



**ESTUDIO PARA IDENTIFICAR LA UBICACIÓN
DEL ÁREA IDÓNEA EN LA INSTALACIÓN DE
UNIDADES SANITARIAS PORTÁTILES, A
PARTIR DE VEHÍCULOS AÉREOS NO
TRIPULADOS Y CONSTRUCCIÓN DE MODEL
BUILDER EN ARCGIS PRO.**

**STUDY TO IDENTIFY THE LOCATION OF THE IDEAL AREA
FOR THE INSTALLATION OF PORTABLE SANITARY UNITS,
USING UNMANNED AERIAL VEHICLES AND
CONSTRUCTION OF MODEL BUILDER IN ARCGIS PRO.**

Andrés Felipe Fonnegra Rodríguez
3101587
Ingeniero Civil

Director trabajo de grado:
Ing. Freddy León Reyes M.Ed

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
DICIEMBRE DE 2022
BOGOTÁ-COLOMBIA**

ESTUDIO PARA IDENTIFICAR LA UBICACIÓN DEL ÁREA IDÓNEA EN LA INSTALACIÓN DE UNIDADES SANITARIAS PORTÁTILES, A PARTIR DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS Y CONSTRUCCIÓN DE MODEL BUILDER EN ARCGIS PRO.

STUDY TO IDENTIFY THE LOCATION OF THE IDEAL AREA FOR THE INSTALLATION OF PORTABLE SANITARY UNITS, USING UNMANNED AERIAL VEHICLES AND CONSTRUCTION OF MODEL BUILDER IN ARCGIS PRO.

ANDRÉS FELIPE FONNEGRA RODRÍGUEZ
Especialización En Geomática
Universidad Militar Nueva Granada.
Bogotá, Colombia
est.andres.fonnegra@unimilitar.edu.co

RESUMEN

El presente documento, realiza la construcción de un modelo de geoprocetamiento (ModelBuilder), el cual automatiza el proceso de análisis espacial en el estudio para identificación de la ubicación del área idónea en la instalación de unidades sanitarias portátiles (USP), ya que en la actualidad Colombia no cuenta con una normativa nacional, que se encargue de la ubicación y el número de unidades sanitarias portátiles, requeridas al momento de dar solución al problema de saneamiento básico en el uso de las principales actividades en las que son solicitadas; como lo son eventos masivos, construcciones y lugares públicos. Debido a esto, no se cuenta con un método lógico matemático que identifique el área de instalación de las USP, generando que esta decisión se realice de manera arbitraria. El estudio mediante la realización de la identificación, planeación del vuelo, la obtención de fotografías, el levantamiento en la zona de intervención, donde se origina la necesidad del uso de dichas UPS, generando el DEM y la ortofoto de la zona; productos espaciales desarrollados con ayuda del software Agisoft Metashape, continuando con la digitalización de espacios geográficos que intervienen en el área de estudio, usados como parte de los insumos del ModelBuilder creado en la automatización para el análisis espacial y la generación del mapa en el que se identifica la zona más apropiada para la instalación de la Unidad Sanitaria portátil.

Palabras Clave: Ortofoto, Vehículo Aéreo No Tripulado, Unidad Sanitaria Portátil, ModelBuilder, Espacios Geográficos, Digitalización.

ABSTRACT

This document carries out the construction of a geoprocessing model (ModelBuilder), which automates the process of spatial analysis in the study to identify the location of the ideal area in the installation of portable sanitary units (USP), since in the Currently Colombia does not have a national regulation, which is in charge of the location and number of portable sanitary units, required at the time of solving the problem of basic sanitation in the use of the main activities in which they are requested; such as massive events, constructions and public places. Due to this, there is no mathematical logical method that identifies the installation area of the USP, causing this decision to be made arbitrarily. The study by carrying out identification, flight planning, obtaining photographs, surveying in the intervention area, where the need for the use of said UPS originates, generating the DEM and orthophoto of the area; spatial products developed with the help of Agisoft Metashape software, continuing with the digitalization of geographic spaces that intervene in the study area, used as part of the inputs of the ModelBuilder created in the automation for spatial analysis and the generation of the map in which identifies the most appropriate area for the installation of the Portable Sanitary Unit.

Keywords: Orthophoto, Unmanned Aerial Vehicle, Portable Health Unit, ModelBuilder, Geographic Spaces, Digitization.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el 21 de marzo del presente año, más de 1700 millones de personas siguen sin tener acceso a servicios básicos de saneamiento, como inodoros o letrinas privadas. De ellas, 494 millones todavía defecan al aire libre, por ejemplo, en alcantarillas, detrás de arbustos o en masas abiertas de agua. El mejoramiento en las instalaciones de saneamiento separando de manera higiénica excretas del contacto humano mediante el uso de las descargas de agua en los sistemas de alcantarillado o Unidades sanitarias portátiles disminuyen la transmisión de enfermedades.

Las Unidades Sanitarias Portátiles (USP) han sido utilizadas desde hace aproximadamente 70 años, principalmente en las construcciones, ofreciendo soluciones a la carencia o insuficiencia de instalaciones sanitarias fijas; la cantidad de USP que se requieren es directamente proporcional al número de personas que crean la necesidad, convirtiéndose en una solución práctica para problemáticas como la higiene, privacidad y evitando enfermedades transmisibles. En la actualidad el uso de las USP presenta diferentes escenarios como lo son eventos masivos, construcciones y lugares públicos. Colombia no presenta una normativa clara que rige a nivel nacional con respecto al número de unidades, uso, mantenimiento, y mucho menos la ubicación propicia para la instalación de estas en los diferentes escenarios, la resolución 269 del 19 de febrero de 2008 expedida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para Colombia, que adjudica permisos de vertimiento, en el numeral 2.1 **autoriza el uso de baños portátiles en la fase de construcción de obras civiles**, por lo tanto se evidencia como se deja a disposición de las empresas prestadoras del servicio y de los usuarios el uso, mantenimiento y ubicación -siendo

este el tema a tratar en este trabajo, queja frecuente de los usuarios finales con respecto a traslados y malos olores- quienes desconocen parámetros como ubicación y cantidad de unidades USP, sin conocer a ciencia cierta dónde consultar para cumplir con estándares de calidad[1].

Ahora bien, se tiene que Los vehículos aéreos no tripulados llamados (UAV por sus siglas en inglés) son unas de las herramientas tecnológicas de mayor investigación y aplicación en áreas como la fotogrametría aérea y de percepción remota, presentándose como una herramienta importante alternativa para la captura de imágenes de alta resolución espacial y temporal. Estos sistemas han sido desarrollados y empleados desde finales de los años cincuenta en el campo militar para tareas de conocimiento, vigilancia y misiones en territorios hostiles, hoy en día forman parte de actividades civiles, producciones audiovisuales, agricultura, mapeo y cartografía.[2]

Debido a la actualización y acceso de estas tecnologías para las áreas de uso civil, comercial y empresarial, los vehículos aéreos no tripulados permite generar técnicas de geoprocésamiento abriendo las puertas para el estudio de análisis espacial en distintas formas, permitiendo la introducción a otras ramas de las ciencias por medio de la fotogrametría, obteniendo precisiones centimétricas, integrando información espacial con modelos de evaluación para clientes específicos, lo que permite el desarrollo eficaz en la toma de decisiones.

La presente investigación, centra su objetivo principal en el estudio para identificar la ubicación del área idónea en la instalación de las USP en el espacio en el cual se desarrollará la eventualidad que origina la necesidad, para la obtención de la información representada de forma geográfica es necesario la integración de Hardware (Drone DJI Mavic Air 2s) y software (DH Mobile, Agisoft Metashape Professional, ArcGIS Pro) esta integración se conoce como Sistema de información Geográfica (SIG). Por lo tanto, la metodología utilizada en campo para la recolección de datos y en oficina para la manipulación, análisis y entrega de la información geográficamente referenciada con el fin de dar una respuesta concreta en la ejecución, se presenta a continuación:

Las fotografías aéreas fueron obtenidas con un dron de marca "DJI", referencia Air 2s, la aplicación móvil "DH Mobile" se realizó la planificación de vuelo, esta APP permite que se realice el plan de vuelo previo en oficina o en campo la zona de estudio.

Las fotos obtenidas, se procesaron en la oficina mediante el uso del Software "Agisoft Metashape Professional", obteniendo como resultado el DEM y la ortofoto georreferenciada, los cuales son los insumos bases para identificación de la zona adecuada.

Una vez se tiene la ortofoto apoyados con el software GIS "ArcGIS Pro", se procede a digitalizar los elementos existentes del lugar geográfico, para luego ser utilizados en el modelamiento de la herramienta "Modelbuilder" de este software.

JUSTIFICACIÓN

A nivel internacional los países europeos a medida de uso han desarrollado una serie de requisitos y parámetros mínimos para el uso de las USP. Los países europeos se rigen bajo la normativa UNE-EN-16194, que recomienda no superar los 100 m de distancia del lugar de la actividad que genera la necesidad de la instalación de las USP. Por otro lado, en Estados Unidos se adoptan las recomendaciones de la American National Standards Institute (ANSI), las cuales no son una norma obligatoria para las empresas prestadoras del servicio.

En nuestro país, no se cuenta con una normativa nacional que regule el número de unidades, ni ubicación de las USP en espectáculos públicos, eventos masivos, eventos ocasionales y la construcción, que son las principales razones del uso. Ciudades como Medellín y Barranquilla, tienen acuerdos a nivel municipal que son base en la regulación para las UPS.

En Medellín (Antioquia) se encuentra bajo el Acuerdo Municipal 038 del Concejo de Medellín del año 2002, dice que las unidades no deben estar a más de 40 m del área de intervención. La ciudad de Barranquilla (Atlántico) cuenta con Acuerdo Municipal 009 del Concejo de Barranquilla del año 2005, algunos de sus parámetros están basados en el acuerdo de la ciudad de Medellín.

La localización de las USP se hace a criterio del contratista o prestador del servicio sin tener en cuenta las guías internacionales, las cuales, además, no tienen establecido un modelo matemático para una ubicación adecuada, que tenga en cuenta las necesidades de los usuarios, de los encargados de mantenimiento y las características del escenario.[1]

1. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, se hace una pequeña descripción de los conceptos que se tuvieron en cuenta para la elaboración de este documento y el desarrollo de las actividades en campo.

Unidad Sanitaria portátil (USP)

Una unidad sanitaria portátil, también llamado baño portátil o baño químico, son unidades de saneamiento que consisten en un dispositivo sanitario, el cual se ubica sobre un tanque hermético que se encarga de almacenar las excretas y donde generalmente hay una solución química que facilita la digestión de la materia orgánica, y por lo tanto se han adoptado como soluciones temporales cuando las letrinas de pozo o tanques sépticos resultan inadecuados o inaceptables, a su vez se han venido implementando en lugares donde se llevan a cabo actividades de ocio y donde se realizan construcciones.[3]

Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV)

Para la elaboración y obtención de insumos para realizar este trabajo, se utilizó un vehículo aéreo no tripulado (UAV), mejor conocido como Drone, este término se refiere a la propia aeronave que está destinada a ser operada sin piloto a bordo.[4]

Existen tres tipos de drones, los drones de ala fija, los drones multirrotor y El VTOL o dron de despegue y aterrizaje vertical es un dron que fusiona las alas fijas con las hélices, para el presente trabajo se utilizó un dron multirrotor.

Fotogrametría

la Fotogrametría ha sido definida por la sociedad estadounidense y percepción remota como el arte, la ciencia y la tecnología de obtener información confiable sobre objetos físicos y el medio ambiente a través de procesos de registro, edición e interpretación de imágenes fotográficas y patrones de energía electromagnética radiante registrada y otros fenómenos.[5]

Sistemas De Información Geográfica (SIG)

Un sistema de información Geográfico (SIG) permite relacionar cualquier tipo de dato con una localización geográfica. Esto quiere decir que en un solo mapa el sistema muestra la distribución de recursos, edificios, poblaciones, entre otros datos de los municipios, departamentos, regiones o todo un país, este es un conjunto que mezcla hardware, software y datos geográficos, los muestra en una representación gráfica. Los SIG están diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar la información de todas las formas posibles de manera lógica y coordinada. [6]

Ortofoto

Una fotografía aérea modificada geométricamente para ajustarla a un sistema de proyección geográfica. En una ortofotografía se han eliminado las distorsiones debidas a la perspectiva, al movimiento de la cámara y al relieve de forma que posee las mismas propiedades métricas que un mapa.[7]

Modelo Digital De Elevación

El Modelo Digital De Elevación (DEM) es la representación digital de las elevaciones en una región.[5]

ModelBuilder (ArcGis Pro)

ModelBuilder es un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo de geoprocésamiento. Los modelos de geoprocésamiento automatizan y documentan los procesos de análisis espacial y de administración de datos. los modelos de geoprocésamiento se crean y modifican en ModelBuilder, donde un modelo se representa como un diagrama que encadena secuencias de procesos y herramientas de geoprocésamiento, utilizando la salida de un proceso como la entrada de otro proceso.[8]

FORMATO TIFF

TIFF (Tagged Image File Format), es un formato que fue creado para adquirir y crear imágenes optimizadas para la impresión, formato desarrollado por Aldus y Microsoft.[9]

1.2 METODOLOGÍA

El estudio plantea el uso de drones y software de fotogrametría, análisis y modelamiento espacial, pensando en la solución a la ubicación espacial al momento de la instalación en la implementación de las USP para los distintos escenarios en los que se utilizan en la actualidad, teniendo en cuenta las necesidades de los actores que intervienen en la prestación y los usuarios finales de este servicio.

el estudio se realiza teniendo en cuenta la utilización de equipos, software y el flujo de trabajo, que nos permite obtener con éxito los entregables correspondientes al proyecto, los cuales se enuncian a continuación:

- Ortofotografía.
- Vectorización de espacios geográficos.
- construcción de Modelbuilder.

la metodología realizada se divide en distintas actividades, que serán descritas a continuación:

1.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE INTERÉS.

Previo a realizar actividades de levantamiento, se realiza la visita al lugar en el cual se origina la necesidad de la instalación de la o las unidades sanitarias portátiles; como resultado de la visita definir la zona de estudio, el área objeto del levantamiento, ubicación de manera espacial la actividad que se realizará para el uso de la USP.

Para el caso de estudio, la actividad que origina la necesidad en el uso de la USP, es un mantenimiento de malla vial, llamado coloquialmente “reparqueo” en uno de los tramos de la vía que conduce el municipio de Puerto Boyacá (Boyacá) al municipio de Otanche (Boyacá), en dicho tramo con una longitud de 110,70 m, una área de la zona de intervención de 100,2 m², la zona del levantamiento cuenta con 8058 m².

1.2.2 PLANEACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE VUELO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS.

Esta actividad consiste en definir la zona de interés y los parámetros de vuelo para la adquisición de las fotografías. Los vehículos aéreos no tripulados llamados UAV (por sus siglas en inglés) que tienen integrados sistemas de navegación, con el uso de software específico, se realiza la planeación del vuelo; sin importar la plataforma o el software a utilizar, los pasos son relativamente sencillos y similares [2].

Una vez se tiene definida la zona del proyecto que se va a levantar -para este estudio no se obtienen puntos de control en tierra- se procede a realizar la planeación del vuelo con el software “DH Mobile”, software para dispositivos móviles, el cual permite realizar en campo la asignación de los parámetros de vuelo.

1.2.2.1 Zona de cobertura del vuelo

Para la planeación del vuelo en la zona de cobertura, el software “DH Mobile”, usa como Base Map el mapa de Google Earth para tener la referencia del lugar de interés, presenta diferentes herramientas para la identificación de la zona, para este caso se usa la herramienta polígona (ilustración 1).



Ilustración 1. Zona de cobertura en el software “DH Mobile”.

1.2.2.2 Patrón de cuadrícula.

El software permite la configuración de varios tipos de cuadrillas o misiones, la cual guía el vuelo de la aeronave para la obtención de las fotografías, en este caso particular se usó la grilla doble para tener un mayor número de fotografías, debido a la falta de los puntos de control, tener una mejor precisión y mejores insumos al momento de generar la nube de puntos.

1.2.2.3 Zona de despegue y aterrizaje de la aeronave.

“DH Mobile” solicita la zona de despegue y aterrizaje para la aeronave, siendo este punto el cual la aeronave aterrizará, cuando solicite el cambio de batería o por seguridad de esta.

1.2.2.4 Altura del vuelo del proyecto.

La altura de vuelo del UAV, es la elevación sobre el promedio de altura del terreno, “DH Mobile” permite asignar esta elevación e ir verificando el número de fotografías a obtener.

1.2.2.5 Porcentaje de superposición

La superposición, traslapeo o solape entre las imágenes busca conseguir la visión estereoscópica; la fotogrametría digital se encarga a través de las imágenes reconstruir la realidad. Los softwares por medio de sus algoritmos buscan emparejar los puntos comunes entre las imágenes, por esta razón es importante que las imágenes tengan una superposición tanto longitudinal como transversal; para tener ortofotografías reales, se necesita un traslape de 90% en ambos casos.

1.2.2.6 Configuración de cámara y equipo.

El software requiere la configuración para tener los controladores del dron a utilizar, en este proyecto el equipo fue un dron multirrotor, de la empresa China DJI, de modelo Mavic Air 2S, en el cual se utilizó una orientación de cámara del gimbal Pitch a -90° , para la toma de las imágenes.

Una vez se tenga la configuración completa (ilustración 2), la aplicación enseña la dirección del vuelo, el número de fotografías, baterías que se usarán para el vuelo planeado.

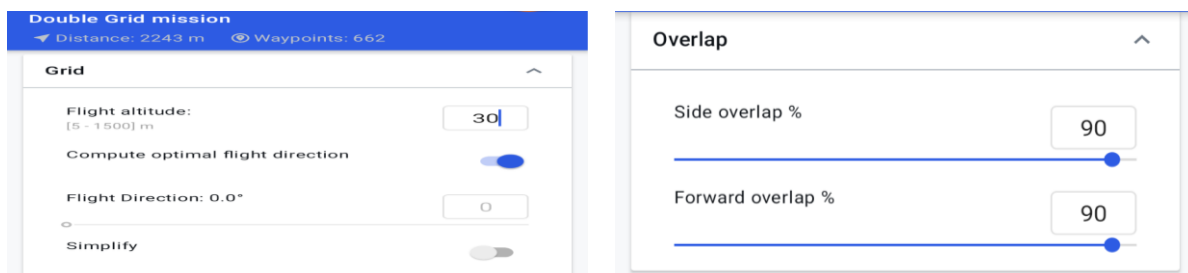
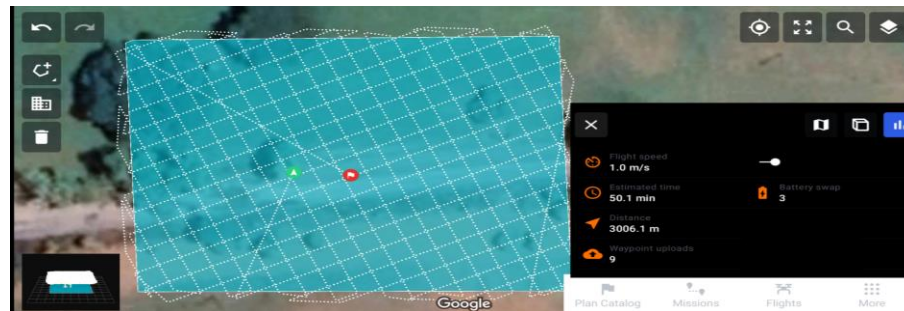


Ilustración 2. Configuración final del plan de vuelo.

1.2.3 GENERAR LA ORTOFOTO POR MEDIO DE LAS FOTOGRAFÍAS OBTENIDAS EN EL VUELO.

Para la zona de interés, se genera una imagen en formato *TIFF, la resolución espacial de la imagen 0.017m, en el sistema de coordenadas geográficas WGS84 (4326), producto que se genera a partir de las fotografías obtenidas en el procedimiento anterior, con ayuda del Software Agisoft Metashape Profesional, siguiendo el flujo de trabajo.

Esta ortografía será el insumo para la identificación y digitalización de los espacios geográficos en el área de interés, la ortofotografía representa en qué circunstancias y la escala precisa del área levantada a la fecha del levantamiento.

1.2.3.1 ADICIONAR FOTOS

Se cargan todas las fotografías del proyecto obtenidas en este caso por la aeronave no tripulada, en la pestaña "Workflow", en la opción "Add Photos", al momento de que las imágenes se cargan, en el lado izquierdo de la interfaz, presenta una tabla de

contenido con dos pestañas, en pestaña “Reference” por cada fotografía se mostrará una tabla que contiene su longitud, latitud, altitud.

1.2.3.2 ALINEAR FOTOS

Siguiendo el “Workflow”, se elige la opción “Align Photos”, el software crea puntos claves alrededor de 50.000 puntos, significa que cada contraste que exista en una fotografía en cambio de reflectividad, serán puntos claves por imagen, cuando compare una fotografía con la siguiente de forma longitudinal y transversal crea puntos de enlace o comunes que son conocidos a su vez como “Tie Points”.

La calidad en el proceso de alineamiento en este estudio se realiza en “Highest” para obtener alta calidad en la alineación, cabe hacer la aclaración que la calidad del producto depende del equipo, puesto que el software no realiza los procesos directamente o en el programa, sino que ejecuta con el procesador y la memoria del computador [9], debido a que algunas fotografías presentan sombras, lo mejor es dejar la opción “Adaptive camera model fitting” activada, esto genera que el software aplica un filtro al momento que esté realizando la correlación entre las fotografías.

Una vez se realiza la alineación genera el ajuste individual por fotografía en Yaw, Pitch y Roll.

1.2.3.3 CONSTRUIR NUBE DE PUNTOS DENSA

Construir la nube de puntos densa, igual que en el procedimiento anterior el software nos pide la calidad con la que deseamos nuestro producto; buscando la calidad alta, en la opción “Quality” se selecciona “Ultra High” o “High” ; en las opciones avanzadas selecciona “Calculate Point Color” y en las opciones de filtrado como se requiere extraer el modelo digital de elevación, se selecciona la opción “ Aggressive”, si no es necesario se puede tomar como opción “Mild”.

Los puntos de la Nube Densa, se clasifican, primero se clasifica con el algoritmo de terreno que tiene el software para clasificar nivel 2 “Puntos del terreno “. Por otro lado, se pueden reclasificar puntos de manera manual.

Obtener la “Nube De Puntos Densa”, permite generar distintos productos como Curvas de nivel, DEM entre otros. dichos productos se pueden generar a partir de otros softwares.

1.2.3.4 DEM

Continuando con el Workflow en “Build DEM”, para generar el DEM en este estudio se siguen una serie de parámetros; se crea a partir de la “Nube De Puntos Densa”, asignando la clase de nivel 2 “Puntos de terreno”; realizado, este procedimiento nos muestra para este estudio la resolución espacial o GSD de 0.017m y un “Total size” 8976 x 7606 pix. Este producto se exporta en formato *TIFF, que puede ser usado en otros software como insumo para generar otros productos relacionados, este proyecto se utiliza para la proyección y reclasificación del Modelo Digital De Elevación el software Arcgis PRO.

1.2.3.5 GENERACIÓN DEL ORTOMOSAICO.

Este es el último proceso que se realiza a las imágenes, se genera a partir de una superficie, en este caso estudio se cuenta con el DEM generado anteriormente, se puede rectificar y modificar el tamaño de píxel si se desea, en el desarrollo del estudio se encuentra un tamaño de píxel de 0.008 m.

Una vez se tiene el resultado, se procede a realizar un barrido o análisis del área identificando zonas del ortomosaico (ilustración 3) que presenten distorsión en donde no se encuentran las imágenes bien fusionadas por mala calidad de la fotografía, así que se debe editar de manera manual creando un polígono y asignando la fotografía adecuada.

y como producto final, se pueden realizar medidas de gran precisión, que sirve como insumo base para este estudio; se exporta el ortomosaico en formato que se desea, en este caso se importa en formato *TIFF, para realizar la digitalización en otro software.



Ilustración 3. Ortofoto de la zona de estudio.

1.2.4 DIGITALIZACIÓN ESPACIOS GEOGRÁFICOS EN EL ÁREA DE INTERÉS

El origen de los datos con los que trabajamos en un SIG puede ser muy variado y presentarse en un sin número de formas. La metodología en la recolección de los datos condiciona directamente la forma en la que se obtienen, los resultados que podemos dar a partir del ingreso a un software de SIG o las operaciones que deben realizar. Se conocen dos tipos de datos; los datos primarios quienes son los que se pueden emplear en su forma original y son susceptibles de realizar operaciones de manejo y análisis SIG, y los secundarios que son aquellos que se derivan de otro tipo de dato previo, el cual no es adecuado para el uso en un SIG.

A partir de los insumos generados (DEM y Ortofoto), se procede a generar los insumos necesarios, que son las variables para la construcción del modelo. Por otro lado,

dichos insumos se encuentran en el sistema de coordenadas Magna Sirgas - Origen Nacional.

1.2.4.1 CLASIFICACION DEL MODELO DE ELEVACION DIGITAL

En este proyecto partiendo del DEM obtenido de la zona de interés, se realiza la proyección al sistema de coordenadas “Magna sirgas - origen nacional”, se realiza la reclasificación del Raster, teniendo los datos de elevación del terreno como uno de los mapas del proyecto.

1.2.4.2 DIGITALIZACION DE ESPACIOS GEOGRAFICOS

Tomando como “Base Map” la ortofoto generada puesto que nos muestra la actualidad de la zona de interés, se digitaliza los espacios geográficos que en esta se encuentran y nos permite realizar el análisis del presente estudio. Al digitalizar creamos cada uno de estos lugares geográficos en “Feature Class”.

Para este estudio, se define la clasificación de los espacios geográficos bajo criterio propio, debido a que se tiene diferentes dependiendo de las características de la zona de la actividad que genere la necesidad de la instalación de las USP, el presente estudio es un mantenimiento de malla vial, llamado coloquialmente “reparqueo” en uno de los tramos de la vía que conduce del municipio de Puerto Boyacá (Boyacá) al municipio de Otanche (Boyacá).

Por lo tanto, en el área de interés tomamos como referencia los siguientes espacios geográficos.

- Vegetacion alta (veg_alta): se digitaliza como vegetación alta, los árboles con más de 1.5 m de altura, de tipo geometría Polígono.
- Predio privado (veg_baja): se digitaliza como vegetación baja, las áreas de pastura y zonas privadas, de tipo geometría Polígono.
- Berma (berma): se digitaliza como berma, las áreas de berma que cuenta las vías en la zona de estudio, de tipo geometría Polígono.
- Zona de intervención (zona_intervencion): se digitaliza como zona de intervención, el área en el cual se presenta el mantenimiento de la malla vial, de tipo geometría Polígono.
- Red vial (vial): se digitaliza como vial, el eje de la vía del tramo al que se realiza la intervención, de tipo geometría Polígono.
- Drenaje doble (dre_doble): se digitaliza como dre_doble, área del caño de drenaje de las aguas por escorrentía que presenta la zona de pastura, de tipo geométrico polígono.

1.2.5 OBTENER EL MODEL BUILDER DE LA LOCALIZACIÓN ESPACIAL DE LAS USP.

Una vez se tiene los insumos necesarios, se procede a realizar la creación del “ModelBuilder”, la construcción de este modelo se divide en 5 pasos.

- El primero consiste en reproyectar la ortofoto, para el caso de estudio será al sistema de coordenadas “Magna Sirgas - Origen Nacional”. La cual será usada para crear la asignación de puntos en el espacio y la clasificación supervisada con el uso de la herramienta “Maximum Likelihood Classification”.
- El segundo paso, para realizar la clasificación supervisada, a cada uno de los Espacios geográficos que se Digitalizaron, a cada Shapefile, se generan puntos aleatorios con la ayuda de la herramienta “Create Random points”, en este caso se generaron 500 puntos a una separación de 0.5m en el área que comprende el polígono; a continuación se le añade un campo llamado “clase” con la herramienta “Add Field” y se les asigna un código de clase con la herramienta “Calculate field”, para nuestro trabajo será del 1 al 5. Con el uso de la herramienta “Merge” se unen los Shapefile obtenidos en el procedimiento, con el resultado, se crea la asignación de puntos en el espacio con el uso de la herramienta “Create signatures”, lo que genera un archivo de firma ASCII de las clases definidas con respecto a un raster que en el caso de estudio será la Ortofoto reproyectada en el sistema de coordenadas “Magna Sirgas - Origen Nacional”. Por último, crea el raster de la Clasificación supervisada con el uso de la herramienta “Maximum Likelihood Classification”.
- El tercer paso, se basa en reproyectar el DEM al sistema de coordenadas “Magna Sirgas - Origen Nacional”, luego se realiza la reclasificación con la herramienta “Reclassify”; dicha reclasificación debe tener el mismo número de clases de la Clasificación supervisada.
- El cuarto paso, el proceso a realizar en el área de intervención del presente estudio, un mantenimiento de malla vial, llamado coloquialmente “reparqueo” en uno de los tramos de la vía que conduce el municipio de Puerto Boyacá (Boyacá) al municipio de Otanche (Boyacá). Por medio de la herramienta “Multiple ring buffer”, para este caso se crean 5 buffers, de 10, 20, 30, 40 y 50 m que identifican las distancias en las que la USP debe ubicarse, al igual que las 5 clases de la clasificación supervisada, una vez se tienen el Feature, usado la herramienta “Feature to Raster”, al Raster creado, se le realiza una reclasificación, con la herramienta “Reclassify”; dicha reclasificación debe tener el mismo número de clases de la Clasificación supervisada.
- El quinto paso consiste en crear bajo la herramienta “Weighted Overlay” álgebra de mapas para realizar análisis geográficos, dicho análisis se realiza a los rasters obtenidos en los pasos anteriormente nombrados.

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

De los procesos realizados en el análisis de este estudio para identificar la ubicación del área idónea en la instalación de USP, se obtuvo mediante las fotografías obtenidas por el sensor óptico que cuenta la aeronave utilizada (Mavic Air 2s), el modelo digital de elevación (DEM) de la zona de estudio que se presenta en la ilustración 4 con una resolución espacial o GSD de 0.017m y un “Total size” 8976 x 7606 pix, en el cual identificamos la elevación del terreno en el que se instalará la unidad sanitaria portátil.

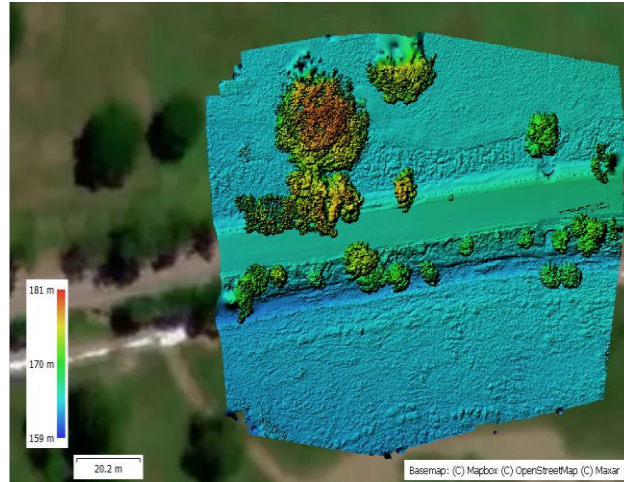


Ilustración 4. DEM zona de estudio vía que conduce del municipio de Puerto Boyacá (Boyacá) al municipio de Otanche (Boyacá).

A partir de este, se generó una ortofoto de la zona de estudio de se encuentra un tamaño de píxel de 0.008 m, digitalizando los espacios geográficos mostrados a continuación en la ilustración 5, se identifican los factores espaciales que intervienen en el área de la instalación de la unidad.



Ilustración 5. Ortofoto y digitalización de espacios geográficos de las de la zona de estudio.

La clasificación supervisada generada partiendo de los espacios geográficos que se digitalizaron, permiten al crear un conjunto de bandas ráster clasificado. Clasificando cada espacio geográfico con un valor de prioridad, que, de forma predeterminada, las celdas del ráster de salida se calcificaran, y cada clase tenga los mismos pesos de probabilidad adjuntos a sus firmas.

Al reclasificar el DEM, equivalente al número de clases que se generan por medio de los espacios geográficos, se asignan los valores de prioridad calcificando las elevaciones, de esta manera producir los mismos pesos de probabilidad en el ráster de salida.

La zona de intervención, siendo el espacio geográfico de mayor importancia, debido a que es el área en la cual se encuentra el motivo de la solicitud para la instalación de USP, lo que produce un espacio que siempre debe permanecer libre de ser de la ubicación del servicio, por tal motivo, se procede a limitar su espacio creando una serie de búferes a distancias especificadas alrededor de la zona de intervención, el número de búfer debe coincidir con el numero de clases que se crean en la clasificación supervisada, al convertir dichos búfer a ráster, se reclasifican asignando los valores de prioridad.

Los ráster reclasificados a una escala de medición común, los convierte a ráster enteros, siendo el número de clases de espacios geográficos creados a partir de la necesidad. Al sobre poner varios ráster bajo la herramienta "Weighted Overlay", se le asigna un porcentaje de influencia. Cada clase de valor de un ráster se le asigna un valor basado al porcentaje de prioridad en la escala de la evaluación, el resultado son los valores reclasificados de los ráster de entrada, cada ráster de entrada pondera según la importancia o porcentaje de influencia, el valor de celda se multiplicada por su influencia porcentual y los resultados se suman para crear el ráster de salida.

Dichos procesos se realizan para la construcción de un ModelBuilder (ilustración 6), el cual permite obtener como resultado y mediante el análisis espacial realizado en el software ArcGIS Pro, un área óptima para la instalación de la unidad sanitaria portátil, dado que por las condiciones que se ingresan al modelo como insumos y la clasificación de cada uno de ellos (DEM, Ortofoto, espacios geográficos), no entorpece el área en la que se realiza la actividad que genera la necesidad de la solicitud para la instalación USP, adicionalmente, teniendo en cuenta las elevaciones del terreno permite identificar las áreas con menor pendiente y mejor accesibilidad, que facilita no solo a la instalación sino al momento en el que se realice el mantenimiento por el vehículo tipo vector, que por lo general son vehículos de gran magnitud, por lo tanto, eso cambia el actual panorama al momento de la instalación de las unidades. Ya que se viene realizando bajo el criterio de la empresa prestadora del servicio o el contratante del servicio, sin tener en cuenta la facilidad de acceso, las distancias mínimas a la zona de intervención; los espacios geográficos como zonas privadas, vías, árboles de gran tamaño y demás, que podrían interrumpir el mantenimiento óptimo de la unidad.



Ilustración 6. ModelBuilder para la identificación del área idónea para la instalación de las USP.

3. CONCLUSIONES

Colombia, no tiene una normativa nacional que regule tanto la ubicación o el número de unidades sanitarias portátiles (USP) con respecto a la necesidad de la solicitud en la prestación del servicio, excepto para las ciudades de Medellín y Barranquilla, pero no se encuentran de manera estandarizadas a nivel nacional y varía con las normativas internacionales existente, lo que permite tener distintos procedimientos al momento de la prestación del servicio de unidades sanitarias portátiles.

Por lo tanto, la localización de las USP se hace a criterio de la empresa prestadora del servicio o del contratante, en la actualidad no se cuenta con un modelo lógico matemático, para la distribución y distancia en la instalación de las USP.

Teniendo la ortofoto de la zona, al momento de realizar la digitalización de los espacios geográficos se tiene con exactitud la realidad de los factores geoespaciales que intervienen en la ubicación y el mantenimiento de las unidades sanitarias portátiles. Con el uso del modelo de elevación digital, identificando las pendientes de fácil acceso para los equipos vector con los cuales se realiza el mantenimiento.

El ModelBuilder construido a partir de los espacios geográficos en el Estudio Para Identificar La Ubicación Del Área Idónea En La Instalación De Unidades Sanitarias Portátiles, al realizar la automatización del análisis geoespacial encuentra el área óptima para la instalación de las UPS, teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios, de los encargados del mantenimiento; sin dejar a un lado la base del presente estudio; las características propias que tiene el escenario en el cual las USP se van a instalar dependiendo de la eventualidad que origina su uso, ya que cada una de los escenarios como lo son eventos masivos, construcciones y lugares públicos, presentan diferentes características, espaciales y frecuencia de uso por cuenta de los usuarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Lemos Ramirez R.A., Estudios De Línea Base Del Uso, Operación Y Mantenimiento De Unidades Sanitarias Portátiles En Colombia. Caso: Ciudad De Cali. (Trabajo de Grado). (2016). Facultad de Ingeniería, Universidad Del Valle. Santiago De Cali. 3,5, 7p.
- [2] Escalante, J. O., Cáceres, J. J., & Porras, H. (2016). Ortomosaicos y modelos digitales de elevación. Tecnura. Vol.20. pp. 120
- [3] Mora Hernández M.C. & Pinilla Acero M.D , Implementación De Un Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales Para La Recirculación En Un Baño Portátil Fabricado Por La Empresa Quimerk.LTDA. (Trabajo de Grado). (2017). Facultad de Ingeniería, Universidad De La Salle. Bogotá D.C. 8 p.
- [4] Koeva M., Muñeza M., Gevaert C., Gerke M. & Nex F.. (2016). Using UAVs for map creation and updating. A case study in Rwanda. Taylr & Francis. Vol.2. pp. 312

[5] P.R Wolf, B.A Dewitt, B.E Wilkinson. (2014). Elements of Photogrammetry with Applications in GIS, 4th Edition. New York. McGraw Hill. 1 p.

[6] Ministerio De Educación Nacional. <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-190610.html> (10,09.2022).

[7] Glosario Servidor Alicante, <https://glosarios.servidor-alicante.com/sistemas-informacion-geografica/ortofoto> (10,09,2022).

[8] ERSI <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/what-is-modelbuilder-.htm> (10,09,2022)

[9] Zafra Granados Y, Manual Para El Postproceso De Imágenes Obtenidas A Partir De Una Aeronave Tripulada Remotamente (Drone) En Los Software Agisoft Photoscan Y Pix4d. (MANUAL INVIAS-UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS), 31 p.