFT1	1105411.51	1275061.44	885.344253	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Malpasos\FT1_1.jpg
MalpasosCO2	1105007.4	1274975.07	885.883366	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Malpasos\CO2_1.jpg
MalpasosSF2	1105296.88	1274985.19	882.403321	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Malpasos\SF2_1.jpg
MalpasosFL1	1105331.01	1275012.65	880.897997	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Malpasos\FL1_1.jpg
LagunaderasFT3	1104158.72	1275787.37	809.038665	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\La_Gran_Ladera\FT3_1.jpg
LagunaderasCO2	1104209.76	1275805.43	799.113482	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\La_Gran_Ladera\CO2_1.jpg
GuayacanesSF3	1107861.04	1279425.29	910.870879	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Guayacanes\SF3_1.jpg
GuayacanesSF3	1107294.07	1277371.78	946.708399	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Guayacanes\SF3_2.jpg
GuayacanesSF2	1107345.9	1277372.63	946.980095	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Guayacanes\SF2_1.jpg
GuayacanesSF2	1107308.93	1277338.65	942.781976	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Guayacanes\SF2_2.jpg
GuayacanesSF2	1107374.42	1277375.61	945.583051	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Guayacanes\SF2_3.jpg
GuayacanesSF2	1107313.12	1277326.23	945.184457	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Guayacanes\SF2_2.jpg
GuayacanesCO1	1107268.35	1277385.96	934.69674	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Guayacanes\CO1_1.jpg
GuayacanesSLA	1107274.77	1277334.99	955.813303	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Guayacanes\SLA_1.jpg
GuayacanesCO2	1107279.61	1277379.03	940.713633	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Guayacanes\CO2_1.jpg
GranjiasProvenzaSF2	1106201.79	1274955.07	881.173759	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Granjias_de_Provenza\SF2_1.jpg
GranjiasProvenzaSF2	1106188.59	1274954.74	887.264707	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Granjias_de_Provenza\SF2_2.jpg
GranjiasProvenzaSF2	1106175.57	1274957.33	886.301824	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Granjias_de_Provenza\SF2_2.jpg
GranjiasProvenzaSF3	1106160.66	1274973.92	882.424807	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Granjias_de_Provenza\SF3_1.jpg
GranjiasProvenzaSF3	1106141.76	1274945.66	879.489774	C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\SIG\FOTOS\Unidades_Geologicas\Granjias_de_Provenza\SF3_2.jpg

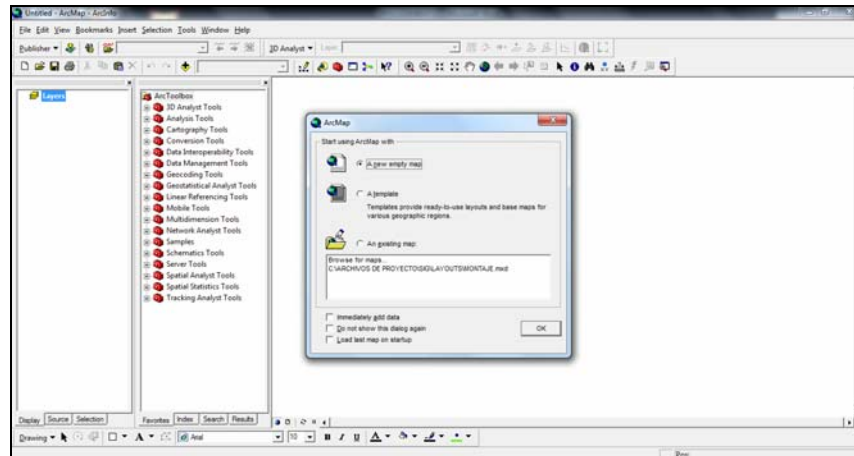
FUENTE: Los autores

Éste archivo se guarda en formato **.xls**, si se está trabajando con versiones de Microsoft Office 2007/2010, **Excel** guarda con **.xlsx**; la cual para la versión manejada de **ArcGIS**, no reconoce dicha extensión y no es posible trabajar; por eso al momento de guardar ir a la pestaña **Archivo**, **Guardar como**, colocar un nombre en **Nombre de archivo** que no contenga espacios y en **Tipo**, desplegar la lista y seleccionamos **Libro de Excel 97-2003**, y clic en **Guardar**.


## 4.1 CREACIÓN DE ARCHIVO SHAPE DE PUNTOS

Se abre **ArcMap**, en la ventana de entrada, se marca la primera opción **A new empty map** y **OK** (Ver **Figura 18**).

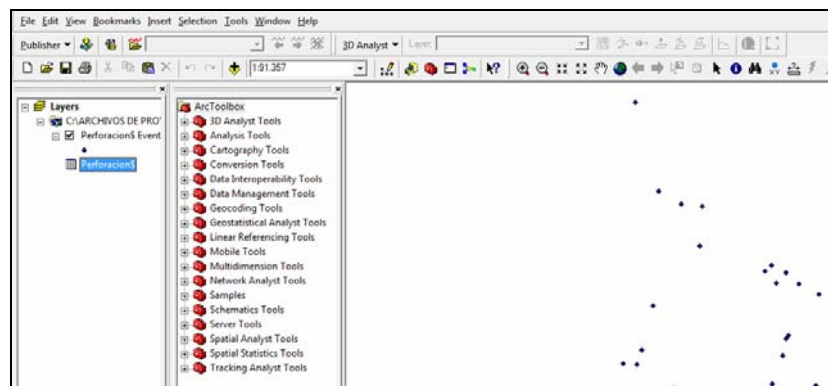
**Figura 18. Ventana de entrada a ArcMap**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

En el panel de barras hay un símbolo con una cruz , el cual tiene la función **Add Data** ó agregar; datos, en la ventana desplegable se ubica el archivo de Excel que contiene la extensión .xls, doble clic o simplemente se resalta y clic en **Add**.

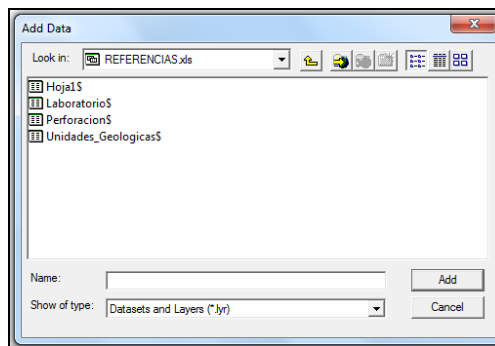
**Figura 19. Visualización de los puntos cargados**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Emerge una ventana, la cual muestra todas las hojas que se han hecho en ese dicho libro, si no ha modificado, el libro aparecerá por defecto Hoja 1\$, Hoja 2\$, Hoja 3\$, pero cómo se realizó una clasificación tenemos: **Hoja1\$, Laboratorios\$, Perforación\$, Unidades\_Geológicas\$,** seleccionamos **Perforación\$** y **Add.** (Ver Figura 20).

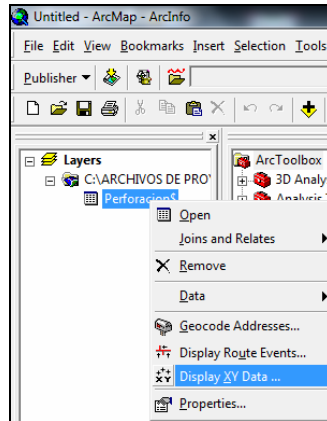
**Figura 20. Ventana Add Data**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores.

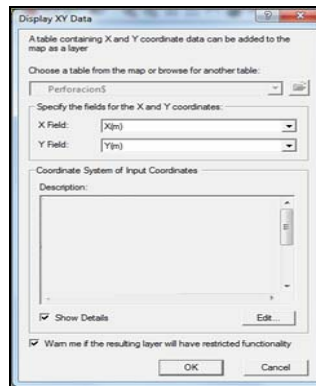
Al lado izquierdo de la ventana, aparece el archivo cargado con un signo “\$”, seleccionarlo, clic derecho, ir a **Display XY Data (Ver Figura 21)**, en **Specify the fields for the X and Y coordinates**, en las casillas **X field** y **Y field**, en la flecha hacia abajo o lista desplegable se ubica en cada uno las coordenadas Este y Norte que están en dichas hojas; para ello se marca en **X Field: X[m]** y para **Y Field: Y[m]**. (Ver Figura 22).

**Figura 21. Vista selección Display XY Data**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

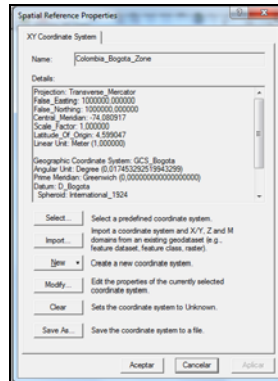
**Figura 22. Ventana entrada de parámetros en Display XY Data**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Después en **Coordinate System of Input Coordinates** en la vista disponible no se tiene nada, aquí se carga el sistema de coordenadas con base a la superficie suministrada por la Corporación. Para ello clic en **Edit, Import**, buscar el archivo con extensión .img (ó si nos han proporcionado un nuevo archivo de coordenadas, éste vendrá con la extensión .prj,), luego **Aplicar, Aceptar, OK. (Ver Figura 23).**

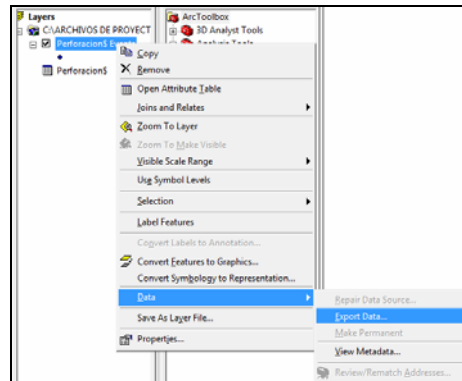
**Figura 23. Ventana Spatial Reference Properties**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Cargado el sistema de referencia observamos que el nombre de nuestro archivo cambió a: **Perforación\$ Events** porque tiene la adición del símbolo pesos “\$” generado por defecto del programa, se selecciona clic derecho, en la lista desplegada hacia la parte de abajo está a **Data** y de ahí **Export Data**. (Ver Figura 23).

**Figura 24. Vista Data, Export Data**

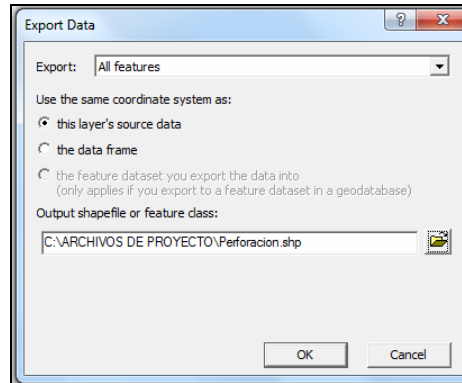


FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

La ventana emergente, muestra los campos a llenar, tener en cuenta: la ubicación donde vamos a guardar el archivo porque este contiene información alfa-numérica que tendrá la extensión **.shp**, tal como se muestra en la (Ver Figura 24),

terminado lo anterior **OK**, en respuesta a esto el programa nos pregunta que si desea visualizar el nuevo archivo, **Aceptar**.

**Figura 25. Ventana Export Data**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

#### **4.2 MOSTRAR UN ARCHIVO MEDIANTE EL HIPERVÍNCULO O HOT-LINK QUE DISPONE ARCMAP.**

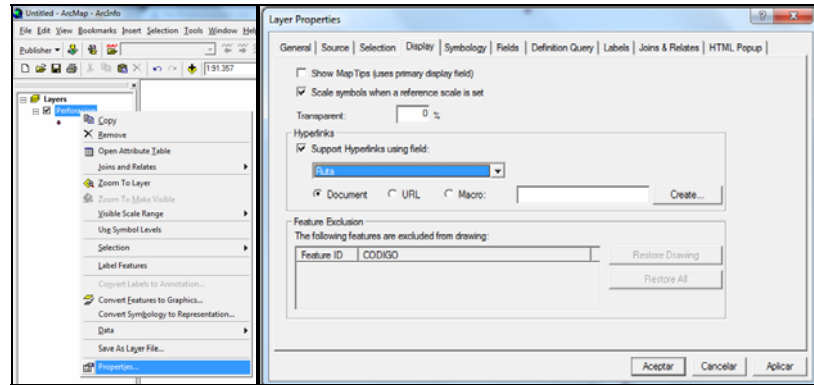
De la tabla de Excel donde se crearon los puntos para el shape, se crea una columna en la cual se coloca la dirección de la imagen que se quiere mostrar, la imagen debe estar en formato .JPEG de lo contrario no la muestra.

En esa COLUMNA, RUTA, se coloca la dirección ej. C:\Users\GUILLERMO\Pictures\foto123.jpg y guardar en .xls, éste procedimiento se encuentra paginas arriba donde se describe **Creación de archivo shape de puntos**.


Con el shape de puntos **Perforación**, se selecciona el archivo, clic derecho, **Properties**, pestaña **Display**, en **Hyperlinks**, marcar **Support Hiperlinks using Field**, haciendo uso de la flecha de opciones se ubica la columna **Ruta** donde está

la dirección de la foto, se habilita **Document**, luego se oprime **Aplicar** y **Aceptar** (Ver Figura 25).

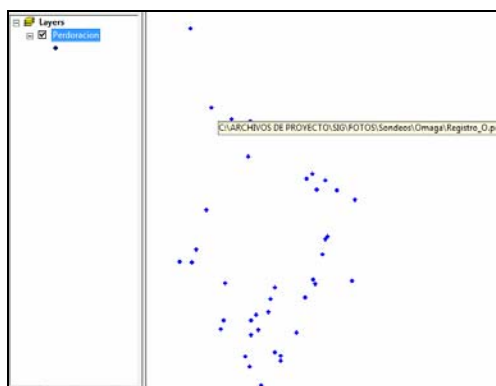
**Figura 26. Ventana Properties, pestaña Display**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

En la barra de herramientas el ícono con forma de rayo o relámpago  **Hyperlink** aparece activo [color amarillo], haciendo clic en él, el puntero con forma de flecha pasa a este símbolo, al mover dicho puntero sobre cada punto, éstos cambian de color y muestra la dirección del archivo asociado. Dando clic aparece una ventana emergente mostrando la imagen o documento relacionado. (Ver Figura 27).

**Figura 27. Vista del Hipervínculo**




FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

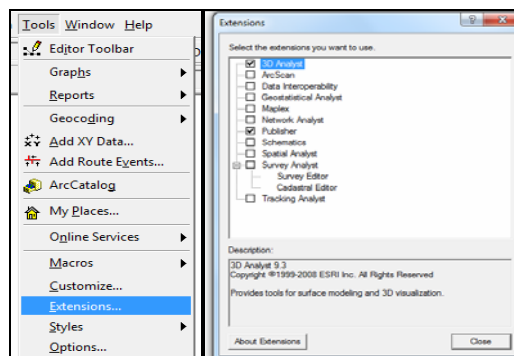
## 5. CREACION DE UNA SUPERFICIE

Para trabajar con una superficie en **ArcGIS**, se requiere de un **RASTER** él cual se obtiene mediante un procedimiento en **ArcScene** utilizando una barra de herramienta especial llamada **3D Analyst** con un archivo tipo **TIN**.

### 5.1 HABILITACIÓN DE LA EXTENSIÓN 3D ANALYST

Con el shape de las curvas de nivel, abrimos **ArcScene**, con el símbolo **Add Data**  se agrega el archivo **cor2\_6101\_50.shp**<sup>7</sup>, se encuentran las curvas de nivel levantadas cada 50 metros de separación. Cargado éste archivo, en la barra de menú, **Tools**, se escoge **Extensions**, aparece una vista (**Ver Figura 28**) donde se activan las extensiones que se requiere para el trabajo, activar **3D Analyst**, con esto se habilita **3D Analyst**, de no aparecer, en cualquier parte de la barra de herramientas, clic derecho, en la ventana emergente se muestran las barras que se pueden activar o desactivar, marcar **3D Analyst**. (**Ver Figura 29**).

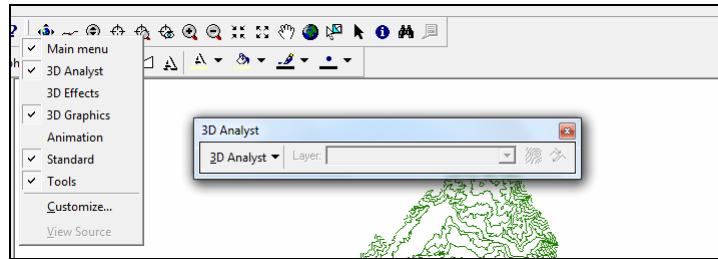
**Figura 28. Activar extensión 3D Analyst**



FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

<sup>7</sup> Material suministrado por la CDMB para la elaboración del proyecto.

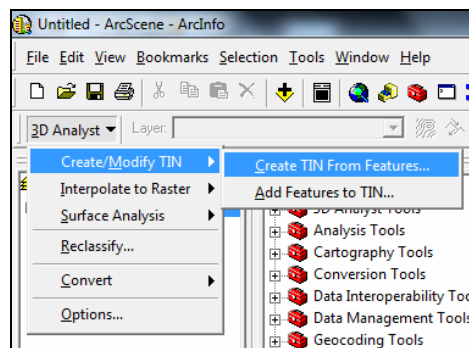
**Figura 29. Barra 3D Analyst**



FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

Activada la barra, seleccionar el shape al cual se le hará el RASTER. En **3D Analyst, Create/Modify TIN**, seleccionar **Create TIN From Features**, (Ver Figura 30), esta opción indica que se va a crear un TIN a partir de características.

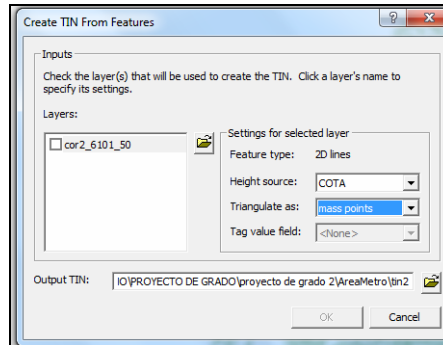
**Figura 30. Ventana Create/Modify TIN**



FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

En el siguiente cuadro de diálogo, en la parte izquierda de la ventana gráfica aparecen los shape que se están trabajando; para la elaboración solamente aparece el que se tiene abierto **cor2\_6101\_50.shp**, seleccionarlo, al lado derecho está la configuración, es decir los parámetros que introduciremos para obtener nuestra superficie. (Ver Figura 31).

**Figura 31. Ventana Create TIN From Features**



FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

## 5.2 CREACIÓN DE ARCHIVO TIN

En los campos requeridos se hace lo siguiente:

**Feature Type:** 2D lines

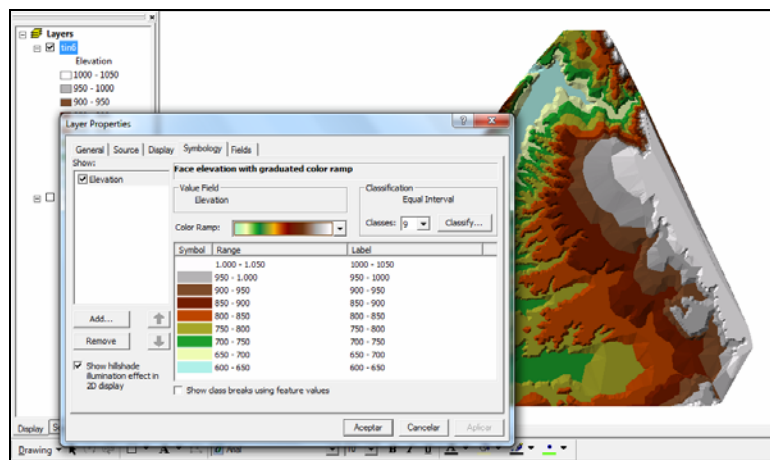
**Height source:** (aquí buscamos en la lista desplegable el campo COTA), tal cómo aparece en la (**Ver Figura 28**), en este campo es donde tenemos las elevaciones de cada curva de nivel.

**Triangulate as:** aquí nos preguntan como queremos la triangulación, en la lista desplegable tenemos **mass ponits** (masa de puntos), **hard line** (línea fuerte), **soft line** (línea suave). Si se escogen las ultimas opciones, el programa nos visualizará en el TIN las líneas que él utilizó para generarla y las resalta sobre nuestra superficie, dicha visualización se torna pesada en manipular, es decir para cambiar de vista, moverla, acercamiento el equipo se demora un tiempo en ejecutar dicha orden. En nuestro caso le decimos **mass points**.

**Output TIN:** (salida de tin), aquí se escribe la ruta donde va a quedar nuestro TIN, de no saberla, dar clic a la carpeta y buscamos la ruta deseada. Cuando se tiene especificada aparece para el ejemplo D:\PRIVATY\PROYECTO DE GRADO\proyecto de grado 2\AreaMetro\tin, el programa guarda por defecto con nombre **tin** pero se puede cambiar por otro nombre y **OK. (Ver Figura 28)**. En la ventana de **ArcScene**, al lado izquierdo, aparece el **tin** que ha sido creado. En la vista observamos una superficie lisa y marcada el relieve de acuerdo a la triangulación que utilizamos.

En el “TIN” creado, clic derecho, en la lista desplegable seleccionar **Properties**, buscar la pestaña **Symbology (Ver Figura32)**, en **Symbol**, se cambia el color; en las demás pestañas, se pueden hacer modificaciones si lo amerita para este proyecto no. Finalizar con **Aplicar** y luego **Aceptar**.

**Figura 32. Ventana Layer Properties, pestaña Symbology**



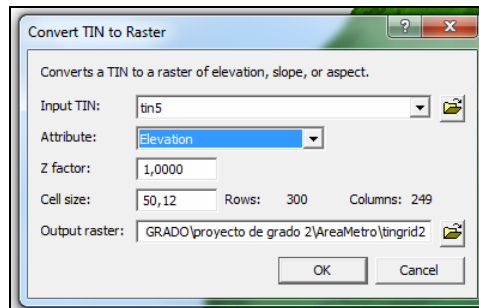
FUNTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

### 5.3 CREACIÓN DEL ARCHIVO RASTER

Creado el TIN se procede a transformarlo en RASTER, el cual se trabajó en el proyecto y donde referenciaremos toda la información a vincular.

Para este proceso en la misma vista, volvemos a **3D Analyst, Convert. TIN to RASTER. (Ver Figura33).**

**Figura 33. Ventana Convert TIN to Raster**



FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

En la ventana se ingresan los parámetros en los campos.

**Input TIN:** (tin de entrada) se selecciona el tin que se va a convertir.

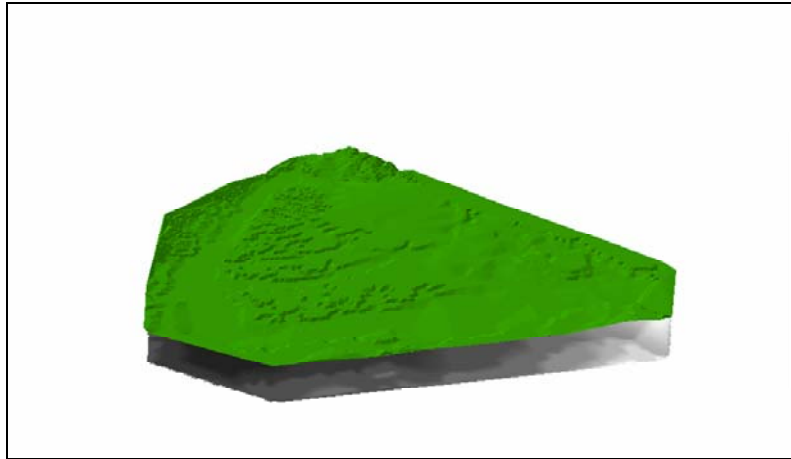
**Attribute:** (atributo) se selecciona el atributo que se quiere representar, marcar **Elevation (Ver Figura 33).**

**Z factor:** (factor Z), dejamos la opción por defecto 1.

**Cell Size:** (tamaño de la celda) se introduce el número que va a tener la celda, pero se deja por defecto lo que aparece.

**Output raster:** (salida del raster), cómo pasó con el TIN le damos la ruta donde va a estar guardado éste nuevo archivo.

**Figura 34. Visualización de la conversión**

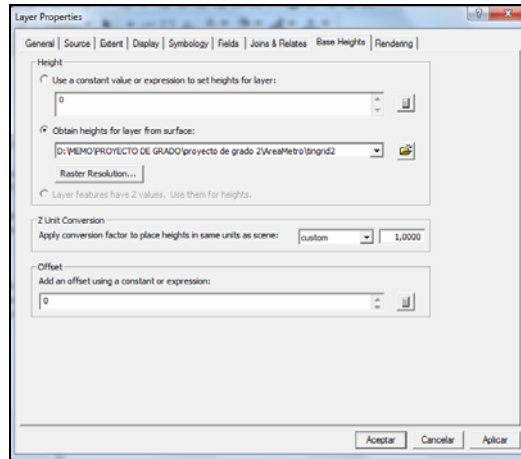


FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

Al dar **OK**, aparece debajo del TIN nuestro RASTER con una degradación en blanco y negro (**Ver Figura 31**).

En la vista, el RASTER aparece debajo del TIN, esto se debe a que el TIN posee elevación y el RASTER creado no la tiene, pero se soluciona de la siguiente manera: clic derecho en el nombre del raster, en la vista desplegable **Properties**, en la pestaña **Base Heights (Ver Figura 35)**, en **Height** se habilita **Obtain heights for layer from surface** donde aparece la ruta donde fue guardado raster. Se da **Aplicar** seguido de **Aceptar**.

**Figura 35. Ventana Layer Properties, pestaña Base Heights**



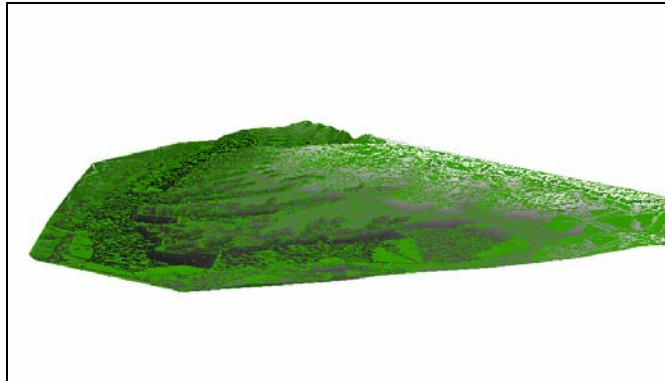
FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

Se obtiene como resultado la siguiente imagen (**Ver Figura 36**), al tener activado TIN y RASTER aparece uno sobre otro. Ahora se apaga la capa del tin y nos queda nuestro RASTER listo para poder involucrar los datos para el montaje del SIG.

Apagando el TIN y dejando solo activo Raster, clic derecho, **Properties**, **Symbology**, se cambia el color, **Aplicar**, **Aceptar**. Luego En la barra de menús, en **View**, **Scene Properties**, pestaña **General**, se varía la exageración vertical para observar el relieve presente, esta opción está en **Vertical Exaggeration**, seleccionar valor de la lista despegable, **Aplicar** y **Aceptar**. **Ver Figura 37**).

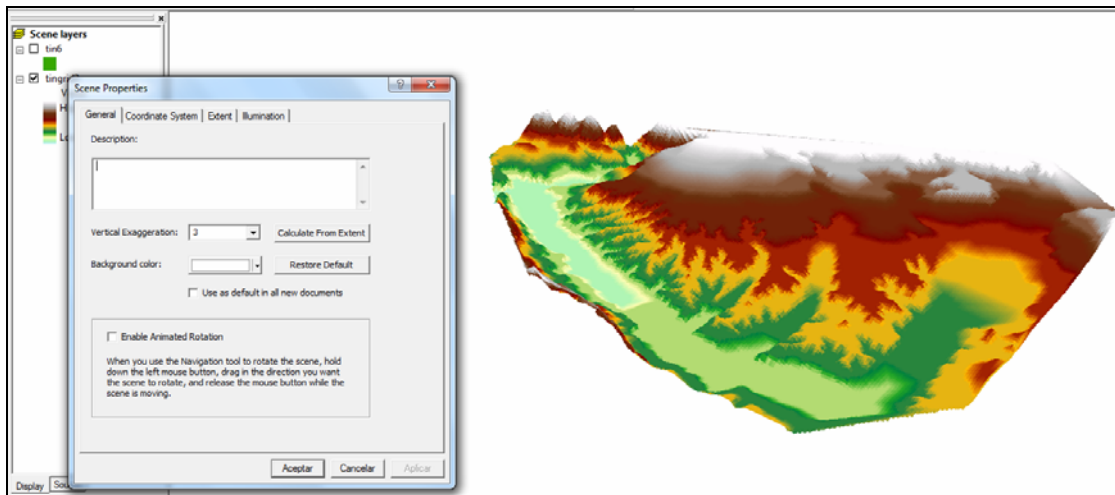
El anterior procedimiento se realizó para explicar como se obtuvo la superficie que nos suministró la Corporación CDMB, en la dependencia de Planeación de la misma entidad.

**Figura 36. Visualización del relieve del raster**



FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

**Figura 37. Vista del raster exagerando el valor en la vertical**



FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

## 6. ELABORACION DEL SIG

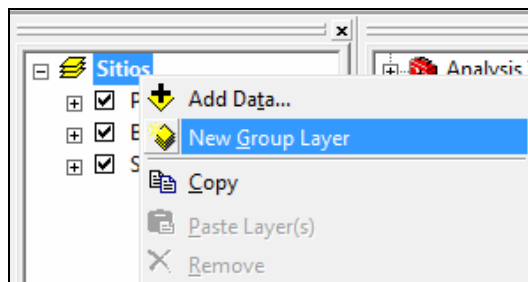
Teniendo creada la superficie, se procede a vincular la información respecto a la parte geológica y geotécnica que está en los informes del Consorcio M&CI.

Al tener los formatos shapes, correctamente creados y almacenados, podemos empezar a incluir la información correspondiente mediante el software **ArcGis 9** con su conjunto de aplicaciones **ArcMap 9.3** y **ArcScene 9.3**

Para iniciar esta parte, debemos iniciar un nuevo proyecto en **ArcMap**, tomando de referencia la superficie suministrada, al igual, las unidades geológicas presentes en los barrios de estudio por parte del consorcio M&CI, que se elaboraron con base a los dibujos presentes en los planos.

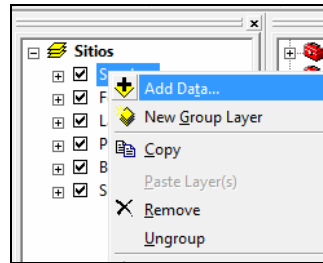
Estos archivos son agregados dentro del proyecto, denominados como **Barrios** y **Superficie** que se encuentran al lado izquierdo de la ventana de trabajo, siendo agregado en **New Group Layer**. (Ver Figura 38).

**Figura 38. Ventana New Group Layer**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

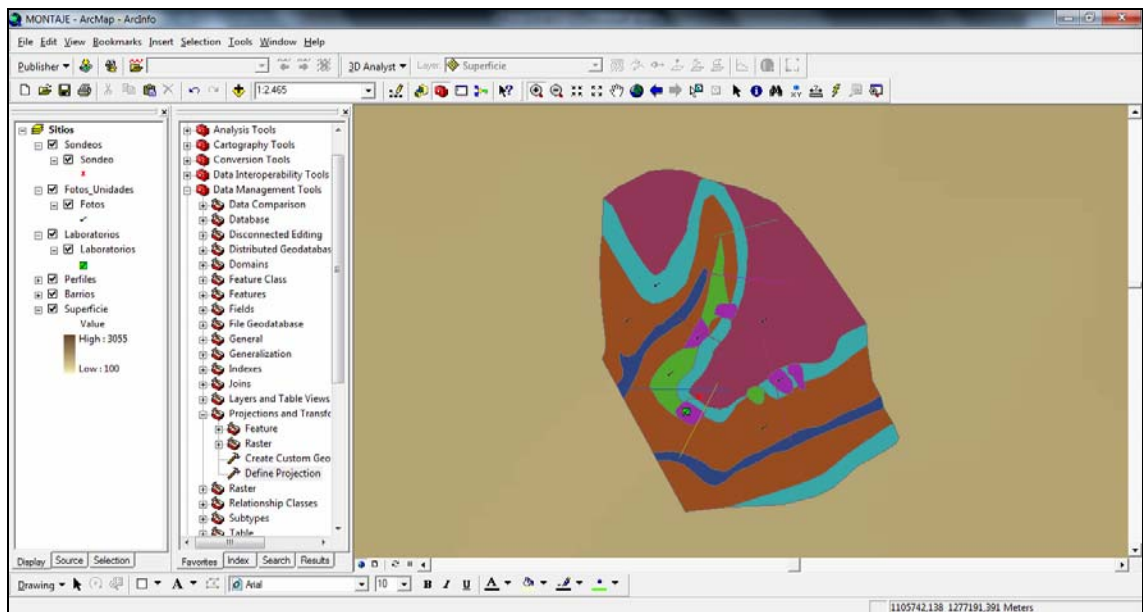
**Figura 39. Ventana Add Data**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Al crear las capas anteriores, podemos agregar los archivos, para ello seleccionamos el nombre, clic derecho **Add Data**, (Ver Figura 39). De esta forma se anexa al proyecto; quedando el mismo procedimiento para los demás shapes como **Perfiles**, **Laboratorios**, **Fotos\_unidades** y **Sondeos**<sup>8</sup> (Ver Figura 39).

**Figura 40. Visualización del proyecto llamado MONTAJE**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

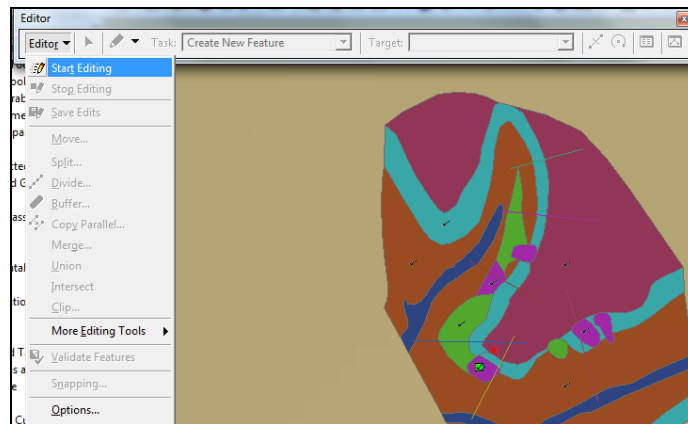
<sup>8</sup> Shapes que fueron creados a partir de la información contenida en los informes del Consorcio M&CI

Las capas: **Sondeos**, **Fotos\_Unidades** y **Laboratorios**, son shapes de puntos que fueron creados anteriormente con el procedimiento detallado en este proyecto y que tienen cada uno información relevante, cómo fotografías, registros de perforación y los análisis de laboratorio correspondientes a las muestras (**Ver Figura 40**).

## 6.1 EDICIÓN DE LA INFORMACIÓN

La edición de la información, se utiliza para el shape de **Perfiles**, ya que este es tipo línea. Para ello se hace uso de la barra de edición de que trae **ArcMap**. Para ello, es necesario iniciar el **Editor**, seguido de **Start editing** (**Ver Figura 41**).

**Figura 41. Ventana Editor**



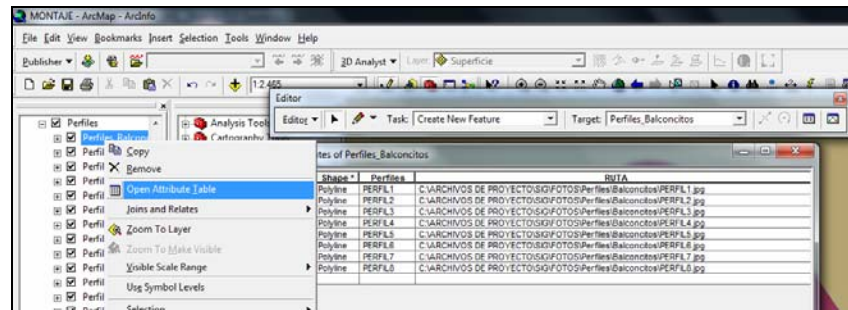
FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Al iniciar la edición se escoge el archivo a editar, luego se selecciona el elemento y se determina el tipo de modificación a realizar. Este paso es esencial cuando se quiere modificar o anexar datos en estudios posteriores.

Las tablas también pueden ser modificadas siempre y cuando se mantenga el editor activo; por tal, al abrir la tabla de datos deseada, se puede seleccionar

cualquier campo, permitiendo eliminar y mover filas y columnas, borrar o cambiar datos dentro de un campo, para mostrar las imágenes de los perfiles que el consorcio M&CI realizó (Ver Figura 42).

Figura 42. Ventana Tabla de atributos

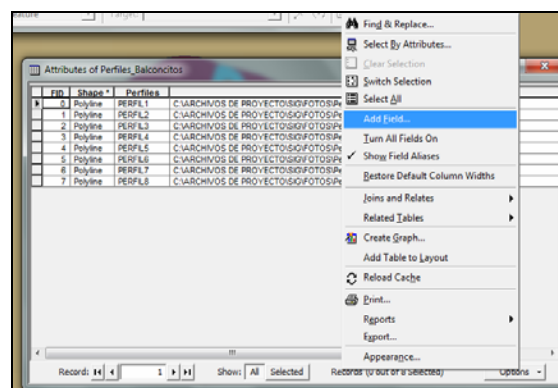


FUENTE: ArcMap 9.3 y modificado por los autores

## 6.2 VÍNCULO DE MATERIAL FOTOGRÁFICO Y DOCUMENTADO

Antes de abrir el editor de **ArcMap**, se debe agregar un nuevo campo para poder ser editado. En la edición no se puede agregar campo ya que no es permitido.

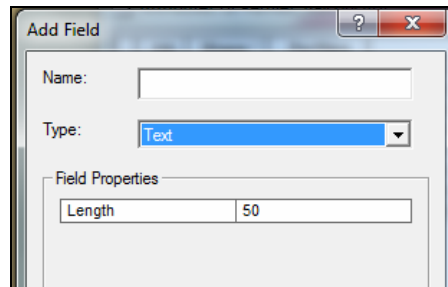
Figura 43. Ventana agregar nuevo campo



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Clic derecho, **Open Attribute Table**, de la vista emergente en la parte inferior derecha ir a **Options, Add Field**, (Ver Figura 43) aquí agregamos el campo, que tiene parámetros como: **Name**, en esta celda le damos un nombre a nuestro nuevo campo, será **Ruta**, **Type**, o tipo, aquí dentro de la lista desplegable seleccionamos **Text**, en la parte de abajo en **Length**, aparece por defecto 50 (Ver Figura 44), este número indica que el texto a introducir va a tener 50 caracteres, se cambia y anotamos 90, por último **OK**.

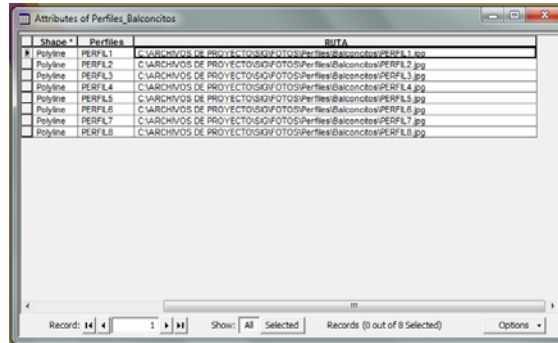
**Figura 44. Ventana Add Field**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

A continuación en la tabla aparece el campo creado **Ruta**, en las filas consecuentes que se encuentran vacías se coloca el texto que será la ruta o dirección de ubicación donde está la imagen alojada y la que se va a asociar a cada línea  
C:\ARCHIVOSDEPROYECTO\SIG\FOTOS\PERFILES\BALCONCITOS\PERFIL7.jpg dependiendo del formato de lo que se quiera mostrar se debe agregar en esta ruta la extensión correspondiente, al ser imagen esta tiene **.jpg** en letras minúsculas (Ver Figura 45).


**Figura 45. Ventana campo Ruta con la dirección de archivo asociado**



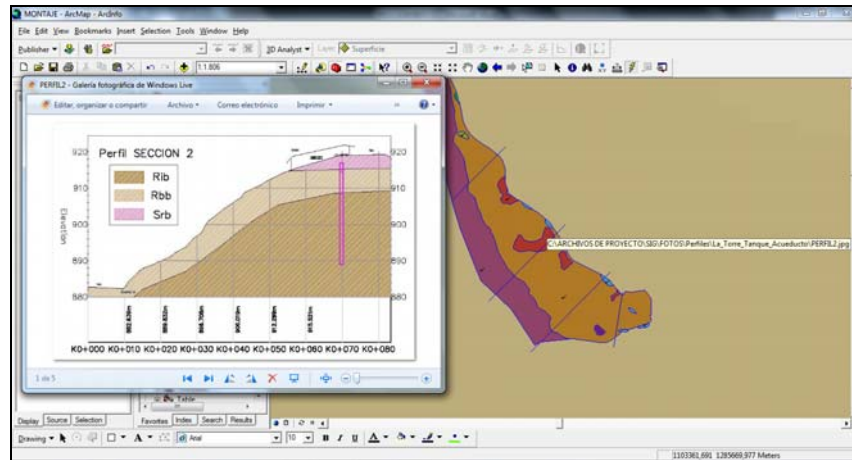
FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Del proceso anterior se hace lo mismo, para los shapes **Sondeos** que incluye los registros de perforación en formato **.pdf**; **Fotos\_Unidades**, las fotos que fueron tomadas en parte de la zona de estudio con formato **.jpg** y **Laboratorios**, el proceso realizado al laboratorio en formato **.pdf**

### 6.2.1 Visualización del anexo

De manera practica y visual se puede observar lo anotado en el campo **Ruta**, para ello en la barra de herramientas, hay un icono en forma de rayo , éste es el Hiperlink el cual está en color amarillo, clic ahí, nuestro puntero en forma de flecha se transforma en rayo, y todo aquel punto, línea o polígono aparece resaltado en color azul, dando el aviso que se tiene un archivo externo por mostrar, parándose ahí, también nos aparece abajo del puntero la ruta, la dirección donde se encuentra ubicado nuestro archivo.(Ver Figura 46).

**Figura 46. Visualización del hipervínculo, asociado al Perfil 2, barrio La Torre Tanque Acueducto**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

## **7. CREACIÓN DE SUPERFICIES QUE REPRESENTEN LAS UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (UGS) DE BUCARAMANGA**

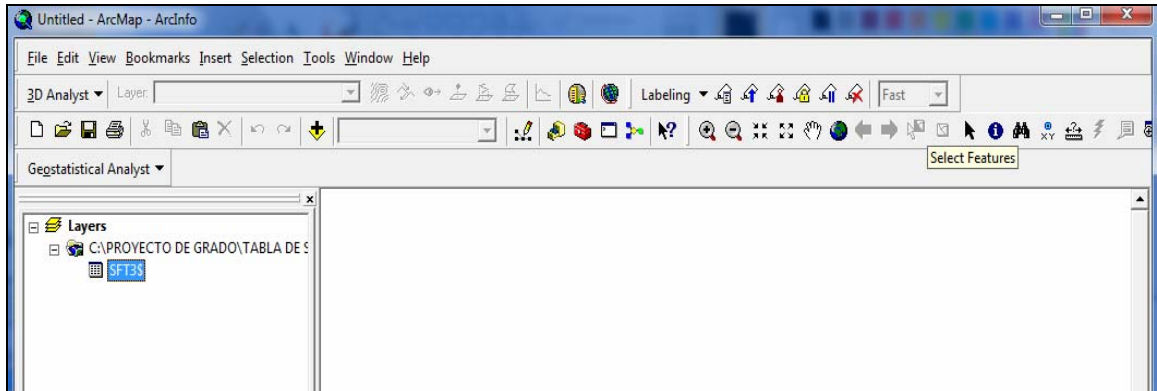
Para generar las superficies del suelo gravoso del miembro órganos (sft3), suelo del miembro fino (sfl1). Suelo del miembro gravoso (sft2) y suelo del miembro limos rojos (sfl2), se recopiló la información de los espesores de las capas de suelo, de los informes del consorcio M&CI de los datos geológicos y geotécnicos presentados a la CDMB en la ciudad de Bucaramanga y se calculó la cota en la que aflora la capa de suelo

### **7.1 CREACIÓN DE ARCHIVO SHP.**

Lo primero que se debe hacer es crear un archivo SHP con los puntos a partir de datos de coordenadas geográficas o planas, que contiene la información de la cota en la que aflora la capa de la unidad geológica superficial.

Abrir ArcMap y añadir la hoja de Excel y escoger la capa de Sft3 que contiene la información con la que vamos a trabajar para generar la superficie de esta capa de suelo

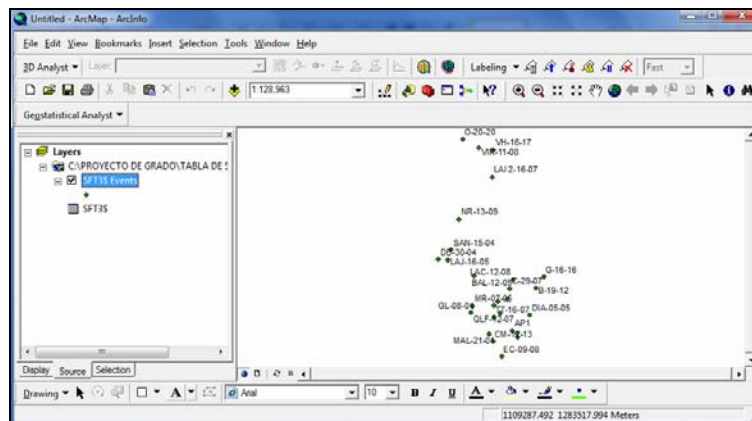
**Figura 47. ArcMap 9.3, añadir tabla de Excel**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Para representar los puntos de sondeo hay que seleccionar la tabla sft3 y pulsar con el botón derecho del ratón sobre ella, desplegándose un menú, y seleccionando **Display XY Data**. Especificamos los campos de coordenadas y seleccionamos el sistema de coordenadas, y por ultimo OK.

**Figura 48. Puntos de sondeo, donde afloran Sft3**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Seleccionar el layer **SFT3\$Events** y pulsar con el botón derecho del ratón sobre ella, desplegándose un menú seleccionando **DATA**, desplegándose otro menú seleccionando **Export Data** y por ultimo damos la ruta donde va a quedar el SHP.

## 7.2. ACTIVACIÓN EXTENSIÓN GEOSTATISTICAL ANALYST Y SELECCIÓN DE UNO DE LOS MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN.

Para realizar la superficie es necesario contar con la extensión **Geostatistical Analyst** y conocer los métodos de interpolación que maneja **ArcGis** y cuál es el más conveniente para crear una superficie de una unidad geológica superficial.

Para activar **Geostatistical Analyst**, dirigirse a la barra de menú seleccionar **Tools** y pulsar con el botón izquierdo del ratón sobre ella, desplegándose un menú seleccionando **Customize**, seleccionar **Geostatistical Analyst** y cerramos.

Posteriormente se requiere interpolar para definir como un procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio, conociendo los valores de esa variable en otras posiciones del espacio. **ArcGis**, cuenta una variedad de métodos de interpolación<sup>9</sup>:

### 7.2.1 Interpolación con la media ponderada por el inverso de la distancia

Este método presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra, es decir asume que las cosas que están más cerca son más parecidas que las que están más lejos. Este método de interpolación nunca predice valores por encima de un máximo o por debajo de un mínimo valor muestral.

### 7.2.2 Interpolación con función de base radial

Utiliza un método de interpolación que estima valores usando una función matemática que minimiza la curvatura general de la superficie, lo que resulta en

---

<sup>9</sup> Tomado del Libro Moreno Jimenez, Antonio (2005). Sistemas y análisis de la información Geografica. Manual de Autoaprendizaje con ArcGIS, SIG.

una superficie suave que pasa exactamente por los puntos de entrada (empleada cuando las superficies varían suavemente).

### **7.2.3 Polinomio con interpolación global.**

Se utilizara para ajustar una superficie a una serie de puntos muestrales cuando la superficie varía lentamente de una región a otro sobre el área de estudio. La técnica se refiere al análisis de tendencia de una superficie.

### **7.2.4 Polinomio con interpolación local**

Es un método de interpolación no exacto, genera superficies suavizadas y es bueno para captar variaciones de rango pequeño.

### **7.2.5 Interpolación Kriging**

Es un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z, usar la herramienta Kriging en forma efectiva implica una investigación interactiva del comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores z antes de seleccionar el mejor método de estimación para generar la superficie de salida (muy empleada en suelos y geología).

Este se subdivide en otros dos métodos:

**7.2.5.1 Kriging ordinario**, se utiliza para datos que no tienen tendencia y cuya media es desconocida.

**7.2.5.2 Kriging universal**, se utiliza cuando existe tendencia en los datos o un lento cambio en los valores medios.

Lo métodos a seleccionar para crear la superficie de una unidad geológica superficial, escogemos **Kriging Ordinario** e **Interpolación con función de base radial**, ya que son muy utilizados en la creación de superficies geológicas y se verifica cual de éstos es el más aceptado a la hora de generar la superficie.

### **7.3 CREACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA UNIDAD GEOLÓGICA SUPERFICIAL (UGS) MEDIANTE EL KRIGING ORDINARIO.**

#### **7.3.1. Creación de la superficie Sft3 con el Kriging ordinario sin modificación de los parámetros<sup>10</sup>**

**7.3.1.1 Elección del método de interpolación.** En este caso se genera la superficie Sft3, por lo cual se requiere añadir el archivo SHP correspondiente al miembro órgano. Después de activar la extensión **Geostatistical Analyst**, seleccionarla pulsando el botón izquierdo del ratón sobre ella, desplegándose un menú seleccionando **Geostatistical Wizard**, desplegándose un menú seleccionando **Sft3** como **input data**, **cota-Sft3** como **attribute** y elegimos el **Kriging** como **method**. Hacemos clic en **next**.

En el cuadro **Geostatistical methods** elegimos **Ordinary Kriging/Prediction map** dejamos los demás parámetros igual y damos clic en **next**.

**7.3.1.2 Especificaciones de opciones del método.** En el cuadro **Semivariogram/Covarianza modeling** dejamos los parámetros por defecto y hacemos clic en **next**.

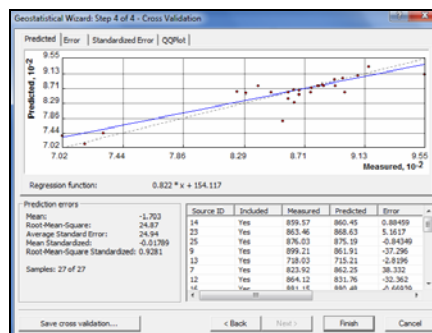
---

<sup>10</sup> Tomado del Libro Moreno Jimenez, Antonio (2005). Sistemas y análisis de la información Geografica. Manual de Autoaprendizaje con ArcGIS, SIG.

En el cuadro **Searching Neighborhood** dejamos los parámetros por defecto y hacemos clic en **next**.

**7.3.1.3 Obtención de validación cruzada.** En el cuadro **Cross validation** se muestra un cuadro resumen de estadísticos y de diversos gráficos para valorar los valores pronosticados. Los resultados son aceptables debido a que la media estandarizada de los errores es aproximado a 0 y el error cuadrático medio estandarizado está muy próximo1. **(Ver Figura 49)**

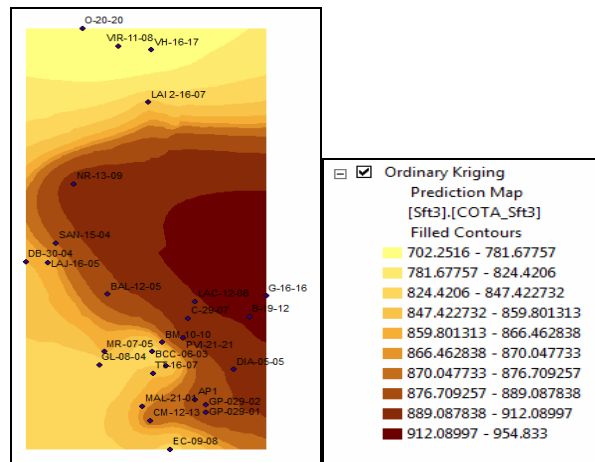
**Figura 49. Cuadro de Cross Validation**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificado por los autores

Hacemos clic en **Finish** y posteriormente **Ok**.

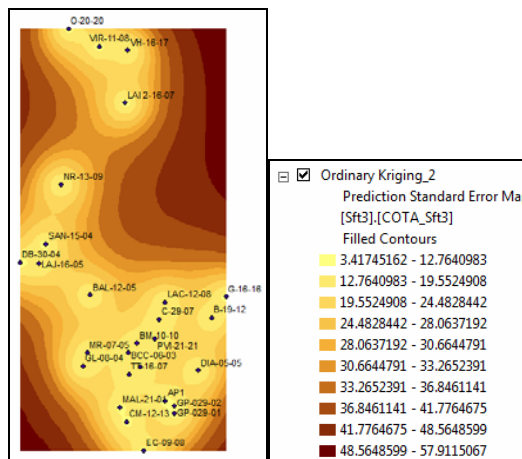
**Figura 50. Superficie generada con el Kriging ordinario sin modificación de parámetros**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

El método geoestadístico permite generar un mapa de errores. Para ello hacemos clic derecho sobre la superficie creada desplegándose un menú, seleccionando la opción **Create Prediction Estándar error Map**.

**Figura 51. Superficie con los errores típicos de la predicción**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

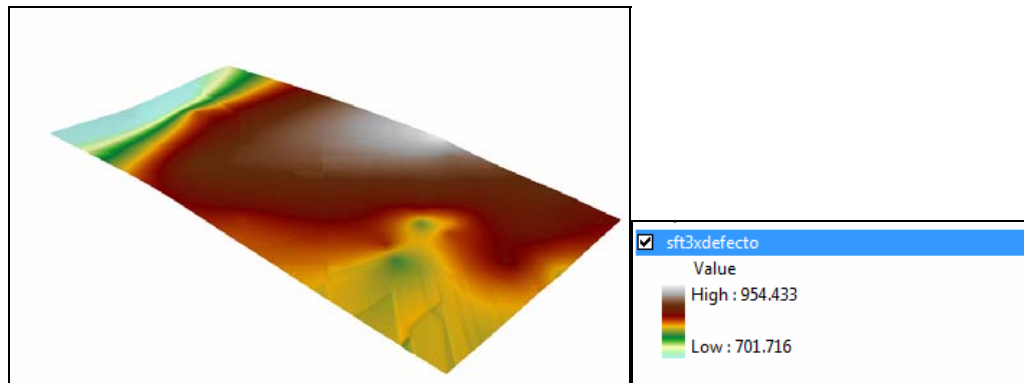
Para seleccionar el modelo que mejor modela nuestros datos, es necesario aplicarles cada uno de ellos y escoger el que presente **Root-Mean-Square**

**Standardized** más cercano a uno y **Mean Standardized** aproximado a **0** (Ver **Figura 51**). De la grafica anterior se puede observar que la zona próxima a los puntos muestrales son las que presenta menores errores.

Posteriormente seleccionamos la superficie generada pulsando el botón derecho del ratón, desplegándose un menú eligiendo **Data**, desplegándose un menú seleccionando **Export to Raster** y por ultimo damos la ruta donde va a guardar el ráster

Abrir **ArcScene** / añadir el ráster creado y dar elevaciones para visualizar en 3D la superficie creada.

**Figura 52. Visualización en ArcScene de la superficie Sft3, creada por el método de Kriging Ordinario sin modificación de parámetros**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

### 7.3.2 Creación de la superficie Sft3 con el Kriging ordinario modificando los parámetros por defecto:

**7.3.2.1 Elección del método de predicción:** Dirigirse a **Geostatistical Analyst**, seleccionarla pulsando el botón izquierdo del ratón, desplegándose un menú seleccionando **Geostatistical Wizard**. Aparece el cuadro de **Choose input Data**

and Method, Seleccionar **Kriging** como method, **Sft3.SHP** como input data, **Cota\_sft3** como attribute y por ultimo hacemos clic **next**.

Aparece el cuadro de **Geostatistical selection**, seleccionar **prediction map** en el method de **Kriging ordinario**, **Log** como transformation, **first** como order of trend removal y por ultimo clic **next**.

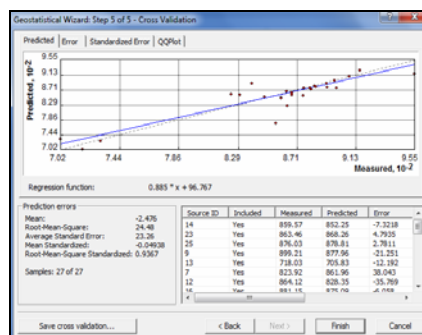
Aparece el cuadro de **Detrending** dejamos los parámetros por defecto.

**7.3.2.2 Especificaciones de opciones del método:** Aparece el cuadro **Semivariogram / Covariance Modeling** para modelar el **semivariogram** elegimos el modelo esférico y el cálculo de la anisotropía, y hacemos clic en **next**.

Aparece el cuadro de **Searching Neighborhood**, establecemos el número de vecinos a utilizar en este caso 15 y un mínimo de 5. La elipse dividida en cuatro sectores con ángulo de 45° y por ultimo clic **next**.

**7.3.2.3 Obtención de validación cruzada:** Los resultados obtenidos son aceptables (**Ver Figura 53**). El error cuadrático medio estandarizado está próximo a 1 y la media estandarizada de los errores es próxima a 0. El error típico medio de la predicción esta próximo al error cuadrático medio, la variabilidad de la predicción se calcula correctamente.

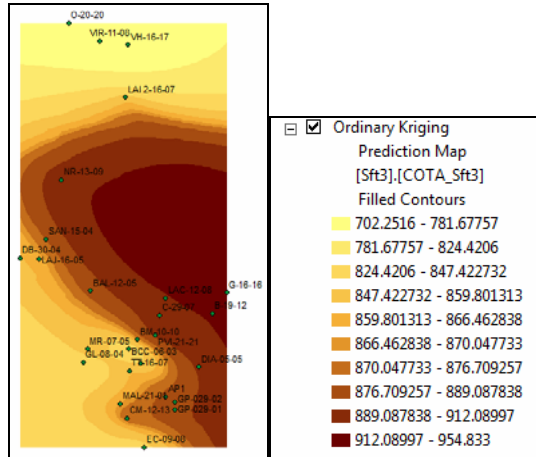
**Figura 53. Cuadro de Cross Validation**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Hacemos clic en finish y posteriormente Ok

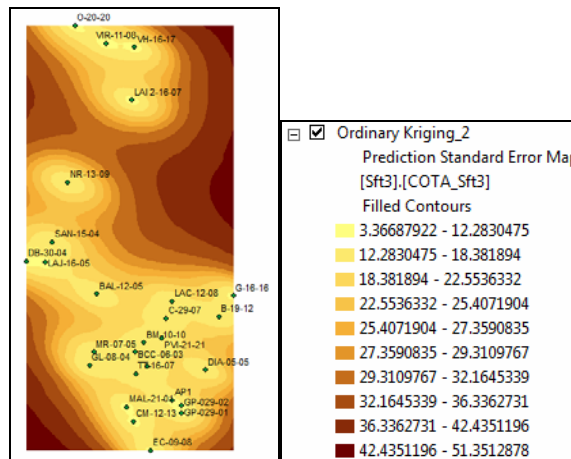
**Figura 3. Superficie generada con el Kriging Ordinario variando los parámetros por defecto**



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Nuevamente generamos un mapa de errores (**Ver Figura 55**). Para ello hacemos clic derecho sobre la superficie creada desplegándose un menú, seleccionando la opción **Create Prediction Estándar error Map**.

**Figura 55. Superficie con los errores típicos de la predicción**



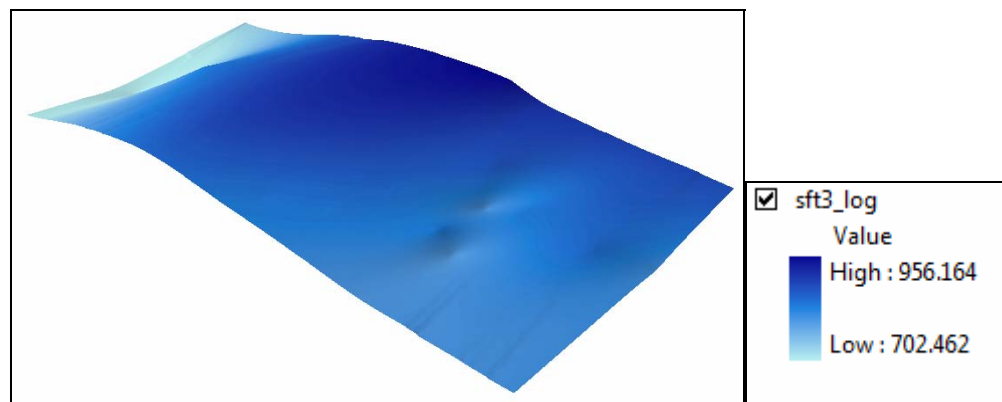
FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Es necesario tener más sondeos para obtener algo que se asemeje más a la realidad y el error sea menor.

Posteriormente seleccionamos la superficie generada pulsando el botón derecho del ratón, desplegándose un menú eligiendo Data, desplegándose un menú seleccionando **Export to Raster** y por ultimo damos la ruta donde va a guardar el ráster

Abrir **ArcScene** / añadir el ráster creado y dar elevaciones para visualizar en 3D la superficie creada.

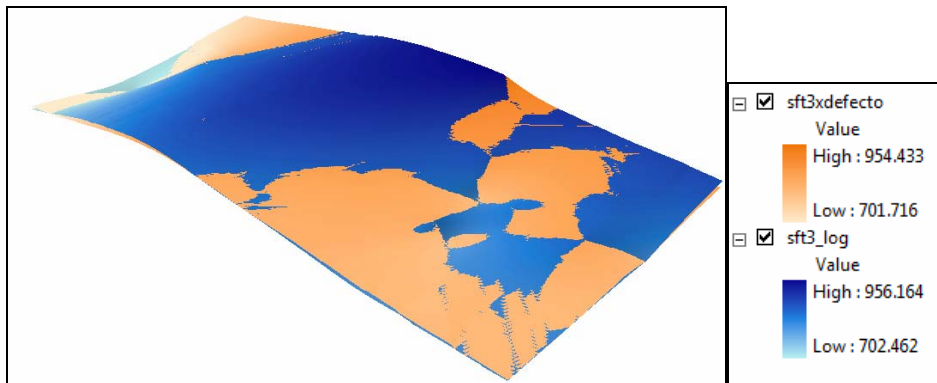
**Figura 4. Visualización en ArcScene de la superficie Sft3 creada por el método Kriging Ordinario, variando los parámetros por defecto**



FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

Abrir ArcScene añadir la superficie SFT3, sn modificar los parámetros por defecto y modificando los parámetros por defecto, para visualizar las diferencias entre ellas (**Ver Figura 57**)

**Figura 5. Visualización en ArcScene de la superficie Sft3, creada por el método de Kriging Ordinario, con los parámetros y variación de los mismos por defecto**



FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

Se puede observar que las dos superficies presentan la misma tendencia, pero la función **Log** es más suave y curva.

## **7.4 CREACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA UNIDAD GEOLÓGICA SUPERFICIAL (UGS) SFT3, CON FUNCIÓN DE BASE RADIAL (FBR).**

### **7.4.1 Elección del método de interpolación**

Abrir **ArcMap** y añadir el archivo **Sft3.shp**. Dirigirse a **Geostatistical Analyst**, pulsándolo con el botón derecho desplegándose un menú, seleccionando **Geostatistical Wizard**

Aparece el cuadro **Choose Input Data and Method**, seleccionando **Radial Basis Functions**, **Sft3.shp** como **Input Data**, **Cota\_Sft3** como **attribute**

## 7.4.2 Especificaciones de opciones del método:

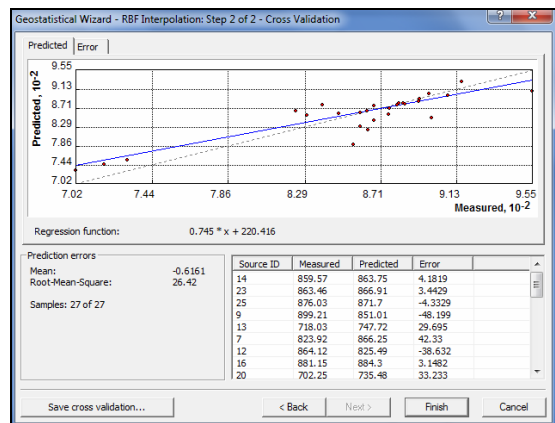
Aparece el cuadro de **Set Parameters**, dejamos todos los parámetros iguales, excepto **Kernel Functions** que cambiaremos por **Completely Regularized Spline** y **Spline With Tension**, para observar cual presenta mayor error y hacer clic en **next**.

## 7.4.3 Obtención de validación cruzada:

Obtenemos las predicciones del modelo con sus errores (**Ver Figura 58 y Figura 59**), así como la media y la desviación típica de los mismos, con ello evaluaremos que método es el más aceptable.

### Método **Completely Regularized Spline**

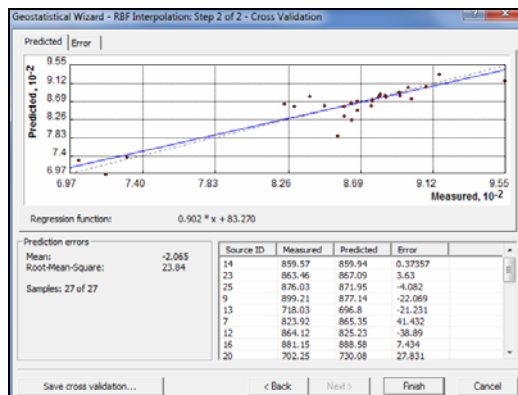
Figura 6. Ventana Cross Validation RBF Interpolation Step 2 of 2



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

### Método Spline With Tension

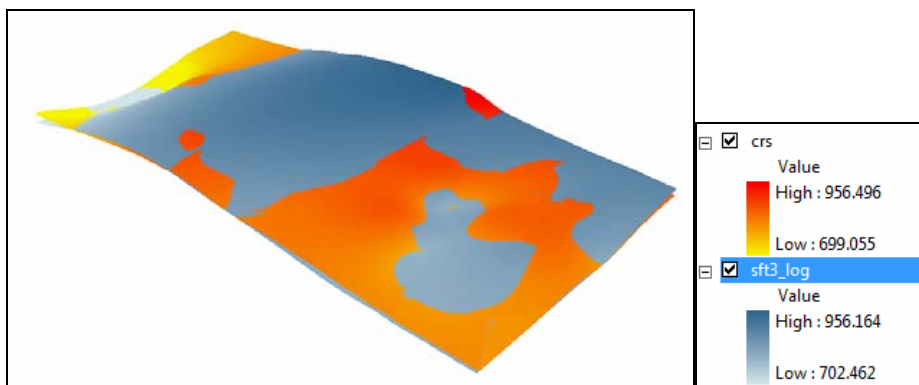
Figura 7. Ventana Cross Validation RBF Interpolation Step 2 of 2



FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Como se puede observar el más aceptable es el método **Completely Regularized Spline** es la que tiene una media (Mean) de errores menor.

Figura 8. Visualización de la superficie creada por Kriging ordinario y Completely Regularized Spline



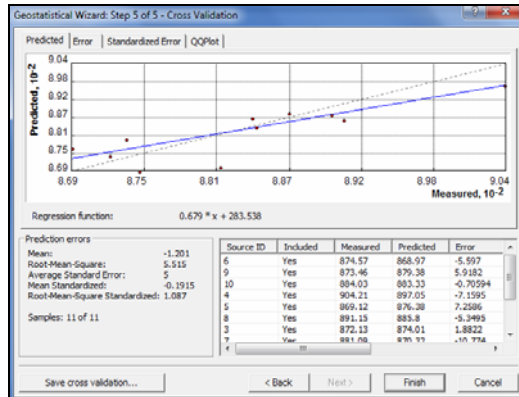
FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

Se observa lo mismo la tendencia es parecidas pero la superficie hecha con la transformación de los datos logarítmica es más suave y curva.

Se decidió crear las capas Sfl1, Sft2, y Sfl2 por el método de **Kriging ordinario** con transformación de datos logarítmicos.

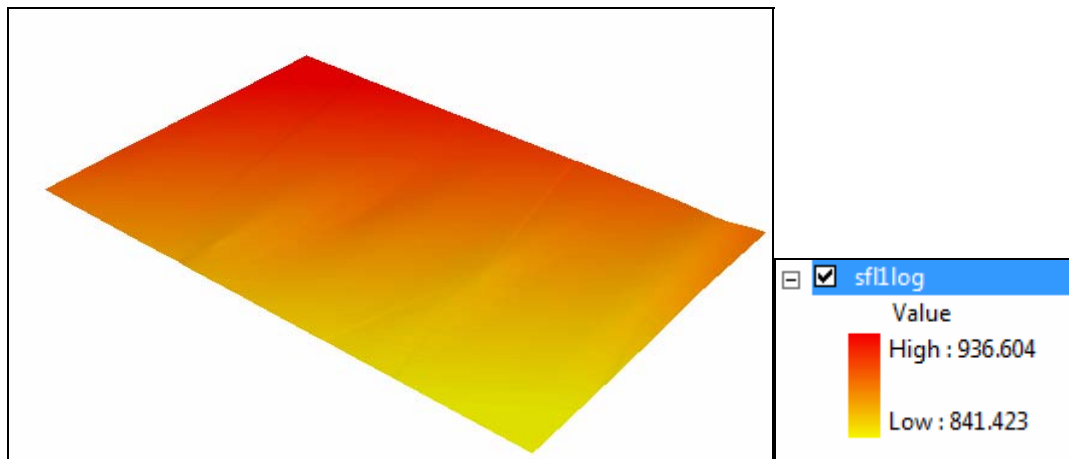
Generación de la capa suelo del miembro fino (Sf11) por el método de **Kriging ordinario**:

**Figura 61. Ventana Cross Validation. Step 5 of 5**



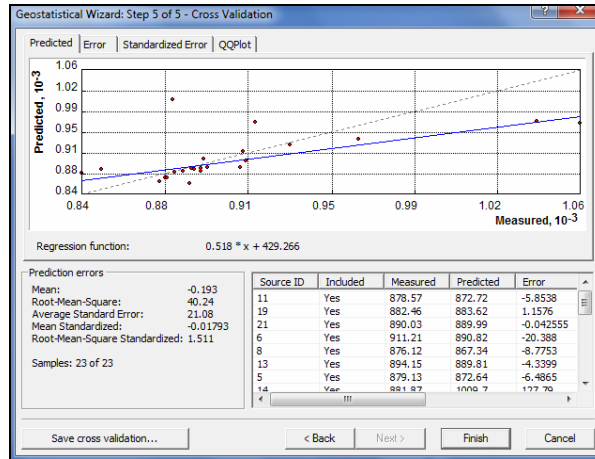
FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

**Figura 9. Generación de la capa de suelo del miembro fino Sf11, por el método Kriging Ordinario**



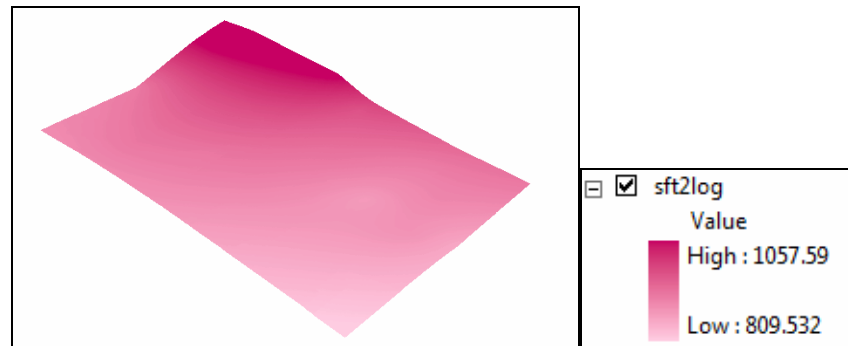
FUENTE: ArcScenep 9.3 y modificada por los autores

**Figura 10. Ventana Cross Validation. Step 5 of 5**



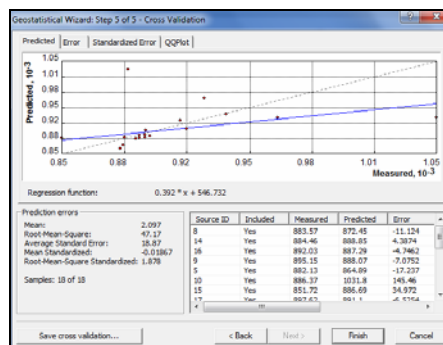
FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

**Figura 64. Generación de la capa de suelo del miembro gravoso Sft2, por el método Kriging Ordinario**



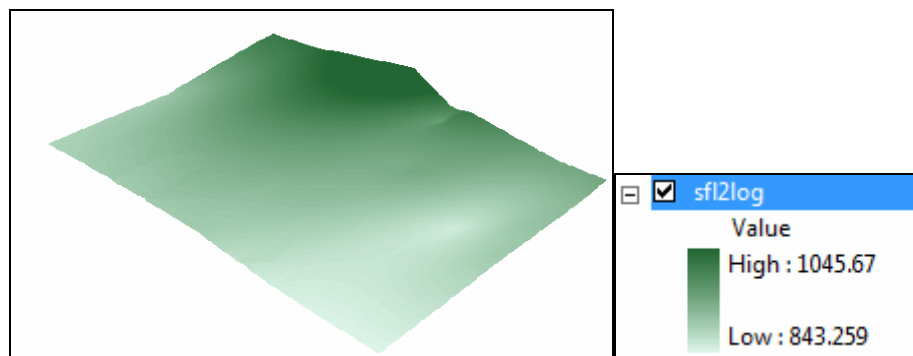
FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

**Figura 65. Ventana Cross Validation Step 5 of 5**



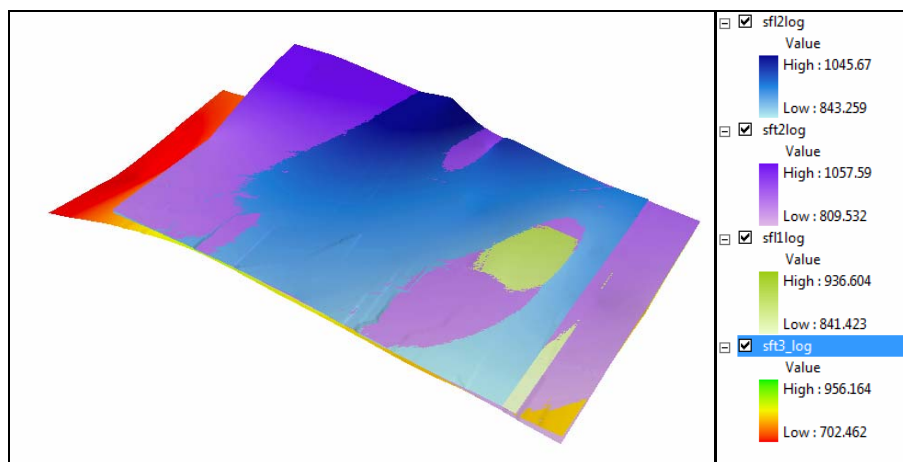
FUENTE: ArcMap 9.3 y modificada por los autores

**Figura 66. Generacion de la capa de suelo del miembro limos rojos (Sf12) por el método de Kriging Ordinario**



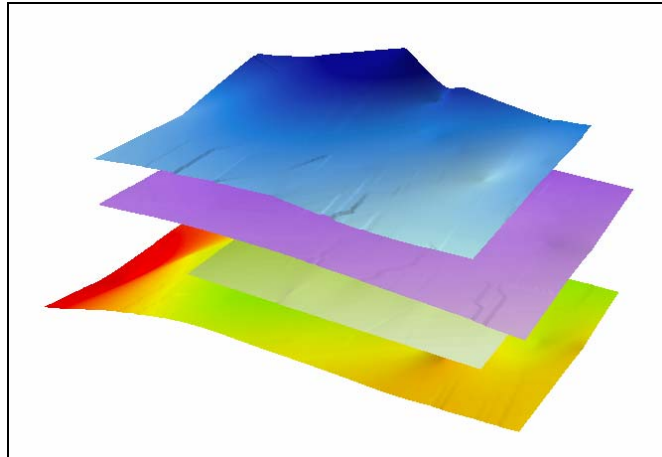
FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

**Figura 67. Visualización de las capas de suelo**



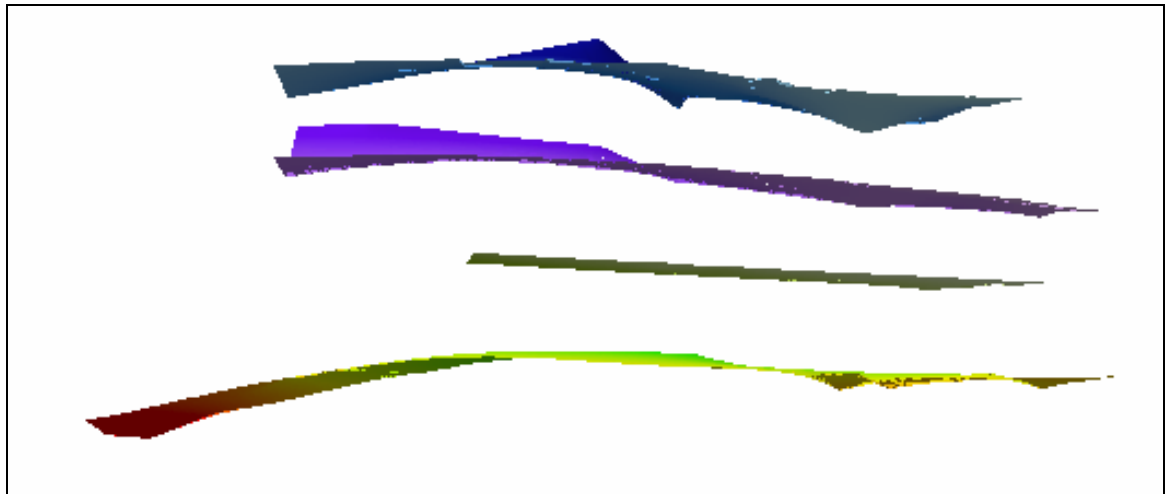
FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

**Figura 68. Visualización tridimensional de los suelos con espaciado**



FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

**Figura 69. Visualización de perfil de las capas de suelos**



FUENTE: ArcScene 9.3 y modificada por los autores

Con las superficies creadas, podemos sacar perfiles de cada una. Para ello fue necesario crear puntos de ayuda, para trazar el corte y convertir los archivos RASTER, que representa las capas de suelo TIN, ya que solo se puede trabajar en ArcMap para generar esos perfiles. **(Ver Anexo I)**

## CONCLUSIONES

- Se clasificó la información contenida en el VOLUMEN VI INFORMES DE ESTABILIDAD, que realizó el Consorcio M&CI respecto a los 41 puntos críticos de la zona de Bucaramanga, propiedad de la CDMB. Tomando para la elaboración de este proyecto los datos geológicos y geotécnicos como: unidades superficiales, perfiles, registros de perforación, laboratorios y fotografías en campo. Se renovó el inventario geológico y geotécnico de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), con el fin de consolidarla, organizarla y centralizar para que los procesos al interior de la entidad avance de forma coordinada y eficiente.
- Se elaboró un sistema de información geográfica (SIG), que integra la información geológica y geotécnica de los 41 puntos críticos de la zona de Bucaramanga, destacando las unidades geológicas superficiales (UGS) mediante polígonos con su respectiva definición; los resultados de las muestras y análisis obtenidas en laboratorio con asignación espacial de los puntos de sondeo; los perfiles estratigráficos de barrios utilizando líneas de corte para su visualización, contenida en los anexos cartográficos de dichos informes.
- Se generó mediante software ArcGis 9, con su aplicación ArcMap 9.3 las superficies que representan las unidades geológicas superficiales de Bucaramanga, a partir de la información de los sondeos que contenía el espesor de las capas de suelo, para poder observar su distribución en las zonas del área de estudio. Se le efectuó validación cruzada (Cross Validation) la cual es necesario aplicarles cada uno de las superficies generadas y

escoger el que presente Root-Mean-Square Standardized más cercano a uno y Mean Standardized aproximado a 0. Se pudo observar en la superficie con los errores típicos de predicción, que el mayor error se localiza en zonas donde no se tiene información y la incertidumbre es mayor, por lo cual entre más puntos de sondeos se tenga de la zona, más nos acercamos a modelar algo acorde a la realidad.

- Por medio de los programas Autocad y ArcGis, se almacenó información espacial referenciada y de atributos de elementos en formatos digitales, que se puede administrar, programar, proyectar y planificar de manera eficiente los proyectos de mitigación de desastres naturales que se presenten a futuro.
- Para una mejor comprensión de los informes y anexo de carácter público llevado a cabo por el Consorcio M&CI, se realizaron mapas geológicos – geotécnicos de cada barrio analizado, agregándole marcaciones como: título, leyenda, norte, escala gráfica, rótulo pertinente, con el fin de que se puedan acceder a ellos de una forma rápida y visual mediante el uso de la aplicación ArcReader 9.3 contenida en el paquete ArcGIS 9.

## BIBLIOGRAFIA

- BUENO Y SOLARTE, (1994). Geología, geotecnia y comportamiento erosivo de las áreas de reserva forestal de Bucaramanga. Proyecto de grado (inédito). UIS, Escuela de Geología. Bucaramanga, Santander. Vol. 1, 140 Págs.
- CHANG, J.L. V (2008). Consulta, Edición, y Análisis Espacial con ArcGIS 9.2 TOMO I. Junta de Castilla y León. Consejería del Medio Ambiente
- CHAPARRO, A. y GUERRERO, A., (1991). Geología y Geotecnia de la zona oriental del Área Metropolitana de Bucaramanga. Escuela de Geología. Universidad Industrial de Santander.
- DE PORTA (1958). La Terraza de Bucaramanga. Boletín de Geología No. 3 – Universidad Industrial de Santander
- GÓMEZ, J. H., ROJAS E. J. y HERRERA E., (2003). Curso Básico de ArcView 3.2, Autoaprendizaje. Publicaciones UIS
- INGEOMINAS. (2001). Zonificación Sismo Geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga, Fase II. Convenio realizado entre la CDMB e Ingeominas, Bucaramanga.
- JULIVERT M. (1963). Nuevas observaciones sobre la estratigrafía y tectónica del Cuaternario de los alrededores de Bucaramanga. Boletín de Geología No. 15 – Universidad Industrial de Santander

- LONDOÑO, Libardo (2007). Modelación y análisis espacial. Universidad de San Buenaventura. Facultad de Ingeniería Medellín.
- MANCERA M. y SALAMANCA P. (1993). cartografía geológica, estratigráfica, a detalle y zonificación geotécnica del sector oriental del área metropolitana de Bucaramanga. Proyecto de grado (inédito). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad Seccional Sogamoso, Escuela de ingeniería Geológica. Tomo I y II.
- MORENO JIMÉNEZ, Antonio (2005). Sistemas y Análisis de la Información Geográfica Manual de Autoaprendizaje con ArcGis SIG.
- NIÑO A.E. Y VARGAS G. (1992). Geología y Geotecnia de la escarpa Noroccidental de la meseta de Bucaramanga. Proyecto de grado (inédito). UIS, Escuela de Geología. Bucaramanga, Santander. 140 Págs.
- SANTIAGO, Iván (2005). Fundamentos de ArcGIS versión ArcView 9.1. VERSION I. Oficina de Gerencia y Presupuesto del Estado Libre Asociado de Puerto Rico.

# **ANEXOS**

### ANEXO A. UBICACIÓN DE LOS 41 BARRIOS ANALIZADOS

<b>Barrio</b>	<b>Coordenada Este [m]</b>	<b>Coordenada Norte [m]</b>	<b>Cota [m]</b>
B/manga Coca Cola	1105103,24	1276088,29	828,00
B/manga Coca Cola	1105289,25	1276159,12	828,00
B/manga Manzana 10	1105351,00	1276223,00	850,00
Balconcitos	1104336,09	1277338,61	900,00
Balconcitos	1104363,89	1277520,64	900,00
Barcelona	1106950,00	1276875,00	900,00
Barcelona	1107050,00	1276950,00	945,00
Brisas de Provenza	1105900,00	1274600,00	850,00
Brisas de Provenza	1106200,00	1274800,00	850,00
Buenavista	1108349,00	1280300,00	1350,00
Buenavista	1108720,00	1279572,00	1350,00
Buenos Aires	1107750,00	1280500,00	1150,00
Buenos Aires	1108150,00	1280700,00	1150,00
Cordoncillo	1105895,00	1277036,00	900,00
Diamante II	1106327,95	1275796,59	900,00
Diamante II	1106894,36	1275695,62	900,00
Don Bosco	1102600,00	1278000,00	850,00
Don Bosco	1103200,00	1278600,00	850,00
El Cristal	1105200,00	1273800,00	845,00
El Cristal	1106000,00	1274400,00	845,00
El Diviso	1107106,00	1280950,00	1000,00
Granjas de Provenza	1106100,00	1274900,00	880,00
Granjas de Provenza	1106225,00	1275000,00	880,00
Guadales Hoyo I - II	1105234,65	1274869,90	850,00
Guadales Hoyo I - II	1105161,88	1274526,21	900,00
Guayacanes	1107350,00	1277400,00	945,00
Juan XXIII	1105478,98	1276375,35	830,00
Juan XXIII	1105806,13	1276340,48	830,00
La Ceiba	1105925,00	1277545,00	905,00
La Ceiba	1106150,00	1277150,00	905,00
La Floresta	1107200,00	1277700,00	945,00

<b>Barrio</b>	<b>Coordenada Este [m]</b>	<b>Coordenada Norte [m]</b>	<b>Cota [m]</b>
La Gran Ladera	1104100,00	1275700,00	815,00
La Gran Ladera	1104350,00	1275900,00	815,00
La Iglesia - Fontana III	1105400,00	1275700,00	800,00
La Independencia	1105135,06	1281661,04	890,00
La Independencia	1105119,82	1281512,53	950,00
La Joya	1103050,00	1278150,00	850,00
La Joya	1103527,26	1278050,00	850,00
La Torre Tanque Acueducto	1103150,00	1285600,00	910,00
La Torre Tanque Acueducto	1103425,00	1286050,00	910,00
Los Cedros	1107700,00	1279100,00	1070,00
Los Cedros	1107550,00	1278900,00	1070,00
Malaña	1107380,00	1280600,00	1085,00
Malaña	1107800,00	1280900,00	1200,00
Malpaso	1104950,00	1274900,00	900,00
Malpaso	1105500,00	1275150,00	900,00
Monterredondo	1104200,00	1275900,00	900,00
Monterredondo	1104550,00	1276250,00	900,00
Morrórico - Albania	1107300,00	1280480,00	1050,00
Morrórico - Albania	1107500,00	1280580,00	1100,00
Nariño	1103807,00	1279898,00	929,00
Omaga	1103800,00	1283106,00	720,00
Pan de Azúcar Alto	1107400,00	1278100,00	1040,00
Pan de Azúcar Alto	1107800,00	1278800,00	1040,00
Pan de Azúcar Bajo	1107700,00	1278700,00	1045,00
Pan de Azúcar Bajo	1108000,00	1279000,00	1045,00
Portal Provenza	1105983,00	1275101,00	911,00
Santander	1103933,77	1278691,48	850,00
Santander	1103017,00	1278612,03	850,00
Terminal de Transportes	1104789,00	1275446,00	855,00
Terminal de Transportes	1105145,00	1275725,00	855,00
Udes	1108300,00	1277600,00	1028,00
Udes	1108800,00	1277300,00	1076,00
Vegas de Morrórico	1107262,00	1281125,00	1015,00

<b>Barrio</b>	<b>Coordenada Este [m]</b>	<b>Coordenada Norte [m]</b>	<b>Cota [m]</b>
Villa Helena	1105076,00	1282861,00	720,00
Villa Lina	1103150,00	1285850,00	915,00
Villa Lina	1103300,00	1286050,00	915,00
Villa María	1104533,00	1283106,00	720,00
Villa Rosa	1104376,00	1276170,00	900,00

### ANEXO B. 1.UBICACIÓN DE LOS SONDEOS

ID	X(m)	Y(m)	CODIGO	BARRIO DE PERFORACION	PROF. (m)	COTA TERRENO
1	1105992.61	1275067.15	AP1	Portal Provenza	35	890.1825
2	1107016	1276895	B-19-12	BARCELONA	30	937.0138
3	1105190	1276132	BCC-06-03	B/MANGA-COCA COLA	15	830
4	1106199.7	1274787.8	GP-029-01	BRISAS DE PROVENZA	46	895.1106
5	1105364	1276329	BM-10-10	B/MANGA- MANZANA 10	30	867.20833
6	1106198	1274942	GP-029-02	GRANJAS DE PROVENZA	46	892.1666
7	1107342	1277362	G-16-16	GUAYACANES	21	963.833
8	1104190	1275833	GL-08-04	LA GRAN LADERA	30	823.9166
9	1105000.817	1274919.109	MAL-21-01	MALPASO	30	882.131
10	1103708	1279847	NR-13-09	NARIÑO	20	911.208333
11	1105172.86	1282816.53	VH-16-17	VILLA HELENA	20	730.955
12	1105061	1282744	P11	VILLA HELENA	25	709.5
13	1105861	1276867	C-29-07	CORDONCILLO	30	916.54166
14	1107254	1281057	VM-03-14	VEGAS DE MORRORICO	14	1032.1666
15	1104319	1276121	P20	MONTERREDONDO	20	868.08
16	1104283	1276121	MR-07-05	MONTERREDONDO	30	876.118
17	1103175	1285951	LT-18-19	LA TORRE-TANQUEACUEDUCTO	28	799
18	1103175	1285950	VEP-17-16	VILLA LINA	30	799
19	1107587	1278364	PAA-20-11	PAN DE AZUCAR ALTO	30	1046.5
20	1107757	1278954	PAB-14-08	PAN DE AZUCAR BAJO	30	1060.8333
21	1107072	1280902	ED-14-15	EL DIVISO	24	1059.41666

ID	X(m)	Y(m)	CODIGO	BARRIO DE PERFORACION	PROF. (m)	COTA TERRENO
22	1107694.73	1278860.15	LC-24-06	LOS CEDROS	30	1060.6332
23	1107390.655	1280535.125	MA-11-06	MORRORCO-ALBANIA	29	1123.77
24	1103867.73	1283290	O-20-20	OMAGA	20	718.027
25	1108112	1280523	P18	BUENOS AIRES	20	1200.66
26	1108073	1280515	BA-1518	BUENOS AIRES	17	1205.5625
27	1108683	1280182	BUE-13-04	BUENAVISTA	34	1338.04166
28	1102804.949	1278118.166	DB-30-04	DON BOSCO	33	883.569
29	1105154.876	1274595.792	CM-12-13	GUADALES hoyo 1-2	30	889.089
30	1104334.95	1277399.81	BAL-12-05	BALCONCITOS	15	895.1487
31	1105196.697	1275646.599	TT-16-07	TERMINAL	40	859.549149
32	1105113.377	1281652.58	LAI 2-16-07	LA INDEPENDENCIA	25	886.37308
33	1106000.336	1277239.811	LAC-12-08	LA CEIBA	35	913.38233
34	1104543.472	1282896.282	VIR-11-08	VILLA ROSA	29	702.2516
35	1107688.5	1280849.94	LAMA-19-04	MALAHÑA	40	1165.54034
36	1107271.337	1277518.989	LAF-06-08	LA FLORESTA	34	925.91208
37	1106717.19	1275729.75	DIA-05-05	DIAMANTE 2	35	895.5008
38	1105530.97	1273953.09	EC-09-08	el cristal	36	841.9471
39	1103225.93	1278090.59	LAJ-16-05	LA JOYA	30	884.46416
40	1105450.7	1275810.21	QLF-12-07	LA IGLESIA-FONTANA 3	29	851.7225
41	1103359.18	1278525.58	SAN-15-04	SANTANDER	30	892.0333
42	1108587.92	1277470.95	UC-09-09	Udes		1049.773
43	1105772.49	1276424.73	PVI-21-21	JUAN 23	30	897.6225

**ANEXO B 2.UBICACIÓN DE LOS SONDEOS DONDE AFLORA Sft3**

<b>ID</b>	<b>X(m)</b>	<b>Y(m)</b>	<b>CODIGO</b>	<b>BARRIO DE PERFORACION</b>	<b>PROF. (m)</b>	<b>COTA TERRENO</b>	<b>PROFUNDIDAD EN LA QUE AFLORA Sft3</b>	<b>COTA Sft3</b>
1	1105992.61	1275067.15	AP1	Portal Provenza	35	890.1825	10	880.1825
2	1107016	1276895	B-19-12	BARCELONA	30	937.0138	21	916.0138
3	1105190	1276132	BCC-06-03	B/MANGA-COCA COLA	15	830	0	830
4	1106199.7	1274787.8	GP-029-01	BRISAS DE PROVENZA	46	895.1106	10.5	884.6106
5	1105364	1276329	BM-10-10	B/MANGA- MANZANA 10	30	867.20833	0	867.20833
6	1106198	1274942	GP-029-02	GRANJAS DE PROVENZA	46	892.1666	8.5	883.6666
7	1107342	1277362	G-16-16	GUAYACANES	21	963.833	9	954.833
8	1104190	1275833	GL-08-04	LA GRAN LADERA	30	823.9166	0	823.9166
9	1105000.82	1274919.11	MAL-21-01	MALPASO	30	882.131	15	867.131
11	1103708	1279847	NR-13-09	NARIÑO	20	911.20833	12	899.20833
12	1105172.86	1282816.53	VH-16-17	VILLA HELENA	20	730.955	0	730.955
14	1105861	1276867	C-29-07	CORDONCILLO	30	916.54166	19	897.54166
17	1104283	1276121	MR-07-05	MONTERREDONDO	30	876.118	12	864.118
25	1103867.73	1283290	O-20-20	OMAGA	20	718.027	0	718.027
29	1102804.95	1278118.17	DB-30-04	DON BOSCO	33	883.569	24	859.569
30	1105154.88	1274595.79	CM-12-13	GUADALES hoyo 1-2	30	889.089	13.5	875.589
31	1104334.95	1277399.81	BAL-12-05	BALCONCITOS	15	895.1487	14	881.1487
32	1105196.7	1275646.6	TT-16-07	TERMINAL	40	859.54915	0	859.54915
34	1105113.38	1281652.58	LAI 2-16-07	LA INDEPENDENCIA	25	886.37308	30.5	855.87308
35	1106000.34	1277239.81	LAC-12-08	LA CEIBA	35	913.38233	5	908.38233

<b>ID</b>	<b>X(m)</b>	<b>Y(m)</b>	<b>CODIGO</b>	<b>BARRIO DE PERFORACION</b>	<b>PROF. (m)</b>	<b>COTA TERRENO</b>	<b>PROFUNDIDAD EN LA QUE AFLORA Sft3</b>	<b>COTA Sft3</b>
36	1104543.47	1282896.28	VIR-11-08	VILLA ROSA	29	702.2516	0	702.2516
39	1106717.19	1275729.75	DIA-05-05	DIAMANTE 2	35	895.5008	3.51	891.9908
40	1105530.97	1273953.09	EC-09-08	el cristal	36	841.9471	3	838.9471
41	1103225.93	1278090.59	LAJ-16-05	LA JOYA	30	884.46416	21	863.46416
42	1105450.7	1275810.21	QLF-12-07	LA IGLESIA-FONTANA 3	29	851.7225	4	847.7225
43	1103359.18	1278525.58	SAN-15-04	SANTANDER	30	892.0333	16	876.0333
45	1105772.49	1276424.73	PVI-21-21	JUAN 23	30	897.6225	5	892.6225

**ANEXO B 3.UBICACIÓN DE LOS SONDEOS DONDE AFLORA Sfi1**

<b>ID</b>	<b>X(m)</b>	<b>Y(m)</b>	<b>CODIGO</b>	<b>BARRIO DE PERFORACION</b>	<b>PROF. (m)</b>	<b>COTA TERRENO</b>	<b>PROFUNDIDAD EN LA QUE AFLORA Sfi1</b>	<b>COTA Sfi1</b>
1	1105992.6	1275067.15	AP1	Portal Provenza	35	890.1825	6.5	883.6825
4	1106199.7	1274787.8	GP-029-01	BRISAS DE PROVENZA	46	895.1106	5	890.1106
6	1106198	1274942	GP-029-02	GRANJAS DE PROVENZA	46	892.1666	5.5	886.6666
9	1105000.8	1274919.11	MAL-21-01	MALPASO	30	882.131	10	872.131
11	1103708	1279847	NR-13-09	NARIÑO	20	911.20833	7	904.2083
17	1104283	1276121	MR-07-05	MONTERREDONDO	30	876.118	7	869.118
29	1102804.9	1278118.17	DB-30-04	DON BOSCO	33	883.569	9	874.569
30	1105154.9	1274595.79	CM-12-13	GUADALES hoyo 1-2	30	889.089	8	881.089
31	1104335	1277399.81	BAL-12-05	BALCONCITOS	15	895.1487	4	891.1487
41	1103225.9	1278090.59	LAJ-16-05	LA JOYA	30	884.46416	11	873.4642
43	1103359.2	1278525.58	SAN-15-04	SANTANDER	30	892.0333	8	884.0333

**ANEXO B 4.UBICACIÓN DE LOS SONDEOS DONDE AFLORA Sft2**

<b>ID</b>	<b>X(m)</b>	<b>Y(m)</b>	<b>CODIGO</b>	<b>BARRIO DE PERFORACION</b>	<b>PROF. (m)</b>	<b>COTA TERRENO</b>	<b>PROFUNDIDAD EN LA QUE AFLORA Sft2</b>	<b>COTA Sft2</b>
1	1105992.61	1275067.15	AP1	Portal Provenza	35	890.1825	4	886.1825
2	1107016	1276895	B-19-12	BARCELONA	30	937.0138	4	933.0138
4	1106199.7	1274787.8	GP-029-01	BRISAS DE PROVENZA	46	895.1106	1	894.1106
6	1106198	1274942	GP-029-02	GRANJAS DE PROVENZA	46	892.1666	1	891.1666
7	1107342	1277362	G-16-16	GUAYACANES	21	963.833	1	962.833
9	1105000.817	1274919.11	MAL-21-01	MALPASO	30	882.131	3	879.131
11	1103708	1279847	NR-13-09	NARIÑO	20	911.20833	0	911.20833
14	1105861	1276867	C-29-07	CORDONCILLO	30	916.54166	3	913.54166
17	1104283	1276121	MR-07-05	MONTERREDONDO	30	876.118	0	876.118
20	1107587	1278364	PAA-20-11	PAN DE AZUCAR ALTO	30	1046.5	6	1040.5
22	1107072	1280902	ED-14-15	EL DIVISO	24	1059.4167	0	1059.4167
29	1102804.949	1278118.17	DB-30-04	DON BOSCO	33	883.569	5	878.569
30	1105154.876	1274595.79	CM-12-13	GUADALES hoyo 1-2	30	889.089	0	889.089
31	1104334.95	1277399.81	BAL-12-05	BALCONCITOS	15	895.1487	1	894.1487

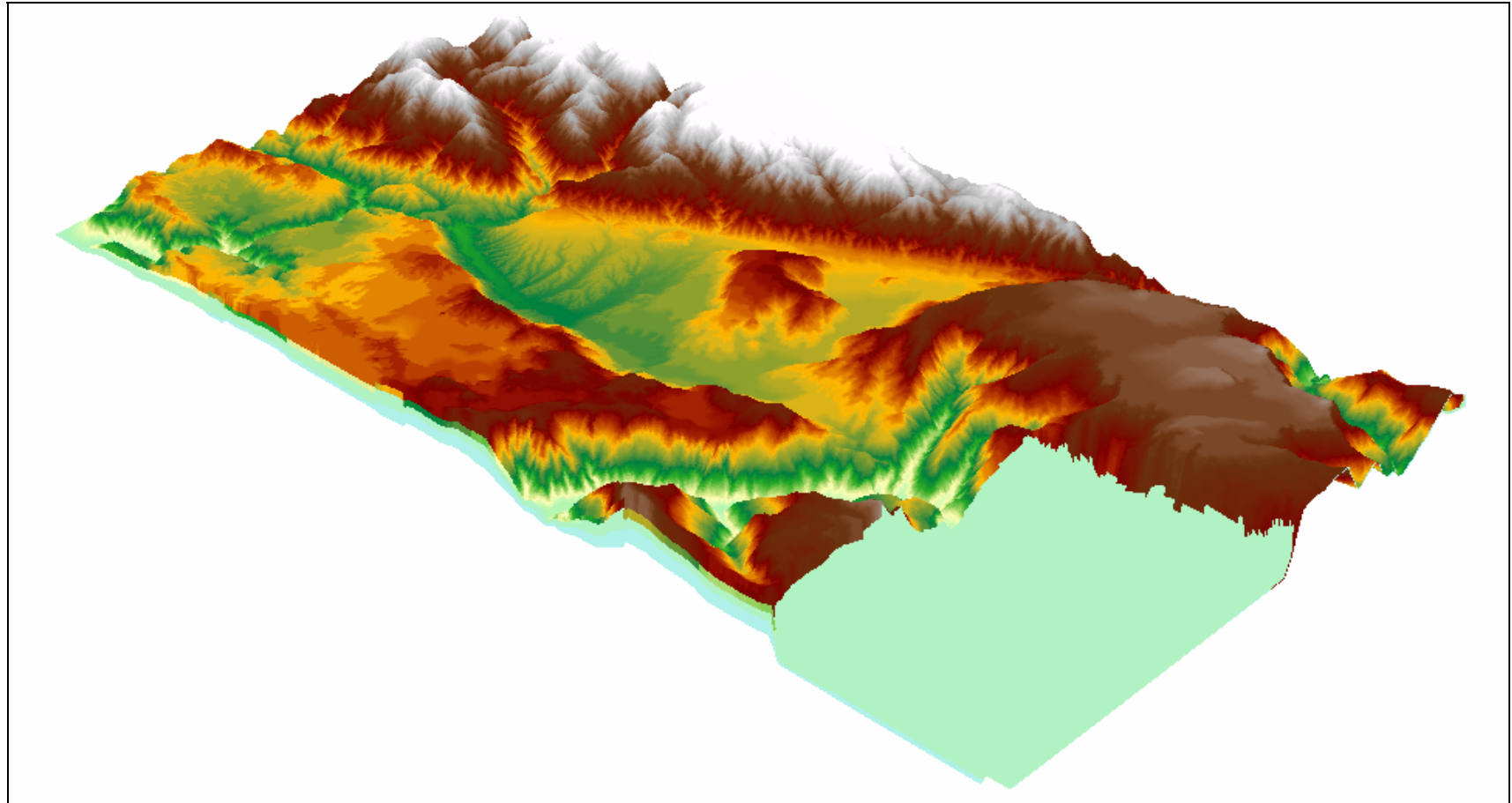
ID	X(m)	Y(m)	CODIGO	BARRIO DE PERFORACION	PROF. (m)	COTA TERRENO	PROFUNDIDAD EN LA QUE AFLORA Sft2	COTA Sft2
34	1105113.377	1281652.58	LAI 2-16-07	LA INDEPENDENCIA	25	886.37308	4.5	881.87308
35	1106000.336	1277239.81	LAC-12-08	LA CEIBA	35	913.38233	1	912.38233
38	1107271.337	1277518.99	LAF-06-08	LA FLORESTA	34	925.91208	8	917.91208
39	1106717.19	1275729.75	DIA-05-05	DIAMENTE 2	35	895.5008	0.51	894.9908
40	1105530.97	1273953.09	EC-09-08	EL CRISTAL	36	841.9471	0	841.9471
41	1103225.93	1278090.59	LAJ-16-05	LA JOYA	30	884.46416	2	882.46416
42	1105450.7	1275810.21	QLF-12-07	LA IGLESIA-FONTANA 3	29	851.7225	1	850.7225
43	1103359.18	1278525.58	SAN-15-04	SANTANDER	30	892.0333	2	890.0333
45	1105772.49	1276424.73	PVI-21-21	JUAN 23	30	897.6225	1	896.6225

**ANEXO B. 5. UBICACIÓN DE LOS SONDEOS DONDE AFLORA Sfl2**

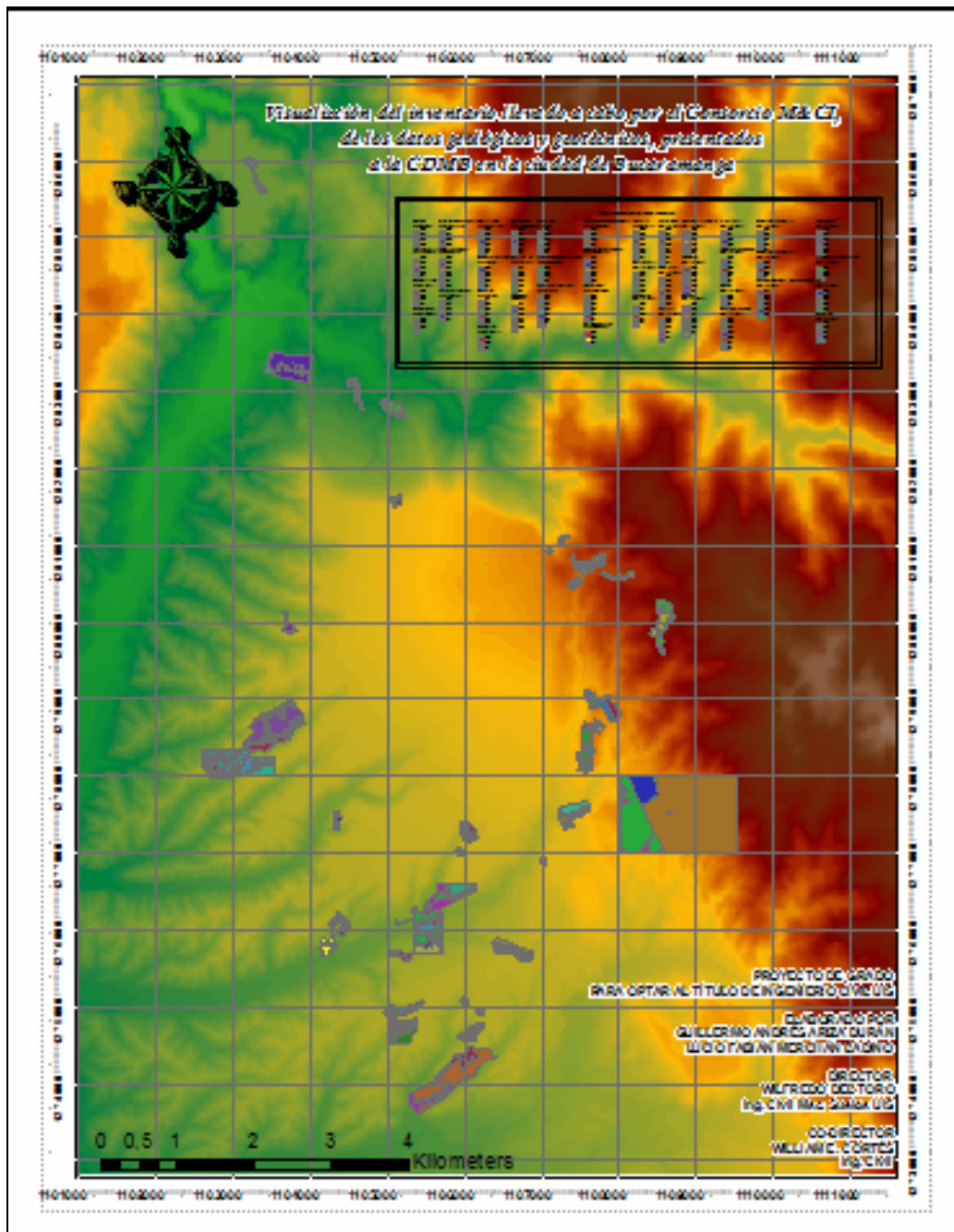
<b>ID</b>	<b>X(m)</b>	<b>Y(m)</b>	<b>CODIGO</b>	<b>BARRIO DE PERFORACION</b>	<b>PROF. (m)</b>	<b>COTA TERRENO</b>	<b>PROFUNDIDAD EN LA QUE AFLORA Sfl2</b>	<b>COTA Sfl2</b>
1	1105992.61	1275067.15	AP1	Portal Provenza	35	890.1825	0	890.1825
2	1107016	1276895	B-19-12	BARCELONA	30	937.0138	0	937.0138
4	1106199.7	1274787.8	GP-029-01	BRISAS DE PROVENZA	46	895.1106	0	895.1106
6	1106198	1274942	GP-029-02	GRANJAS DE PROVENZA	46	892.1666	0	892.1666
7	1107342	1277362	G-16-16	GUAYACANES	21	963.833	0	963.833
9	1105000.82	1274919.11	MAL-21-01	MALPASO	30	882.131	0	882.131
14	1105861	1276867	C-29-07	CORDONCILLO	30	916.54166	0	916.54166
20	1107587	1278364	PAA-20-11	PAN DE AZUCAR ALTO	30	1046.5	0	1046.5
29	1102804.95	1278118.17	DB-30-04	DON BOSCO	33	883.569	0	883.569
31	1104334.95	1277399.81	BAL-12-05	BALCONCITOS	15	895.1487	0	895.1487
34	1105113.38	1281652.58	LAI 2-16-07	LA INDEPENDENCIA	25	886.37308	0	886.37308
35	1106000.34	1277239.81	LAC-12-08	LA CEIBA	35	913.38233	0	913.38233
38	1107271.34	1277518.99	LAF-06-08	LA FLORESTA	34	925.91208	0	925.91208
39	1106717.19	1275729.75	DIA-05-05	DIAMANTE 2	35	895.5008	0	895.5008

ID	X(m)	Y(m)	CODIGO	BARRIO DE PERFORACION	PROF. (m)	COTA TERRENO	PROFUNDIDAD EN LA QUE AFLORA Sfl2	COTA Sfl2
41	1103225.93	1278090.59	LAJ-16-05	LA JOYA	30	884.46416	0	884.46416
42	1105450.7	1275810.21	QLF-12-07	LA IGLESIA-FONTANA 3	29	851.7225	0	851.7225
43	1103359.18	1278525.58	SAN-15-04	SANTANDER	30	892.0333	0	892.0333
45	1105772.49	1276424.73	PVI-21-21	JUAN 23	30	897.6225	0	897.6225

**ANEXO C. IMAGEN TIPO RASTER SUMINISTRADA POR LA CORPORACIÓN**



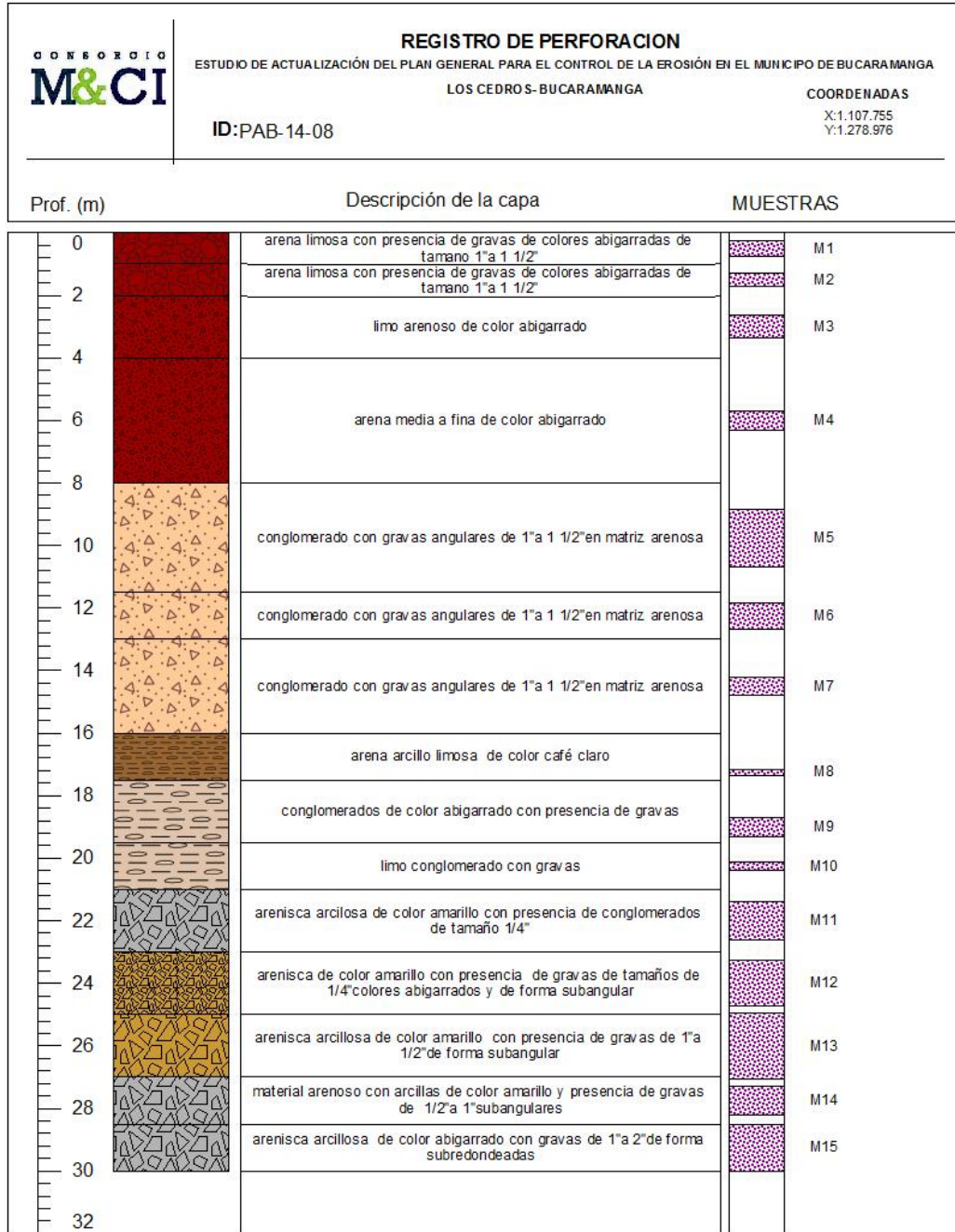
## ANEXO D. IMPRESIÓN DEL MAPA DE LOS 41 SITIOS ANALIZADOS



Mapa de Bucaramanga con los 41 sitios analizados por el Consorcio M&CI

## ANEXO E REGISTRO DE PERFORACION DEL BARRIO TIPO PAN DE AZUCAR BAJO

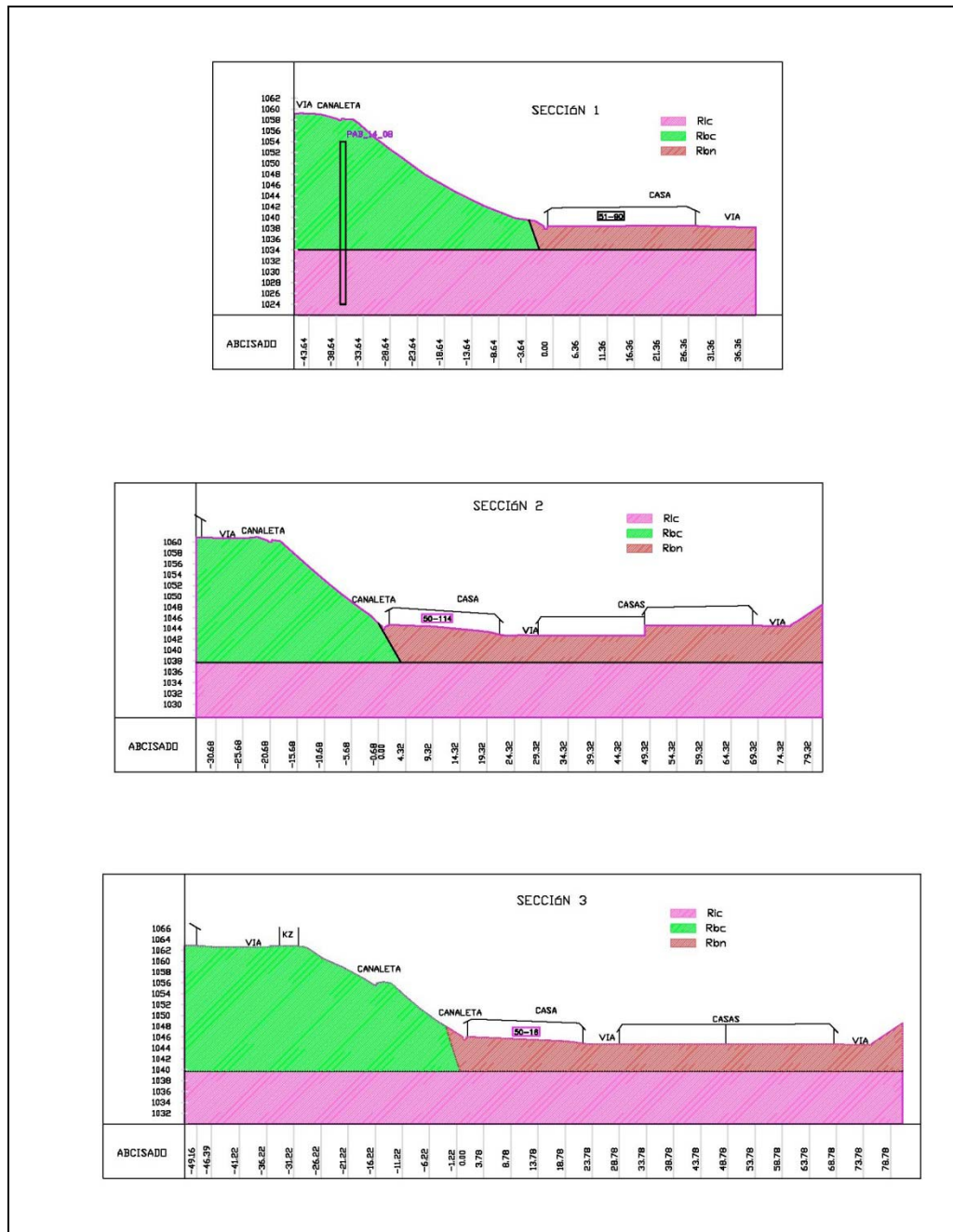
**Foto 1. Registro Perforacion Sondeo PAB 14-08 Pan de Azucar Bajo**



FUENTE: INFORME VOLUMEN VI ESTABILIDAD, BARRIO PAN DE AZUCAR BAJO. CDMB

## ANEXO F PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL BARRIO TIPO PAN DE AZUCAR BAJO

Foto 2 Perfiles estratigraficos del sector Pan de Azucar Bajo



FUENTE: INFORME VOLUMEN VI ESTABILIDAD, BARRIO PAN DE AZUCAR BAJO. CDMB

**ANEXO G. FOTOS UNIDADES GEOLOGICAS DEL BARRIO PAN DE AZUCAR  
BAJO**

**Foto 3 Unidad de Roca Blanda RBC**



**FUENTE: INFORME VOLUMEN VI ESTABILIDAD, BARRIO PAN DE AZUCAR BAJO. CDMB**

**Foto 4 Unidad de Roca Blanda RBN**



**FUENTE: INFORME VOLUMEN VI ESTABILIDAD, BARRIO PAN DE AZUCAR BAJO. CDMB**

**Foto 5 Suelo Coluvial Inactivo SCO2**



**FUENTE: INFORME VOLUMEN VI ESTABILIDAD, BARRIO PAN DE AZUCAR BAJO. CDMB**

**Foto 6 Suelo Coluvial Inactivo SCO2**



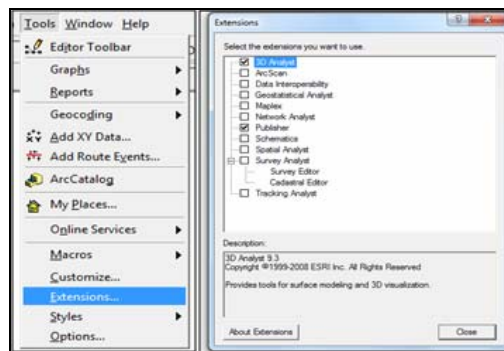
**FUENTE: INFORME VOLUMEN VI ESTABILIDAD, BARRIO PAN DE AZUCAR BAJO. CDMB**

## ANEXO H PROCEDIMIENTO PARA LA IMPRESIÓN DE MAPAS EN ARCGIS

Dentro de las herramientas disponibles en **ArcGIS**, se cuenta con **ArcReader** que es un visor de tipo presentación para mostrar un layout hecho desde **ArcMap**.

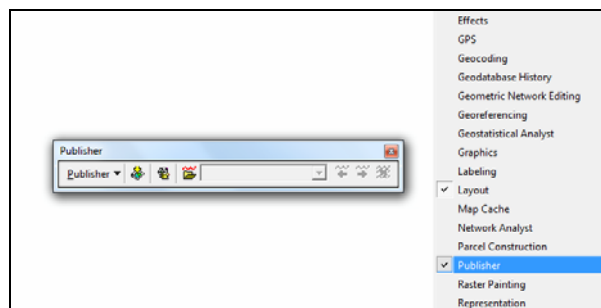
Se abre **ArcMap** y se comienza un nuevo proyecto, la vista que se tiene por defecto es **Data View** con el símbolo en la parte inferior izquierda de la ventana en forma de globo terráqueo. Para poder hacer impresión de un mapa se requiere activar la extensión **Publisher**, que se encuentra en la barra de menús **Tools**, **Extensions**, activar **Publisher** y para verla sobre las demás herramientas, clic derecho y activar **Publisher**.

### Imagen Anexo I 1. Extension Publisher



FUENTE. ArcMap 9.3 y modificada por los autores

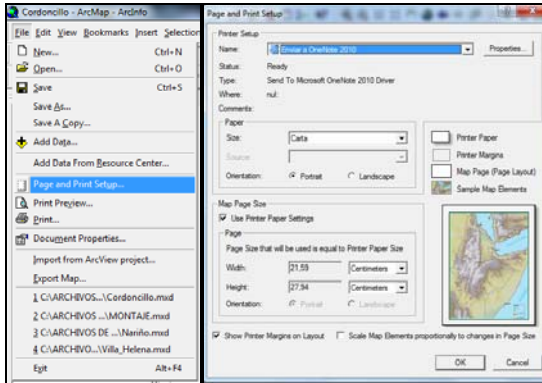
### Imagen Anexo I 2. Barra Publisher




FUENTE. ArcMap 9.3 y modificada por los autores

A continuación, en **File, Page and Print Setup**, hace el ajuste respectivo a la impresión, se maneja carta y Ok

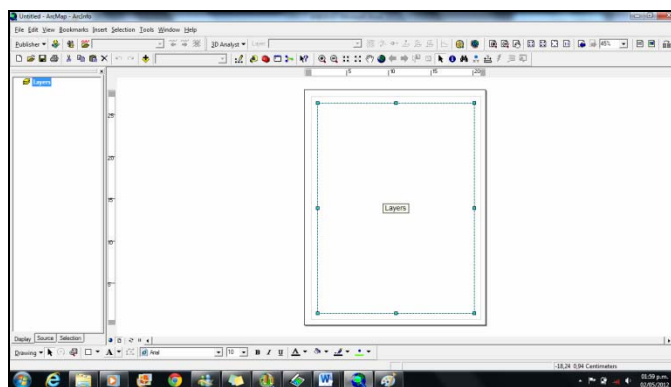
### Imagen Anexo I 3. Configurar Impresión



FUENTE. ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Luego de tener lista la extensión, se cambia el tipo de vista en el ícono al lado derecho de **Data View**, está **Layout View** en forma de papel , se da clic y aparece una hoja en blanco con las demarcaciones para vincular el mapa a imprimir

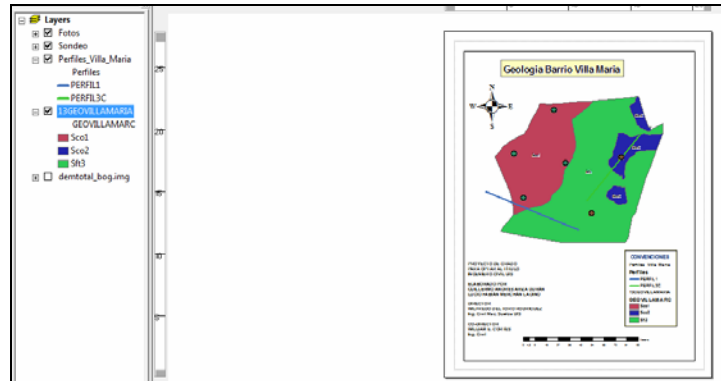
### Imagen Anexo I 4. Vista Layout



FUENTE. ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Se agregan los shapes que se quieren mostrar, estos aparecen anexados al lado izquierdo del archivo.

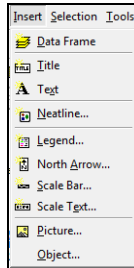
## Imagen Anexo I 5. Arreglo de mapa con las herramientas Insert



FUENTE. ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Para hacer etiquetas o anotaciones como el título, el norte, escala gráfica, leyenda, se accede por medio de la barra de menús en **Insert**, en la lista desplegable aparecen las opciones mencionadas.

## Imagen Anexo I 6. Opciones de Insert

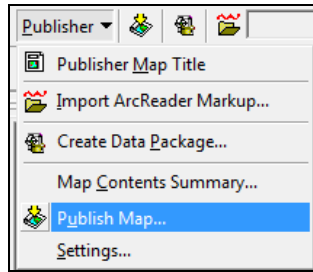


FUENTE. ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Para acceder a cada función, se da clic en que se desee, el programa muestra en el Layout una ventana con líneas a trazos indicando que está listo para ingresar texto o imagen o lo que se desee, para las funciones de **Legend**, **North Arrow**, **Scale Bar**, **Scale Text**, aparece siempre una ventana de asistente en la cual se modifican los parámetros para obtener al final un producto para impresión.

Ya arreglado el mapa, ir a **Publisher**, se despliega y clic en **Publish Map**, guardamos el mapa con un nombre y **Aceptar**.

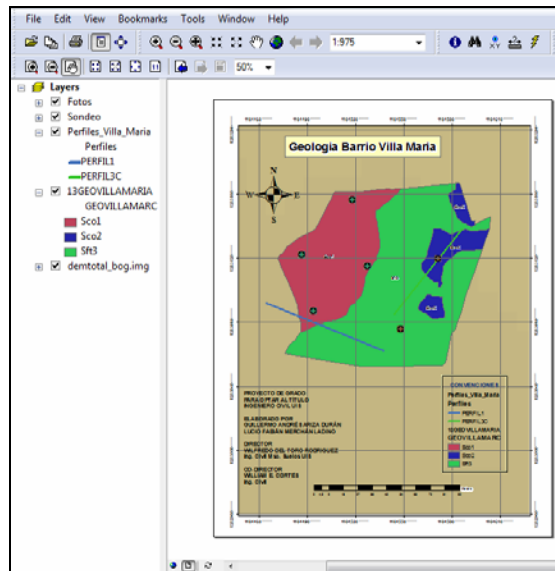
## Imagen Anexo I 7. Publicar Mapa



FUENTE. ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Para visualizar el mapa como presentación, hacemos de la aplicación ArcReader, que trae ArcGIS, la interfaz grafica es muy similar a las vistas en ArcScene y ArcMap, sólo que aquí tenemos utilidades para hacer modificaciones al mapa y poderlo publicar en la web.

## Imagen Anexo I 8. Publicación de mapa en ArcReader

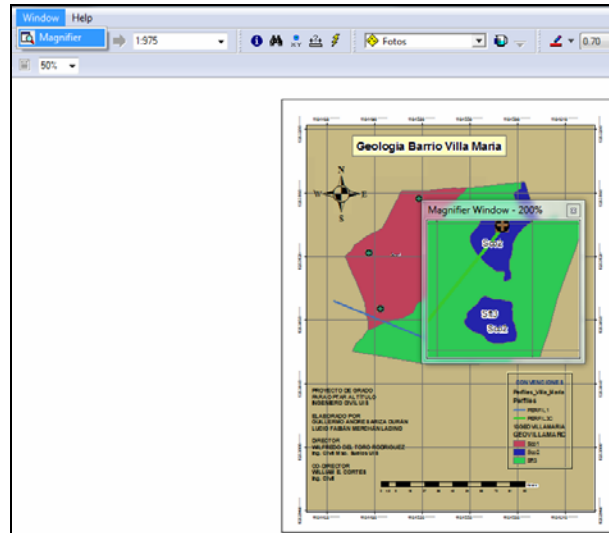


FUENTE. ArcReader 9.3 y modificada por los autores

Para destacar en ArcReader, en la barra de menú Window, Magnifier, dentro del mapa nos aparece un cuadro pequeño al cual se le puede alterar el aumento para

mirar con mas detalle sin perder detalle del mapa entero, es como si se tuviese una lupa, es de gran utilidad cuando se quieren mostrar hipervínculos de puntos.

### Imagen Anexo I 9. Utilidad Magnifier al 200%



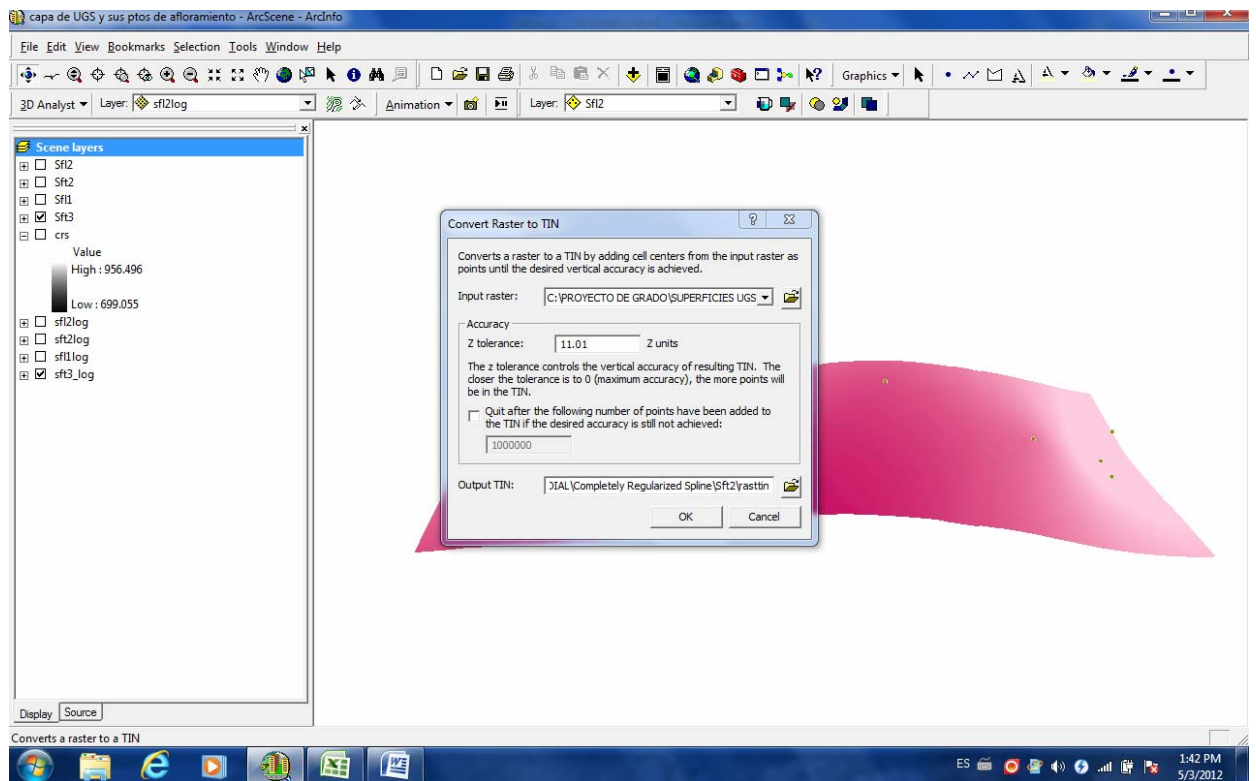
FUENTE. ArcReader 9.3 y modificada por los autores

## ANEXO I GENERACION DE UN PERFIL DE UNA SUPERFICIE DE SUELO

La superficie a trabajar como ejemplo es el Raster Sft2 creado por el método **Kriging Ordinario**, la transformamos en Tin, seleccionando 3D Analyst desplegándose un menú, seleccionando convert desplegándose un menú, seleccionando Raster to Tin, aparece el cuadro Convert Raster to Tin el cual seleccionamos el Raster a transformar y damos la ruta donde se guardara el Tin como se muestra a continuación:

### Convertir Raster a Tin

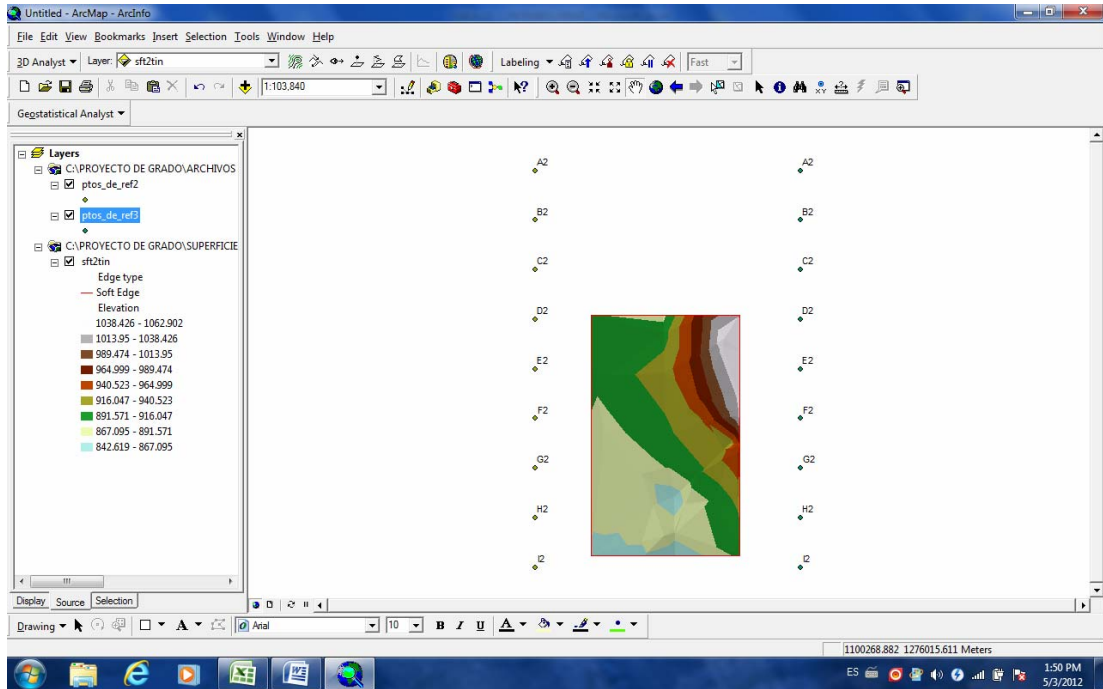
### Convertir Raster a Tin




FUENTE. ArcScene 9.3 y modificada por los autores

Abrimos ArcMap y cargamos el Tin y los puntos de referencia para hacer el corte G2

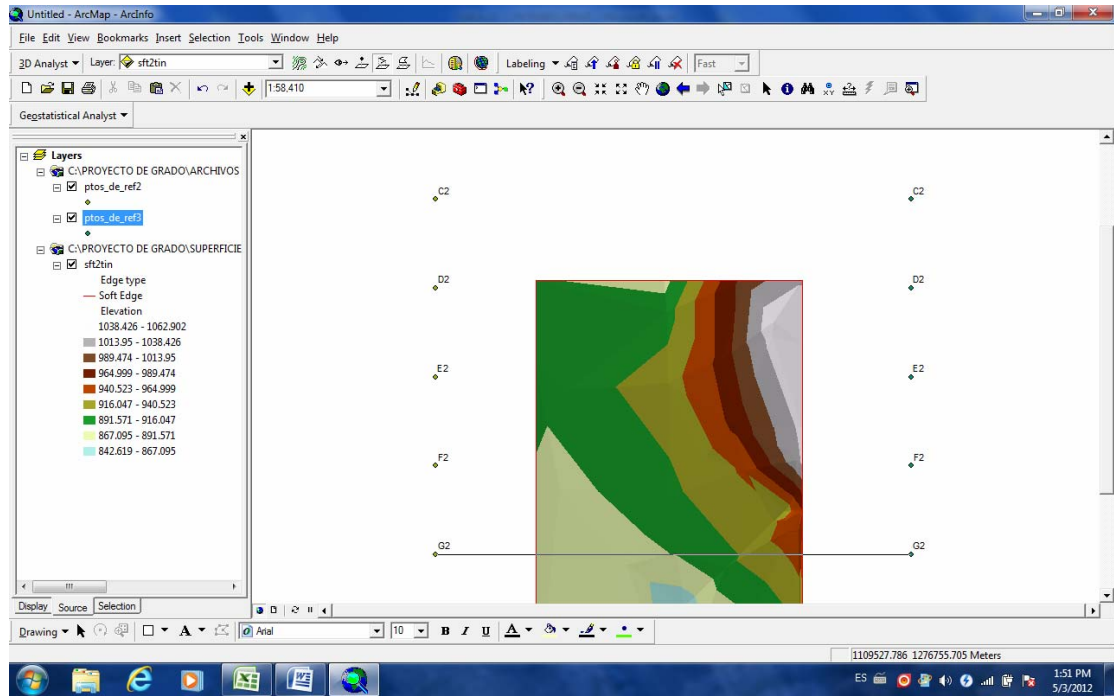
### Tin de la superficie Sft2




FUENTE. ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Seleccionamos Interpolate Line  y trazamos la línea entre los puntos G2.

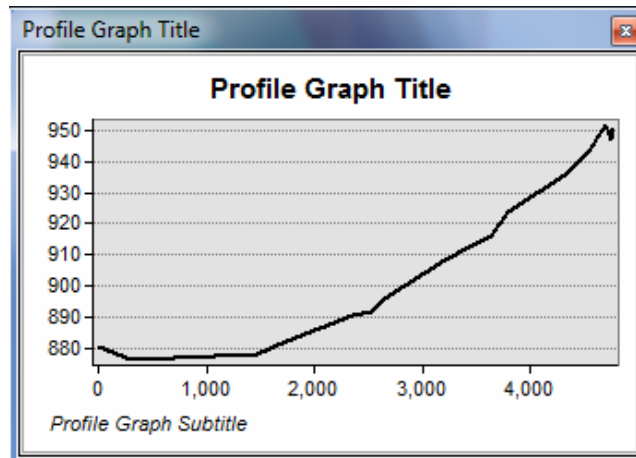
## Corte G2 Al tin Sft2



FUENTE. ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Posteriormente Seleccionamos la línea y pulsamos Create Profile Graph  y aparece el perfil

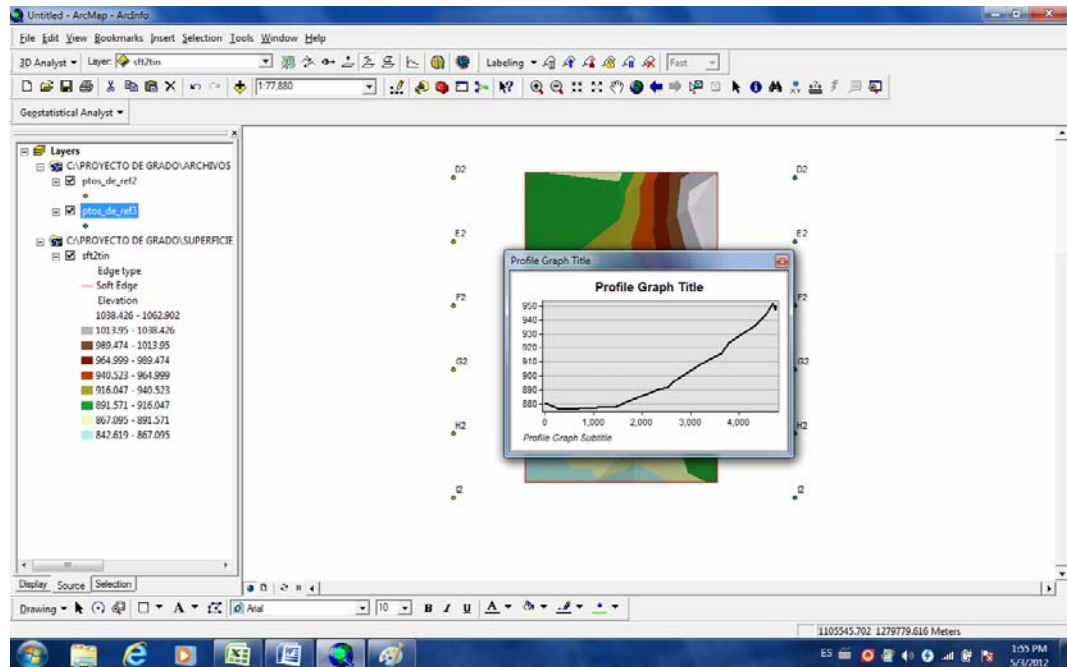
## Perfil G2 del Tin Sft2



FUENTE. ArcMap 9.3 y modificada por los autores

El cual podemos exportar a PDF y también una tabla de Excel con los puntos que describen la trayectoria del perfil. Se hace clic derecho al cuadro, desplegándose un menú selección Export y le damos una ruta al archivo PDF y Excel en donde se guardaran.

### Perfil G2 del tin Sft2



FUENTE. ArcMap 9.3 y modificada por los autores

Posteriormente haremos el mismo corte en G2 para sacar los perfiles de las diferentes capas de las Unidades Geológicas Superficiales.