Generación de modelo de mapa de ruido en base a la resolución 627 de 2006 con uso de sistemas de información geográfico (SIG).

Modalidad: Proyecto de investigación

Carlos Rojas Tobar
CC 1.098.790.787
Fabián Castellanos Altuve
CC 1.098.728.143
Gonzalo Andrés Orozco Caamaño
CC 1.096.242.038

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería en Topografía
Bucaramanga, Santander, octubre 10 de 2022

Generación de modelo de mapa de ruido en base a la resolución 627 de 2006 con uso de sistemas de información geográfico (SIG).

Proyecto de investigación

Carlos Rojas Tobar

CC 1.098.790.787

Fabián Castellanos Altuve

CC 1.098.728.143

Gonzalo Andrés Orozco Caamaño

CC 1.096.242.038

Trabajo de Grado para optar al título de

Título al que optan los autores: Ingeniero en topografía

DIRECTOR

M.Sc Clara Inés Torres Vásquez

Grupo de investigación – GRIMAT

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER

Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías

Ingeniería en topografía

Bucaramanga, 10 de octubre de 2022

Nota de Aceptación

Aceptado y aprobado

M.Sc Emily Nuñez Eguis
Firma del Evaluador

M.Sc Clara Inés Torres Vásquez
Firma del director

DEDICATORIA

“Dedico este proyecto a mi madre que brindó su apoyo y sin cansancio fue incondicional, a la memoria de mi abuela, quien me hubiese gustado estuviera conmigo a la hora de recibir mi diploma y que ahora me acompaña en mis recuerdos” – Carlos R. Tobar.

“A nuestros padres por darnos la vida, a nuestros familiares amigos y pareja por estar siempre en nuestros momentos difíciles, así como en nuestros momentos de gozo, a nuestros profesores que nos regalaron parte de su conocimiento en este proceso de aprendizaje” – Fabián Castellanos.

AGRADECIMIENTOS

De manera amplia agradecemos a quienes hicieron parte del desarrollo de este proyecto, a la directora del proyecto M.Sc Clara Torres por su disposición y buenos consejos, a la empresa ICC Ambiental por ofrecer oportunidades de crecimiento tanto personal como profesionalmente, ya que fueron ellos quien nos propusieron la generación de los mapas, a nuestras familias por su apoyo emocional, agradecemos a Dios por brindarnos la paciencia y sabiduría para llevar este ciclo a cabo.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO **12**

INTRODUCCIÓN **13**

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN **14**

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **14**

1.2. JUSTIFICACIÓN **15**

1.3. OBJETIVOS **16**

1.3.1. OBJETIVO GENERAL 16

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16

1.4. ESTADO DEL ARTE **17**

1.4.1. EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA Y SU RELACIÓN CON EL ESTADO DE ESTRÉS DE LA POBLACIÓN A TRAVÉS DE MAPAS DE RUIDO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE HUANCAVELICA PARA EL AÑO 2019. 17

1.4.2. EVALUACIÓN DE IMPACTO SONORO EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ 18

1.4.3. RELACIÓN ENTRE LA PERCEPCIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL Y LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA EN HORARIO NOCTURNO SAN BORJA - LIMA 2015 18

1.4.4. CARACTERIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA PARA EL CASCO CENTRAL DEL CANTÓN DE SAN JOSÉ 19

1.4.5. EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS, PERÚ. 20

1.4.6. ELABORACIÓN DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN SEGÚN LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA POR TRÁFICO URBANO EN BOGOTÁ, COLOMBIA. 21

1.4.7. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA DISPERSIÓN DEL RUIDO EN AEROPUERTOS, ESTUDIO DE CASO: AEROPUERTO OLAYA HERRERA DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN. 21

1.4.8. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA DEL MUNICIPIO DE FUNZA, CUNDINAMARCA. 22

1.4.9. RESOLUCIÓN ESPACIAL EN LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE RUIDO POR INTERPOLACIÓN. 23

1.4.10. ANÁLISIS DE LA ASOCIACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA Y TRÁFICO VEHICULAR EN LOS ALREDEDORES DE LA CLÍNICA SANTA MARÍA DE LA CIUDAD DE SINCELEJO – SUCRE 24

2. MARCO REFERENCIAL 26

2.1. MARCO TEÓRICO 26

2.2. MARCO LEGAL 27

2.2.1. RESOLUCIÓN 8321 DEL 4 DE AGOSTO DE 1983 27

2.2.2. RESOLUCIÓN 0627 DEL 7 DE ABRIL DEL 2006 27

2.3. MARCO CONCEPTUAL 27

2.3.1. SONÓMETRO 27

2.3.2. CONTAMINACIÓN AUDITIVA 28

2.3.3. RUIDO 28

2.3.4. DECIBEL 28

2.3.5. FUENTES MÓVILES 29

2.3.6. FUENTES FIJAS 29

2.3.7. MAPA DE RUIDO 29

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION 32

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO 35

4.1. EXPLORACIÓN DE INFORMACIÓN 35

4.2. ORGANIZACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS 35

4.2.1. CONVERSIÓN DE COORDENADAS Y USO DE MAGNAPRO 5.0 35

4.2.2. OBTENCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS POR MEDIO DE UN SONÓMETRO. 39

4.2.3. OBTENCIÓN DE MODELOS DE ELEVACIÓN DIGITAL (DEM) 40

5. RESULTADOS 41

6. CONCLUSIONES 75

7. RECOMENDACIONES 76

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77

9. APENDICES ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

10. ANEXOS ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 MagnaPRO 5.0 38
Figura 2 Creación de carpeta para almacenamiento 41
Figura 3 Organización de excel 42
Figura 4 Guardado de archivo csv (delimitado por comas) 43
Figura 5 Imagen tomada de la página de ASF Search. 44
Figura 6 Configuración del satélite 44
Figura 7 Polígono de búsqueda para modelo de elevación digital. 45
Figura 8 Configuración para tipo de archivos a buscar. 46
Figura 9 Filtración de DEM por fecha, desde la más actual a la más antigua, según filtros seleccionados. 47
Figura 10 Descarga de modelo de elevación digital. 47
Figura 11 Descompresión de DEM descargado de la página ASF Search. 48
Figura 12 Geoportal del DANE. 49
Figura 13 Organización de la carpeta de almacenamiento de datos. 50
Figura 14 Primer inicio de ArcMap, de ArcGIS. 51
Figura 15 Catalog y ArcToolbox. 52
Figura 16 Búsqueda de carpeta de almacenamiento *Primer_Modelo* 53
Figura 17 Carga de archivos a la tabla de contenidos. 54
Figura 18 Pasos para agregar un nuevo sistema de coordenadas 55
Figura 19 Convertir archivos .csv a shape. 56
Figura 20 Puntos con coordenadas definidas. 57
Figura 21 Pasos para agregar un mapa base 58
Figura 22 Mapa base agregado en ArcGIS 59
Figura 23 Visualización de un modelo de elevación digital. 60

Ilustración 24 Obtención curvas de nivel 61
Figura 25 Etiquetas (Label) para los puntos de estudio. 62
Figura 26 Herramienta Geostatistical Analyst. 63
Figura 27 Proceso para realizar interpolación de datos. 64
Figura 28 Interpolación con IDW en ArcGIS. 65
Figura 29 Reclasificación y ajuste de colores. 66
Figura 30 Colores e intervalos ya configurados. 67
Figura 31 Data Frame agregados junto con el mapa político nacional, Departamento y municipio. 68
Figura 32 Configuración de página de dibujo. 69
Figura 33 Menú Insert. 70
Figura 34 Disposición de datos requeridos para el mapa. 71
Figura 35 Inserción de grilla de coordenadas. 72
Figura 36 Modelo de mapa terminado. 73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Niveles máximos permitidos en diversos sectores, resolución 627 de 2006 30

Tabla 2 Combinación de colores para representaciones gráficas cada 5 dB (A), resolución 627 de 2006 31

Tabla 3 Combinación de colores para representaciones gráficas cada 10 dB (A), resolución 627 de 2006 31

Tabla 4 Parámetros de la proyección, tomado de la Resolución 471 de 2020 36

Tabla 5 Datos obtenidos mediante un sonómetro y corregidos por profesionales ambientales haciendo uso de las recomendaciones de la resolución 627 de 2006. 40

Tabla 6 Links para obtención de cartografía base. 49

Tabla 7. .....**¡Error! Marcador no definido.**

RESUMEN EJECUTIVO

Para la construcción del mapa de ruido se utilizan como entrada perfiles de muestreo de campo a través de mediciones de nivel de presión sonora en base al método grid con respecto a las ubicaciones de los puntos de monitoreo, con un borde aproximado de 175m aproximadamente, los datos fueron procesados mediante el Software Arcgis 10.1, realizando geoanálisis estadístico de los datos, para obtener la distribución espacial del ruido ambiental. El nivel de presión sonora superó el estándar nacional de calidad ambiental para ruido residencial nocturno en el 92,1% de los casos. En cuanto a las encuestas de percepción de ruido ambiental, están diseñadas en base a una revisión bibliográfica específica y toman como modelo la norma ISO/TS 15666.

Como objetivo se fijó la generación de una metodología para la creación de mapas de ruido o modelos de predicción de ruido mediante el uso de sistemas de información geográficos y teniendo en cuenta la normatividad vigente, en este caso fue la resolución 627 de 2006.

Adicionalmente, como resultado y conclusiones se obtuvo un modelo preciso en el cual se usó el método de interpolación IDW, aunque como recomendación para uso de muchos puntos de medición se recomendó el uso del método Kriging o Ko-kriging ya que su exactitud es mayor.

PALABRAS CLAVE. Decibel, Sonómetro, Ruido, SIG.

INTRODUCCIÓN

La importancia de este proyecto radica en la compresión del comportamiento de los niveles de presión sonora que puedan generar los proyectos a los cuales se aplicarán los mapas, este tipo de descripción gráfica permite a los profesionales evaluar zonas y tomar decisión que mitiguen daños a las poblaciones y medio biótico.

Este manuscrito tiene como propósito establecer una posible metodología para la elaboración de mapas de ruido, en este se detalla minuciosamente los pasos seguidos para la introducción y procesamiento de datos en ArcGIS, el uso de su herramienta de análisis geoestadístico, se consultaron normas como referencia en los requisitos para la creación de estos mapas, como lo fue la resolución 627 de 2006 y la resolución 8321 de 1983.

El método elegido para la elaboración de este proyecto fue la interpolación de datos usando IDW en el que los valores asignados a los puntos desconocidos se calculan con un promedio ponderado de los valores disponibles en los puntos conocidos y cuya limitación radica en la cantidad de puntos y el área que abarcan los puntos, donde a mayor superficie menor exactitud tendrá el método usado.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Descripción del problema

Los mapas de ruido son uno de estos instrumentos en la medición, evaluación y definición de las acciones para la prevención y control del ruido. Se constituyen en una representación gráfica de los niveles de exposición de las fuentes de ruido como el tráfico vehicular, los aviones, las vías férreas, las industrias, la construcción, las fiestas y las actividades humanas en general. Estos mapas son un método efectivo y relativamente económico de manejo, administración y manipulación de datos referidos al ruido y constituye una herramienta fundamental de gestión, planificación y control de ruido. (CUNDINAMARCA, 2007)

Existe carencia de información y experiencia sobre la metodología y desarrollo de mapas de presión sonora que se puedan aplicar en el análisis del impacto que puede genera un proyecto determinado a desarrollarse en un territorio afectando el medio ambiente por contaminación.
En Colombia se cuenta con la resolución 627 de 2006 por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental, sin embargo, dicha norma no se aplica eficazmente al generar mapas de presión sonora, por esto se plantea ¿Qué metodología es la más adecuada para la generación de mapas de presión sonora aplicados al estudio de contaminación ambiental según la resolución 627 de 2006 de Colombia?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La importancia de los mapas de ruido radica en la evaluación del impacto ambiental negativo con respecto a los niveles de presión sonora generados por determinados proyectos esto de acuerdo a los parámetros contenidos en la resolución 627 de 2006.

Conforme a la información existente se observa que no existe una metodología clara dentro del desarrollo de mapas de ruido, por lo tanto, se requiere de esta metodología como herramienta para brindarle mayor eficacia y veracidad para los estudios de impacto ambiental.

La presente propuesta se desarrollará dentro de la línea de investigación de geomática del grupo de investigación GRIMAT Y EL SEMILLERO SITA, permitiendo aplicar los conocimientos de la ingeniería en topografía y brindando un aporte a otras ramas como la ambiental en el campo del conocimiento.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer una metodología para el desarrollo de mapas de ruido que permita realizar la evaluación de impacto ambiental de un proyecto en un territorio y que cumpla con la resolución 627 de 2006 de Colombia.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar los documentos técnicos para los mapas de ruido estableciendo los parámetros a seguir en la elaboración de dichos mapas.

Organizar la información necesaria obtenida mediante un sonómetro para la elaboración de los mapas de ruido procesándola en un software para el desarrollo del modelo de mapa.

Diseñar un modelo de mapa de ruido basado los parámetros establecidos según resolución 627 de 2006 para estudio de impacto ambiental haciendo uso de técnicas de interpolación IDW o Kriging.

1.4. ESTADO DEL ARTE

1.4.1. Evaluación de los niveles de presión sonora y su relación con el estado de estrés de la población a través de mapas de ruido en el centro histórico de la ciudad de HUANCAVELICA para el año 2019.

La investigación se realizó con el fin de evaluar los niveles de presión sonora en el centro histórico de la ciudad de Huancavelica a través de mapas de ruidos y ver la relación existente con el estado de estrés de la población del distrito durante los meses de diciembre del 2019 a febrero del 2020, esta evaluación se realizó en 2 periodos para los días particulares de (lunes a viernes) y los fines de semana (sábados y domingos) en el horario diurno, se delimitó el área de estudio (centro histórico de la ciudad de Huancavelica), estableciéndose 25 puntos de monitoreo aleatorios usando el método de la cuadricula o rejilla de 65m x 65m, en cuanto a la evaluación del estado de estrés de la población se utilizó el cuestionario de encuesta donde se formuló 20 preguntas divididas en 04 grupos como: Efecto auditivo, Interferencia en la comunicación, Efecto psicológico y Efecto psicopatológico; logrando evaluar a 196 habitantes del distrito. De la evaluación de los niveles de presión sonora se efectuó en la zona comercial alcanzando valores de 70 – 75 dB y en la zona de protección especial con valores de 55 dB – 75 dB, superando excesivamente lo establecido en la norma vigente. En cuanto a la evaluación de las encuestas se evidencia que más del 60% de personas tiene problemas en el efecto auditivo, interferencia a la comunicación, efecto psicológico y efecto

psicopatológico, existiendo una relación directa positiva moderada entre los niveles de presión sonora y el estado de estrés de la población reflejado mediante la prueba de hipótesis de Rho Spearman con un coeficiente de correlación de 0.422. (Carrasco Llaique & Villavicencio Ortega, 2021)

1.4.2. Evaluación de impacto sonoro en la pontificia universidad católica del PERÚ

Este trabajo corresponde a una tesis donde se enfoca uno de los muchos impactos ambientales que se experimenta en la actualidad: La contaminación sonora, y se limitará a analizar los exteriores dentro del campus universitario en la Pontificia Universidad Católica del Perú (P.U.C.P.).La temática consiste en realizar un registro de los niveles de presión sonora en estos lugares mediante el uso de dispositivos de medición acústica (sonómetros);con estos se estiman los niveles de ruido respecto a las recomendaciones propuestas por la Organización Mundial de la salud (OMS) y las indicadas en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (Decreto Supremo Nº 85-2003-PCM publicada el 30/10/2003). (Baca Berrío & Seminario Castro, 2012)

1.4.3. Relación entre la percepción del ruido ambiental y los niveles de presión sonora en horario nocturno San Borja - Lima 2015

"Con el objetivo de determinar la relación entre la percepción del ruido ambiental y los niveles de presión sonora en horario nocturno en la franja horaria de 22:01 horas a 00:00 horas, en los sectores nueve y 11 del distrito de San Borja, Lima, se realizó una investigación entre Noviembre y Diciembre del 2015, este estudio comprendió la elaboración de un mapa de ruido en la zona en mención, área predominantemente residencial y encuestas para determinar la percepción del ruido

ambiental en la población residente. Para la elaboración del mapa de ruido se utilizó como insumo los registros de muestreo en campo mediante mediciones de niveles de presión sonora basándose en el método de la grilla para la ubicación de los puntos de monitoreo, con un lado de 175m aproximadamente, la data fue procesada mediante el software Arcgis 10,1, que realiza un análisis geoestadístico de los datos, para la obtención de la distribución espacial de ruido ambiental. Los niveles de presión sonora superaron el estándar de nacional de calidad ambiental parar ruido para zonas residenciales en horario nocturno en el 92.1% de los casos. Para las encuestas de percepción de ruido ambiental estas se diseñaron en base a revisión bibliográfica específica y tomando como modelo el ISO/TS 15666. Se calculó en base a un muestreo aleatorio estratificado un total de 375 encuestados para la población de la zona de estudio, los estratos fueron determinados en base a los niveles de presión sonora representados en el mapa de ruido, teniendo como referencia los 60 dBA. En base al análisis estadístico se determina que la respuesta de la población está relacionada con los niveles de presión sonora, que oscilan entre los 46.1 decibeles hasta los 72.2 decibeles, en el área y horario de estudio." (Jara Rojas, 2016)

1.4.4. Caracterización de la Distribución de los Niveles de Presión Sonora para el Casco Central del Cantón de San José

El ruido es un sonido no deseado y molesto que puede causar daños a la salud y problemas ambientales que afectan tanto a las zonas rurales como a las urbanas. En los últimos años, la medición, monitorización y mitigación del ruido se ha convertido en un tema importante debido al incremento del mismo provocado por distintas fuentes. El objetivo de este artículo es caracterizar la distribución de niveles de presión sonora para el centro de San José. Estas tomando mediciones en día

laboral en tres lapsos diferentes, en doce puntos de la ciudad utilizando un sonómetro 3M SD-2000, además se realizaron observaciones para caracterizar las fuentes de ruido. Como principales resultados se observó que los niveles promedio de presión sonora en los puntos de medición excedieron los parámetros de la legislación local de 2dB(A) a 5 dB(A) y que la mayor fuente de ruido fue causada por el tráfico. (Moya Bonilla & Monge Monge, 2015)

1.4.5. Evaluación del ruido ambiental en el Campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú.

En el presente estudio se evaluaron los niveles de ruido ambiental en el campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (Perú), se identificaron zonas con mayor generación de ruido y se construyó un mapa de ruido ambiental para todo el campus universitario. Para la distribución de los puntos de medición se trazó una cuadrícula sobre el plano perimétrico del campus, se aplicó una encuesta preliminar y se obtuvo un total de diez puntos georreferenciados, en los cuales se midió el ruido ambiental empleando sonómetros de tipo 2. Las mediciones se realizaron en horario diurno en tres turnos (mañana, mediodía y tarde) durante un periodo de dos semanas. Posteriormente se efectuó un análisis estadístico de los datos con el software Statistix y finalmente se elaboró un mapa de ruido ambiental utilizando el método de interpolación espacial con IDW (Inverse Distance Weighting). Los resultados indican que los valores del nivel de presión sonora continuo equivalente (LAcqT) superan los 50 dBA, límite máximo para zonas de Protección Especial según los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido, siendo las causas principales de estos valores las actividades de construcción, uso de maquinaria y tráfico vehicular. (López & Castillo, 2016)

1.4.6. Elaboración de mapas de zonificación según los niveles de presión sonora por tráfico urbano en BOGOTÁ, COLOMBIA.

El análisis de la contaminación ambiental está relacionado comúnmente con la detección de sustancias químicas que resultan tóxicas o nocivas para la salud en los diferentes medios naturales alrededor de los cuales vive el ser humano. Sin embargo, existen otro tipo de contaminantes que no percibimos comúnmente pero que tienen una implicación sustancial en los problemas de salud pública de una población urbana. Uno de ellos es lo que denominamos ruido, un tipo de contaminación descrita por un fenómeno físico que asociamos a un sonido no deseado o molesto que puede generar daños fisiológicos o psicológicos. El ruido ambiental se puede definir como todos aquellos sonidos no deseados en nuestro alrededor excepto aquellos que se originan en el lugar de trabajo (Lisa Goines & Louis Hagler, 2007). En general, el ruido se entiende como cualquier sonido no deseado o potencialmente dañino, que es generado por las actividades humanas y que deteriora la calidad de vida de las personas (Pacheco, Franco, & Behrentz, 2009). Actualmente, la contaminación auditiva es el tercer tipo de contaminación más peligroso a nivel global, solo superado por contaminación en fuentes hídricas y contaminación atmosférica. (Oviedo Castaño, 2016)

1.4.7. Metodología para el análisis de la dispersión del ruido en aeropuertos, estudio de caso: aeropuerto Olaya Herrera de la ciudad de Medellín.

Se presenta en este trabajo una metodología para la elaboración de mapas de ruido, utilizando el software de Sistemas de Información Geográfica ArcGIS en su versión 9.3. Para la elaboración del mapa de ruido se usó una muestra de 26 puntos, con valores de presión sonora, tomados por la Universidad de Antioquia, en la plataforma y en los alrededores del aeropuerto Olaya Herrera de la ciudad de

Medellín. Para la elaboración de los mapas de ruido se aplicaron técnicas de geoestadística, pues esta técnica señala que para fenómenos como los de tipo ambiental, las mediciones de la misma variable cercanas en tiempo o espacio deben estar correlacionadas. Para determinar la estructura de autocorrelación entre los datos y aplicación en la predicción de los valores de presión sonora en los sitios en donde no se tenían mediciones, se probaron distintas técnicas y procedimientos, que concluyeron que la técnica de interpolación Kriging era la más eficiente para representar fenómenos continuos como el ruido. Adicionalmente, se probaron varios modelos de dispersión de una variable, siendo el modelo J-Bessel, el que mejor representó el comportamiento de la variable objeto de estudio. Finalmente, se presenta un mapa de la zona de influencia directa del aeropuerto Olaya Herrera, conteniendo la cartografía básica de la zona y un layer en formato raster, cuyas celdas representan los valores de presión sonora para cada ubicación específica. (Alvaréz, 2009)

1.4.8. Análisis del comportamiento espacial de los niveles de presión sonora del municipio de Funza, Cundinamarca.

Se investigó la distribución espacial de los niveles de presión sonora en el Municipio de Funza, para esto se monitorearon 52 puntos en todo el municipio tanto en el horario diurno como nocturno, para el horario diurno los puntos con menor nivel se encontraron alejados del casco urbano y en algunas zonas residenciales, estos variaron entre 50 y 55 dB(A), mientras que los niveles más altos oscilaron entre 60 y 75 dB(A), los cuales se encontraban en las vías principales y las zonas con gran actividad comercial. Para el horario nocturno los niveles de presión sonora se encontraron valores entre 40 y 50 dB(A) por fuera del área urbana y los niveles más altos (80 -85 dB(A)) debido al alto flujo vehicular en las vías principales que conectan

al municipio con la Capital colombiana y a la cercanía con el aeropuerto El Dorado. Una vez obtenidos los niveles de presión sonora de cada punto, se generó el mapa de ruido ambiental para el municipio de Funza, tanto diurno como nocturno, utilizando la herramienta Geostatistical Analyst del software ArcGIS versión 10.5, a partir de este mapa se compararon los niveles de presión sonora con los sectores establecidos en la Resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial con el fin de evaluar el cumplimiento de los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en el municipio. Finalmente, los resultados arrojaron para el horario diurno que el 19,5% de la extensión del municipio cumple con la norma, mientras que 80,5% no cumple, para el horario nocturno el 15,7% cumple y el 84,3% no cumple con la norma. Estos valores se presentaron principalmente debido al alto flujo vehicular en las vías principales que conectan al municipio con la Capital colombiana y a la cercanía con el aeropuerto El Dorado. (Acosta Santos & Vargas Cediel, 2019)

1.4.9. Resolución espacial en la elaboración de mapas de ruido por interpolación.

Un análisis sobre la resolución espacial requerida en mediciones de ruido para generar mapas acústicos por interpolación es discutido. El proceso se basa en la generación de cartografía de referencia utilizando el software de predicción acústica SoundPLAN. Posteriormente, los resultados son exportados como receptores puntuales con diferentes resoluciones emulando mediciones en campo. Estos receptores son utilizados para construir mapas de ruido por interpolación que son comparados con su respectiva referencia. Entornos poco y densamente poblados han sido considerados en el presente estudio. En adición, una evaluación utilizando mediciones de ruido registradas en el barrio Estadio de la ciudad de Medellín

también es presentada. Los hallazgos indican que la resolución requerida para una correcta representación de la propagación sonora es dependiente de la complejidad del entorno. Para evaluaciones generales en las que se proyecta tener una estimación global de la condición acústica, una resolución de 80 m provee información estadísticamente representativa en asentamientos urbanos (Gómez, 2017).

1.4.10. Análisis de la asociación de los niveles de presión sonora y tráfico vehicular en los alrededores de la clínica Santa María de la ciudad de Sincelejo – Sucre

La contaminación acústica proviene de diferentes fuentes, pero el tráfico rodado ha sido identificado como la fuente principal de ruido ambiental en las ciudades. La OMS (Organización Mundial de la Salud) ha considerado los efectos de la contaminación acústica en la salud humana como el tercer tipo de contaminación más peligroso. Dado sus efectos en la salud, es de vital importancia estudiar los niveles de este contaminante en zonas con hospitales que cuentan con pacientes que se encuentran en proceso de recuperación. De esta manera el objetivo de esta investigación fue estudiar la asociación entre ruido emitido por el tráfico vehicular en vías en la zona hospitalaria Santa María (Clínica Santa María y centros médicos) ubicados en la ciudad de Sincelejo, Departamento de Sucre. Las mediciones fueron realizadas al costado de las vías en la zona Hospitalar (< 1,5 m) usando un sonómetro tipo II calibrado a 1,2 m del piso durante días hábiles y no hábiles en seis (6) puntos de la zona; además de hacer los conteos vehiculares. Los resultados obtenidos muestran que los límites permisibles fueron sobrepasados en todas las mediciones. Adicionalmente, se obtuvieron correlaciones entre tráfico vehicular y ruido. Los resultados fueron analizados con el propósito de proponer estrategias de

control y minimización del impacto ambiental por el ruido emitido del tráfico. (Orozco, 2019)

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

Desde un punto de vista físico, cualquier ruido es primariamente un sonido definido "como una variación de la presión del aire que puede ser detectada por el oído humano, logrando ser descrito mediante ciertos parámetros físicos, principalmente la intensidad y la frecuencia" (Laura Abad Toribio, 2011)

El ruido afecta tanto al sistema auditivo como a otros sistemas del organismo.
Una exposición constante y prolongada a niveles excesivos de sonido, como aquellos generados por automotores sin escape o con este alterado, maquinaria industrial e inclusive música de alta intensidad que sobrepasan los 85 dB – A (decibelios, nivel de presión sonora de tipo logarítmico), esto puede inducir lentamente, en algunos años, pérdida auditiva permanente, acumulativa e irreversible. (Burneo, 2007)

El perfil epidemiológico de Colombia muestra la prevalencia e incidencia de las enfermedades del oído, audición y comunicación que padece la población colombiana y su etiología, que incluye múltiples causas: 1) biológicas 2) hereditarias y/o congénitas, 3) malformaciones, 4) infecciones durante el embarazo, 5) otras infecciones, 6) complicaciones durante el periodo peri y postnatal, 7) Enfermedades infecciosas del oído (otitis media), 8) medioambientales: Exposición a ruidos excesivos, 9) Traumatismos craneoencefálicos y del oído. 10) adquiridas: enfermedad de Meniere, 11) tumores, 12) enfermedad cerebro-vascular, 13) envejecimiento, 14) uso de medicamentos ototóxicos, 15) comportamientos inapropiados, entre otros (Carolina Jones Zambrano, 2019)

2.2. Marco legal

2.2.1. Resolución 8321 Del 4 de agosto De 1983

Por la cual se dictan normas sobre protección y conservación de la audición de la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos.

2.2.2. Resolución 0627 del 7 de abril del 2006

La resolución 0627 del 7 de abril del 2006 por lo cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental, expedida por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo sostenible.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Sonómetro

El sonómetro es un instrumento de medida que sirve para medir niveles de presión sonora. En concreto, el sonómetro mide el nivel de ruido que existe en un determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio. (Audio Centro, 2017)

Por clase tenemos a cuatro tipos:

- Sonómetro de clase 0: se utiliza en laboratorios para obtener niveles de referencia.
- Sonómetro clase 1: Se utilizan en mediciones de precisión en el terreno.
- Sonómetro clase 2: Son utilizados para la toma de medidas generales en trabajos de campo.

- Sonómetro de clase 3: es el menos preciso y solo permite realizar mediciones aproximadas. (Tech Perú)

2.3.2. Contaminación auditiva

La contaminación auditiva es un fenómeno poco estudiado en la relación ciudad-ambiente. La combinación de ruido constante y permanente, el uso indiscriminado del automóvil y las políticas públicas desintegradas provocan una gestión ambiental incierta y poco clara frente a esta problemática. (Castillo, 2017)

2.3.3. Ruido

El ruido 151 Anales de Geografía de la Universidad Complutense 2000, 20: 149-161 Eduardo Muscar Benasayag El ruido nos mata en silencio tiene dos atributos; por una parte, es un fenómeno físico y, por otra es una sensación auditiva en el perceptor. De lo expresado se deduce que un sonido puede provocar reacciones placenteras, neutras o agresivas y, que en esta clasificación intervienen factores subjetivos por parte de quien los analiza o percibe. (Benasayag, 2000)

2.3.4. Decibel

La salida de sonido de una fuente constituye su poder y la intensidad del sonido en un punto en el espacio se define por la tasa de flujo de energía por unidad de área. La intensidad es proporcional al cuadrado medio de la presión sonora y, como el rango de esta variable es tan amplio, es habitual expresar su valor en escala logarítmica, en decibelios (dB). (Birgitta Berglund, 1995)

2.3.5. Fuentes móviles

Son las fuentes que, por razón de su uso o propósito, son susceptibles a desplazarse, como los automotores diseñados para circular en la vía pública o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza (p. ej.: automóviles, camiones, trenes, barcos, aviones, etc.). (BICENTENARIO PERÚ)

2.3.6. Fuentes fijas

Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa. (CAR)

2.3.7. Mapa de ruido

Son una herramienta que permite visualizar las condiciones en las que se encuentran los niveles de ruido a nivel municipal y para un periodo de referencia. Están compuestos por una serie de capas que permiten valorar el aporte de las diferentes fuentes de ruido ambiental como el tráfico rodado, la industria, el sistema férreo y aeropuerto. (Área metroppolitana del valle de Aburrá)

Los mapas presentan información por períodos, de acuerdo con la normatividad vigente (Resolución No. 627 de 2006), el período diurno corresponde de 7:01 a.m. a 9:00 pm y el nocturno 9:01 p.m. a 7:00 a.m.

2.3.7.1 ESTÁNDARES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL, EXPRESADOS EN DECIBELES DB(A)

Tabla 1 Niveles máximos permitidos en diversos sectores, resolución 627 de 2006

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderias, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
Sector C. Ruído Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruído Moderado	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Nota: tabla tomada de la resolución 627 de 2006

Si se identifican las diferentes zonas sobre un mapa mediante colores o sombreado, se recomienda que se use la combinación de colores (o el sombreado) y las clases especificadas en la Tabla 2 de este anexo. En algunos casos, es posible que sea suficiente usar ancho de zona igual a 10 dB(A); en tales casos, se deben emplear los colores (o el sombreado) como se especifica en la Tabla 1.

Tabla 2 Combinación de colores para representaciones gráficas cada 5 dB (A), resolución 627 de 2006

Zona de Ruido dB(A)	Color	Sombreado
Menor de 35	Verde claro	Puntos pequeños, baja densidad
35 a 40	Verde	Puntos medianos, media densidad
40 a 45	Verde oscuro	Puntos grandes, alta densidad
45 a 50	Amarillo	Líneas verticales, baja densidad
50 a 55	Ocre	Líneas verticales, media densidad
55 a 60	Naranja	Líneas verticales, alta densidad
60 a 65	Cinabrio	Sombreado cruzado, baja densidad
65 a 70	Carmín	Sombreado cruzado, media densidad
70 a 75	Rojo lila	Sombreado cruzado, alta densidad
75 a 80	Azul	Franjas verticales anchas
80 a 85	Azul oscuro	Completamente negro

Nota: tabla tomada de la resolución 627 de 2006.

Tabla 3 Combinación de colores para representaciones gráficas cada 10 dB (A), resolución 627 de 2006

Zona de Ruido dB(A)	Color	Sombreado
Menor de 45	Verde	Puntos medianos, media densidad
45 a 55	Amarillo	Líneas verticales, baja densidad
55 a 65	Naranja	Líneas verticales, alta densidad
65 a 75	Rojo	Sombreado cruzado, media densidad
75 a 85	Azul	Franjas verticales anchas

Nota: tabla tomada de la resolución 627 de 2006

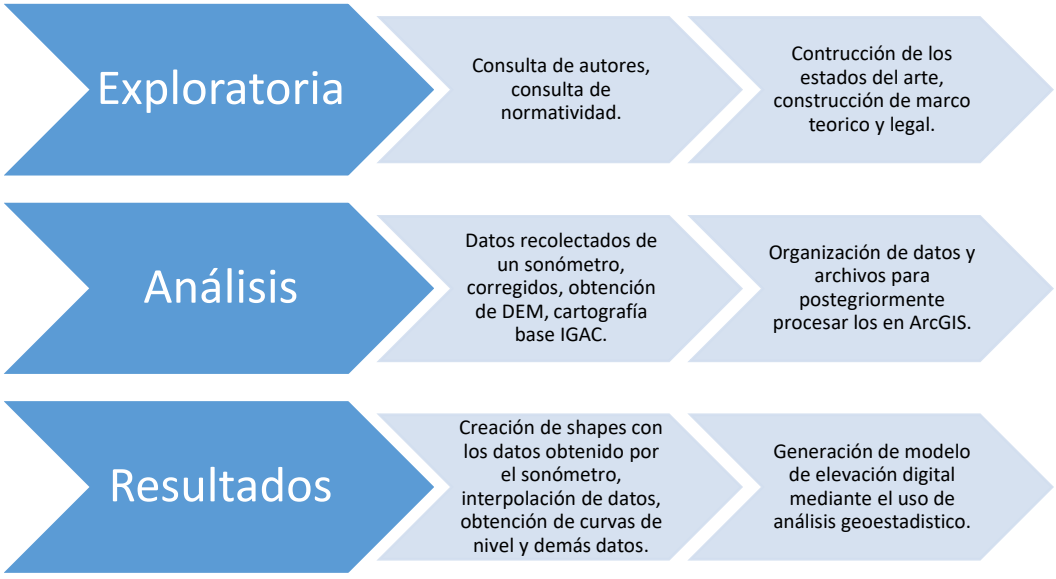
El mapa de ruido se debe establecer sobre el mapa oficial, de escala determinada, y en él se muestran los detalles relevantes de edificios, instalaciones de tráfico, áreas industriales, áreas de agricultura, vegetación y líneas de nivel (msnm). (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2006).

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Esta es una investigación de tipo exploratoria debido a que se abordará un tema poco estudiado, a su vez, también es descriptiva ya que se busca representar gráficamente los niveles de ruido (decibeles) sobre un plano y por último correlacional debido a que con esta representación se puede responder la pregunta sobre cómo se encuentran los niveles de ruido en la zona y estos cómo afectan a la población del lugar; tiene un enfoque tanto cuantitativo como cualitativo, aunque más cuantitativo debido a que se analizarán resultados numéricos y con estos formular un modelo predictivo sobre los niveles de ruido de la zona.

Se ha basado en un método en gran parte deductivo y de análisis, y que dentro de las técnicas empleadas se utilizaron una serie de experimentos y uso de herramientas tecnológicas como son los sistemas de información geográficos.

El presente proyecto se ha desarrollado en 3 fases, exploratoria, análisis de información y por último los resultados.



En la primera fase, la fase exploratoria, se consultaron autores cuyos estudios sobre el papel que desempeña las afectaciones de los niveles de presión sonora en los medios bióticos y humanos, de igual manera se consultaron autores cuyos trabajos sobre los mapas de ruido, se analizó la resolución 627 de 2006 buscando requerimientos para los mapas de ruido.

En la segunda fase se analizan datos obtenidos mediante un sonómetro donde se corrigieron como lo dicta la resolución 6 27 de 2006, se realizó conversión de coordenadas al nuevo origen de coordenadas para Colombia, al igual que se obtuvieron modelos de elevación digital de 12.5 m por medio del satélite ALOS con la modalidad PALSAR FBS de resolución final.

Por último, en la fase de resultados la información ya revisada y corregida con la cual haciendo uso de ArcGIS y su Geostatistical Analyst o Análisis geoestadístico y con el método de interpolación IDW ya que solo se usarán 2 puntos como ejemplo

y aplicación para un área rural sobre un estudio de impacto ambiental de una planta de materiales triturados para la construcción de una vía en el departamento de Santander, más específicamente en el municipio de Girón.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. Exploración de información

Se consultaron 15 autores de los cuales solo 10 fueron tomados como referencia para la construcción de los estados del arte, pero solo 4 se seleccionaron para tomar la elaboración de los mapas, entre los que se destacan:

- La resolución 627 de 2006 como pilar fundamental ya que dicta los requerimientos para los planos.
- Metodología de elaboración de mapas acústicos en un caso específico en Medellín.
- Implementación y manejo de ArcGIS para la elaboración de mapas.
- Comparación en métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos.

4.2. Organización y análisis de datos

4.2.1. Conversión de coordenadas y uso de MagnaPRO 5.0

Para iniciar la elaboración de los planos hay que tener en cuenta que se usará el nuevo origen único de coordenadas para Colombia presentados en la resolución 068 del 28 de enero de 2005, por la cual se adopta como único datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA-SIRGAS. Sustituye La adopción del Datum Bogotá (Elipsoide Internacional o de Hayford) (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005)

Tabla 4 Parámetros de la proyección, tomado de la Resolución 471 de 2020

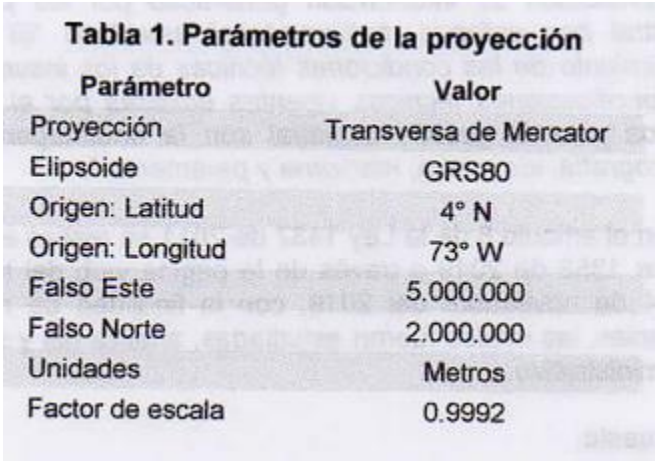


Tabla 1. Parámetros de la proyección

Parámetro	Valor
Proyección	Transversa de Mercator
Elipsoide	GRS80
Origen: Latitud	4° N
Origen: Longitud	73° W
Falso Este	5.000.000
Falso Norte	2.000.000
Unidades	Metros
Factor de escala	0.9992

Nota: tabla tomada de la resolución 471 de 2020

Se usará este origen de coordenadas ya que estos mismos puntos podrán ser usados para la elaboración de una geodata según requerimientos de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), el SIG de la ANLA, se está alimentado con la información geográfica de los proyectos, obras y actividades que competen a la entidad, la cual es consolidada en una base de datos institucional según los modelos de almacenamiento de la ANLA. De esta manera, la información geográfica de los Estudios de Impacto Ambiental –EIA-, Diagnóstico Ambiental de Alternativas –DAA-, Planes de Manejo Ambiental -PMA- y los Informes de Cumplimiento Ambiental –ICA-, así como todo tipo de datos que facilite la evaluación y el seguimiento de los proyectos, harán parte del SIG, integrando la información con los demás sistemas o aplicativos en uso por parte de la ANLA, tales como el Sistema de Información de Licencias Ambientales –SILA-, la Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea –VITAL- y el Registro Único Ambiental –RUA-. (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales)

Dado que generalmente las coordenadas se reciben en coordenadas geográficas, es decir que están representadas bien sea en grados sexagesimales (grados, minutos y segundos) o grados decimales.

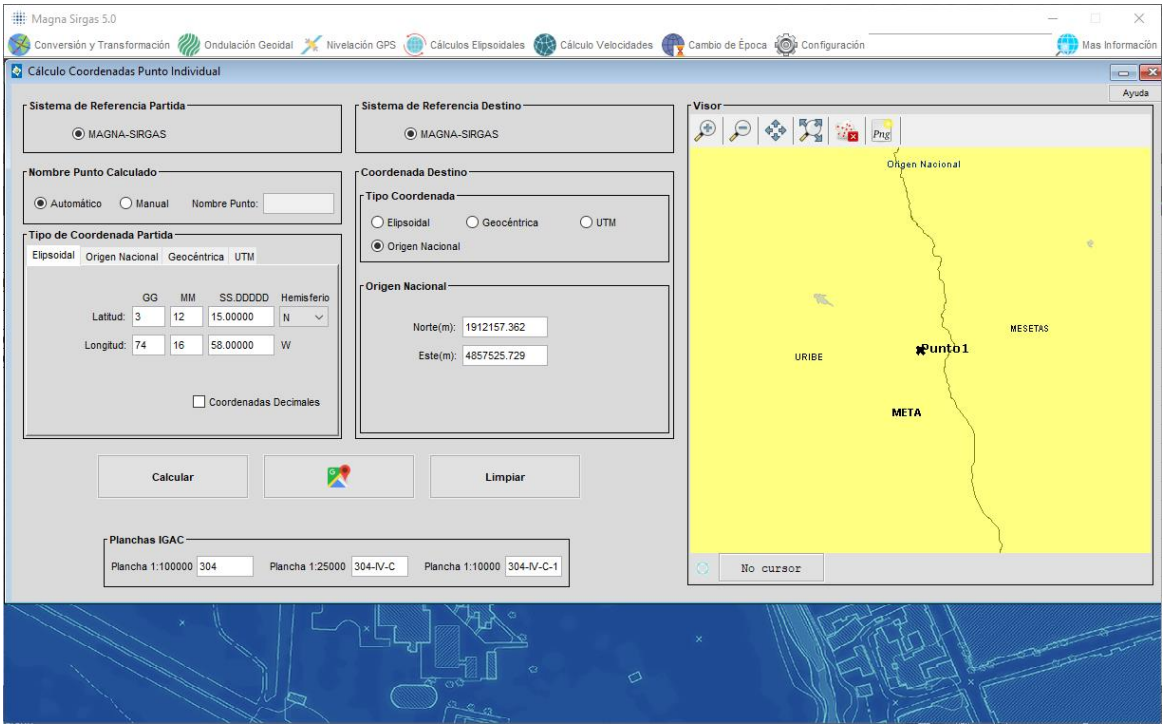
Para la conversión de coordenadas se usa el software MagnaPro distribuido por el IGAC como software de código abierto o gratuito el cual se podrá descargar desde el siguiente enlace https://drive.google.com/file/d/1-LjY9bQvCxmTquRw-2t4oMdhiO6jlj-d/view?usp=sharing.

Ahora bien, el software tiene requisitos mínimos para su ejecución los cuales son:

- Sistema operativo Windows XP o superior, Linux, Mac OS X.
- Máquina virtual Java 1.8 o superior.
- Cualquier aplicativo que permita la descompresión de archivos .RAR
- Cualquier aplicativo que permita abrir y guardar archivos planos (.csv), así como ficheros en formato (.xls o .xlsx). (IGAC, 2021)

Para empezar a convertir las coordenadas dado el caso que lo requiera, se debe ubicar la carpeta de instalación del software y abrir archivo MagnaSirgas5, se desplegará una ventana como se muestra en la siguiente Figura.

Figura *1* MagnaPRO 5.0



Nota: Software propio del IGAC

- Una vez abierto se selecciona como sistema de referencia MAGNA-SIRGAS, se selecciona el tipo de coordenadas que se tienen que para este ejemplo son Elipsoidales.
- Seguidamente se introducen las coordenadas en el Cuadro de Coordenadas de Partida como se observa en la anterior Figura, luego en cuadro Coordenadas de Destino se selecciona Origen único y se da clic en el botón Calcular.

- Posteriormente el software arrojará la coordenada con el nuevo origen de coordenadas, la ubicación, la plancha en que se ubica la coordenada y la escala de la plancha.

4.2.2. Obtención y organización de los datos obtenidos por medio de un sonómetro.

La resolución 627 de 2006 en el artículo 4 Se establecen como parámetros principales para la medida del ruido los siguientes:

- Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, LAeq,T y ponderado lento (S).
- Ruido Residual, medido como nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, LAeq,T, Residual
- Nivel percentil L90

Por otro lado, el artículo 5 dice que el intervalo unitario de tiempo de medida se establece en una hora la cual puede ser medida en forma continua o con intervalos de tiempo distribuidos uniformemente hasta obtener, como mínimo, quince (15) minutos de captura de información.

Asimismo, el articulo 6 dispone los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LAeq,T, LAeq,T, Residual y nivel percentil L90 , se corrigen por impulsividad, tonalidad, condiciones meteorológicas, horarios, tipos de fuentes y receptores, para obtener niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LRAeq,T , LRAeq,T, Residual y nivel percentil L90 , respectivamente.

Las correcciones, en decibeles, se efectúan de acuerdo con la siguiente ecuación para los parámetros de medida de que trata el artículo 4° de esta resolución:

- KI es un ajuste por impulsos (dB(A))
- KT es un ajuste por tono y contenido de información (dB(A))
- KR es un ajuste por la hora del día (dB(A))
- KS es un ajuste (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones, por ejemplo, bajas frecuencias (dB(A))
- (X) corresponde a cualquiera de los parámetros de medida de que trata el artículo 4° de esta resolución.

El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, LAeq,T, solo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A). (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2006).

Tabla 5 Datos obtenidos mediante un sonómetro y corregidos por profesionales ambientales haciendo uso de las recomendaciones de la resolución 627 de 2006.

ESTACIÓN	Integración			Factores de corrección K						RESULTADO			
	Leq S Integrado	Leq Residual o L90	Leq I Integrado	CORRECCIÓN KI Leq S		CORRECCIÓN KT Leq	CORRECCIÓN KS Leq	CORRECCIÓN KR Leq	K máximo	Leq S - Corregido	k Máximo	L Residual Corregido	Corrección de Pantalla**
				Leq I-Leq S	Resultado								
1L	46,92	47,38	58,18	11,3	6	6	0	N.A	6	52,9	6	53,4	-
2L	42,91	44,8	62,6	19,7	6	6	0	N.A	6	48,9	6	50,8	-
3L	65,84	45,68	65,28	-0,6	0	3	0	N.A	3	68,8	3	48,7	-
1D	50,48	48,34	52,97	2,5	0	6	0	N.A	6	56,5	6	54,3	-
2D	46,19	47,83	51,69	5,5	3	6	0	N.A	6	52,2	6	53,8	-
3D	41,7	46,98	50,47	8,8	6	6	0	N.A	6	47,7	6	53	-

Nota: Tabla suministrada por ICC AMBIENTAL.

4.2.3. Obtención de modelos de elevación digital (DEM)

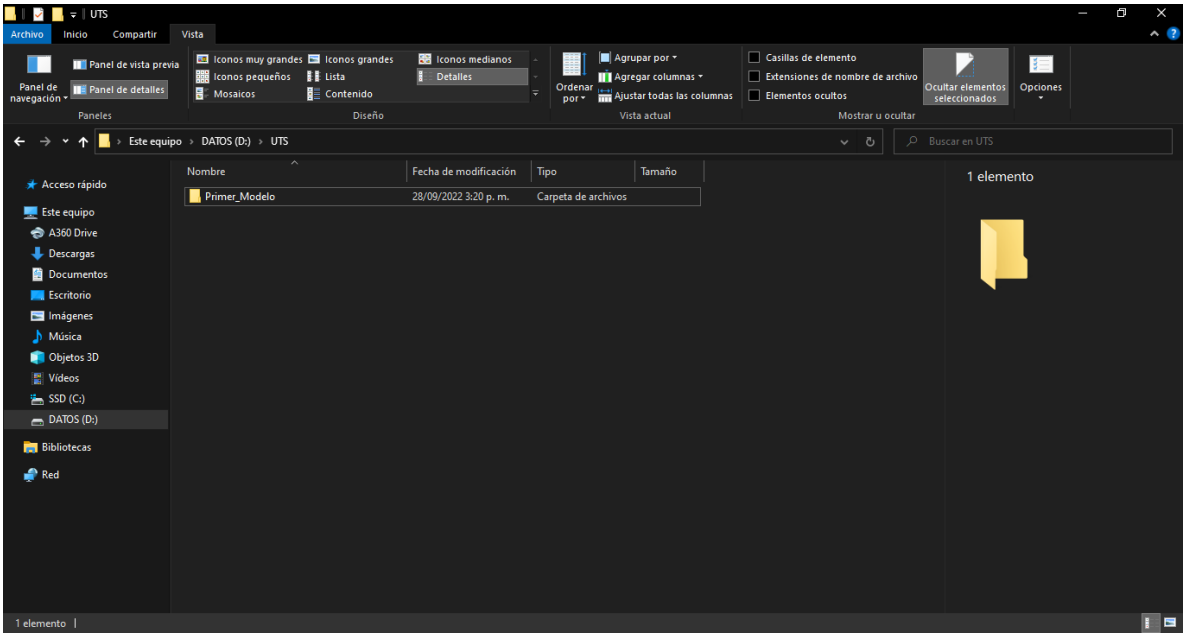
Por medio de la Instalación satelital de Alaska que es propiedad de la NASA, se podrá obtener de forma sencilla los modelos de elevación, en primera instancia se debe realizar un registro donde pedirán un nombre de usuario, una contraseña, datos personales como el nombre completo, correo electrónico, uso de la información a descargar y pedirán aceptar unos términos de uso de datos.

Una vez realizado el registro se procede a ubicar el punto de estudio y configurar los datos de salida para tener una mayor exactitud en la extracción de las curvas de nivel a partir de los modelos de elevación digital.

5. RESULTADOS

Lo primero que hay que crear es una carpeta donde se pueda almacenar los archivos que se van a generar y descargar, esto con el ánimo de no saturar el software y correr el riesgo de que deje de funcionar, en este caso la carpeta se llamará “Primer_modelo” tal como se muestra en la siguiente Figura.

Figura 2 Creación de carpeta para almacenamiento



Nota: Imagen propia de los autores

Cabe resaltar que para la creación de los archivos y las carpetas se recomienda evitar el uso de espacios en blanco entre nombres ya que estos programar suelen tomar estos espacios como caracteres.

En ese orden de ideas hay que organizar los datos en Excel para ingresar en ArcGIS, tal como se muestra en la siguiente tabla.

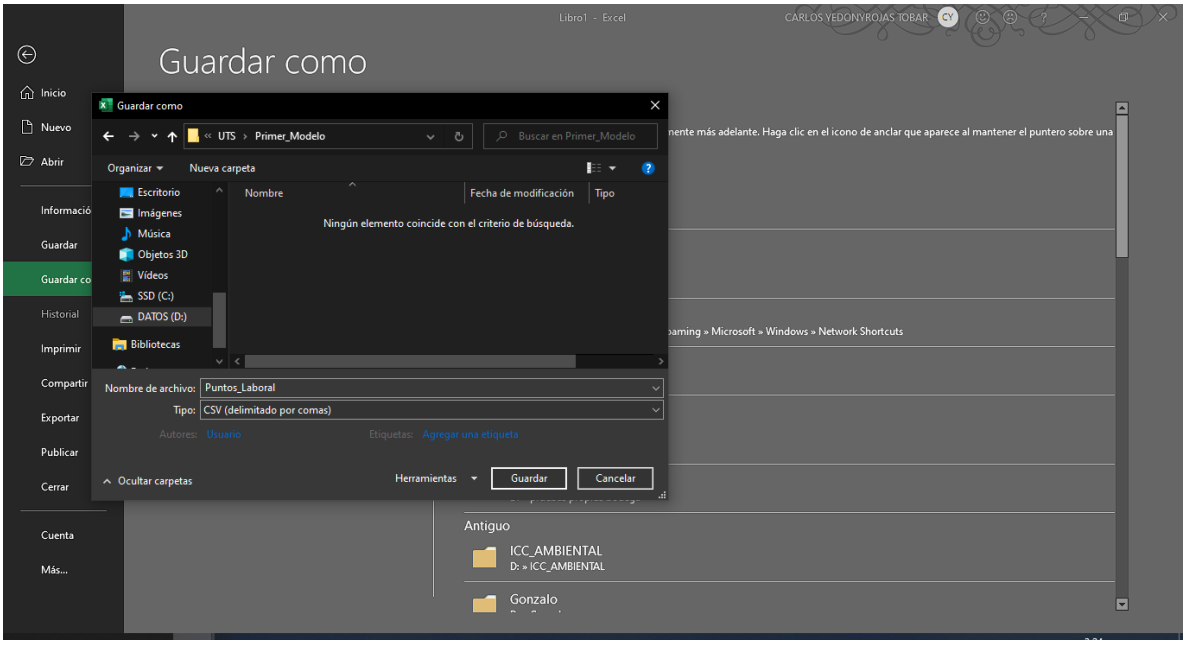
Figura 3 Organización de excel

Estacion	DIA	DESCRIPCION	FECHA	ESTE	NORTE	ALTURA	DIURNO	NOCTURNO
1	DOMINICAL	Finca_1	31/08/2022	4982727,93	2332038,94	890	54,3	55,3
2	DOMINICAL	Finca_2	31/08/2022	4983403,55	2332025,52	913	53,8	55
3	DOMINICAL	Finca_3	31/08/2022	4984074,9	2332077,5	958	53	54,5

Nota: Imagen propia de los autores

Se recomienda generar 2 tablas en archivos Excel diferentes donde una se llame *Puntos_Laboral* y el otro *Puntos_Dominical*, donde al momento de guardarlos se selecciona el menú Archivo ubicado en la parte superior izquierda de la ventana y a continuación se elige *Guardar como* y justo debajo del recuadro donde se pone el nombre del archivo desplegamos la ventana y buscamos el tipo de archivo *Csv (delimitado por comas)*, de la misma forma para el documento a para los puntos dominicales.

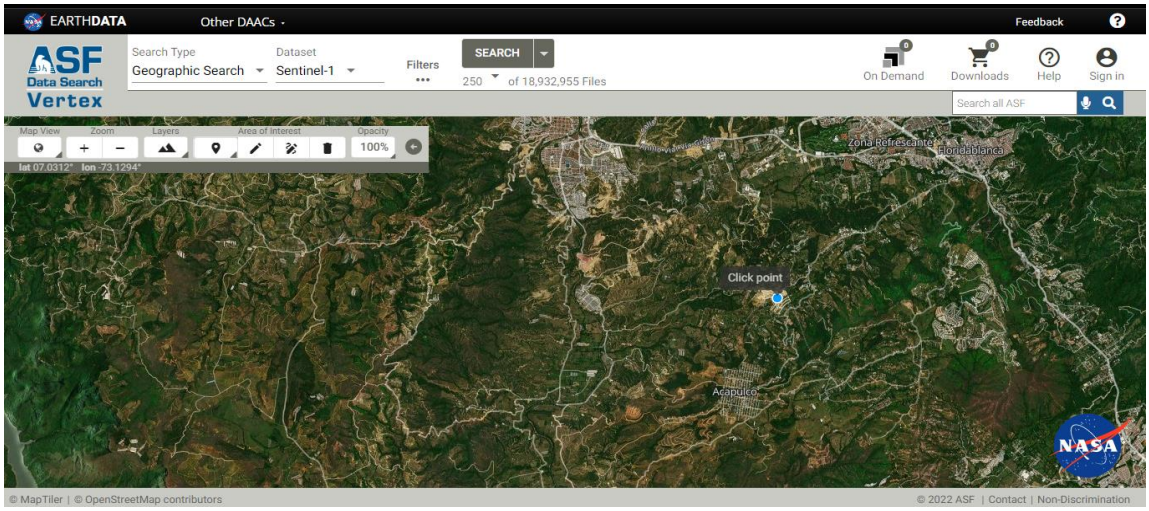
Figura 4 Guardado de archivo csv (delimitado por comas)



Nota: Imagen propia de los autores

Seguidamente se debe buscar un modelo de elevación digital (DEM), una vez realizado el registro en la página de ASF DATA SEARCH, se ubica una zona aproximada y que cubra la sección donde se encuentran los puntos de estudio.

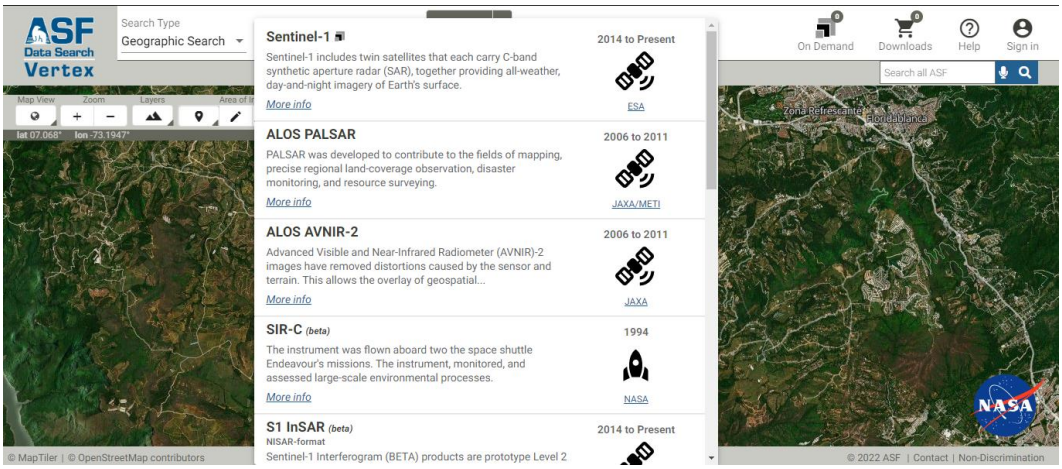
Figura 5 Imagen tomada de la página de ASF Search.



Nota: Imagen tomada de la página de ASF Data search

Una vez definida la zona de estudio donde dice Dataset se busca el satélite ALOS-PALSAR como aparece en la siguiente Figura.

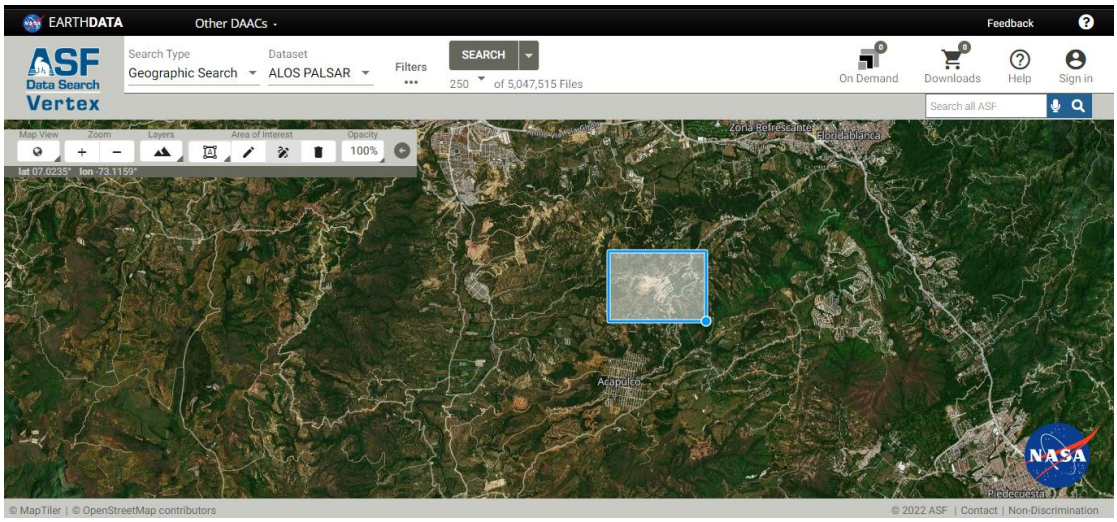
Figura 6 Configuración del satélite



Nota: Imagen tomada de la página de ASF Data search

Se procede a realizar un polígono ubicando puntos cercanos o sobre la zona de estudio, se da clic y se amplía el polígono a conveniencia.

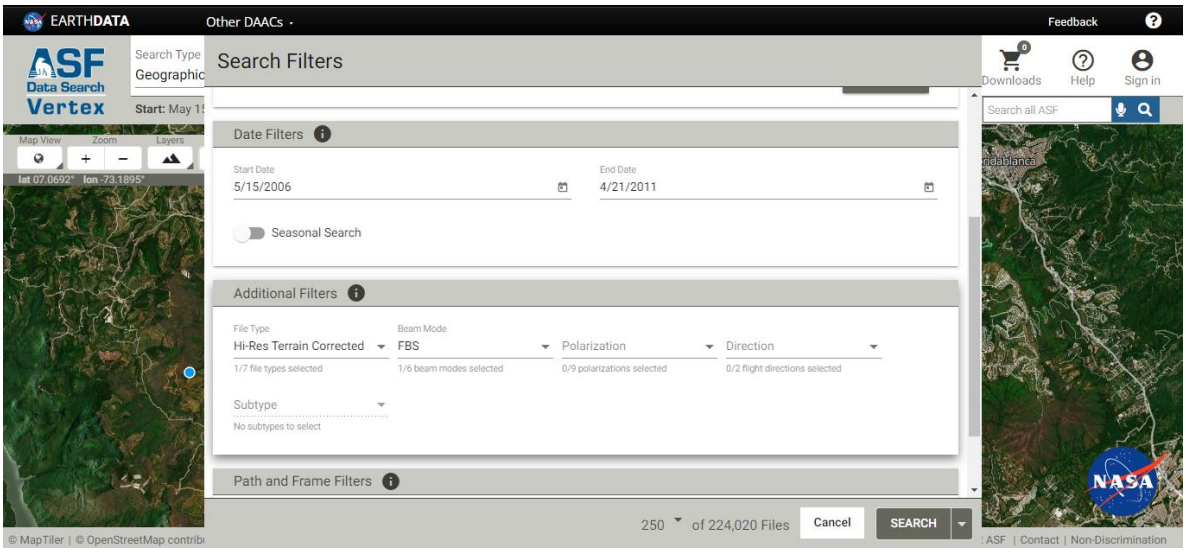
Figura 7 Polígono de búsqueda para modelo de elevación digital.



Nota: Imagen tomada de la página de ASF Data search

Habiendo seleccionado el satélite y buscando la zona, hay que filtrar el tipo de imágenes que se desean obtener, esto se hace seleccionando el menú filter, que se encuentra justo al lado derecho del anterior menú, en el que se desplazará hacia abajo, donde se configurará las fechas (Start Date & End Date) de que se desea tener datos, por lo general se busca la más actual, el tipo de archivo (File Type) donde selecciona Hi-Res Terrain Corrected o Terreno de alta resolución corregido y seguidamente se buscará el Beam Mode o Modo Haz, donde se elige FBS, tal como se aprecia en la siguiente Figura.

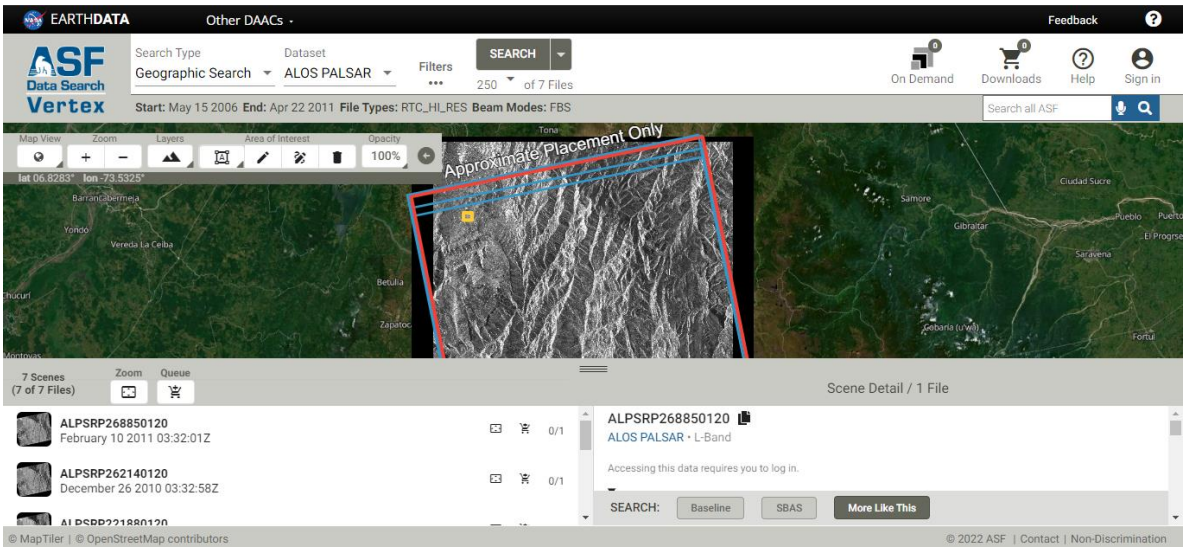
Figura 8 Configuración para tipo de archivos a buscar.



Nota: Imagen tomada de la página de ASF Data search

Luego se da clic en SEARCH, ubicado en la parte baja de la pestaña que se configuró y seguidamente se deberá escoger la imagen a descargar, en este caso la más reciente fue del 10 de febrero de 2011.

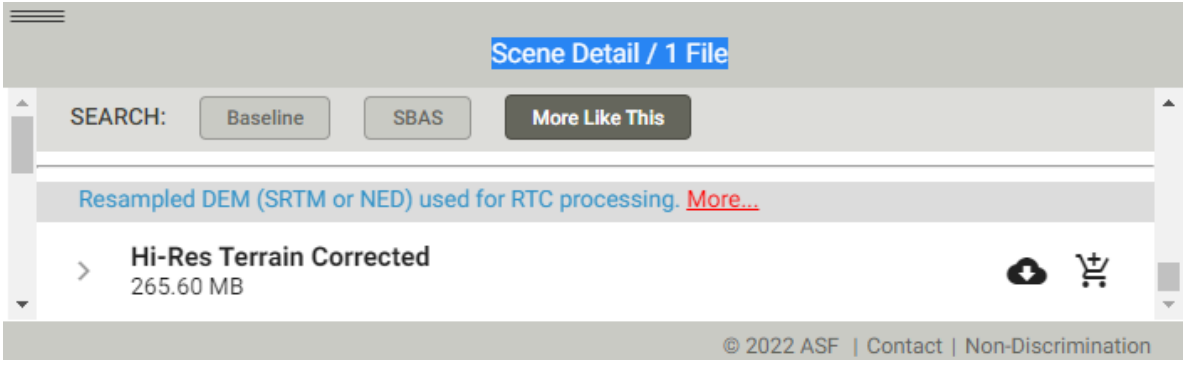
Figura 9 Filtración de DEM por fecha, desde la más actual a la más antigua, según filtros seleccionados.



Nota: Imagen tomada de la página de ASF Data search

Ahora bien, para descargar este DEM se realiza desde la ventana "*Scene Detail / 1 File"* ubicada en la parte baja derecha, con el scrol del mouse se baja y se busca el símbolo de la nube con la flecha hacia abajo, tal como lo muestra la Figura 10.

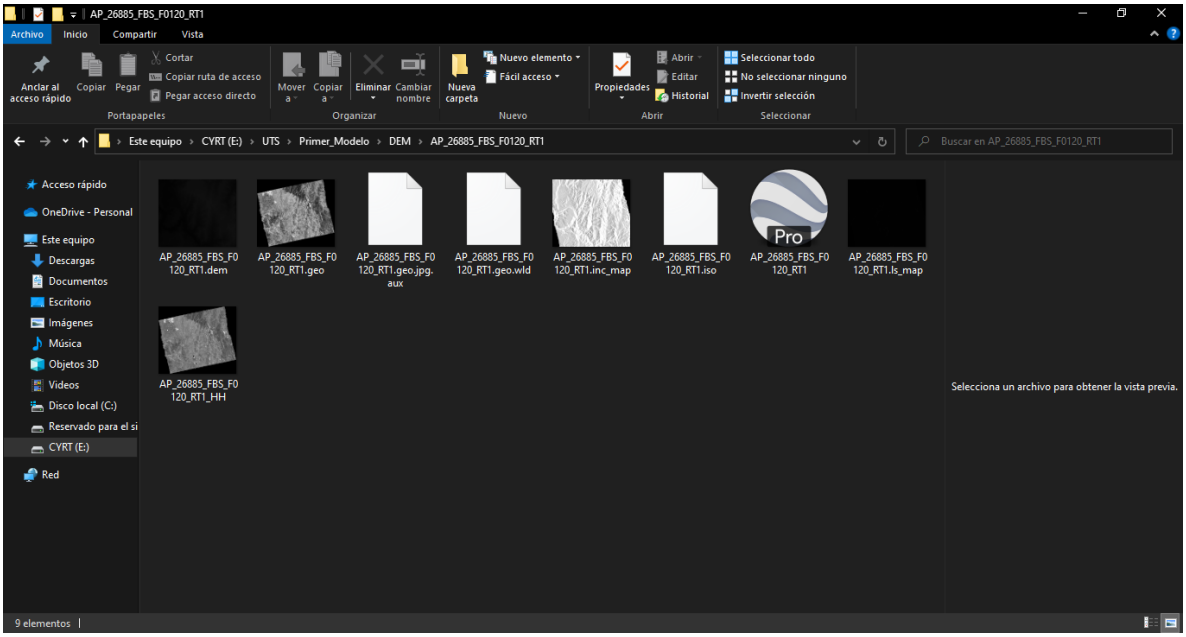
Figura 10 Descarga de modelo de elevación digital.



Nota: Imagen tomada de la página de ASF Data search

Ya descargado el DEM, se procede a crear una carpeta dentro la carpa de almacenamiento creada anteriormente con el nombre *Primer_Modelo,* hay que tener en cuenta que estos archivos se descargan comprimidos con extensión .ZIP, por lo que será necesario tener WinRAR. WinZip, Z-zip o cualquier software que permita la descompresión del archivo descargado anteriormente.

Figura 11 Descompresión de DEM descargado de la página ASF Search.



Nota: Imagen tomada de la página de ASF Data search

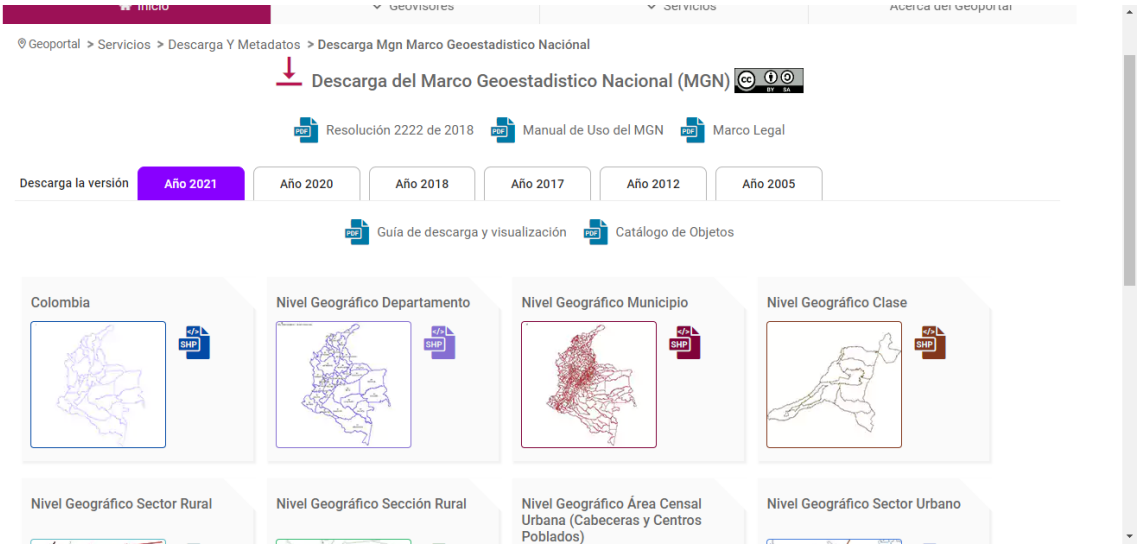
Como siguiente paso se debe obtener cartografía base, la cual se descarga de manera gratuita desde la base de datos del IGAC o desde el Geoportal del DANE.

Tabla 6 Links para obtención de cartografía base.

Geoportal	Link
DANE	https://geoportal.dane.gov.co/servicios/descarga-y-metadatos/descarga-mgn-marco-geoestadistico-nacional/
IGAC	https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia

Nota: Tabla generada por autores.

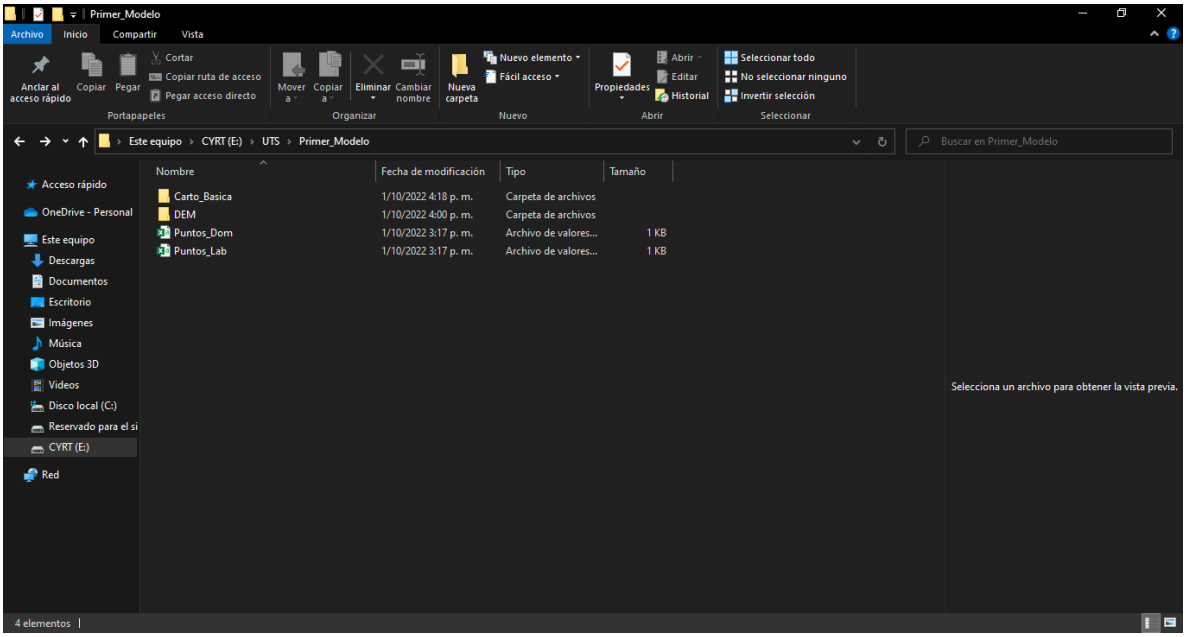
Figura 12 Geoportal del DANE.



Nota: Imagen tomada desde el geoportal del DANE

Después de obtenida la cartografía, se deberá ingresar a la misma carpeta *Primer_Modelo,* donde tendrán que aparecer, el DEM, los archivos generados por separado para el día Laboral y Dominical, tal como se muestra en la siguiente Figura.

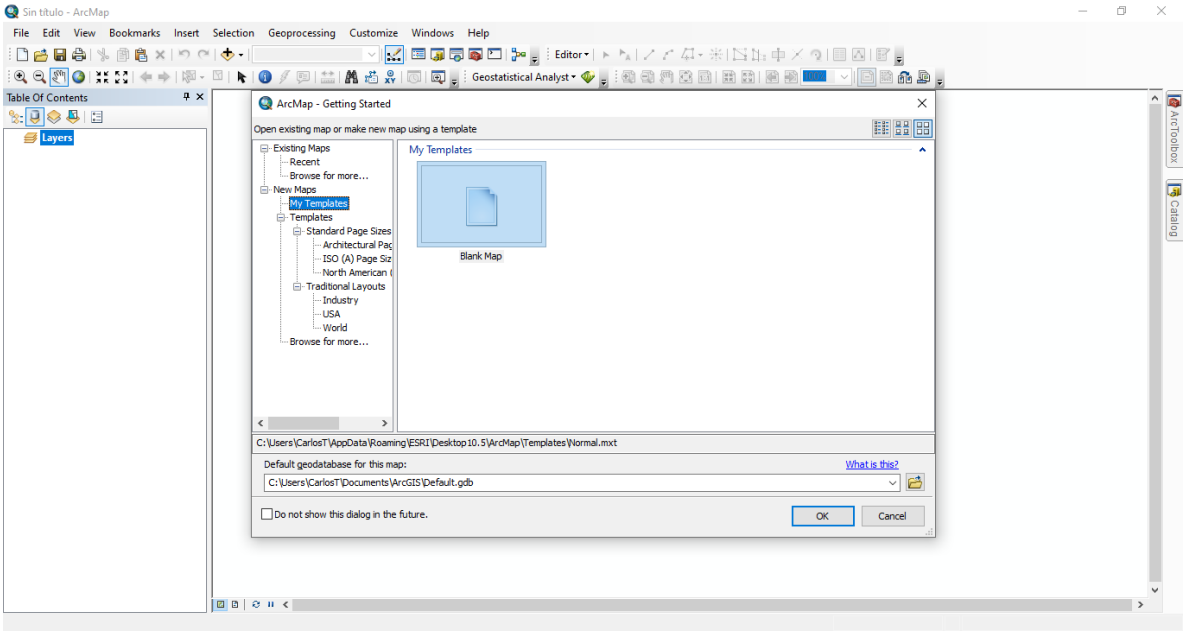
Figura 13 Organización de la carpeta de almacenamiento de datos.



Nota: imagen propia del autor

Después de tener todo organizado se dispondrá a hacer uso del software ArcGIS, donde se usará la herramienta ArcMap, donde en el inicio aparecerá como la muestra la Figura 14 y se seleccionará Ok o simplemente se dará doble clic en Blank Map para dar inicio a un mapa en blanco.

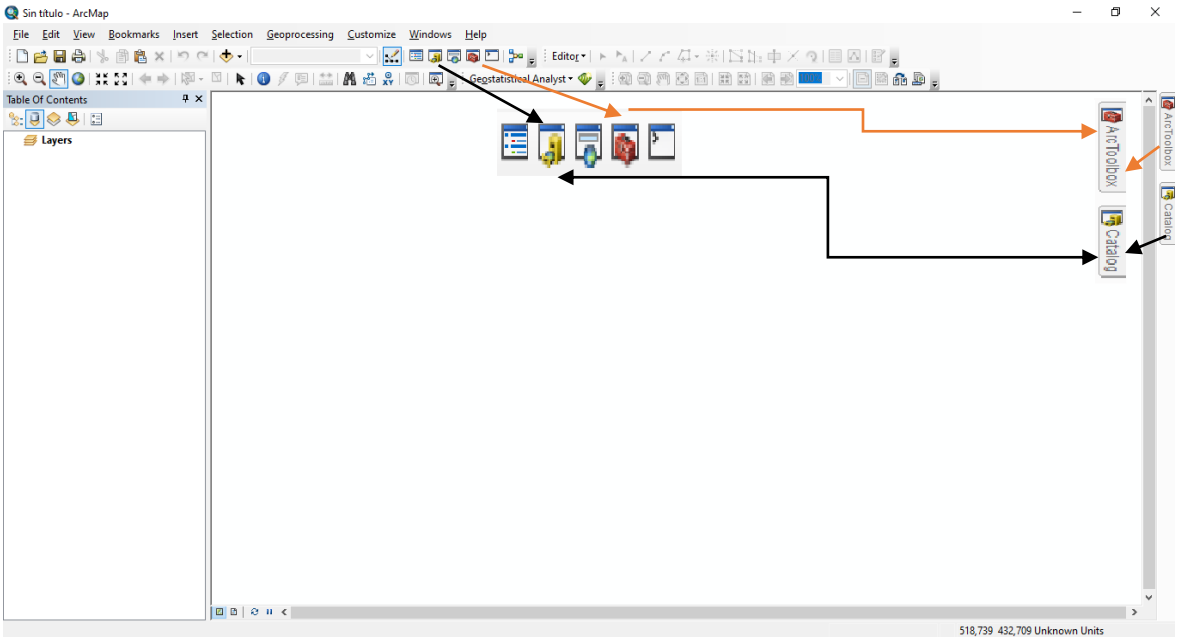
Figura 14 Primer inicio de ArcMap, de ArcGIS.



Nota: imagen propia del autor

Ahora en el menú Catalog el cual se distingue por el signo de un globo terráqueo en un archivador, este se encuentra ubicado en la parte derecha de la pantalla o en la parte superior de la pantalla, donde también se encontrará la Caja de herramientas o ArcToolbox. (Ver Figura 15)

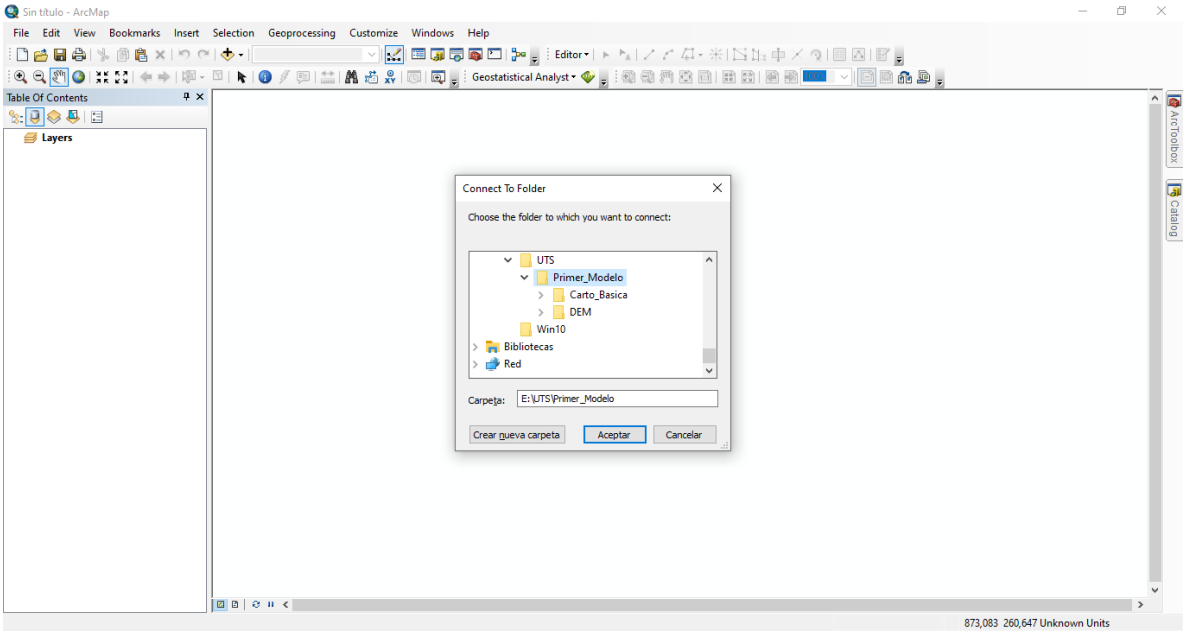
Figura 15 Catalog y ArcToolbox.



Nota: imagen propia del autor

Haciendo clic en Catalog se desplegará una ventana con muchas opciones, entre las cuales se encuentra Folder Conections, se da clic derecho y se elige la opción *Connect To Folder* en la que se buscará el sitio donde se creó la carpeta de almacenamiento *Primer_Modelo*.

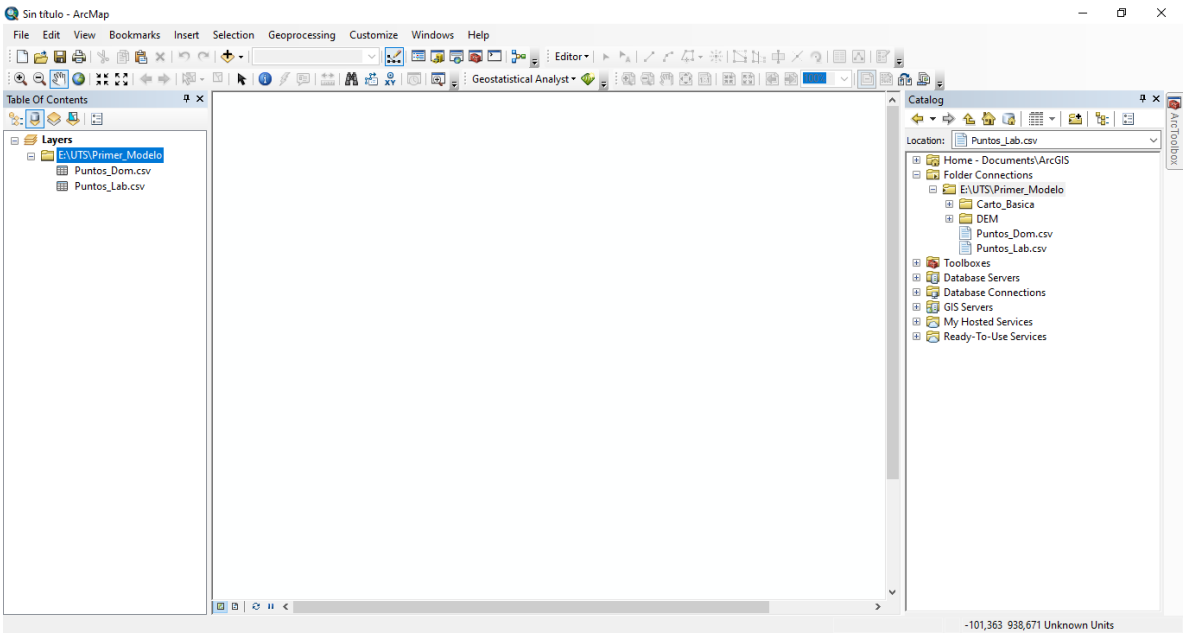
Figura 16 Búsqueda de carpeta de almacenamiento *Primer_Modelo*



Nota: imagen propia del autor

Conectada la carpeta se cargarán los archivos Excel de nombre Puntos_Dom y Puntos_Lab con extensión .cvs, la forma de cargar los archivos es arrastrándolos al medio de la pantalla, estos aparecerán de forma instantánea en la ventana de con nombre, Table of contents o Tabla de contenidos.

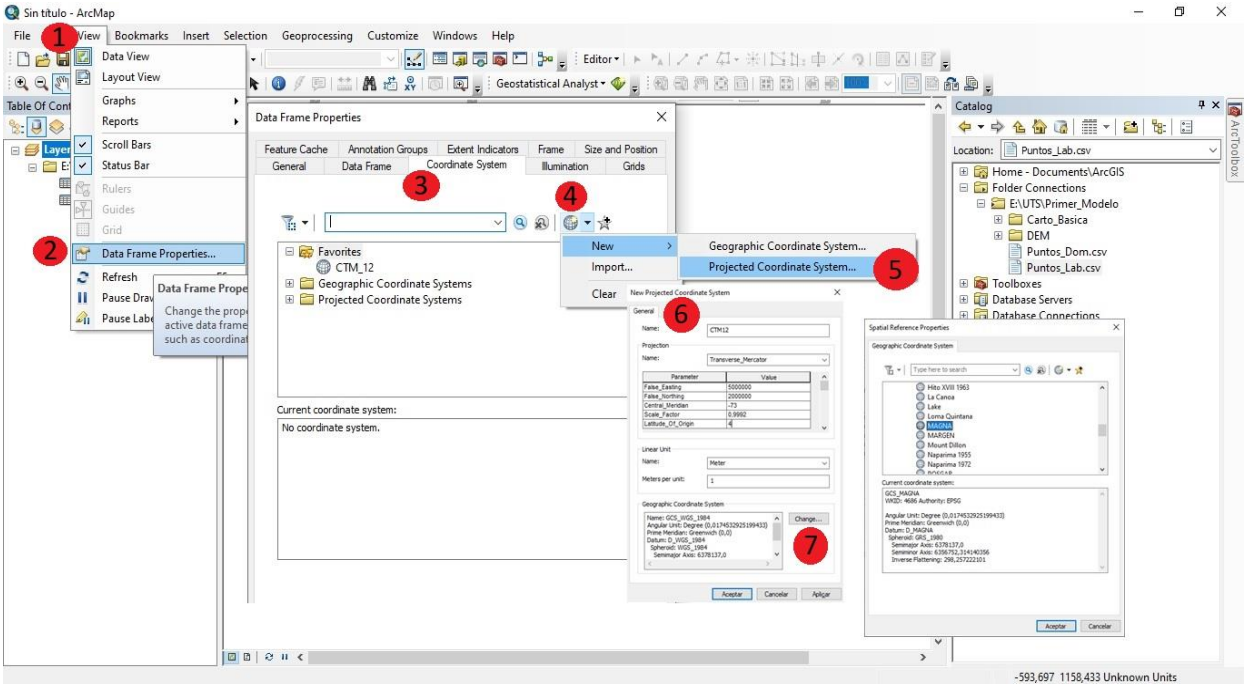
Figura 17 Carga de archivos a la tabla de contenidos.



Nota: imagen propia del autor

Seguidamente se configurará el sistema de coordenadas, se deben seguir los pasos mostrados en la Figura 18.

Figura 18 Pasos para agregar un nuevo sistema de coordenadas

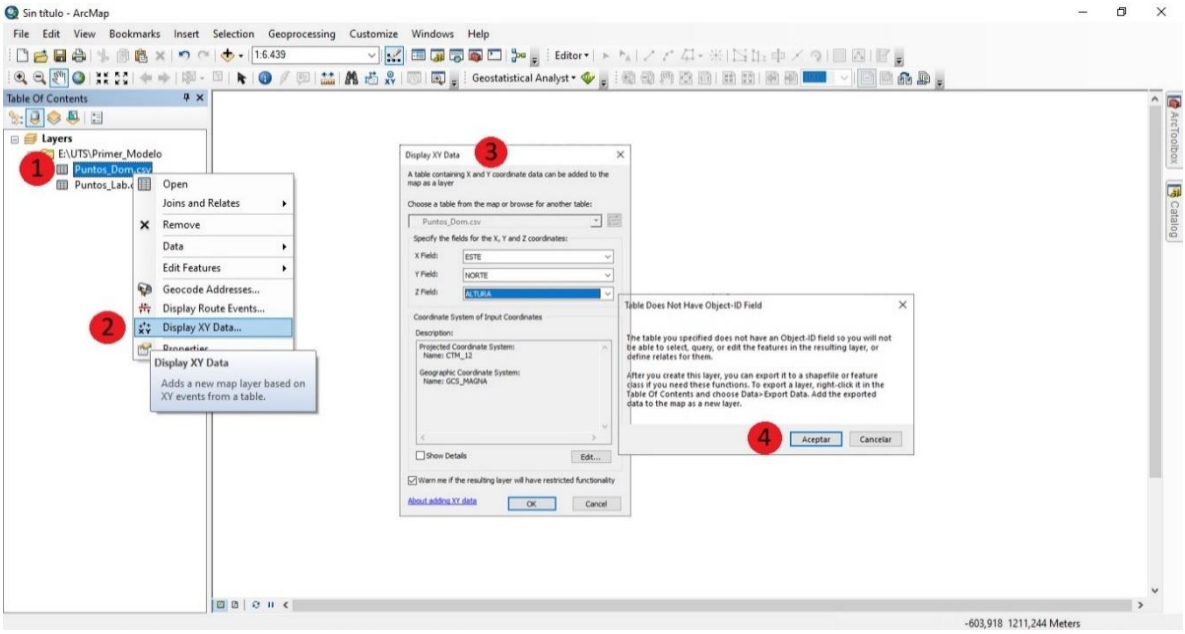


Nota: imagen propia del autor

1. Abrir la pestaña *View* ubicada entre las opciones Edit y Bookmarks, en la parte superior.
2. Después de desplegada la pestaña anterior, selecciones la opción Data Frame Properties.
3. Una vez desplegada la ventana se procede a ubicar la opción Coordinate System y se elige.
4. Una vez abierta la opción, se ubica el ícono Add Coordinate System.
5. Abierto el menú anterior se selecciona Projected Coordinated System.
6. En la siguiente ventana se procede a llenar los espacios, se le da nombre, tipo de proyección y los valores a cada espacio.
7. En este paso escoge la opción *Change* o cambiar, donde se busca y elige el datum del sistema de coordenadas.

Una vez realizados los pasos anteriores se opta por aceptar todos los cambios y se procede a convertir los archivos *Puntos_Dom y Puntos_Lab* cargados a la tabla de contenidos, lo cual se realiza de la siguiente forma. (Ver Figura 19)

Figura 19 Convertir archivos .csv a shape.



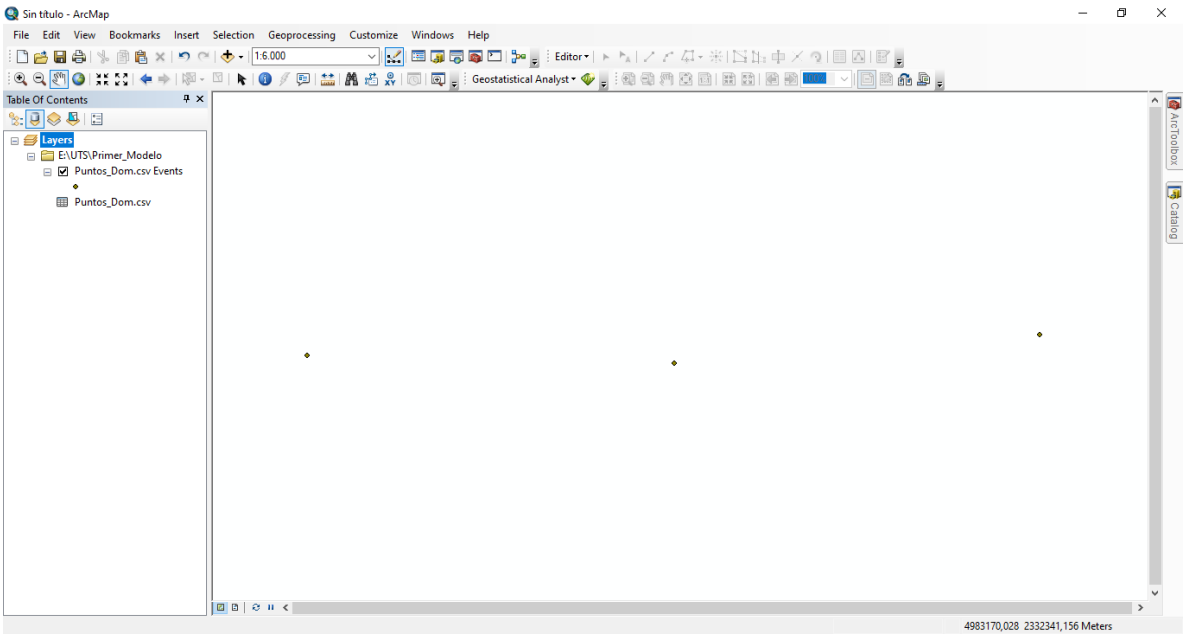
Nota: imagen propia del autor

1. Se selecciona el archivo y se despliega las opciones con clic derecho.
2. Abierto el menú se selecciona Display XY Data.
3. En las casillas X Field, Y Field y Z Field, se configuran para que estas correspondan a X (Este), Y (Norte) y Z (Elevación) respectivamente.
4. Habiendo configurado esto se procede a seleccionar la opción Ok, donde dirá que después de crear la capa se podrá exportar a Shapefile, a lo que se seleccionará Aceptar.

Nota: Para el archivo *Puntos_Lab* se aplicarán los mismos pasos para convertir a Shape.

Automáticamente el software mostrará la ubicación de los puntos con respecto a las coordenadas que fueron convertidas en el software MagnaPRO (Figura 1).

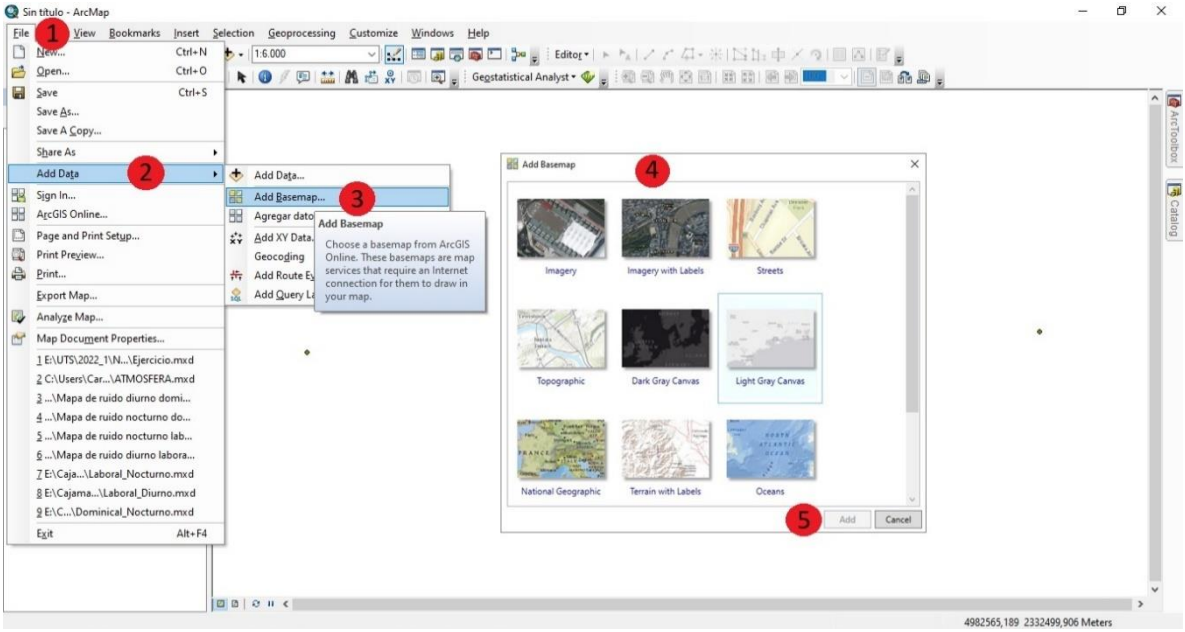
Figura 20 Puntos con coordenadas definidas.



Nota: imagen propia del autor

Posteriormente se agregará un mapa base el cual se adiciona de la siguiente forma:

Figura 21 Pasos para agregar un mapa base

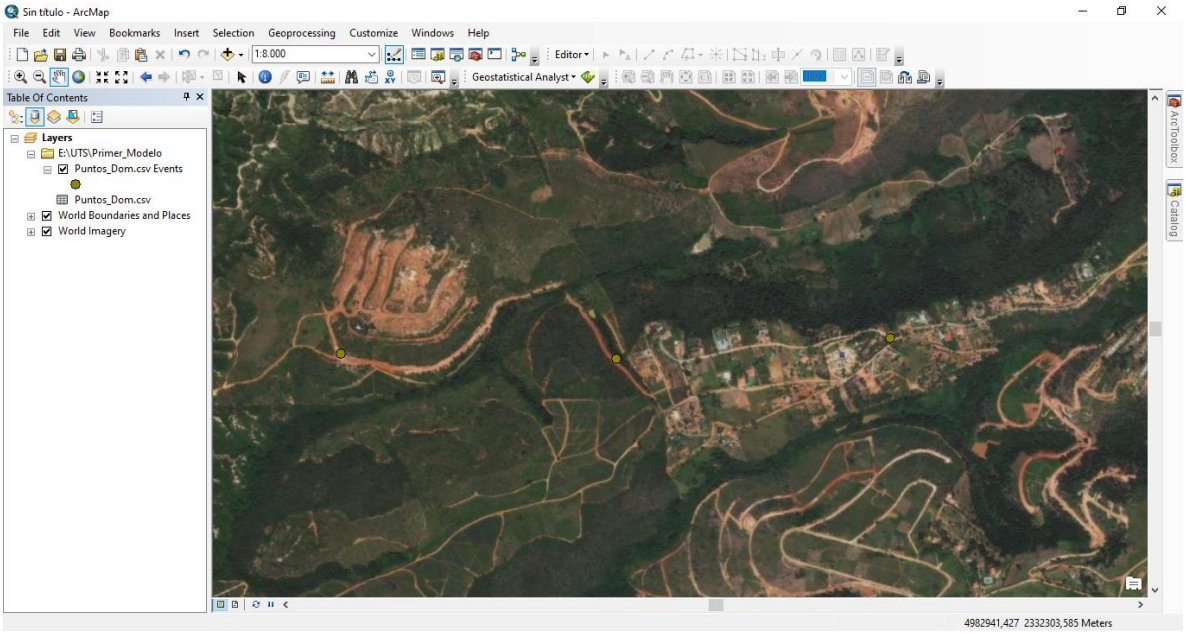


Nota: imagen propia del autor

.

1. Seleccionar el menú File
2. Desplegar la opción Add Data.
3. Elegir la opción Add Basemap.
4. Elegir un tipo de mapa base, el que más se recomienda es Imagery with Labels, ya que éste muestra vías, vegetación, direcciones, etc; y esto es requerido por la resolución 627 de 2006.
5. Elegido el tipo de mapa se selecciona el botón Add, ubicado en la parte baja de la ventana Add Basemap.

Figura 22 Mapa base agregado en ArcGIS

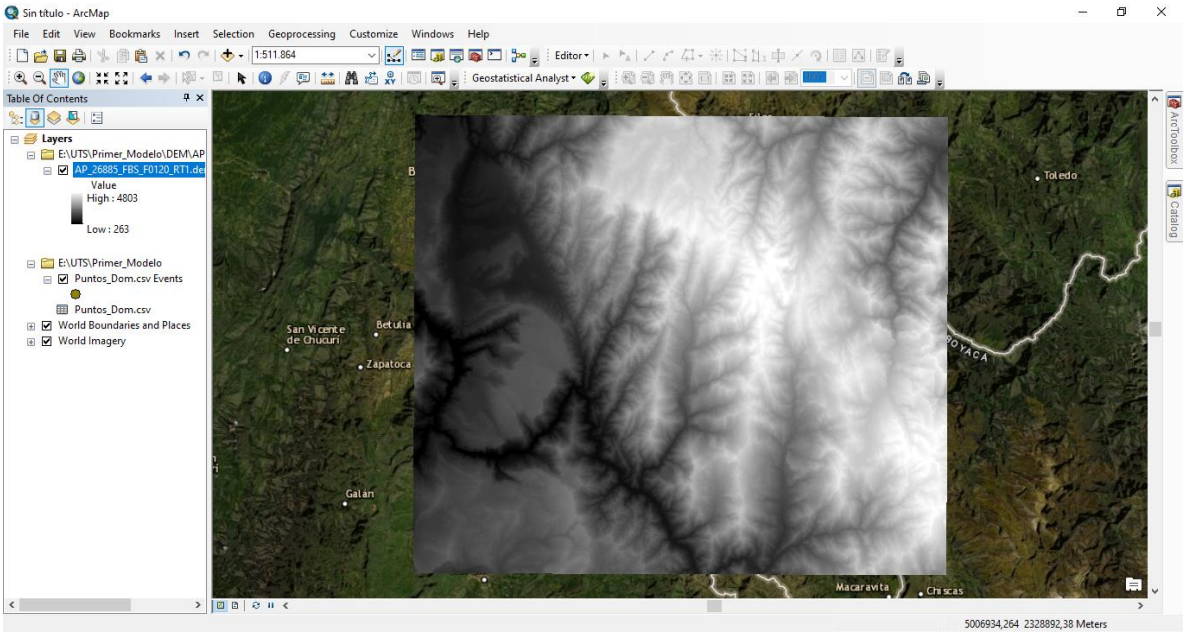


Nota: imagen propia del autor

.

Seguidamente se agregará el DEM desde Catalog y de la misma forma en que se agregaron los archivos .csv, solo se selecciona el archivo cuya extensión sea ***dem.tif*** y se arrastra hasta la pantalla media, de tal forma que este si se visualizará y se verá de la siguiente manera.

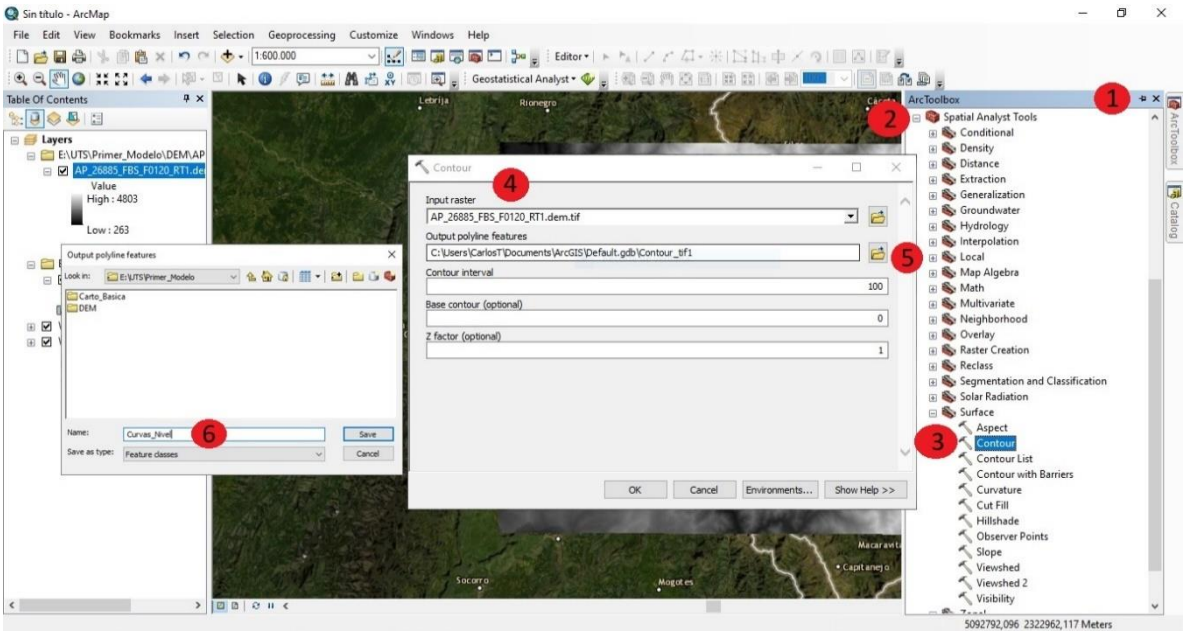
Figura 23 Visualización de un modelo de elevación digital.



Nota: imagen propia del autor

Ahora bien, para extraer las curvas de nivel de este modelo se requiere de los siguientes pasos:

Figura 24 Obtención curvas de nivel



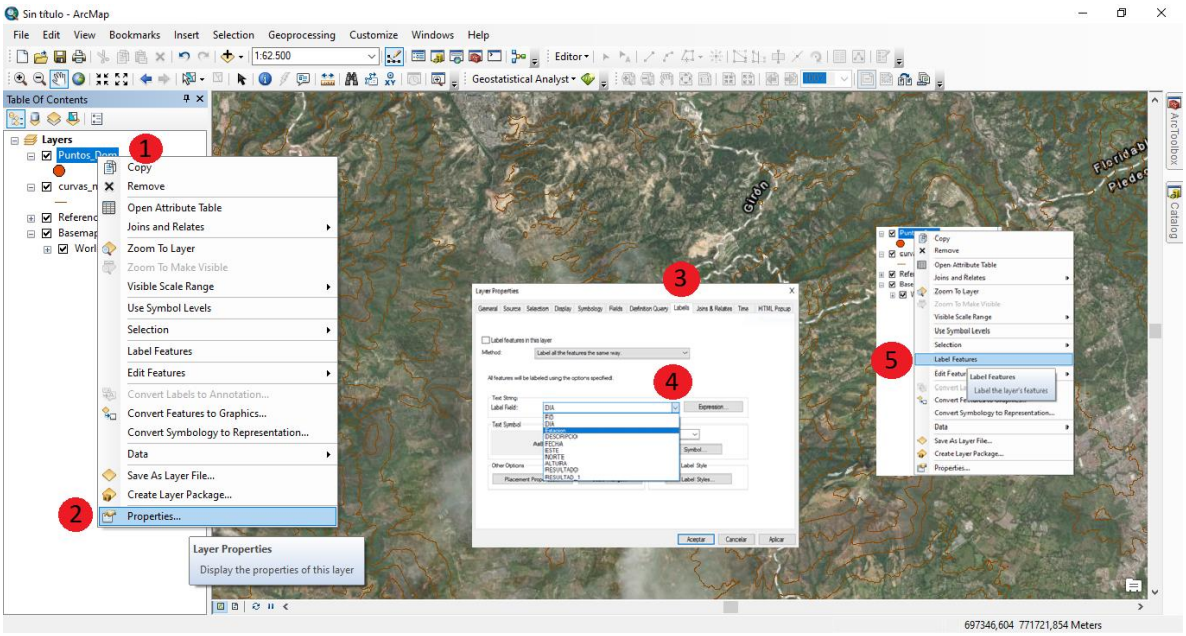
Nota: imagen propia del autor

1. Se abre la caja de herramientas o ArcToolbox.
2. Se busca la herramienta Spatial Analyst Tools y se despliegan las opciones.
3. Se elige la opción Contour y se desplegará una ventana.
4. En la ventana se elige el DEM anteriormente cargado en la pestaña Input raster y se eligen los Contour Interval, lo que significa cada cuántos metros se desea obtener curvas de nivel, en este caso cada 100 metros.
5. En la pestaña Output Polyline features se configura y busca la carpeta de almacenamiento (*Primer_Modelo).*
6. Se le da un nombre a la capa a crear y se selecciona Save (Guardar) y luego de cerrada la ventana se le da Ok.

En seguida el software realiza procesos internos para calcular y las curvas de nivel, se sabrá que el proceso fue exitoso por 2 factores, el primero es que se observarán las curvas de nivel y el segundo que arrojará un cuadro de dialogo junto con un símbolo de color verde que denotará que el proceso fue exitoso.

Para identificar los puntos, es decir, saber cuál es el 1, el 2 o el 3, se deben realizar los siguientes pasos.

Figura 25 Etiquetas (Label) para los puntos de estudio.



Nota: imagen propia del autor

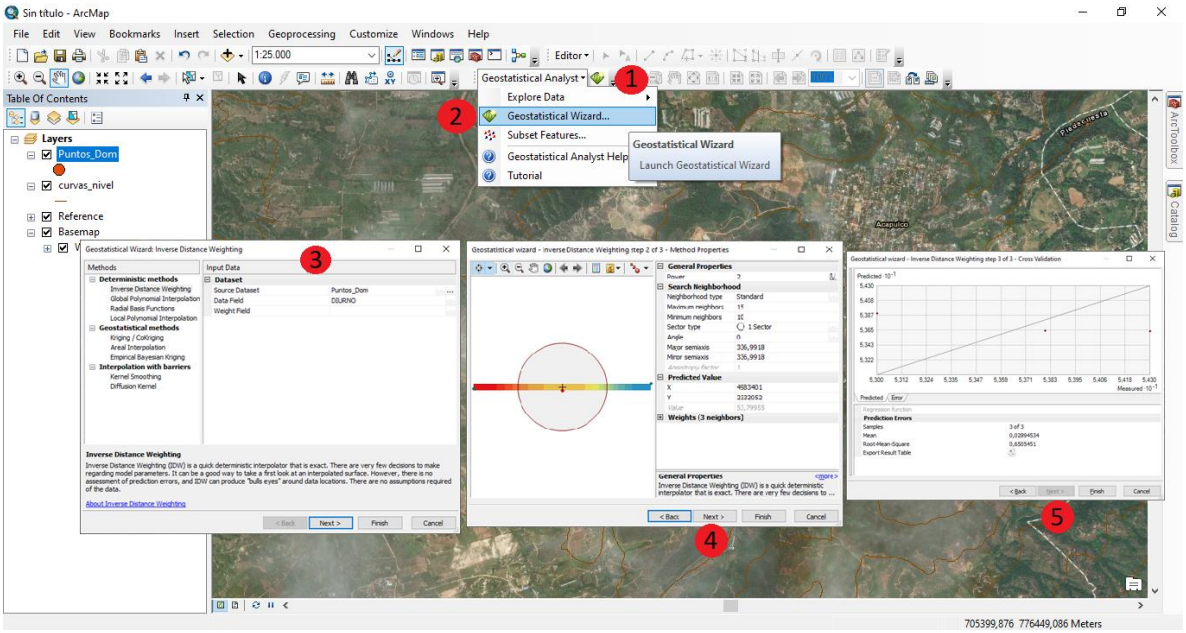
1. Seleccionar la capa a la cual se desea que se apliquen las etiquetas.
2. Clic derecho y seleccionar la opción Properties.
3. Abierta la ventana se busca la pestaña Labels.
4. Se ubica la casilla Label field y se despliega, entre las opciones se ubica la casilla que se desea tener como etiqueta, en este caso la

etiqueta es el número del punto o estación, seguidamente se da aceptar y automáticamente se cierra la ventana.

5. Luego se vuelve a ubicar la capa a la cual se le modificó la etiqueta y se da clic derecho sobre la misma ubicando la opción Label Feature la cual se seleccionará, de esta manera se podrá observa como la capa mostrará la etiqueta seleccionada.

Seguidamente se realizará la interpolación con la herramienta Geostatistical Analyst, la cual se podrá activar haciendo clic derecho sobre la barra donde se ubica las pestañas File, Edit, View, Insert, Selection, etc; una vez desplegada la lista de opciones se busca el nombre *Geostatistical Analyst* y en la barra aparecerá lo siguiente. (Ver Figura 20)

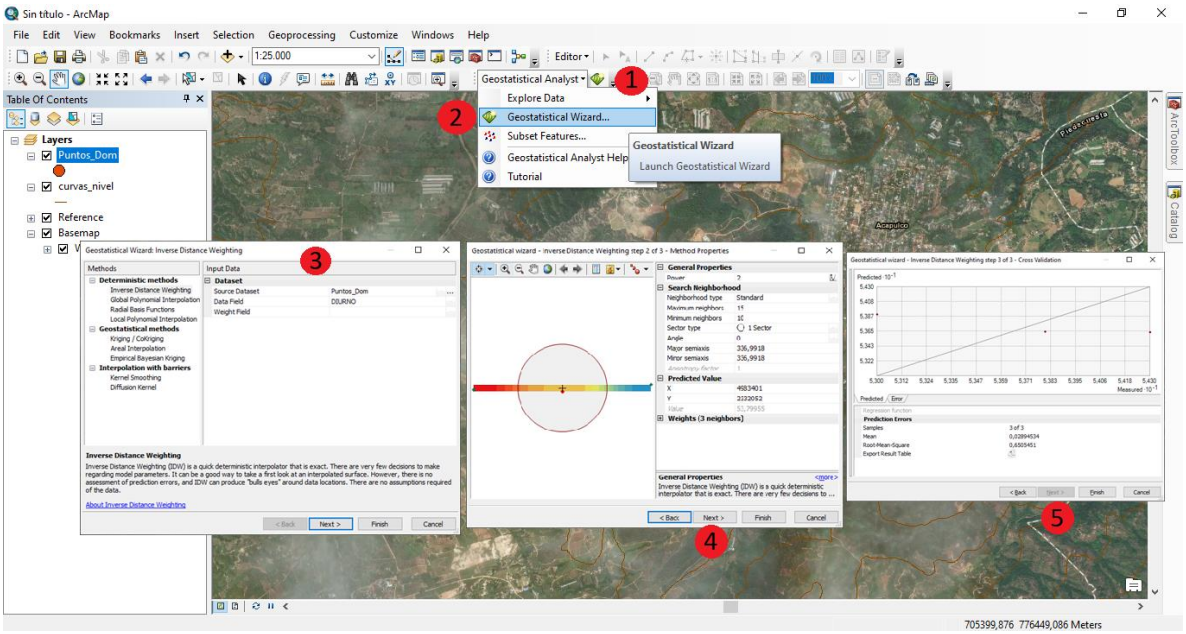
Figura 26 Herramienta Geostatistical Analyst.



Nota: imagen propia del autor

Para realizar la interpolación con esta herramienta se deberán seguir los siguientes pasos:

Figura 27 Proceso para realizar interpolación de datos.

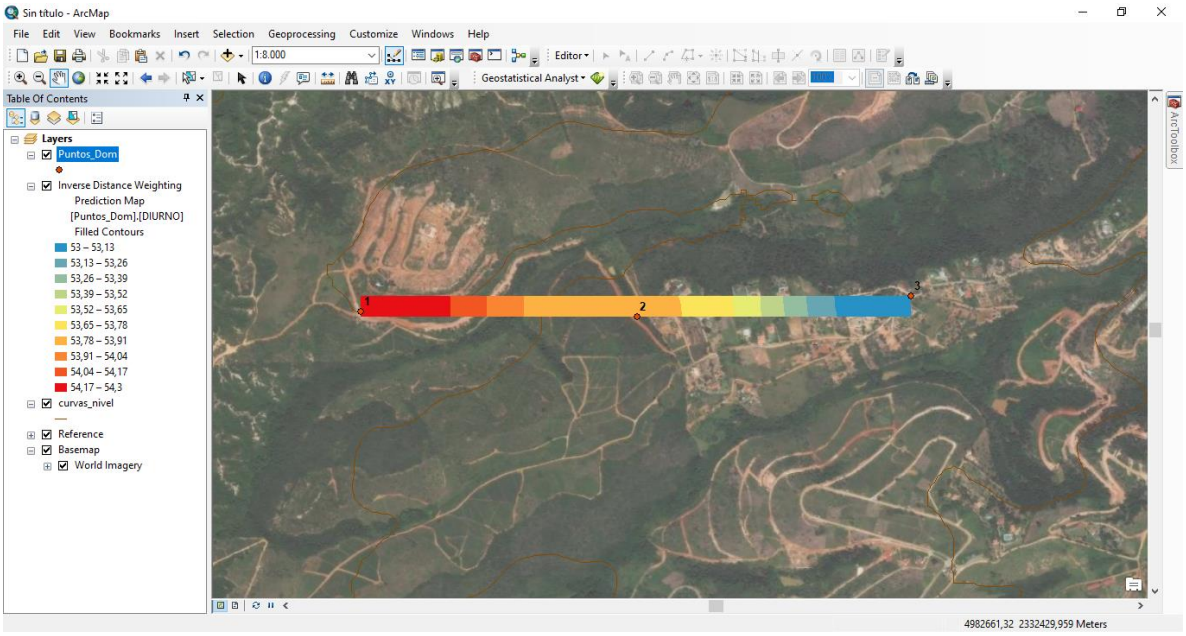


Nota: imagen propia del autor

1. Localizar la herramienta recién activada y desplegar la pestaña.
2. Seleccionar la opción Geostatistical Analyst.
3. En la ventana emergente en la opción Source Dataset en el cual se seleccionará la capa *Puntos_Dom,* seguidamente en la casilla Data Field se deberá seleccionar la celda que se desea interpolar, bien sean los resultados Diurnos o los Nocturnos correspondientes, ya configurado lo anterior se procederá a dar clic en Ok.
4. En la siguiente vista mostrará como quedará la interpolación, luego se dará Ok, nuevamente.

En la siguiente vista se podrá apreciar la predicción de errores, en el que se calcula una media y una Media cuadrática, viendo que estos valores son bajos se procede a dar Ok y seguidamente en la pantalla media se visualizará la interpolación tal como se ve en la Figura 28.

Figura 28 Interpolación con IDW en ArcGIS.

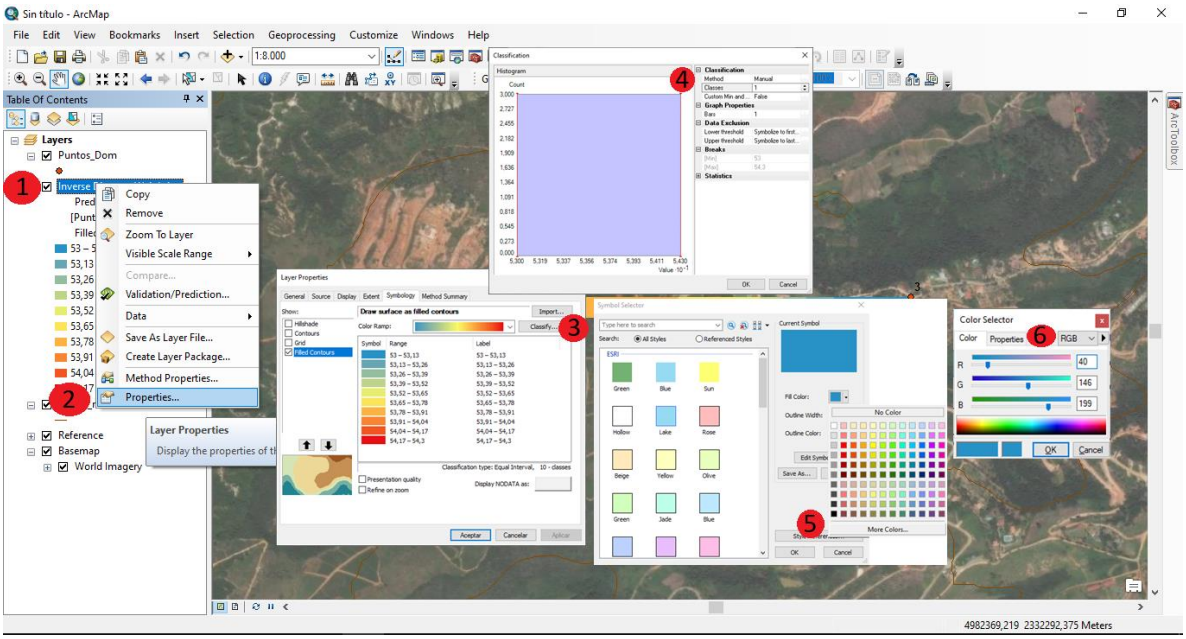


Nota: imagen propia del autor

Ya teniendo la vista de la interpolación se deberá realizar una reclasificación y el ajuste de colores teniendo en cuenta la (Tabla 2).

La reclasificación y el ajuste de colores se realiza de la siguiente manera.

Figura 29 Reclasificación y ajuste de colores.



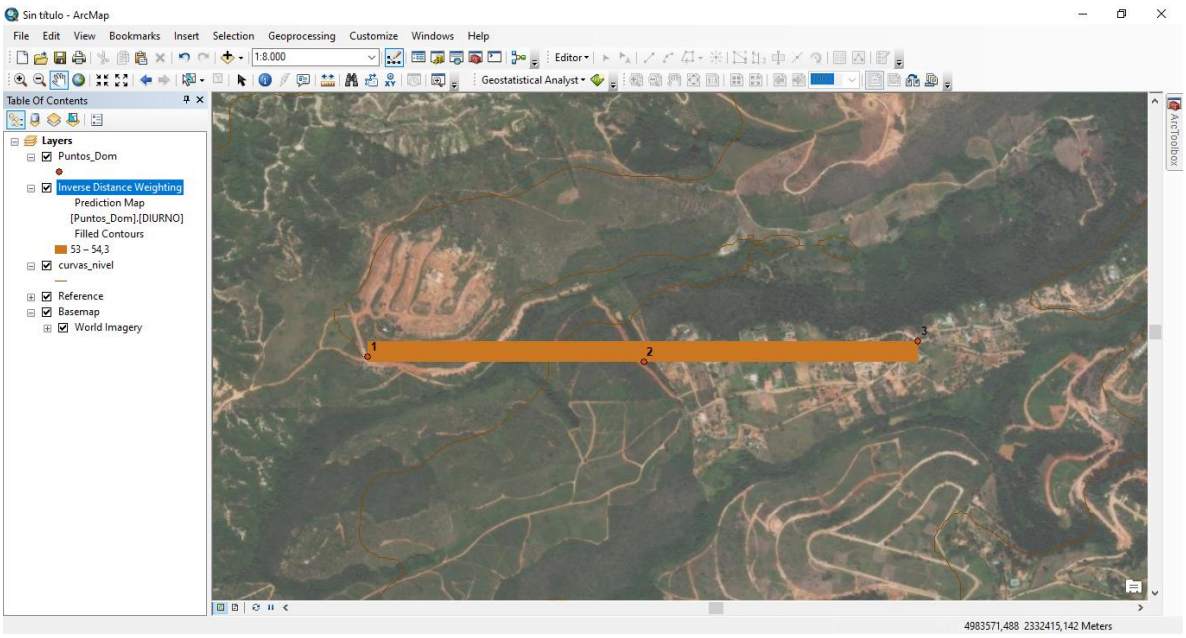
Nota: imagen propia del autor

1. Seleccionar la capa generada por IDW y dar clic derecho.
2. Seleccionar la opción Properties.
3. En la ventana emergente buscar la opción Symbology y seguidamente seleccionar el botón Classify…
4. Al ingresar se deben configurar las opciones de la pestaña Classify, en Method, se pondrán manual, en Classes se pondrá solo una, ya que los valores de 53 y 54,3 se encuentran en el rango de 50 a 55 decibeles según la resolución 627 de 2006, después se configurar lo anterior se selecciona Ok.
5. Volviendo al menú de Symbology, en la parte centrar de la ventana aparece un cuadro con color, el cual se deberá modificar dando doble

clic sobre el mismo, una vez abierta la ventana se buscará la opción Full Color y se desplegará la pestaña y se deberá seleccionar More Colors…

6. Abierta la siguiente ventana, se deberá cambiar la tonalidad de colores a RGB, y buscar por Google como es la combinación de colores para obtener el color Ocre, que corresponde al intervalo de 50 a 55 dB. Habiendo configurado esto se procederá a dar Ok a todo lo anterior pudiendo observar el cambio de color y visualización de los mismos en la gráfica.

Figura 30 Colores e intervalos ya configurados.

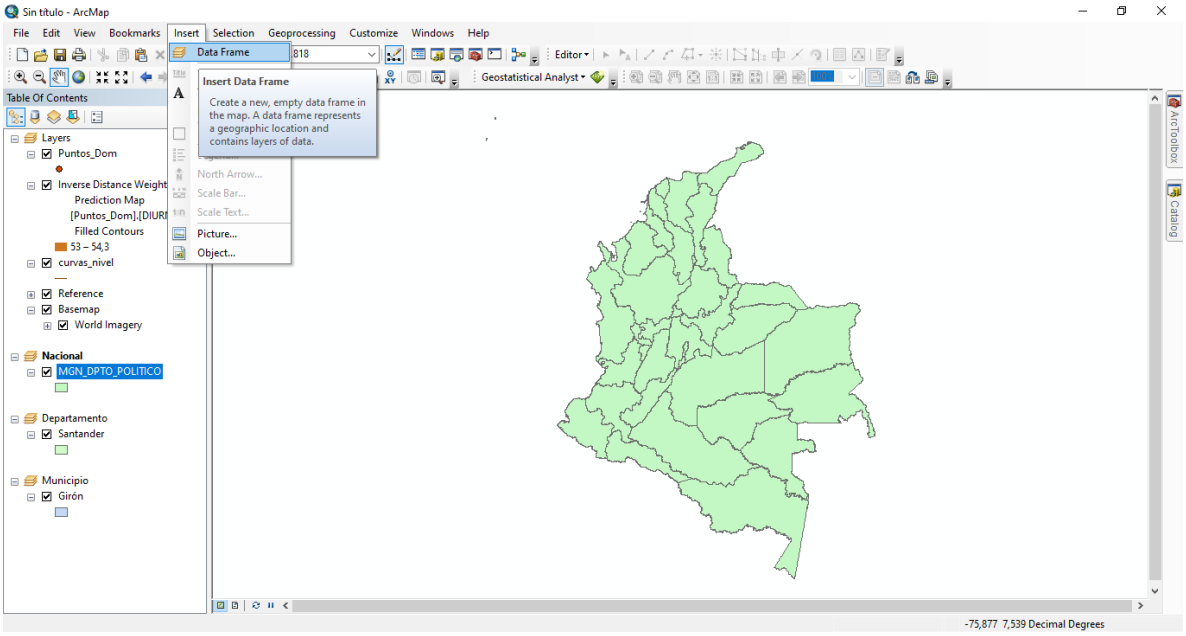


Nota: imagen propia del autor

Ya configurado todo lo anterior se procede a generar otras Data Frame desde la pestaña Insert, y buscando la opción Data Frame, esto con el fin de darle ubicación geográfica al proyecto, para esto es necesario crear 3 Data Frame nuevos, uno de

los cuales debe contener el mapa político de Colombia, el siguiente el departamento donde se realizó el proyecto y el último el municipio donde está ubicado el mismo proyecto.

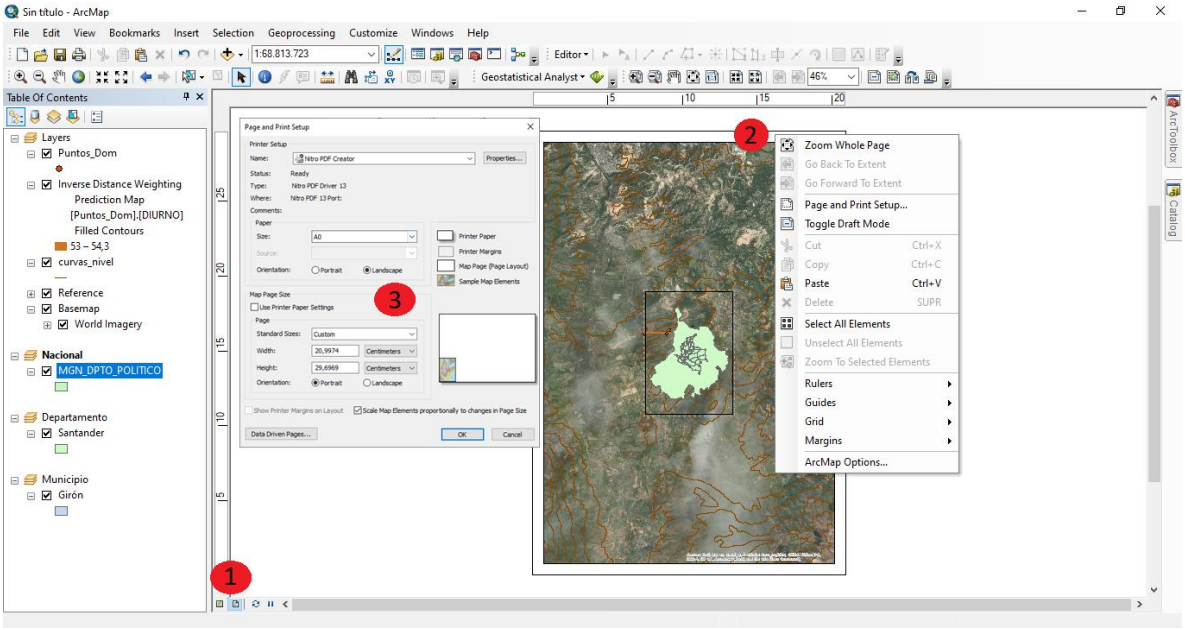
Figura 31 Data Frame agregados junto con el mapa político nacional, Departamento y municipio.



Nota: imagen propia del autor

En seguida se procederá a configurar la página de dibujo, esto se realiza de la siguiente forma.

Figura 32 Configuración de página de dibujo.



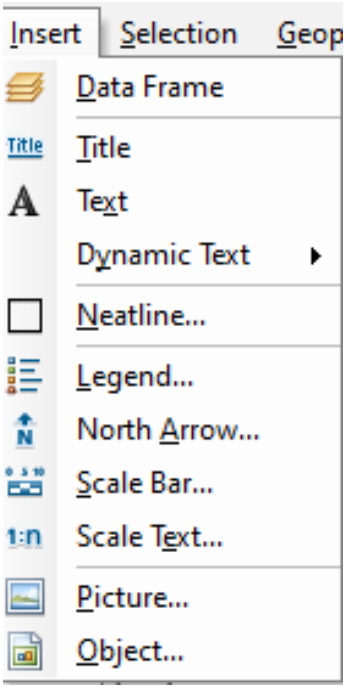
Nota: imagen propia del autor

1. Para ir a la página de dibujo se selecciona el recuadro Layout View.
2. En la zona en blanco de la ventana del dibujo se deberá dar clic derecho y seleccionar la opción Page and Print Setup.
3. En la ventana emergente se deberá elegir si se desea la orientación de la hoja sea vertical (Portrait) u horizontal (Landscape), el tamaño de la hoja y el escalado de los elementos propocionalmente al tamaño de la página, ya configurado lo anterior se procede a dar Ok y aceptar cambios.

Ahora al mapa se deberán agregar, norte, escala, fecha de elaboración, leyenda, sistema de referencia de coordenadas y títulos.

Lo anterior se realiza desde el menú Insert, donde escogeremos, nortes, leyenda, escala, título, cuadros de texto, etc.

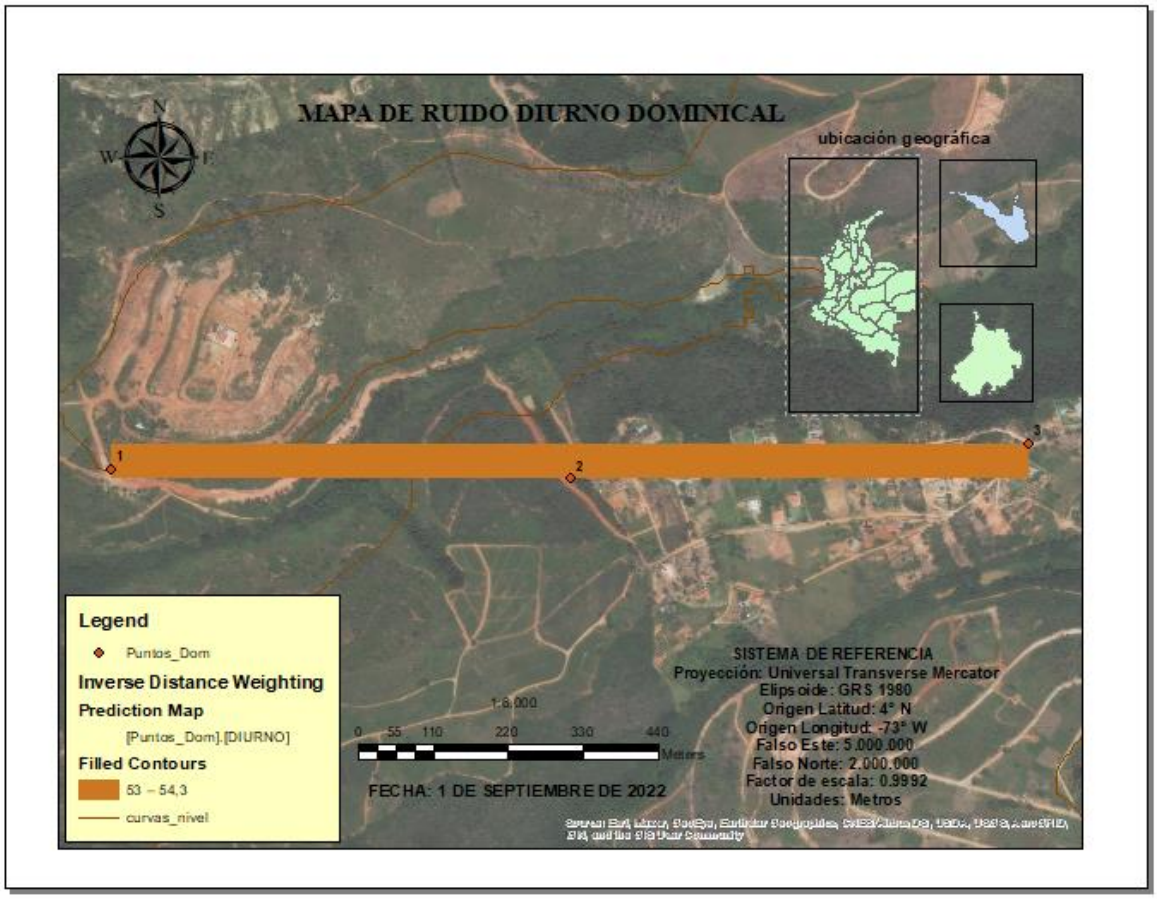
Figura 33 Menú Insert.



Nota: imagen propia del autor

Habiendo agregado esto el plano debería quedar de la siguiente forma, aunque la organización de los objetos agregados será a gusto de quién los agregue. (Ver Figura 34)

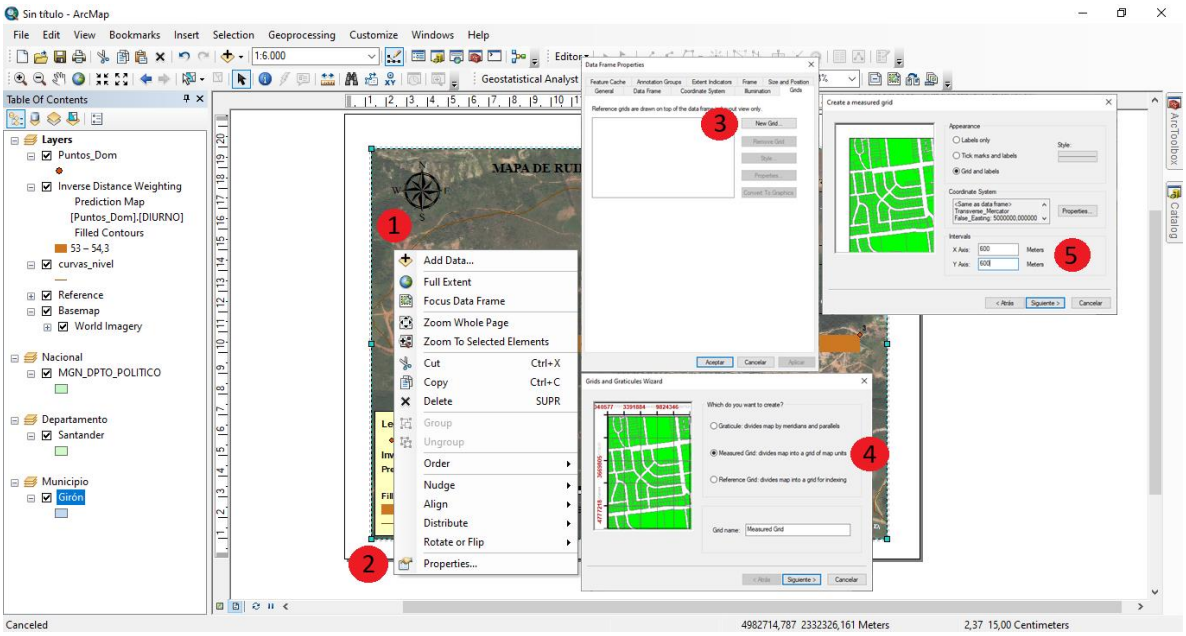
Figura 34 Disposición de datos requeridos para el mapa.



Nota: imagen propia del autor

Adicional a esto se recomienda adicionar una grilla de coordenadas para el plano, la cual se agrega de la siguiente forma:

Figura 35 Inserción de grilla de coordenadas.



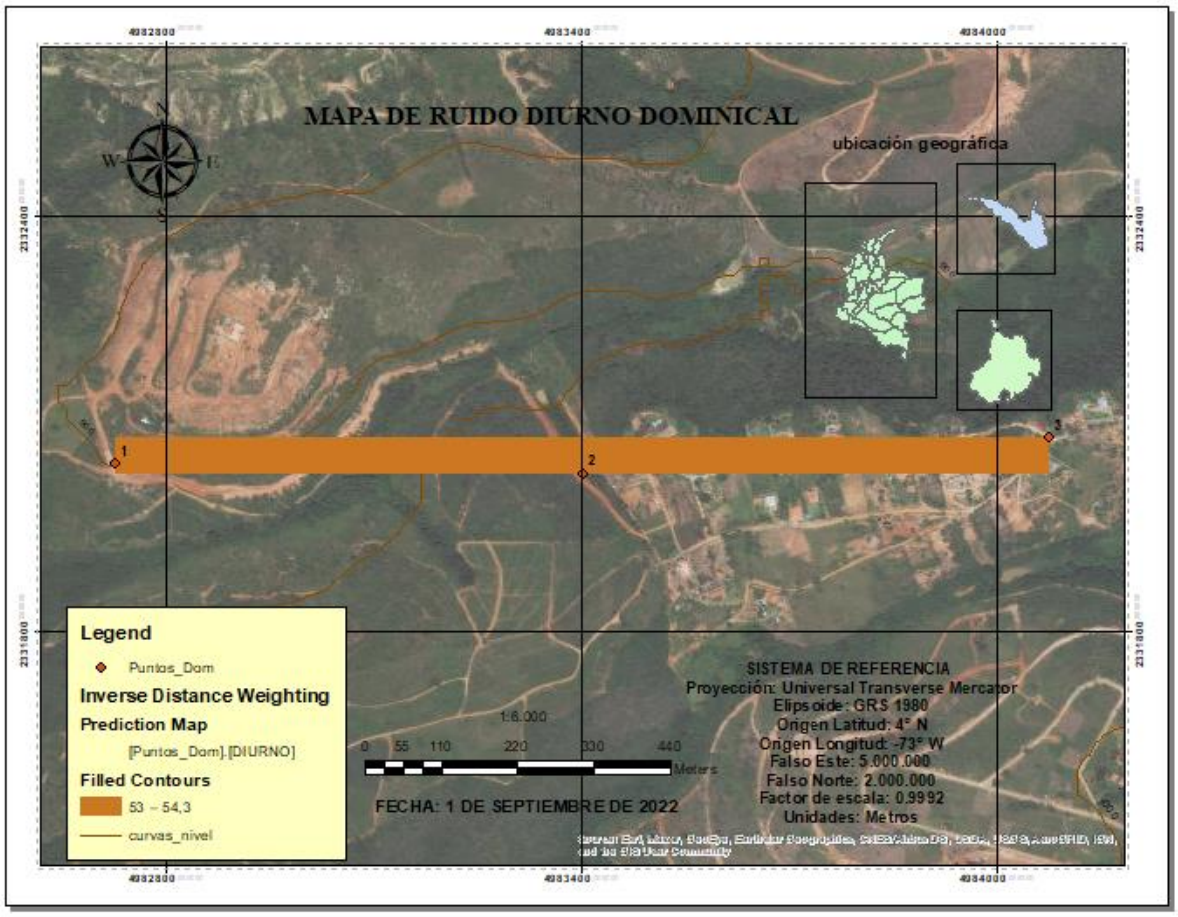
Nota: imagen propia del autor

1. Se debe seleccionar la ventana de la interpolación y darle clic derecho.
2. Se ubica la opción Properties y se selecciona.
3. En la ventana emergente se selecciona la opción Grids y se elige New Grid.
4. Luego pedirá elegir un tipo de grilla de coordenadas, en la primera opción será a partir de coordenadas geográficas, en la segunda opción será a partir de coordenadas planas y la tercera es una grilla de coordenadas con letras, en la mayoría de los casos se elegirá la opción del medio Measure Grid y se selecciona Siguiente.
5. Para el siguiente paso se definirá la separación de la grilla, esta se elige haciendo uso de la Escala del dibujo, Ejemplo: Si el dibujo se encuentra a escala 1:5000, la separación será cada 500 tanto en X

como en Y. Si la escala del dibujo es 1:6000, la separación será cada 600 metros tanto en X como en Y.

Esto se define en la casilla Intervals, una vez configurado esto se procede a darle siguiente a las demás pestañas.

Figura 36 Modelo de mapa terminado.



Nota: imagen propia del autor

Una vez terminado estos procesos se deberán exportar bien sea en pdf o archivo imagen, lo cual se realiza siguiendo la ruta File/Export Map/ Se le da nombre y se selecciona el tipo de archivo.

Cabe mencionar que, para la elaboración de los mapas de ruido nocturno dominical, diurno laboral y diurno dominical, los pasos son los mismos, con la diferencia que como muestra la Figura 26 en el paso 3, en el Source Dataset en el cual se seleccionará la capa *Puntos_Dom o Puntos_Lab* y en la casilla Data Field se deberá seleccionar la celda que se desea interpolar se deberá alternar entre Diurno y nocturno según se hayan realizado.

6. CONCLUSIONES

Como resultado principal se obtuvo la creación de este documento el cual busca de manera directa el apoyo a los profesionales ambientales con la implementación de los sistemas de información geográficos, el uso de directrices normativas como punto de partir y lineamientos base, uno de los principales problemas es que este tipo de mapas se suelen usar más para estudio de impactos ambientales en poblaciones rurales y muy poco en poblaciones densas como ciudades, esto debido a las actualizaciones o expediciones de licencias ambientales ante las autoridades competentes, debido a esto la investigación fue proyectada a estos proyectos con el uso del método de interpolación IDW, otro de los problemas que se presentó fue la obtención de datos de sonómetro ya corregidos según la resolución 627, gracias a la empresa ICC Ambiental que nos proporcionó datos de monitoreos de ruido anteriores se pudo obtener referencias para la corrección en los datos del sonómetro.

7. RECOMENDACIONES

Para la realización de futuros mapas de ruido en poblaciones densas es muy recomendable el uso del método de interpolación Kriging o Ko-Kriging, ya que esta permite una mejor dispersión y visualización de la predicción de los mapas de ruido como también la exactitud en el uso de una gran cantidad de puntos.

Para proyectos como el tomado aquí en ejemplo es posible seguir usando IDW ya que como se observó la interpolación de este trabajo solo hubo un rango de valores el cual solo fue representado por un color, por otra parte, la cantidad de puntos a evaluar era baja y es muy pequeño el error, por lo cual en los modelos de predicción realizados con IDW no será representativo si se usa con Kriging o IDW.

También como sugerencia estos modelos pueden ser realizados desde software de código abierto como QGIS, el cual no generará ningún tipo de costos al proyecto y no requerirá de una licencia que pueda expirar en algún tiempo, la única desventaja es la poca investigación del uso de este software aplicado a los modelos de mapas de ruido.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta Santos, M. C., & Vargas Cediel, J. A. (14 de Junio de 2019). Análisis del comportamiento espacial de los niveles de presión sonora del municipio de Funza, Cundinamarca. Facatativá, Cundinamarca, Colombia. Obtenido de https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2666

Alvaréz, J. C. (2009). Metodología para el análisis de la dispersión del ruido en aeropuertos, estudio de caso: aeropuerto Olaya Herrera de la ciudad de Medellín. Medellín, Antioquia, Colombia.

Área metroppolitana del valle de Aburrá. (s.f.). Mapa de ruido. Obtenido de https://www.metropol.gov.co/ambiental/Paginas/ruido/mapas-de-ruido.aspx

Audio Centro. (27 de Enero de 2017). *Audio Centro*. Obtenido de Audio Centro: https://www.audiocentros.com/que-es-un-sonometro/

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (s.f.). Sistema de Información Geográfica. Bogotá, DC, Colombia.

Baca Berrío, W., & Seminario Castro, S. (8 de Abril de 2012). Evaluación de impacto sonoro en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Lima, Perú. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1327/BACA_WILLIAM_Y_SEMINARIO_SAUL_IMPACTO_SONORO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Benasayag, E. M. (2000). El ruido nos mata en silencio. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 151-154.

BICENTENARIO PERÚ. (s.f.). Fuentes móviles. Obtenido de https://infoaireperu.minam.gob.pe/fuentes-moviles/

Birgitta Berglund, T. (1995). Community Noise. (B. B. ThomasLindvall, Ed.) *Center for Sensory Research Stockholm*, 23. Obtenido de https://www.noisesolutions.com/wp-content/uploads/2015/11/019-WHO-Community-Noise.pdf

Burneo, C. A. (2007). Contaminación por ruido y estrés en el Ecuador. En C. A. Burneo, *Contaminación por ruido y estrés en el Ecuador* (págs. 7-8). Quito: QualityPrint Cia. Ltda.

CAR. (s.f.). Permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas. Obtenido de https://www.car.gov.co/vercontenido/1188#:~:text=Fuente%20fija%3A%20Es%20la%20fuente,aire%20por%20ductos%20o%20chimeneas.

Carolina Jones Zambrano, C. A. (2019). *Análisis del comportamiento de las emisiones de Ruido en el sector Carrera 33, Municipio de Bucaramanga, Colombia, Aplicando el Programa Custic 3, 2 Advanced.* Unidades Tecnológicas de Santander. Industry, Innovation, and Infrastructure for Sustainable Cities and Communities: Proceedings of the 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology. Obtenido de http://laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/meta/FP430.html

Carrasco Llaique, C. V., & Villavicencio Ortega, J. J. (23 de Septiembre de 2021). EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA Y SU RELACIÓN CON EL ESTADO DE ESTRÉS DE LA POBLACIÓN A TRAVÉS DE MAPAS DE RUIDO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE HUANCAVELICA PARA EL AÑO 2019. *EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA Y SU RELACIÓN CON EL ESTADO DE ESTRÉS DE LA POBLACIÓN A TRAVÉS DE MAPAS DE RUIDO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE HUANCAVELICA PARA EL AÑO 2019*. HUANCAVELICA, HUANCAVELICA, Perú. Obtenido de

file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TESIS-2021-ING.%20AMBIENTAL-CARRASCO%20LLAIQUE%20Y%20VILLAVICENCIO%20ORTEGA.pdf

Castillo, M. A. (Abril de 2017). Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable. *Estudios demográficos y urbanos, XXXII*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s0186-72102017000100065&script=sci_arttext

Gómez, D. M. (2017). Resolución espacial en la elaboración de mapas de ruido por interpolación. *INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA*, 1-3.

IGAC. (2 de Agosto de 2021). Manual de instalación MagnaPro. Bogotá, DC, Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1 de Enero de 2005). Resolución 068 de 2005. Bogotá, DC, Colombia.

Jara Rojas, J. (2016). Relación entre la percepción del ruido ambiental y los niveles de presión sonora en horario nocturno San Borja - Lima 2015. *Relación entre la percepción del ruido ambiental y los niveles de presión sonora en horario nocturno San Borja - Lima 2015*. Lima, Lima, Perú. Obtenido de https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/250/TL-Jara_Rojas.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Laura Abad Toribio, D. C. (Mayo de 2011). RUIDO AMBIENTAL: SEGURIDAD Y SALUD. (R. t. desarrollo, Ed.) *Revista de ciencia, tecnología y medio ambiente, III*, 4. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/569-578-1-PB.pdf

López, R. S., & Castillo, E. B. (2016). Evaluación del ruido ambiental en el Campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 88-86.

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (7 de Abril de 2006). Resolución 627 de 2006. *Resolución 627 de 2006*. Bogotá, Cundinamarca,

Colombia. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-0627-de-2006.pdf

Moya Bonilla, J. M., & Monge Monge, E. A. (2015). Caracterización de la Distribución de los Niveles de Presión Sonora para el Casco Central del Cantón de San José. *Caracterización de la Distribución de los Niveles de Presión Sonora para el Casco Central del Cantón de San José*. San José, San José, Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6379/Ruido%20San%20Jos%c3%a9.%20Jos%c3%a9%20Moya-%20Evandry%20Monge.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Orozco, A. A. (2019). Análisis de la asociación de los niveles de presión sonora y tráfico vehicular en los alrededores de la clínica Santa María de la ciudad de Sincelejo – Sucre. *Análisis de la asociación de los niveles de presión sonora y tráfico vehicular en los alrededores de la clínica Santa María de la ciudad de Sincelejo – Sucre*. Barranquilla, Atlántico, Colombia.

Oviedo Castaño, A. F. (2016). Elaboración de mapas de zonificación según los niveles de presión sonora por tráfico urbano en Bogotá. Bogotá, Cundinamarca, Colombia. Obtenido de https://repositorio.uniandes.edu.co/flexpaper/handle/1992/39655/u806999.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=1

Tech Perú. (s.f.). Tipos de Sonómetros. Obtenido de https://techperuindustrial.com/tipos-de-sonometros/