



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**COMPARATIVA DEL USO DE TECNOLOGÍA AVANZADA EN
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO. CASO: PLANTA DE
TRATAMIENTO ALEJO ZULOAGA VALENCIA ESTADO CARABOBO**

Autor:

Dubraska Figueroa C.I. 25.887.280

Urb. Yuma II, calle N.º 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**COMPARATIVA DEL USO DE TECNOLOGÍA AVANZADA EN
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO. CASO: PLANTA DE
TRATAMIENTO ALEJO ZULOAGA VALENCIA ESTADO CARABOBO**

Trabajo de grado para optar al título de

INGENIERO CIVIL

Autor:

Dubraska Figueroa C.I 25.887.280

Tutor académico:

Ing. Luis Rodríguez

FI-L -012-2020-1CR (TG)

Valencia, 15 de junio de 2020

Ciudadana:
Figueroa M., Dubraska D..
25.887.280
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 03-2020 de fecha 12-02-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **COMPARATIVA DEL USO DE TECNOLOGÍA AVANZADA EN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO. CASO: PLANTA DE TRATAMIENTO ALEJO ZULOAGA VALENCIA ESTADO CARABOBO** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Luis Rodríguez C.I: 15.148.806 como Tutor Académico que la asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

A rectangular stamp area containing a handwritten signature on the left and a circular official seal on the right.

Prof. Luis Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).
Ll/a.a.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CARRERA INGENIERÍA

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Luis Rodríguez portador de la cédula de identidad N° V- 15.148.806, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por la ciudadana Dubraska D'caprio Figueroa Mendoza, portadora de la cédula de identidad N° 25.887.280, titulado **COMPARATIVA DEL USO DE TECNOLOGÍA AVANZADA EN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO. CASO: PLANTA DE TRATAMIENTO ALEJO ZULOAGA VALENCIA ESTADO CARABOBO** presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 5 días del mes de febrero del año dos mil veinte.

Ing. Luis Rodríguez

C.I.: 15.148.806



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

San Diego, 5 de febrero del 2020

ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado titulado **COMPARATIVA DEL USO DE TECNOLOGÍA AVANZADA EN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO. CASO: PLANTA DE TRATAMIENTO ALEJO ZULOAGA VALENCIA ESTADO CARABOBO** ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Luis Rodríguez

Tutor Académico

Firma

Fecha

Ing. Alicia de Pizzella

Tutor Metodológico

Firma

Fecha

AGRADECIMIENTOS

Primeramente doy gracias a Dios y su Espíritu Santo, por ser mis guías en cada uno de mis pasos durante el caminar de mi vida; por su compañía, por sus bendiciones; por brindarme paciencia, sabiduría e iluminar mi mente para culminar con éxito las metas trazadas sin desfallecer.

Gracias a mi madre, por su apoyo incondicional pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron; por su esfuerzo, dedicación, paciencia, confianza para conmigo a lo largo de mi vida y durante mis estudios. No tengo palabras para expresar mi gran amor y gratitud por mi madre, su fe, su generosidad y su incansable ayuda en todo momento, me permitieron alcanzar con éxito un peldaño más de mi vida; y a mi padre; por ser promotor de este gran sueño e inspiración en la elección de mi carrera universitaria, por su sacrificio, trabajo y apoyo económico durante todos estos años de estudio.

A ti Juan Francisco, por ser hoy mi compañero de vida, por comprenderme, creer en mí y apoyarme incondicionalmente en todo momento; impulsándome a continuar y no renunciar. Gracias por tu inmenso amor y respaldo, que me motivaron a cumplir este gran sueño.

A la Ingeniero Rosa Aguilera, por su paciencia y gran aporte a lo largo de la elaboración de este trabajo de grado, compartiendo todos sus conocimientos.

A usted Ingeniero Luis Francisco Rodríguez; quien con su experiencia, conocimientos y gran trayectoria académica, me brindó el apoyo y la tutoría necesaria para la culminación con éxito de este trabajo de grado.

A mis profesores, Ingenieros: Manuel Figueira, Emerly Castillo, Joel Curreri y Ángel Medina, quienes gozan de mi respeto y admiración, por haber sido partícipes de mi preparación académica y brindarme su apoyo en momentos muy significativos durante mi carrera de estudio.

Y por último, no puedo dejar de agradecer a mis compañeros: Luis Fernando Suárez, Karen Marín, Alejandro Izquierdo, Rafael Ruiz y Janettsi Dávila; grandes amigos y hoy colegas, por haber recorrido a mi lado parte de este arduo camino; por toda la ayuda brindada y por su gran colaboración en mi desarrollo académico.

INDICE

INDICE DE TABLAS	VIII
INDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN INFORMATIVO	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULOS	5
I EL PROBLEMA	5
1.1 Planteamiento del Problema	5
1.2. Formulación del Problema	8
1.3. Objetivos de la Investigación	8
1.4. Justificación	8
1.5. Delimitación	9
II MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes	11
2.2. Bases Teóricas	14
2.3. Bases Legales	39
III MARCO METODOLÓGICO	45
3.1 Tipo de investigación	45
3.2 Diseño de la investigación	46
3.3 Población	46
3.4 Muestra	47
3.5 Técnica e Instrumentos de recolección de datos	47
3.6 Técnica de análisis y procesamiento de datos	48
3.7 Fases de la Investigación	49
IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	52
4.1 Fase 1. Definición de las características de la zona en estudio en la Planta De Tratamiento Alejo Zuloaga Valencia del Estado Carabobo	52
4.2 Fase 2. Recopilación del registro correspondiente a esta superficie en estudio	62
4.3 Fase 3. Obtención del levantamiento de datos de esta planta potabilizadora de agua	70
4.4 Fase 4. Elaboración de un análisis comparativo entre los registros de levantamientos topográficos realizados.	84
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
Conclusiones	92
Recomendaciones	94
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	95
ANEXO A. GRUPO CONTROL P1 Y P2	98
ANEXO B. GRUPO CONTROL P3 Y P4	99
ANEXO C. GRUPO CONTROL P5 Y P6	100
ANEXO D. GRUPO CONTROL P7 Y P8	101

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características Generales de los Satélites	25
Tabla 2. Matriz FODA	49
Tabla 3. Coordenadas de ubicación de Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo	54
Tabla 4. Equipos utilizados para el Levantamiento Topográfico	62
Tabla 5. Resumen especificaciones técnicas GPS Ashtech modelo Promark2.....	63
Tabla 6. Especificaciones técnicas Estación Total Stonex STS2RP.....	64
Tabla 7. Especificaciones Dron Phantom 2.	66
Tabla 8. Personal utilizado y rendimiento alcanzado.....	67
Tabla 9. Coordenadas REGVEN del punto de enlace “Mi Bohío”.....	71
Tabla 10. Coordenadas Puntos de control Planta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo	71
Tabla 11. Coordenadas de polígono Datum Sigas Regven Huzo 19 Planta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo	73
Tabla 12. Coordenadas de polígono Datum Sigas Regven Huzo 19 en Planta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo	75
Tabla 13. Resumen de datos de calidad del equipo Dron Phantom 2	76
Tabla 14. Geo colocación y puntos de control en tierra.....	79
Tabla 15. Varianza de geo etiqueta absoluta.....	80
Tabla 16. Varianza de geo etiqueta relativa.....	81
Tabla 17. Coordenadas de polígono Datum Sigas Regven Huzo 19 Planta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo	82
Tabla 18. Resumen de información cuantitativa levantamiento realizado en la Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo con equipo Dron Phantom 2 y GPS Ashtech modelo Promark2.....	84
Tabla 19. Resumen de información cuantitativa levantamiento realizado en la Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo con equipo Estación Total Stonex STS2RP y Dron Phantom 2	85
Tabla 20. Control de exactitud posicional Coordenada (Norte) Dron Phantom 2 y GPS Ashtech modelo Promark2 en la Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo.....	86
Tabla 21. Control de exactitud posicional Coordenada (Este) Dron Phantom 2 y GPS Ashtech modelo Promark2 en la Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo..	86
Tabla 22. Control de exactitud posicional Coordenada (Norte) Dron Phantom 2 y Estación Total Stonex STS2RP en la Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo	87

Tabla 23. Control de exactitud posicional Coordenada (Elevación) Dron Phantom 2 y Estación Total Stonex STS2RP en la Planta de Tratamiento Alejo Zuluaga, Valencia Estado Carabobo.....	87
Tabla 24. Matriz FODA Sistema Topográfico de tecnología avanzada (Drones)	88
Tabla 25. Matriz FODA Sistema Topográfico de tecnología tradicional	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.Coordenadas geográficas	16
Figura 2. Modelo de Proyección UTM	17
Figura 3. Distribución de la proyección UTM.....	17
Figura 4. Distribución de Usos y Zonas-Coordenadas UTM.....	18
Figura 5. Zonas-Coordenadas UTM en Venezuela.....	19
Figura 6. Cálculo de la orientación y distancia entre dos puntos	20
Figura 7. Estación Total SET 630 RK- Sokkia	22
Figura 8. Constelación NAVSTAR	25
Figura 9. Estaciones Master y de Monitoreo	26
Figura 10. Dron Phantom 4RTK.....	31
Figura 11. Ubicación de Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo	53
Figura 12. Área Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo.....	54
Figura 13. Estación Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo.....	58
Figura 14.Sedimentadores Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo	59
Figura 15. Aeraciones en la Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo	59
Figura 16.Controladores eléctricos Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo	60
Figura 17. Filtraciones Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo...	60
Figura 18. Filtraciones Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo...	61
Figura 19. Obra de Llegada Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo	61
Figura 20. Proceso de recolección de datos con los equipos	70
Figura 21. Levantamiento de puntos de referencia Planta de tratamiento Alejo Zuloaga Valencia, estado Carabobo realizado con equipo GPS Ashtech modelo Promark2	72
Figura 22. Levantamiento Topográfico de la poligonal cerrada realizado con equipo GPS Ashtech modelo Promark2 en Planta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo	74
Figura 23. Orto mosaico y el correspondiente modelo de superficie digital escasa (DSM) antes de la densificaciónPlanta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo ...	77
Figura 24.Vista superior de la geo etiqueta. La línea verde sigue la geo etiqueta de las imágenes en el tiempo a partir del punto azul grande Planta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo.....	78
Figura 25. Plano definitivo del levantamiento topográfico. caso: Planta De Tratamiento Alejo Zuloaga Valencia Estado Carabobo con Dron PHANTOM 2	83



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**COMPARATIVA DEL USO DE TECNOLOGÍA AVANZADA EN
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.CASO: PLANTA DE
TRATAMIENTOALEJO ZULOAGA VALENCIA ESTADO CARABOBO**

Autora: Dubraska D. Figueroa M.

Tutor académico: Ing. Luis Rodríguez

Fecha: Junio, 2020

RESUMEN

En el presente estudio se realizó una comparación del levantamiento topográfico con el uso de tecnología avanzada en el caso de la planta de tratamiento Alejo Zuloaga, ubicada en el Municipio Valencia del estado Carabobo, para el cual se planteó la digitalización y vectorización de imagen de las formas del terreno, a través de una cámara aérea instalada en un Dron o vehículo aéreo no tripulado, cuyo objetivo principal fue contrastar el resultado de estas medidas obtenidas con otros equipos en tierra como lo son la Estación Total y el GPS, diferenciando así visuales y estadísticas de la información capturada, que permitió establecer ventajas, desventajas, tiempo de medición y factores de precisión de las superficies que se generaron con estos métodos obteniendo así, un mayor conocimiento y seguridad de mediciones utilizando estos equipos de manera exitosa. Enfocado metodológicamente en un estudio documental y de campo de acuerdo a los medios de obtención de los datos y de nivel descriptivo con diseño explicativo según la profundidad del estudio, siendo el principal aporte la comprobación del grado de precisión de este levantamiento topográfico con equipos de diferentes tecnologías a escalas de grandes detalles para seguimiento y control de obras de ingeniería hidráulica en el estado Carabobo, cuyo principal aporte fue que el nivel de significancia entre las medias de los componentes posicionales obtenidas con los diferentes equipos de nueva tecnología (DRON) y equipos de tierra (GPS y ET), utilizando como estadístico la T de Student como referencia determinó que no hay diferencia significativa entre la precisión obtenida en los distintos levantamientos.

Descriptor: Mediciones, Equipos, Topografía y Precisión.

INTRODUCCIÓN

Cada día la tecnología proporciona nuevas soluciones cada vez más prácticas y eficientes para realizar los procesos de construcción avanzados, es por ello que hace falta mucha ayuda para hacer los cálculos o el diseño exacto, donde las aeronaves pilotadas a distancia ayudan en ese propósito, mediante la visualización amplia del terreno a trabajar, donde su importancia en la ingeniería civil no está circunscrita únicamente a establecer los límites de los terrenos, medir sus extensiones, dividirlos en parcelas y determinar detalles u objetos dentro de ellos, sino que también se emplean para hacer levantamientos, antes y durante el desarrollo del proyecto y la construcción de carreteras, caminos, canales, obras hidráulicas, entre otros.

En este sentido, al momento de construir resulta trascendental contar con imágenes aéreas para la correcta planificación del proyecto, cabe destacar que este proceso antes era muy difícil de realizar por las implicaciones operativas y económicas, ya que solo era posible tomar imágenes desde un helicóptero o avión, es por ello que el Dron ha venido a revolucionar la toma de imágenes, convirtiéndose en algo ya indispensable para distintas aplicaciones en ingeniería, buscando así más exactitud en el cálculo de volúmenes y áreas, para lograr el progreso de una obra de manera efectiva, permitiendo recorrer y analizar grandes superficies en cuestión de minutos.

Ahora bien, los Drones tienen varios usos dentro de una obra de construcción, hay modelos de dispositivos que pueden ser muy útiles para el mapeo topográfico de toda una región o solo una manzana, dichos planos en modelos tridimensionales vinculados a un programa de simulación aportan datos precisos en un menor tiempo y de esa forma se desarrollan los modelos conceptuales para la representación de la estructura de trabajo ya que estos equipos de tecnologías avanzadas trabajan con nubes de datos, contribuyendo de esta manera en los avances para la gerencia de la construcción, en estudios de rendimiento en el trabajo con ahorro de tiempo.

En la actualidad, la topografía tradicional con teodolitos se utiliza para conocer las coordenadas tridimensionales de todos los puntos que se midan, para representar gráficamente los detalles del terreno, pero los resultados están supeditados al número de personas requeridas para la medición, al tiempo de ejecución de la toma de datos, a el rango y la zona que puede cubrir el aparato sin ser desplazado de su base, bajo ciertas condiciones generales de trabajo, lo cual trae como consecuencia una serie de errores en este proceso de medición provenientes de causas fortuitas, limitaciones humanas, limitaciones del instrumento utilizado y condiciones generales de trabajo como el viento, neblina, entre otros, donde estos errores, si bien son inevitables e incorregibles, afectan la calidad del resultado.

Es por esta razón que los instrumentos topográficos modernos como el GPS y Drones (robots voladores), están avanzado extraordinariamente en mediciones, brindando al ingeniero no solamente un fácil manejo, sino precisión en poco tiempo, eliminando el riesgo de tener que volver a hacer trabajo de campo si hacen falta nuevas mediciones, donde en pocos años los Drones han revolucionado el sector construcción con videos de lugares que habrían sido imposibles de capturar con métodos tradicionales, ya que si se hace mal una medición, que no sea precisa, traerá grandes errores de comprobación y control en obra.

Actualmente en nuestro país, no se tiene mucho conocimiento del uso de Drones ya que son poco frecuentes los usuarios de los mismos, además su manipulación y uso no es enseñado detalladamente en las universidades nacionales, esto debido a que no se ha incentivado su aplicación porque se desconoce mucho su precisión al variar sus rangos de medición, la duración del tiempo de la misma, el conocimiento del procedimiento correcto y las precauciones que se necesitan tomar en cuenta al momento de realizarla, razón por la cual se espera que con la existencia de este estudio se certifique la veracidad de su precisión y tiempos, logrando conseguir una mayor y mejor información sobre el uso correcto de este tipo de equipo que sirva para incentivar al aprendizaje del mismo.

En síntesis, la motivación que llevó a la realización del presente estudio fue comparar el uso de tecnología avanzada en levantamiento topográfico aplicadas a una obra hidráulica del Municipio Valencia del estado Carabobo, cotejando visuales, poligonales de la información capturada, incentivando de esta manera el uso de los Drones en la industria de la construcción, en este caso de estudio en la planta de tratamiento Alejo Zuloaga, los cuales servirán para recomendar en un futuro el uso de Drones para distintas áreas de la ingeniería civil estableciendo para ello ventajas, desventajas, factores de precisión de las superficies generadas con cada método, ya que actualmente en otros países, principalmente los más desarrollados, el uso de Drones y GPS en levantamientos es cada vez mayor.

El presente trabajo especial de grado titulado “Comparativa del uso de tecnología avanzada en levantamiento topográfico. Caso: Planta De Tratamiento Alejo Zuloaga Valencia Estado Carabobo” está estructurado en cuatro (4) capítulos fundamentales cuyos contenidos se establece a continuación:

Capítulo I: En él se detalló el planteamiento del problema referente al objetivo de estudio, con su respectiva formulación del problema. Se detallan objetivos de la investigación tanto general como específicos, que son los que garantizan el éxito del trabajo, todo esto conjuntamente con la justificación es lo que motiva a realizar esta investigación seguido por el alcance, es decir, los temas que abarcará este trabajo.

Capítulo II: Se presenta en éste capítulo el marco teórico, basado principalmente en antecedentes de la investigación relacionados con el tema del trabajo, como también las bases teóricas y legales que se aplicaron a la misma. Por último, la definición de los términos básicos contenidos dentro de la investigación.

Capítulo III: En el mismo se expuso el marco metodológico mostrando el tipo y diseño de la investigación, es decir los lineamientos de investigación de campo, documental, explicativo y descriptivo. De igual forma, se desarrollaron las fases de la investigación en que se basaron los objetivos específicos describiendo cada uno y dando claridad a cómo se realizaron cada uno de ellos.

Capítulo IV: En esta etapa se muestran los resultados obtenidos, con la aplicación de los distintos tipos de instrumentos utilizados en la recolección de la información e interpretación de resultados, en último término, permitiendo la comparación entre mediciones realizadas por instrumentos como son GPS y las mediciones con Drones, estableciendo empíricamente relaciones entre ambas mediciones en precisión, tiempo, ventajas, desventajas y correlación o asociación a partir del análisis estadístico.

Finalmente se describen las conclusiones obtenidas del proceso de investigación, destacando el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos planteados, como medios para conseguir el objetivo general que enmarca el presente estudio. Y, por último, se señalan las recomendaciones que se consideraron relevantes derivadas de las conclusiones. Esperando que los resultados obtenidos sean de utilidad tanto para quienes necesiten informarse o investigar sobre esta problemática, así como contribuir a la cartografía nacional en el levantamiento de obras de ingeniería.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema.

En nuestro país en la última década se ha incrementado el uso de tecnología avanzada a través de la red de satélites GPS así como los vehículos aéreos no tripulados, mejor conocidos como Drones, en la realización de levantamientos topográficos de obras de ingeniería, pero al mismo tiempo surgen muchas dudas e incertidumbre, al respecto y esto se debe principalmente a que se desconoce mucha información sobre el manejo correcto de estos instrumentos, que van desde la manipulación de los métodos de medición hasta la precisión obtenida a diferentes tiempos de duración de la misma, ya que con los Drones se toman fotografías sobrepuestas, tanto transversal como longitudinales y utilizando el principio de estereoscopia se puede medir distancias y elevaciones, mediante dos o más fotografías del mismo punto, pero con diferente ángulo, generando así nubes de puntos o datos y modelados en 3D, es por ello que se hace necesario conocer técnicas fotogramétricas utilizadas ampliamente desde hace algunas décadas con fotografías tomadas desde aviones, donde la renta de un avión implicaba una inversión elevada.

Ahora bien, la topografía tradicional estudia la forma de representar gráficamente la superficie terrestre y todo lo que ello implica (detalles, infraestructura y cualquier objeto de interés), donde los primeros teodolitos se caracterizaron por ser equipos mecánico-óptico que sirvieron para obtener ángulos verticales y horizontales con máxima precisión, pero la medición en grados, minutos y segundos era demasiado complicada, larga, y tediosa, que causaban imprecisiones y demoras

de tiempo, en este sentido nacen los teodolitos electrónicos y la estación total, pasando a un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, apoyada en la tecnología electrónica, permitiendo así el cálculo de coordenadas, azimut y distancias en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz, cuya precisión, angular oscila entre 1' y 3' y actualmente en nuestro país su uso es frecuente, ya que tiene ciertos privilegios a corto y largo plazo, que lo hacen elegible en muchos casos en donde no se requiera tanta precisión en la medida o no se necesite cubrir grandes extensiones..

Cabe destacar, que una mala medición con datos incorrectos, ocasiona equivocaciones en el levantamiento de una estructura, es por ello que en topografía se debe minimizar o eliminar, ya que esto implica la repetición de los trabajos de campo, incrementando el tiempo y los costos, afectando así la eficiencia y la economía del proyecto, razón por la cual se necesitó conocer los tipos y la magnitud de los errores posibles y la manera como se propagan para buscar reducirlos a un nivel razonable que no tenga incidencias nefastas desde el punto de vista práctico, en este sentido, se analizó si la topografía con Drones reduce tiempos y precisión en cada equipo utilizados en este levantamiento, sirviendo de contribución a la planificación y control de un proyecto de construcción, debido a que cuando se hacen cálculos a partir de mediciones hechas en campo, las cuales ya tienen errores, trae como consecuencia la propagación de esos errores, que se pueden magnificar y conducir a resultados desagradables o no deseables, esperando así que los equipos de nuevas tecnologías den información más rápida y con menos error vinculadas a un programa de simulación.

Igualmente, una de las principales dificultades que se logró solucionar con los Drones fue estudios de rendimiento de trabajo, en tiempo y dinero para el desarrollo de un proyecto ya que los Drones ofrecen imágenes digitales, mapas y otros archivos que se pueden compartir en cuestión de minutos, por lo cual la oficina central puede ver lo que sucede conjuntamente con el equipo de seguridad, costos, diseñadores y proyectistas, detectando tanto el área de intervención, como el estado

de avance de las obras, razón por la cual este trabajo sirvió como aporte ya que a futuro se podrá recomendar el uso de Drones para distintas áreas de la ingeniería civil, lo que constituye un avance para la gerencia de la construcción, en este caso de estudio en la planta de tratamiento Alejo Zuloaga.

Otro aspecto que se considero es si la topografía con Drones puede reemplazar totalmente la topografía tradicional, o la necesita para establecer puntos de control, por lo cual se determinó ventajas tiempo y precisión comparado con la topografía convencional, así como cuáles serán las limitaciones de aplicación en términos de permisología, riesgos de la ubicación en sitios irregulares, vegetación entre otros, por lo que se necesitan estudios que demuestren con certeza la variación de la precisión a lo largo de rangos incluidos en los permisibles por el fabricante y los tiempos de medición requeridos para lograr resultados favorables. Especificando de esta manera la importancia que un levantamiento topográfico realizado con Drones vaya de la mano con un equipo topográfico que esté en terreno como la estación total, si lo anterior no se hace, el vuelo está bien, los datos recolectados están bien, pero el enlace con las coordenadas UTM está mal.

Basado en las consideraciones anteriores, se investigó el uso de la tecnología avanzada en el levantamiento topográfico de una obra civil, de tipo hidráulica en la Planta de tratamiento Alejo Zuloaga, ubicada en el estado Carabobo, mediante establecimiento de puntos de control y poligonales que permita comparar la rapidez en términos de tiempos de la información capturada, con arrastre de coordenadas, donde el Dron vuele sobre estos datos para que no se solapen unos sobre otros y se puedan enlazar los datos tomados tanto de la estación total como del Dron para corregir el error, comparando así ventajas, desventajas y factores de precisión de los datos obtenidos con equipos convencionales como estación total y de tecnología avanzada como GPS y Drones, generando modelos digitales de superficie y de elevación de muy alta resolución y con gran cantidad de detalles permitiendo de esta manera el seguimiento de obras de ingeniería en el estado Carabobo.

1.2. Formulación del Problema.

¿De qué manera las tecnologías avanzadas influyen en los estudios topográficos?

1.3. Objetivos de la Investigación.

1.3.1. Objetivo General.

Realizar un estudio comparativo del uso de tecnología avanzada en levantamiento topográfico. Caso: Planta De Tratamiento Alejo Zuloaga Valencia Estado Carabobo.

1.3.2. Objetivos Específicos.

1. Recopilar el registro topográfico correspondiente.
2. Analizar los datos de los distintos registros realizados.
3. Comparar las ventajas y desventajas de los diferentes equipos de tecnologías aplicadas al caso en estudio.

1.4. Justificación.

El aporte de este trabajo es la comparación del grado de precisión en una poligonal utilizando equipos topográficos de diferentes tecnologías, aplicada a un caso de obras hidráulicas, donde en Venezuela el equipo de medición más utilizado es la Estación total, que por muchos años han proporcionado resultados con precisiones aceptables, pero es importante que en el país se incorporen aún más tecnologías innovadoras como el GPS y Drones, proporcionando un marco de referencia cuyas bases se vincularon a las técnicas más modernas de medición y posicionamiento vigentes, contribuyendo de esta manera al desarrollo en el área de la topografía de la carrera de ingeniería civil.

Ahora bien, otra contribución que se realizó con este estudio a la Topografía, es que no implica preocupación para algunos profesionales, que el uso de los Drones vaya a reemplazar su trabajo de campo, contrariamente, los Drones realizarán nuevos aportes, que al igual que el GPS y las Estaciones Totales enriqueciendo su patrimonio

profesional y aumentando sus niveles de conocimiento, sin embargo, cuando se ejecuta el levantamientos topográficos de muy buena calidad, aún es necesario el uso combinado de equipos tradicionales (estación total), con equipos de tecnología satelital (GPS – RTK) y equipos para la toma de fotografías aéreas (Drones), para el levantamiento de infraestructuras existentes, tal el caso de esta planta de tratamiento, Alejo Zuloaga para su inspección, planificación de las actividades de construcción, para monitorear y controlar la evolución y el estado de esta obra, superando una de las mayores dificultades de la gestión de obras que es la actualización constante de la documentación, gráfica y fotográfica, durante el progreso del proyecto, siendo posible compartir en tiempo real una serie de tomas aéreas y videos en alta definición, de modo tal que se pueda tener el control total de la obra sin estar físicamente en el lugar.

Finalmente, por el hecho de poder utilizar este estudio como un medio de consulta se logró suministrar información a cualquier individuo interesado en el tema, para poder expandir el conocimiento de su manipulación, ya que, este no es enseñado a un nivel de profundidad en las instituciones de educación universitaria nacionales, inmerso en la línea de investigación de Vialidad de la Universidad José Antonio Páez con aplicación de materias del pensum de ingeniería civil como lo son Topografía, Tránsito y Transporte, Aplicaciones Digitales a la Ingeniería Civil, Gestión Ambiental de Obras Civiles e Higiene y Saneamiento Ambiental.

1.5. Delimitación.

Espacial: El trabajo de grado se circunscribió en la planta de tratamiento Alejo Zuloaga, ubicada en el Municipio Valencia del Estado Carabobo dependiendo de los puntos geodésicos que se elijan.

Poblacional: La población que se atendió por la problemática estuvo comprendida entre la población del Municipio Valencia, donde se encuentra ubicada la planta en el sector San Luis, del municipio Valencia, estado Carabobo, y pertenece a la C.A. Hidrológica del Centro; ésta cuenta con una capacidad nominal de 8.000L/s;

divididas en dos instalaciones diferentes respecto a la tecnología utilizada atendiendo a una población según un estudio del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) la ciudad posee una población para el 2011 de 1.484.430 habitantes.

Temporal: El lapso estipulado para la elaboración de esta investigación comprendió el período de 2019-2020.

Científica: Se realizó un análisis comparativo de métodos de medición topográfica. Con el uso combinado de equipos tradicionales (estación total), con equipos de tecnología satelital (GPS) y equipos para la toma de fotografías aéreas (Drones).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Este aspecto se refiere al conjunto de aportes teóricos, existentes sobre el problema objeto de estudio; estos se encuentran contenidos en fuentes documentales que reflejaron las implicaciones del estudio, su relación con otras áreas de conocimiento. Toda esta información fue sustentada científicamente, es decir, tener especificado al autor que la emitió. Organizando el conocimiento y la orientación de la investigación. Al respecto, Rojas, citado por Hernández y Baptista (1994), plantea que: "el marco teórico implica analizar y exponer aquellas teorías, enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes en general, que se consideran válidos, vinculado con el estudio" (p.22).

2.1. Antecedentes

Para Bavaresco (2013), los antecedentes refieren a todos los estudios o investigaciones previas (regionales, nacionales e internacionales) relacionados con el problema planteado, es decir investigaciones realizadas que guardan alguna vinculación con el objeto de estudio, se colocan en orden cronológico, desde las fechas más antiguas hasta las más recientes.

Antecedentes Nacionales

Parra y Soave (2014) en su estudio cuyo título seleccionado fue "*Evaluación de la precisión de los métodos de medición de coordenadas (diferencial y posicionamiento de punto preciso) mediante la utilización de un sistema de posicionamiento "GPS" de frecuencia simple y doble*" realizado en la Universidad de Carabobo, cuyo objetivo fue determinar la precisión de los métodos de medición de coordenadas (Diferencial y Posicionamiento de Punto Preciso), logrando tiempos

de medición más eficientes que aquellos utilizados actualmente estableciendo los procedimientos, procesos y precauciones a tener en cuenta al momento de realizar una medición con un equipo G.P.S y en el procesamiento de datos después de la misma dirigida exclusivamente a los métodos de medición diferencial y P.P.P, los cuales se realizarán teniendo en cuenta la manera correcta de aplicarlos y todo el proceso de la medición y procesamiento de datos detallado en ese trabajo, incluyendo planillas de medición, datos procesados y finalmente las precisiones y tiempos eficientes de cada método.

De igual manera, Perdomo, Caicedo y otros (2015) en estudio titulado como *“Establecimiento De Puntos De Control Terrestre Para La Corrección Planialtimétrica De Imágenes Tomadas Por Drones”* realizado en la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía cuya finalidad fue desarrollar un procedimiento detallado en la generación de puntos de apoyo terrestre, para corregir la planimetría y altimetría de imágenes captadas por Drones (vehículos aéreos no tripulados), procediendo al levantamiento de doce (12) vértices distribuidos en una superficie de 6 ha, ubicadas en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de Universidad Central de Venezuela, Maracay.

La relación de estos antecedentes con la presente investigación fue estudiar las diferentes actividades relacionadas al levantamiento topográfico con instrumentos de alta tecnología como son el GPS y los Drones que permitieron conocer y aplicar el manejo instrumental de equipos que conforman hoy en día el dúo de instrumentos más utilizados en la práctica topografía a nivel nacional.

Antecedentes Internacionales

Taca (2015) *“Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con Drones al método tradicional”* realizado en la Universidad Nacional del Anti plano, Perú, realizado en la Vía Costa Verde, Tramo Callao KM 0+000 al KM 4+98

Océano Pacífico, con coordenadas UTM del centroide: N 8664788.627, E 267783.453 a una altitud de 10.12 m.s.n.m., con un clima mayormente cálido durante la mayor parte del año, para el cual se ha planteado realizar la digitalización y vectorización de imágenes de las formas del terreno, obtenidas a través de una cámara aérea instalada en un UAV (Unmanned aerial vehicle). Vehículo aéreo no tripulado, denominado también Dron. Para comprobar el resultado de medidas obtenidas en forma directa con una estación total, equipo que es catalogado como instrumento de alta precisión una vez configurado; con las medidas obtenidas de las fotos aéreas tomadas desde un Dron (UAV), y con el apoyo de un software especializado en este tema, con la finalidad de comparar la precisión adecuada.

Ávila y Giraldo (2018) en su investigación realizada con el título de *“Comparación Técnica Y Económica Del Monitoreo De Taludes O Laderas Inestables En El Municipio De Zetaquirá – Boyacá Mediante Técnicas Tradicionales De Topografía Y Técnica Moderna De Drones”* elaborado en la Universidad Militar Nueva Granada cuyo objeto de estudio fue realizar el monitoreo, usando equipos topográficos tradicionales y uso de Drones, recopilando datos relevantes para cumplir con los objetivos propuestos. Estableciendo la eficacia, precisión y economía de los mismos mediante la realización del análisis de los resultados se logró concluir que el uso de método moderno de Drones para este tipo de estudios es el más viable en cuanto a la relación costo – beneficio. Sin embargo, cabe resaltar que existió una diferencia sustancial en el procesamiento de los datos obtenidos en campo, ya que los datos adquiridos con la estación RTK llevaron menos tiempo que los datos que se tomaron con el dron Phantom 4.

El principal aporte de estos estudios fue establecer diferentes medios comparativos entre equipos topográficos de alta tecnología, como son el GPS, Estación Total y Drones cuya información presentada sirvió de apoyo al momento de realizar un levantamiento topográfico para que el producto obtenido cumpla con los parámetros de precisión, exactitud y calidad deseados en todo proyecto topográfico. El desarrollo de estos trabajos represento como eje central los distintos aspectos

contemplados en el levantamiento topográfico diferenciando de cada uno la manera de capturar, registrar, almacenar y procesar los datos de campo.

2.2. Bases Teóricas.

Levantamiento Topográfico.

Para Torres y Villate (2001) lo definen como conjunto de actividades que se realizan en el campo con el objeto de capturar la información necesaria que permita determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno, ya sea directamente o mediante un proceso de cálculo, con las cuales se obtiene la representación gráfica del terreno levantado, el área y volúmenes de tierra.

Geoide o esfera:

La primera aproximación matemática de la esfera con $R = 6370$ km y es la superficie equipotencial del campo gravitacional que cubre por completo el globo, por debajo de la topografía continental, y que en cualquiera de sus puntos es perpendicular a la línea de plomada dirección de la gravedad.

Elipsoide (también llamado esferoide):

Superficie de referencia imaginaria, resultante de la rotación de una elipse alrededor de su eje menor, conveniente para proyectar detalles de la superficie terrestre. Cabe destacar que, siguiendo indicaciones del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, a partir del 1° de abril de 1999 y según resolución del MARN publicada en la Gaceta Oficial N° 36.653 de fecha 03.03.99, se adoptó para Venezuela un nuevo sistema geocéntrico de referencia para formar la Red Geodésica Venezolana “REGVEN”, la cual representa en el país la densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas “SIRGAS”. El elipsoide utilizado por REGVEN es el Geodetic Reference System 1980 (GRS-80) cuyo datum asociado es el World Geodetic System 1984 (WGS-84). El elipsoide GRS-80 tiene los siguientes parámetros: Semieje mayor = 6.378.137,00 m y Semieje menor = 6.356.752,30 m.

Hasta el año 1999 en Venezuela se utilizó el elipsoide internacional de Hayford con datum La Canoa cuyos parámetros son: Semieje mayor = 6.378.388,00 m y semieje menor = 6.356.912,00 m. Esta diferencia en parámetros entre los geoides utilizados hace necesario la transformación de los resultados obtenidos con datum La Canoa a REGVEN. Los parámetros para la transformación aparecen publicados en el folleto REGVEN, la Nueva red Geocéntrica Venezolana, publicado por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar en el año 2000 es por ello que para el control vertical se utiliza la red de nivelación de primera orden, apoyada en el mareógrafo de La Guaira. Actualmente la mayoría de los receptores han incorporado rutinas con más de 100 diferentes datum disponibles para obtener las coordenadas reales de un punto en el datum requerido.

El Datum.

Fernández y Coppel (2010) define el datum geodésico es una representación matemática simplificada del tamaño y la forma de la Tierra, y del origen y orientación del sistema de coordenadas que se adopte para realizar el levantamiento de la superficie terrestre.

Sistemas de coordenadas.

Wolf y Dewit (2000) referido por Fernández (2010) destaca que los sistemas de coordenadas constituyen un concepto fundamental asociado a los datos espaciales es por ello que para la determinación de la posición del punto se utilizan los denominados sistemas de coordenadas, los cuales estandarizan la forma de realizar las mediciones desde la referencia al punto.

- **Coordenadas Geográficas.**

Para este mismo autor el planeta Tierra es un cuerpo que posee una rotación alrededor de su eje, resulta obvio usar su eje de rotación como datum para definir su geometría, este eje intercepta la superficie del globo en dos puntos, los cuales son los polos de un gran círculo primario cuyo plano es perpendicular al eje. El gran círculo

primario es el ecuador y sus polos geográficos son el polo norte y el polo sur, los círculos secundarios al ecuador y dos semicírculos, uno de los cuales recibe el nombre de meridiano, representado en la figura 1.

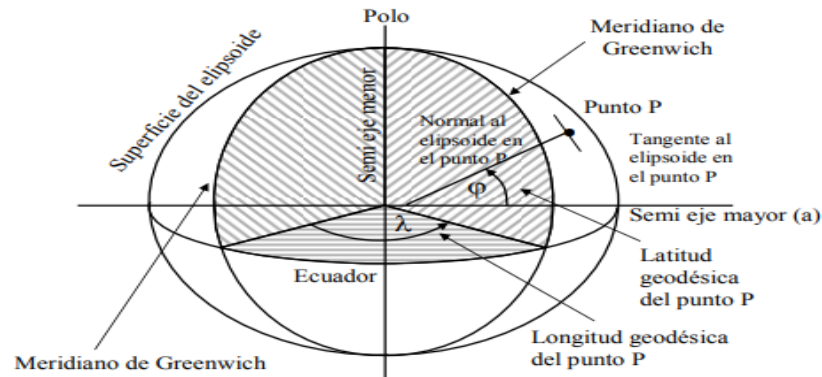


Figura 1. Coordenadas geográficas.

Fuente: Fernández (2010)

- **Coordenadas UTM-Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator.**

Las coordenadas UTM se conocen para el año de 1940 acorde con Hernández (2019) fueron desarrolladas por un equipo de ingenieros del Ejército de los Estados Unidos; aunque inicialmente se utilizaron otros elipsoides, el elipsoide asociado en la actualidad con este tipo de coordenadas es el WGS 84. Utiliza como sistema de proyección una variante al sistema de proyección de Mercator, propuesto por el geógrafo Gerardus Mercator. Las coordenadas UTM se desarrollan sobre una proyección, basada en un cilindro, transversal y conforme; en otras palabras, esta proyección tiene la propiedad de conservar los ángulos y casi no distorsiona las formas de los elementos. Por otra parte, las distancias y áreas sí se ven fuertemente distorsionadas, por lo que se hace necesaria la utilización de factores de escala, para

conservarlas y mitigar las variaciones y garantizar que los elementos llevados a un plano resulten conformes representados en las figuras 2 y 3.

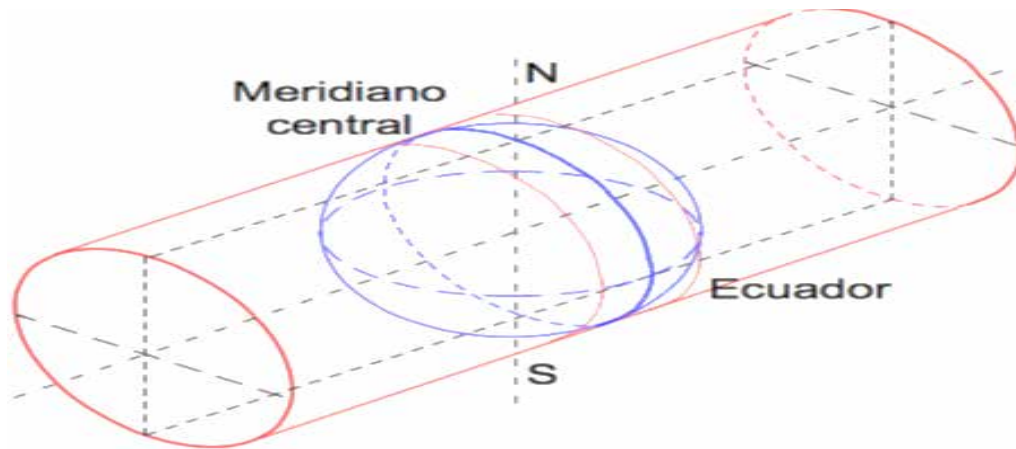


Figura 2. Modelo de Proyección UTM.

Fuente: Hernández (2019)



Figura 3. Distribución de la proyección UTM.

Fuente: Hernández (2019)

Este tipo de coordenadas globalmente utilizadas; consigue proyectar toda la superficie de la Tierra, generando 60 franjas iguales conocidas como husos, cada uno

con una amplitud de 6° grados de longitud, dando cubrimiento total a la superficie de la Tierra a lo largo de un paralelo de referencia, en este caso el Ecuador. Ver figura 4.

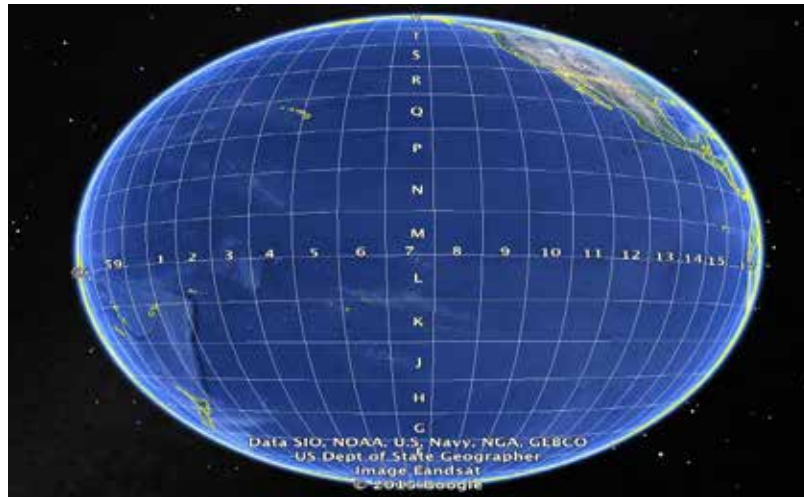


Figura 4. Distribución de Usos y Zonas-Coordenadas UTM

Fuente: Google Earth (2015)

Dentro de las características más importantes de este sistema de coordenadas, se encuentran se destacan que la proyección UTM genera 60 husos iguales, cada huso tiene como límites dos meridianos, los cuales tienen una separación de 6 grados entre sí. Igualmente, la proyección UTM genera 20 zonas, las cuales se identifican con letras, estas zonas identificadas con las letras de la C a la M pertenecen al hemisferio Sur, y las zonas identificadas con la letra N a X están en el hemisferio Norte.

A la línea central de un huso UTM, se le llama meridiano central y siempre coincide con un meridiano de su sistema geodésico, puesto que un sistema de coordenadas rectangulares como el sistema UTM no es capaz de representar una superficie curva, existe cierta distorsión. Considerando las 60 zonas UTM por separado, esta distorsión es inferior al 0,04%. Las coordenadas asociadas a este origen, y en general para cada huso un valor de 500 km (500.000 m) Este, y 0 km (0

m) Norte cuando se considera el hemisferio Norte y un valor de 500 km (500.000 m) Este, y 10.000 km (10.000.000 m) Norte cuando se considera el hemisferio Sur.

Ventajas del sistema U.T.M.

Permite la interconexión de cualquier trabajo cartográfico sin ambigüedades, donde la práctica totalidad de los vértices geodésicos poseen coordenadas geográficas y sus correspondientes UTM y actualmente existe en la actualidad una gran cantidad de cartografía realizada en este sistema a nivel nacional, permitiendo la integración de trabajos basados en cartografías a diferentes escalas.

Desventajas del sistema U.T.M.

Las deformaciones introducidas por la proyección hacen dificultoso su empleo a escalas grandes, ya que los errores que pueden acumularse en las medidas son mayores que la precisión exigida a la escala.

Zonas UTM en Venezuela.

A continuación, se representa la Zona de Coordenadas UTM existente en nuestro País especificados como Zona 18, 19, 20 y 21, ver figura 5.

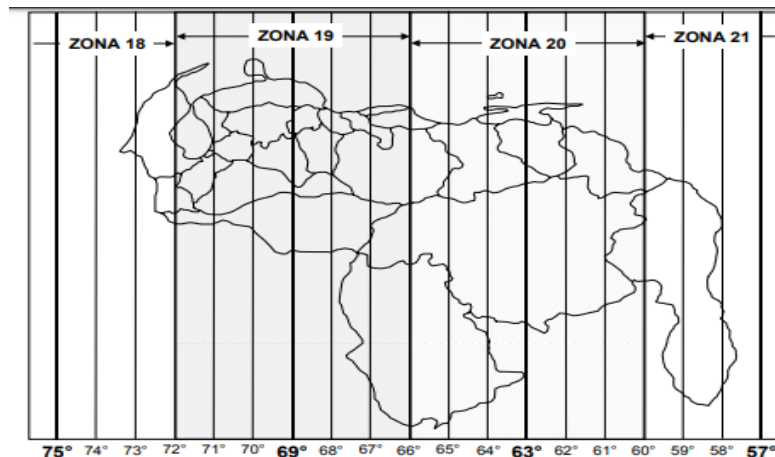


Figura 5. Zonas-Coordenadas UTM en Venezuela.

Fuente: Google Earth, (2015)

Conversión de Coordenadas UTM a coordenadas topográficas y viceversa.

En Venezuela la cartografía topográfica oficial (Escala 1: 250 000, 1: 100 000 y 1: 50 000) se edita en el sistema de proyección cartográfica UTM (Universal Transversa Mercator), siendo esta una proyección conforme, es decir, mantienen los ángulos y la semejanza de figuras superficiales comprendidas dentro de elementos infinitesimales de la superficie terrestre; esta propiedad hace de la proyección UTM una de las más convenientes para la resolución sobre el plano de los problemas topográficos. Dos son los problemas prácticos que normalmente se le presentan al usuario de la cartografía, para trabajos topográficos, que son la determinación de direcciones y distancias. La dirección de la recta determinada por dos puntos A y B de la proyección especificado, en la cual se define por el ángulo que esta recta forma con la parte positiva del eje de las Y. Este ángulo se llama orientación y no se debe confundir con el acimut geográfico, que como sabemos, es el ángulo formado por dirección AB con la meridiana geográfica los cuales se representan en la figura 6.

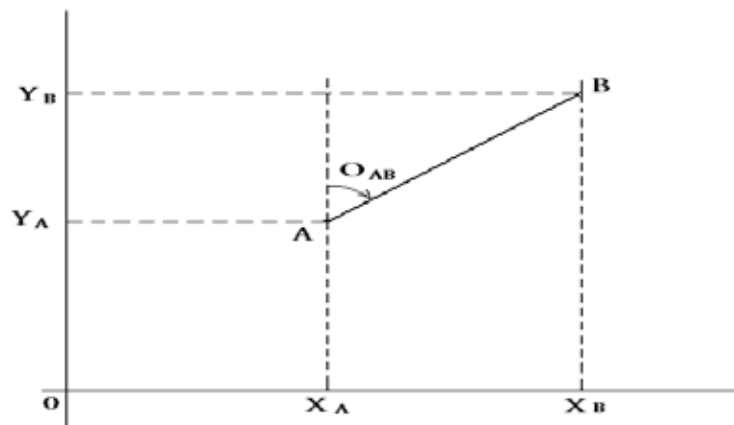


Figura 6. Cálculo de la orientación y distancia entre dos puntos.

Fuente: Vázquez Rocabado J. (2010)

La distancia que separa ambos puntos en la proyección se puede calcular por cualquiera de las fórmulas conocidas:

Equipos utilizados en Levantamientos topográficos Tradicionales.

Según Domínguez (1998) referido por Sabogal (2016), estos equipos ofrecían muy buenas precisiones angulares del orden del segundo o décima de segundo en su apreciación angular; sin embargo, las distancias debían ser medidas de manera directa a través de una cinta o de manera indirecta haciendo lecturas sobre una mira con graduación en metros, lo que no ofrecía muy buenas precisiones para las medidas de las distancias, y, por ende, reducía la calidad de los trabajos topográficos. Ahora bien, para la realización de un levantamiento topográfico tradicional cuyas actividades que deben realizarse, es el levantamiento de una poligonal, entendida como una línea quebrada, constituida por vértices y lados que unen dichos vértices, esta puede ser abierta o cerrada, según la metodología aplicada siendo el grupo de los instrumentos que con mayor frecuencia se utilizan, los teodolitos, distanciómetros y en los últimos tiempos estaciones Total (ET).

- **Estación Total (ET).**

Torres y Villate (2001) especifican la estación total (ET) como la integración del teodolito electrónico con un distanciómetro de tal forma que puede medir ángulos y distancias simultáneamente la distancia horizontal, la diferencia de alturas y las coordenadas se calculan automáticamente y todas las mediciones e información adicional se pueden grabar integra así en un sólo equipo las funciones de distancias y un microprocesador que realiza cálculos de las coordenadas rectangulares de puntos del terreno, pudiendo determinar distancias horizontales o reducida, distancia geométrica, el desnivel, la pendiente en %m los ángulos vertical y horizontal como las coordenadas x, y, z, este aparato puede ser manejado con cuidado y moverlo

adecuadamente aflojando sus tornillos y apretándolos solamente lo necesarios, ver figura 7.



Figura 7. Estación Total SET 630 RK- Sokkia.

Fuente: Torres y Villate (2001)

Estos instrumentos deben cumplir con la Normativa ISO 17123 referente a la aplicación en la Certificación de Estaciones Totales, Teodolitos y Niveles para el control de calidad y certificación de Calibración de Niveles, Teodolitos y Estaciones Totales topográficas, dependiendo casi exclusivamente del proceso de observación y conteo estadístico de medidas y resultados, en lugar de la comparación en forma absoluta de las observaciones con un patrón angular determinado que es lo que se calcula y verifica con la Normativa, es por ello que cuando esta normativa específica que la precisión es de 2" (dos segundos), implica que una sola medición realizada en las caras derecha e inversa del mismo, puede diferir con un error máximo de dos segundos, sin detrimento alguno de que el instrumento pueda tener una resolución o lectura mínima muy por debajo de éste valor, las marcas de s de estación total. En el

mercado se pueden encontrar múltiples marcas de estaciones totales Topcon, Sokkia, Leica, Nikon y Trimble.

Equipos utilizados en Levantamientos con tecnología avanzada.

Los equipos nuevas tecnologías aplicadas en la topografía son los sistemas de georreferenciación y navegación, por eso la geomática es fundamental e inclusive se le considera sinónimo de la topografía, pues significa el empleo de los últimos avances tecnológicos en esta rama de la ingeniería, algunos de los sistemas tecnológicos y que se vuelven indispensables para el desarrollo de la profesión topográfica son los sistemas de posicionamiento global, teledetección, dispositivos móviles y la fotogrametría.

- **Sistema de Posicionamiento Global (GPS).**

Para Pachas (2009) el GPS a las siglas “Global Positioning System” que en español significa “Sistema De Posicionamiento Global”, es un sistema de navegación conformado por 24 satélites (21 operativos y 3 de respaldo), a una altura de 20200 kilómetros, en órbita sobre el planeta tierra que envía información sobre la posición de una persona u objeto en cualquier horario y condiciones climáticas. Emitiendo constantemente señales de radio, durante las 24 hs. su uso se ha extendido al ámbito civil, cuyo rango de precisión de una posición va de los 10 mts. A unos pocos mm, dependiendo del equipamiento y las técnicas utilizadas. En este sentido el receptor GPS calcula su posición efectuando mediciones de distancia a cuatro (4) o más satélites, donde la distancia individual a un satélite es determinada en función del tiempo que tarda en viajar la señal desde el satélite al receptor y su velocidad de propagación. La posición del satélite es conocida para el receptor, luego, mediante triangulaciones, se determinan las coordenadas del punto.

Diferencia con los métodos tradicionales.

La característica principal es que no tiene requerimientos de visual entre la estación base y el receptor itinerante, permitiendo mediciones dinámicas (por ejemplo con un vehículo en movimiento), donde cada punto relevado es una medición independiente, por lo tanto, no existe arrastre de errores, en este sentido el GPS puede utilizarse prácticamente bajo cualquier condición climática, produciendo un dramático impacto en la productividad, eficiencia y precisión. Cabe destacar que todas las técnicas de medición con GPS son con posicionamiento relativo, es decir que requieren de dos receptores, un receptor (la estación base) queda fija en un punto.

Ahora bien, para determinar la posición de un objeto, persona o dirección, el GPS calcula el valor de la longitud, en referencia al Meridiano de Greenwich, el valor de la latitud y, por último, el valor de la altitud. Actualmente existen tipos de sistemas de navegación por satélite: GPS americano NAVSTA, GLONASS controlado por el Gobierno Ruso y la Unión Europea posee un sistema de navegación por satélite llamado Galileo.

Segmentos integrados del GPS.

- **Segmento espacial.**

El segmento espacial está formado por los llamados vehículos espaciales o satélites que envían señales de radio desde el espacio, donde la posición exacta de los satélites es conocida durante las 24 horas del día y desde cualquier posición del planeta., a una altitud de 20.200 km, en órbitas helio sincrónicas casi circulares, con una inclinación de 55° con respecto al ecuador. Estos satélites reciben en este sistema el nombre de SV (Space Vehicle) y transmiten continuamente señales de radio que poseen el código de identificación (PRN, Pseudo Random Noise) del respectivo satélite, detallado en la figura 8.

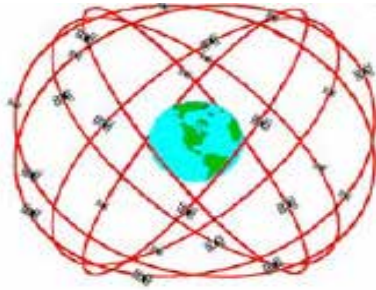


Figura 8. Constelación NAVSTAR.

Fuente: Dana P.H (1995) referido por Pachas (2009)

A continuación, se destacan las características generales de algunos satélites considerando el fabricante, peso, dimensiones, cantidad y vida útil especificada en la tabla 1.

Tabla 1. Características Generales de los Satélites.

Tipo de Satélite	Fabricante	Peso (kg)	Dimensiones (1) Alto por Ancho	Cantidad	Vida útil (años)
Block I	Rockwell International	760	1,50x1,25	11	5
Block II	Rockwell International	1650	3,40x5,30	9	7,5
Block IIA	Rockwell International	1800	3,40x5,30	19	7,5
Block IIR	Lockheed Martin	2200	1,70x11,40	21	10
Block IIF	Boeing North American (2)	ND	2,44x1,97	6+27	15
Block III	A partir del 2009	ND	ND	ND	20

Fuente: Jáuregui (2010) referido por Pachas (2009)

- **Segmento de Control.**

Constituido por una red de estaciones de monitoreo, ubicadas alrededor del mundo: Colorado (estación master), Hawái, Ascensión, Diego García y Kwajalein, cuyo propósito es monitorear el funcionamiento de los satélites para determinar sus órbitas y el funcionamiento de los relojes atómicos para enviar la información que será transmitida en forma de mensaje desde los satélites. Ver figura 9.

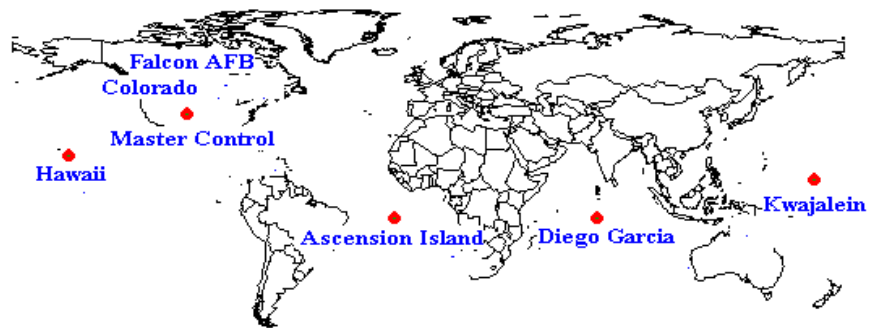


Figura 9. Estaciones Master y de Monitoreo.

Fuente: Dana P.H (1995) referido por Pachas (2009)

Consiste en cinco estaciones terrestres de monitoreo, una de las cuales es la estación maestra o principal, ubicada en la base Schriever de la fuerza aérea en Colorado. Las estaciones monitorean continuamente a los satélites y envían la información captada a la estación principal, donde se calculan las efemérides y los coeficientes de corrección de reloj para cada uno de los satélites y envía estos datos a las demás estaciones, que se encargan de transmitirlos a los satélites, mediante señales en banda S (2.227,5 MHz), por lo menos una vez al día.

- **Segmento del usuario.**

Casanova (2002) lo señala como el instrumento que recibe y decodifica la señal del satélite calculando las coordenadas del punto deseado; es un equipo constituido, por una antena con preamplificador para capturar las señales emitidas por los satélites, canal de radio frecuencia ,microprocesador para la reducción,

almacenamiento y procesamiento de datos, oscilador de precisión para la generación de códigos pseudoaleatorios, fuente de energía eléctrica, interfase del usuario constituida por la pantalla, teclado y por un dispositivo de almacenamiento de datos, es decir, está formado básicamente por tres componentes: el hardware, el software y el componente tecnológico que acompaña a cada uno de ellos.

Para ello, los receptores deben realizar las siguientes operaciones:

- a. Determinar cuáles son los satélites visibles.
- b. Adquirir las señales de los satélites visibles.
- c. Procesar los datos de navegación de los satélites.

d. Medir los pseudorángos por código y/o por fase. La posición es dada bien sea en coordenadas geográficas o bien en un sistema de proyección como por ejemplo UTM.

Aspectos de la Precisión GPS.

Precisión es el grado de conformidad que existe entre una posición, tiempo y/o velocidad determinada por un receptor GPS y su verdadera posición, tiempo y/o velocidad cuando se compara con una constante estándar. La precisión en los sistemas de radionavegación se presenta generalmente como una medición estadística del error, y es:

- Predecible: Conociendo las distintas variables y constantes que intervienen en la medición, se puede determinar el error con anterioridad.

- Repetible: Siempre que las condiciones de la medición se mantengan, el error será siempre el mismo.

- Relativo: El error de posición de un determinado usuario será el mismo que para otro usuario en diferente posición, para el mismo tiempo, si se mantienen las mismas condiciones para ambos usuarios. En el sistema GPS, las causas de los errores se agrupan en seis categorías:

Ahora bien, la Norma ISO 17123-8 nos permite realizar un diagnóstico fiel y preciso de las condiciones en que se encuentra un Receptor GNSS RTK, asumiendo que, en la prueba, las condiciones ambientales sean favorables., integrando cualquier modalidad RTK disponible al momento, bien sea de Red Geodésica RTK, NTRIP, Virtual o FSK, o simplemente por conexión UHF, con tal de que el receptor pueda medir en Tiempo Real.

El receptor GNSS lo tratamos aquí como un conjunto, pero a veces un simple cable o el conector ruidoso de la antena, puedan ser los responsables de que ese conjunto no funcione en absoluto, por lo que posterior a esta evaluación por el ISO, en caso de resultados negativos, debemos buscar y usar las mejores estrategias para aislar el componente, que degrada en forma solemne nuestras observaciones ofrece dos tipos de evaluaciones de las condiciones de calidad de los equipos, antes o después de realizar una campaña determinada, o para realizar un chequeo rutinario anual de mantenimiento, y así ver su precisión, y poder calificar a los diferentes estándares que existen en la industria. El Método Rápido o Fase A, y el Método de Evaluación Completa o Fase B.

Si bien los procedimientos de medición son muy similares, las filosofías u objetivos a perseguir con cada uno de ellos son de índole diferente. En el Método Rápido, se realiza una medición relativamente simple con los equipos GNSS, y se chequea que las desviaciones resultantes, contra un vector conocido, no difieran o sean mayores que las especificadas por el fabricante , o que estén dentro de las necesidades de un proyecto en particular, de tal forma que después de un mantenimiento preventivo, o después de un periodo de almacenamiento, o posterior a una modernización de su firmware, podamos verificar que el sistema GNSS mantiene al menos sus especificaciones básicas originales. El Método para la Evaluación Completa, requiere de muchas más mediciones, y su producto final es un análisis estadístico de los parámetros de precisión del equipo GNSS, los cuales también se compararán con los especificados por el fabricante, o con los necesarios para calificar a un proyecto de cierta envergadura.

Errores orbitales o de efemérides.

Son causados por calcular una posición del satélite diferente a la real para determinar la posición del usuario se parte de la posición de los satélites, mediante los parámetros orbitales de los satélites, los cuales son calculados cada hora. Sin embargo, las fuerzas perturbadoras que actúan sobre el satélite hacen que la posición calculada sea ligeramente diferente de la real; este error está en el orden de 5m.

- **Error en la línea base/longitud** de la línea base = error en la posición del satélite/distancia del satélite.
- **Retrasos por ionosfera y troposfera.**

El paso de la señal a través de estas capas de la atmósfera hace que la misma se desvíe de la línea recta que debe existir entre el satélite y el receptor, alargando en consecuencia el tiempo de viaje de la señal. Los receptores poseen modelos predeterminados que compensan en promedio este error, pero sin eliminarlo completamente. La ionosfera causa un avance de la fase en la onda portadora. Por ello se diseñó el sistema GPS con dos ondas portadoras, ya que con dos observaciones de frecuencia diferente se puede eliminar este error.

- **Trayectoria múltiple.**

Ocurre cuando la señal GPS es reflejada por objetos tales como edificios antes de alcanzar el receptor. Esto hace que el tiempo de viaje de la señal se incremente, causando por lo tanto errores en la posición. La superficie natural que más refleja la señal es el agua. La que menos la refleja es la arena o suelo arenoso.

- **Error del reloj del receptor.**

Ya que el reloj del receptor no puede tener la misma precisión que el de los satélites por razones de costo y de portabilidad, presenta pequeñas diferencias de tiempo, del orden de los nanosegundos, con respecto al del sistema GPS. Téngase en cuenta que un error de apenas un nanosegundo genera un error de 0,3 m; un error de

un milisegundo generaría un error de 300 m. Otros tipos factores que desmejoran la exactitud de la posición y que no pueden considerarse como errores propios del sistema son:

- **Error del operador.**

Cuando se introduce en el GPS un dato de inicialización incorrecto, tal como el datum o en el tiempo. Como este es un error grosero, es fácil de evitar prestando atención a los datos iniciales que se ingresan al receptor.

- **Ruido del receptor.**

Es el error causado por el proceso de medición usado por el receptor. Depende del diseño de la antena, del método usado por la conversión analógica-digital, por el proceso de correlación y por los ciclos de seguimiento de la señal de los satélites.

Dron.

La sigla DRON que traduce: (zángano) Aeronave no tripulada, robot aéreo entre otros, el término se adaptó para el lenguaje español, pero en realidad su nombre original en idioma inglés es: UAV “Unmanned Aerial Vehicle” o UAS “Unmanned” o vehículo volador no tripulado.

Puerta (2017) lo define como cualquier plataforma tanto aérea, terrestre y marina que no está tripulada y está controlada remotamente, siendo usada en topografía en las plataformas aéreas radio controladas siendo de dos tipos: el primer grupo es el más común y el que lleva más años en el mercado son aparatos a radio control, son aquellos que aun siendo sin piloto están dirigidos desde tierra por un piloto y pueden ser controlados tanto a simple vista o para distancias largas con FPV (visión en primera persona), se equipa la aeronave con una cámara que retransmite en tiempo real las imágenes y el segundo grupo es el más reciente. Es la propia aeronave la que sigue la ruta de vuelo gracias a un sistema de GPS con brújula que lleva

integrado, son los denominados UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Este sistema respecto al anterior permite unos vuelos más precisos y estables. Ideales para fotogrametría y teledetección. Ver figura 10.



Figura 10. DronPhantom 4RTK.

Fuente: Puerta (2017)

El uso de los Dron en trabajos de topografía y cartografía es una tendencia consolidada, cada vez es más común ver como los topógrafos apoyan sus informes en ortofotos, mapas de elevación, nubes de puntos y curvas de nivel capturadas con UAVS y cámaras de alta resolución, en este sentido un Dron de topografía proporciona un enorme potencial ya que es posible llevar a cabo levantamientos topográficos de la misma calidad en una fracción del tiempo, reduciendo considerablemente el costo de la topografía y del volumen de trabajo sobre el terreno. En la práctica, un Dron y el software que lo apoya son el equivalente a un nuevo dispositivo de medida con características mejoradas.

Se dispone de ortofotografías de alta precisión (no son raras resoluciones de pocos centímetros por píxel), cuyas ventajas son más evidentes cuando se comienza extraer información de ellas. Permitiendo calcular medidas de distancia, áreas, volúmenes, perfiles de terreno, anotaciones, acceso a series históricas además de

colaboración online con partners y clientes en unos pocos clicks. Simplemente es necesario un PC/Tablet y una conexión a Internet. En caso de ser necesario, también es posible descargar los resultados de alta resolución para continuar el análisis con software profesionales como Civil Works, AutoCAD, MDT, entre otros.

Ventajas de la topografía con Drones.

González (2017) estos métodos suponen un gran incremento de productividad a las empresas que ofrecen o requieren servicios topográficos reconstruyendo miles de hectáreas en una sola jornada de trabajo. Esto significa una reducción de órdenes de magnitud en tiempos y costes, mientras se elevan las precisiones de forma significativa, incrementando la productividad al tiempo que se reduce considerablemente de coste por hectárea, razón por la cual se tendrá acceso a los resultados el mismo día del vuelo, obteniendo precisiones centimetradas en cualquier parte del área sobrevolada, no solo en los puntos en los que se ha centrado el encargo.

Así mismo se tendrá disponibilidad, sin suplementos ni costes extra, de múltiples resultados: ortofotos, mapas de elevación, nubes de puntos, curvas de contorno y reconstrucciones 3D, donde cada profesional decide qué tipo de representación es la más adecuada.

Productos se obtienen en la topografía con Drones.

García (2018) señala una vez completado el vuelo y entregadas las imágenes en crudo, el software se encarga de procesar los datos y generar una nube de puntos densificada de gran precisión. Este set de datos contiene las coordenadas de millones de puntos de la superficie fotografiada, habitualmente, centenares de puntos por cada metro cuadrado. A partir de ella es posible generar diferentes resultados que son de utilidad para los trabajos topográficos:

Ortofotografías: Fotografía aérea en la que se han eliminado los efectos de la perspectiva y las deformaciones de cámara, todos los elementos están representados en la misma escala y se han corregido para utilizar una proyección ortogonal.

Modelos digitales de terreno (dtm y dsm): Son mapas 2D que en cada pixel ofrecen información relativa a la altura de cada punto.

Curvas de nivel: Son un tipo de representación vectorial simplificada en la que se definen líneas que unen puntos que se encuentra a la misma cota con respecto al nivel del mar.

Modelos 3d del terreno: Es una malla tridimensional construida a partir de triángulos. Habitualmente viene acompañada de una textura que le da una apariencia foto realista.

Beneficios de los Drones en Topografía.

Silva (2017) destaca entre los beneficios de los Drones los siguientes:

- **Reducción del tiempo sobre el terreno y costos topográficos.**

Recopilar datos geoespaciales con un dron es hasta cinco veces más rápido que con métodos situados en tierra y requiere menos mano de obra, con el geotiquetado PPK, también puedes ahorrar tiempo, ya que no es necesario colocar varios puntos de control terrestres.

- **Proporciona datos exactos y exhaustivos.**

Las estaciones totales solo miden puntos individuales, el vuelo de un dron produce miles de mediciones, que pueden ser representadas en diversos formatos (orto mosaico, nube de puntos, modelos digitales del terreno, modelos digitales de superficie, líneas de contorno, donde cada pixel del mapa producido o punto del modelo 3D contiene datos geográficos.

- **Llega a terrenos difíciles.**

Realiza mapas de zonas que serían inaccesibles de otra forma, un dron de cartografía puede despegar y aterrizar en prácticamente cualquier lugar. Ya no se estará limitado por zonas inalcanzables, peligrosas pendientes empinadas o duras condiciones del terreno no aptas para herramientas tradicionales de medición.

Paso para el levantamiento topográfico por Dron.

- Planificación del vuelo, estableciendo puntos de control, inspección previa del terreno, sitio de despegue y aterrizaje.
- Vuelo en el terreno tomando las imágenes.
- Descarga y post proceso de las imágenes con obtención de la nube de puntos y generación de curvas de nivel y Modelo 3D, con filtraje y obtención de data atributiva.
- Creación de productos secundarios como perfiles longitudinales, transversales, cortes de terreno, mapas GIS, Vistas 3 D, Ortofotos entre otras.

Cabe destacar que en la actualidad no se cuenta con una normativa aprobada por la Organización ISO, para “operativa de Drones”, esperando que puedan ser finalmente aprobadas y se dirigen a todo tipo de aplicaciones de estos aparatos en cualquier situación, terrestre, subacuática, aérea o espacial.

Nube de puntos.

Para Ciampagna (2019) lo delimita como es un sistema de representación de cualquier superficie a través de un conjunto de vértices (x, y, z) en un sistema tridimensional, resultando de gran utilidad en la toma de datos para la creación de mapas topográficos, generadas con diferentes herramientas destinados para representar la superficie externa de un objeto, curvas de nivel, perfiles, secciones y cálculos de volumen. Este método no es nuevo, de hecho, su obtención ha sido de todas las especialidades, la Taquimetría tradicional realizada con teodolitos ópticos y después con estaciones totales, es una humilde nube de puntos en cuanto a cantidad y calidad. Es por ello que a medida que se van evolucionando los instrumentos de obtención de nubes es que se va incrementando la densidad de los puntos, reducción del tiempo de obtención de los mismos, la distancia, la precisión e incluso permite tomar texturas y colores.

Cabe destacar que a partir de una nube de puntos y mediante el uso de un software específico podemos extraer ortografías de alta resolución de cualquier vista, proyección o sección resultando interesante cuando necesitamos documentar zonas concretas en un levantamiento como puede ser un alzado, la planta o una sección, permitiendo de esta manera veracidad y coherencia en la toma de datos, rapidez en el levantamiento, replica digitalizada de la realidad sin tener que volver al levantamiento de datos para su revisión y debido a almacenaje de sus millones de puntos requieren de un software y hardware específico para saber gestionarla, importarla y convertirla a otros formatos mediante la generación de un modelo digital del terreno a través de la importación de la nube de punto.

Actualmente existen diferentes algoritmos para llevar a cabo el proceso de clasificación de los puntos, generando diferentes grupos de puntos pertenecientes al suelo, vegetación, líneas eléctricas, una posible clasificación estaría en función de si utilizan directamente la información geométrica almacenada en el archivo LIDAR o si utilizan modelos interpolado (rejilla), a partir de esta información, con métodos de captura de datos masiva para obtener rápidamente el estado actual de la obra, tales como escáneres topográficos, Mobile Mapping y aplicaciones fotogramétricas.

Ahora bien, para ser considerado nube de punto, los archivos deben contener numerosas cantidades de puntos (típico mayor a 50000) y a partir de esta nube de puntos se construyeron curvas de nivel, se planifico, se elaboraron planos, modelos en 3 D y cada día nuevas aplicaciones se van uniendo en cuanto a tecnología se van mejorando los software de manejo de las nubes de los puntos, es por ello que al día de hoy grandes empresas de software como Autodesk, con su programa AutoCAD o Revit han desarrollado la posibilidad de importar nubes de puntos incluso hacer modelados de construcción.

Relación de cómo se hacía la topografía con “Plancheta”, “Teodolito”, “Estación total”, “GPS” y “Drones”.

La evolución de los instrumentos topográficos ha sido especialmente rápida en los últimos años, si nos referimos a uno de los más antiguos instrumentos de topografía tenemos “La plancheta” la cual consistía propiamente en un tablero de dibujo con su trípode, y una alidada óptica provista de hilos taquimétricos o de estadía que servía para dibujar directamente un plano trazando las direcciones y la distancias obtenidas visando con la alidada y utilizando la regla de esta, cabe señalar que los datos importantes pueden destacarse en el mapa cuando se tiene vista las peculiaridades del lugar, las curvas de nivel pueden dibujarse con cierta precisión, puede hacerse mediciones en los puntos deseables sin determinación previa y debe medirse las longitudes y ángulos por si se necesitan posteriormente.

Así mismo entre la década de los años sesenta se utilizaban los instrumentos ópticos mecánicos como el “teodolito” para la medida de ángulos y distancias basados en giros y movimientos de círculos graduados combinados con un anteojo para visar objetos, estos instrumentos junto con mediciones en elementos auxiliares como las miras, no permitían alcances largos y la precisión en la estimación de distancias era baja. Igualmente en esta época surgen los distanciómetros, instrumentos auxiliares que se acoplaban a los taquímetros para medir distancia con precisiones de cm y alcance de varios kilómetros, utilizados para medir rumbos, ángulos horizontales y verticales con baja precisión, en la cual los puntos son elegidos por el operador, con diferencia de coordenadas de datos para su identificación y las distancia de levantamiento eran pequeñas, dependientes de las condiciones visuales a las miras y la precisión propia del método taquimétrico.

En la década de 1970 estos últimos aparatos se compactaron en un único instrumento de medida angular (teodolito o taquímetro) más el instrumento para medir distancia (distanciómetro) y la computadora a través de las “Estaciones totales”, las cuales siguen vigente para mediciones de ingeniería que poseen una gran

precisión, existiendo una gama de aparatos con cálculo de coordenadas, con memoria, motorizadas, sin prisma, con número de aumentos variables o la lente del objetivo, si tiene o no compensador electrónico, alcance de medición de distancia con un prisma y si tiene memoria o no, difiriendo entre ellas en la resolución en pantalla y precisión, pues resulta que la mayoría de las estaciones despliegan un segundo de resolución en pantalla pero la precisión certificada puede ser de 3 a 9 segundos.

Los puntos elegidos por el operador presentan diferencia de coordenadas son asignados en forma automática y/o descripción manual y la distancia de levantamiento dependen del alcance del distanciómetro y la precisión angular digital, cabe destacar que la (ET) permite mayor precisión en la medición de ángulos, distancias y niveles ya que utilizan un sistema de primas y laser para desarrollar lecturas digitales de todas las mediciones durante el trabajo, donde la información recopilada con la (ET) se almacena en una computadora externa y los datos se pueden manipular y agregar a los programas CAD.

La siguiente revolución y la más profunda de todas, fue las de sistema de Posicionamiento Global (GPS) las cuales son de tipo Navegador utilizado para aplicaciones de gama baja y el GPS geodésico o topográfico, con aparatos y configuraciones muchos más precisas y sofisticadas, pueden ser de una o dos bandas, los de una banda garantizan la precisión milimétrica para distancias menores a 40 km entre antenas y la de dos bandas incorpora la función RTK (Real Time Kinematic) los datos se obtiene directamente del campo e incorpora una computadora. Los (GPS) la toma de los datos es mucho más rápida que las técnicas convencionales de topografía, ya que reduce la cantidad de equipos y la mano de obra que se requiere, entregando una representación completamente tridimensional, utilizando un receptor.

La última generación de instrumentos topográficos la constituyen los “Escáneres” basados en laser que realizan una medición simultanea de las tres coordenadas del objeto y por lo tanto pueden ser utilizadas desde el aire, para levantamientos de gran detalle, de precisión adecuada, los puntos no elegidos por el

operador y la cantidad de puntos es dependiente de la intensidad del barrido elegido. En general, se necesita una cantidad numerosa de puntos para considerarlo una nube de puntos cuyos atributos es la identificación exclusivamente automática con un valor de índice de reflexión en cada punto, as mismo las distancias de relevamiento dependen del alcance de la potencia del barredor láser.

Una de los más utilizados es la fotogrametría cercana con “Drones” que utiliza cámaras espectrales y barredores láser, los puntos son no elegidos por el operador y la cantidad de puntos dependen de la resolución de la cámara fotográfica o la intensidad del barrido elegido si el detector es láser. La altura de vuelo define la resolución final del método en el terreno. Donde la diferencia de coordenadas y cálculo de coordenadas locales se realiza automáticamente en post proceso, los atributos de los puntos se realizan de forma automática designada por el instrumento, poseen un valor de índice de reflexión del punto en el caso de barredores láser o cámaras espectrales y la distancia de relevamiento dependen de la altura de vuelo y la resolución de la cámara. Podemos agregar que: si el dron tiene un GPS, las coordenadas resultantes de los puntos pueden ser absolutas referidas a un sistema de referencia global.

El uso de Drones supone un gran incremento de productividad a las empresas que ofrecen o requieren servicios topográficos reconstruyendo miles de hectáreas en una sola jornada de trabajo. Esto significa una reducción de órdenes de magnitud en tiempos y costes, mientras se elevan las precisiones de forma significativa, incrementando la productividad al tiempo que se reduce considerablemente de coste por hectárea, razón por la cual se tendrá acceso a los resultados el mismo día del vuelo, obteniendo precisiones centimetradas en cualquier parte del área sobrevolada, no solo en los puntos en los que se ha centrado el encargo. Así mismo se tendrá disponibilidad, sin suplementos ni costes extra, de múltiples resultados: ortofotos, mapas de elevación, nubes de puntos, curvas de contorno y reconstrucciones 3D, donde cada profesional decide qué tipo de representación es la más adecuada.

2.3. Bases Legales.

Entre las leyes hacen referencia directa e indirectamente a estas disciplinas se mencionaron las siguientes:

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

Detalla ampliamente lo relacionado al territorio, su división, ordenación y administración, entre ellos el Título II del Espacio Geográfico y la División Política, Capítulo I Del Territorio y demás Espacios Geográficos, Capítulo II de la División Política. Otro artículo directamente relacionado es el 128 sobre la Ordenación del Territorio.

Artículo 10.

El territorio y demás espacios geográficos de la República son los que correspondían a la Capitanía General de Venezuela antes de la transformación política iniciada el 19 de abril de 1810.

Artículo 11.

La soberanía plena de la República se ejerce en los espacios continental e insular, lacustre y fluvial, mar territorial, áreas marinas interiores, históricas y vitales y las comprendidas dentro de las líneas de base recta que ha adoptado o adopte la República.

Artículo 16.

Con el fin de organizar políticamente la República, el territorio nacional se divide en el de los Estados, el del Distrito Capital, el de las dependencias federales y el de los territorios federales. El territorio se organiza en Municipios.

Artículo 17.

Las dependencias federales son las islas marítimas no integradas en el territorio de un Estado, así como las islas que se formen o aparezcan en el mar territorial o en el que cubra la plataforma continental. Su régimen y administración estarán señalados en la ley. Artículo 18. La ciudad de Caracas es la capital de la República y el asiento de los órganos del Poder Nacional.

Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional.

Publicada en Gaceta Oficial N° 37.002 de fecha 28 de julio de 2000, regula los aspectos específicos en estas materias. Por otro lado, son las normas técnicas derivadas de dicha ley las que entran en detalle en los aspectos tecnológicos, procedimientos y métodos, tales como las Normas Técnicas de Catastro.

Artículo 1°.

Esta Ley tiene por objeto regular la formulación, ejecución y coordinación de las políticas y planes relativos a la geografía y cartografía, así como los relacionados con la implantación, formación y conservación del catastro en todo el territorio de la República.

Artículo 2°.

Se declara de naturaleza nacional e interés público el cubrimiento cartográfico y la implantación, formación y conservación del catastro nacional en todo el territorio de la República.

Artículo 3°.

Se declara de uso público la información territorial. El Estado garantizará su calidad y mantenimiento. Toda persona tiene derecho de acceder a la información territorial, conforme a lo dispuesto en esta Ley y sus reglamentos.

Artículo 4°.

La formulación, ejecución y coordinación de las políticas y planes nacionales en materia geográfica y cartográfica son atribuciones del Poder Nacional. La formación y conservación del catastro es competencia del Poder Nacional y de los municipios en su ámbito territorial.

Ley Del Ejercicio Profesional De La Topografía.

Título I Disposiciones Generales.

Artículo 1. Objeto

La presente Ley tiene como objeto establecer las normas generales para regular el ejercicio de la Topografía en el espacio geográfico de la República Bolivariana de Venezuela.

Artículo 2. Definición

La Topografía se clasifica como una profesión técnico-académica con nivel de estudio universitario, porque el Topógrafo o Topografía como profesional necesita una amplia preparación general, adiestramiento técnico y experiencia práctica.

Artículo 3.

El ejercicio de la topografía se regirá por las disposiciones de esta Ley y su Reglamento, los Reglamentos Internos y el Código de Ética Profesional que dictare la Federación de Colegios de Topógrafos de la República Bolivariana de Venezuela.

Capítulo II de la geografía y la cartografía. Capítulo I De los Levantamientos de Información Territorial por Medio de Sensores Remotos.

Artículo 7°.

Todos los organismos del Estado que en cumplimiento de sus funciones adquieran información territorial proveniente de sensores remotos, procurarán que dichos levantamientos sean efectuados empleando la más alta tecnología existente para tales fines y consignarán los originales de los mismos, para su guarda y custodia, en el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.

Artículo 8°.

Todos los materiales originales que contengan datos obtenidos durante la ejecución de levantamiento aerotransportados, contratados por organismos del Estado serán entregados por la persona que ejecute tales trabajos al Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, en un plazo de diez días hábiles contados a partir de la fecha de vencimiento del contrato.

Artículo 9°.

Los materiales originales que contengan datos obtenidos durante la ejecución de levantamiento aerotransportados con fines, tales como, cartográficos, geofísicos, catastrales, edafológicos, hidrológicos, hidrogeológicos y sismológicos, producto de contratos celebrados entre particulares, podrán ser objeto de expropiación por parte del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.

Artículo 10.

El archivo de todos los materiales originales que contengan datos adquiridos durante la ejecución de levantamientos de información territorial por medio de sensores remotos, a que se refiere los artículos anteriores estará a cargo del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.

Normas Técnicas para la Formación y Conservación del Catastro Nacional.

Resolución N° 54 de fecha 28 de mayo de 2002, mediante la cual se dictan las Normas Técnicas para la Formación y Conservación del Catastro Nacional, publicada en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.590 Extraordinario de fecha 10 de julio de 2002.

Artículo 1.

Las presentes Normas tienen por objeto regular la formación y conservación del catastro a los fines de asegurar la uniformidad del régimen catastral en el territorio nacional.

Artículo 2.

La formación del catastro comprende el levantamiento, procesamiento y generación de la base de datos descriptiva y gráfica de los inmuebles de un municipio, la cual deberá reflejar el aspecto físico, jurídico y valorativo de los mismos.

Artículo 3.

La conservación del catastro comprende el proceso de actualización del mismo, el cual deberá efectuarse en períodos no mayores de cuatro (4) años, registrándose las modificaciones físicas, jurídicas y valorativas de los inmuebles de un municipio, que se sucedan en el tiempo.

Artículo 4.

A los fines de la formación de su respectivo catastro, los municipios deben establecer una red geodésica en su territorio, de conformidad con las especificaciones técnicas dictadas por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.

Artículo 5.

La oficina municipal de catastro, realizará el inventario de los materiales cartográficos y Aero fotogramétricos disponibles de su territorio, con la finalidad de determinar la conveniencia de su empleo; siempre que los mismos cumplan con las especificaciones técnicas que al efecto dicte el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.

Artículo 6.

Cuando se requiera generar nueva cartografía para la elaboración de los mapas catastrales, la misma se producirá a partir de la aplicación de técnicas aerofotogrametrías o mediante levantamientos de campo, de conformidad con las especificaciones técnicas dictadas por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.

Norma ISO 17123-4 y su aplicación en la Certificación de Estaciones Totales, Teodolitos y Niveles.

Referente a la certificación de equipos para mediciones angulares según calidad del mismo, para Certificados de Calibración de Niveles, Teodolitos y Estaciones Totales topográficas, depende casi exclusivamente del proceso de observación y conteo estadístico de medidas y resultados, en lugar de la comparación en forma absoluta de las observaciones con un patrón angular determinado.

Norma ISO 17123-8 para la prueba y calibración de receptores GNSS.

Esta normativa permite realizar un diagnóstico fiel y preciso de las condiciones en que se encuentra un Receptor GNSS RTK, asumiendo que, en la prueba, las condiciones ambientales sean favorables. Asimismo, el ISO integra cualquier modalidad RTK disponible al momento, bien sea de Red Geodésica RTK, NTRIP,

Virtual o FSK, o simplemente por conexión UHF, con tal de que el receptor pueda medir en Tiempo Real, en la modalidad Estático Rápido y Stop, con series similares a las usadas en el ISO 17123-8, a fin de conocer en forma fehaciente el comportamiento de un receptor o grupo de los mismos, que participan en campañas Geodésicas, Sísmicas o Cartográficas dentro del ámbito nacional.

Finalmente, debemos advertir a título informativo, que las pruebas de calibración y homologación que se le realizan a los equipos GNSS en el laboratorio, son algo más complejas que las mostradas en el ISO 17123-8, ya que comprenden rutinas de chequeo del reloj maestro como la varianza de Allen, la relación SNR en los canales receptores, prueba de Distancia o Baseline Cero, el consumo de corriente, y muchas otras, que en su mayoría dependen del programa del fabricante del equipo GNSS, pero que al final es el ISO 17123-8 el que generosamente nos va a dictar si todos estos procedimientos realizados trabajan en forma conjunta.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Tamayo y Tamayo (2003) define al marco metodológico como “Un proceso que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”, dicho conocimiento se adquiere para relacionarlo con las hipótesis presentadas ante los problemas planteados (p.37), basada en las consideraciones anteriores se presentó la metodología seguida en el presente estudio.

3.1 Tipo de investigación.

Esta investigación fue de campo definida por Santa Paella y Couso (2017) como un estudio en el cual se recolectan los datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables, tal cual es este caso de estudio se orientó a recoger las informaciones o datos necesarios para comparar medidas topográficas con equipos de nuevas tecnologías de acuerdo a la realidad existente en la Planta de tratamiento Alejo Zuloaga ubicada en Valencia estado Carabobo, dentro de este marco se obtuvo factores característicos del contexto en la cual se insertó la situación problemática planteada.

Del mismo modo se apoyó en una investigación documental especificada por Arias (2016), como un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, considerando otros investigadores basadas en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos, en este caso se comparan datos y mediciones con equipos topográficas tradicionales y de tecnología avanzadas para

obtener y establecer relaciones a partir de información registradas y levantamientos topográficos del lugar con apoyo de fuentes documentales, referencias satelitales de coordenadas, datos del lugar y de fotografías aéreas.

3.2 Diseño de la investigación.

El diseño de este trabajo fue explicativo porque no sólo describió el problema, sino que buscó comparar los valores topográficos del levantamiento realizado en una planta de tratamiento utilizando diferentes instrumentos de medición como son Estación total GPS y Drones, basado no solo por las descripciones, sino de las explicaciones o interpretaciones de la realidad que pudieron realizarse a partir de los valores obtenidos, cuyos resultados sirvieron como parámetros de referencia y de legitimación de este levantamiento, descubriendo sus relaciones estimando diferencias y semejanzas. Siguiendo así lo establecido por Hernández y Mendoza (2018) quien señala que los estudios de alcance explicativo van más allá de la descripción de conceptos están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales, se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas.

3.3 Población.

La población o universo representa todas las unidades de la investigación que se estudia de acuerdo a la naturaleza del problema, es decir, la suma total de las unidades que se van a estudiar, las cuales deben poseer características comunes dando origen a la investigación. Arias (2016), señala que “es el conjunto de elementos con características comunes que son objetos de análisis y para los cuales serán válidas las conclusiones de la investigación”. (p.98). Siguiendo este orden de ideas, podemos identificar que el universo de este proyecto de investigación fueron las medidas topográficas realizado en plantas de tratamientos de aguas ejecutados en el estado Carabobo.

3.4 Muestra.

Para Balestrini (2016), La Muestra “es obtenida con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, las propiedades de una población” (P.138). En este mismo sentido la muestra de este estudio fueron las medidas topográficas con equipos de tecnología avanzada que se realizaron en la planta de tratamiento Alejo Zuloaga Valencia estado Carabobo respectivamente.

3.5 Técnica e Instrumentos de recolección de datos.

Según Arias (2016) “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”. (p. 79), caracterizando un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento, cuya selección para este estudio fueron las siguientes:

Revisión documental:

Según Arias (2016) la investigación documental “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por los otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. como en toda investigación, el propósito de este diseño fue el aporte de nuevos conocimientos, en este caso se revisaron los documentos referidos a la planta de tratamiento Alejo Zuloaga., usando los levantamientos topográficos realizados con los equipos correspondientes, igualmente se revisaron folletos de manejo de estos equipos, fotografías aéreas del lugar.

Observación directa:

Definida Pardinás (2005) como la acción de visualizar, detenidamente, en el sentido del investigador es la experiencia, el proceso de mirar, o sea, en sentido amplio, el experimento, el proceso de someter conductas de algunas cosas o condiciones manipuladas de acuerdo a ciertos principios para llevar a cabo la

observación. Ahora bien, se relacionó con el presente trabajo la observación directa a la visualización y medidas efectuadas en el terreno para obtener los elementos necesarios y elaborar su representación del lugar en estudio.

Revisión Bibliográfica.

Comprende todas las actividades relacionadas con la búsqueda de información escrita sobre un tema acotado previamente y sobre el cual, se reúne y discute críticamente, toda la información recuperada y utilizada, en este caso se consultaron textos, páginas web, artículos digitales, así como se examinaron las normas ISOS correspondientes para la certificación de este tipo de equipos utilizado en la elaboración de levantamientos topográficos con equipos como Estación total, GPS y Drones.

3.6 Técnica de análisis y procesamiento de datos.

Es esta parte de este estudio se procedió a presentar los lineamientos para el análisis e interpretación de los datos obtenidos, su técnica y presentación. Asimismo, como refiere Seltiz, citado por Balestrini (2016) “El propósito del análisis es resumir las observaciones llevadas a cabo de forma tal que proporcione a las interrogantes de la investigación (p.149). Con relación a la interpretación, el mismo autor plantea que su objetivo “Es buscar un significado más amplio de las respuestas mediante su coordinación con otros conocimientos disponibles” (P.149).

Visto así, el análisis de los resultados se obtuvo a través de la matriz FODA, articulando las tendencias del medio (las oportunidades y amenazas) y las capacidades internas (fortalezas y debilidades) que existieron en la realización de este estudio utilizando equipos tradicionales y de tecnología avanzada en una obra hidráulica que permitió formular estrategias para aprovechar sus fortalezas, prevenir el efecto de sus debilidades y utilizar a tiempo sus oportunidades y anticipar el efecto de las amenazas desde el punto de vista de la topografía y de precisión en las mediciones obtenidas, especificado en la Tabla 2.

F = Fortalezas.

O = Oportunidades.

D= Debilidades.

A=Amenazas.

Tabla 2. **Matriz FODA.**

Factores Internos	Fortalezas	Debilidades
Factores Externos		
Oportunidades	Estrategias FO (Utilizar fortalezas para aprovechar oportunidades)	Estrategias DO Aprovechar oportunidades para reducir debilidades
Amenazas	Estrategias FO (Utilizar fortalezas para aprovechar amenazas)	Estrategias DO Neutralizar amenazas reduciendo debilidades

Fuente: Balestrini (2016)

La Estrategia DA: El objetivo de esta estrategia DA (debilidades Vs Amenaza) es de minimizar tanto las debilidades como las amenazas.

La estrategia DO, La segunda estrategia DO (debilidades vs oportunidades) intenta minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades.

La estrategia FA (Fortalezas vs amenazas) se basa en las fortalezas internas de la institución que pueden copar con las amenazas del medio ambiente externo.

La estrategia FO (Fortaleza vs oportunidades) se basa en maximizar las fortalezas, utilizando recursos para aprovechar las oportunidades.

3.7 Fases de la Investigación.

Las fases de la investigación implican el procedimiento metodológico que llevó mediante etapas sucesivas y organizadas en el proceso de la investigación

estableciendo los parámetros relativos congruentes de la misma, la investigación se llevó a cabo a través de las siguientes fases:

Fase 1: Definición de las características de la zona en estudio en la Planta De Tratamiento Alejo Zuloaga Valencia del Estado Carabobo.

- Reconocimiento preliminar y ubicación geográfica.
- Características generales de la infraestructura.
- Estado actual de la misma.
- Fotografías del lugar.

Fase 2. Recopilación del registro topográfico correspondiente a esta superficie.

- Origen de los datos.
- Fecha y periodo.
- Equipos utilizados.
- Especificaciones Técnicas o requisitos de los equipos.
- Especificaciones del personal Sistema de coordenadas.
- Identificación de las Normas o Estructuras correctas pertinentes a la evaluación de calidad.
- Proceso de recolección de datos con los equipos.

Fase 3. Obtención del levantamiento de datos de esta planta tratadora de agua.

- Reporte punto base entrada.
- Reporte puntos de control.
- Reporte de resultados Topografía GPS.

- Reporte de resultados Topografía ET.
- Reporte de resultados Topografía con Drones.
- **Fase 4. Elaboración de un análisis comparativo entre los registros de levantamientos topográficos realizados.**
 - Resumen de información cuantitativa de los resultados.
 - Control de la exactitud posicional de los datos obtenidos con estos sistemas mediante la t de Student.
 - Análisis de la exactitud posicional.
 - Comparación de indicadores con análisis FODA de los resultados obtenidos de ventajas, desventajas y exactitud posicional.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación, se presenta el análisis e interpretación de los resultados definido por Hurtado (2010) “Comprenden procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener información necesaria durante la investigación”, recabando los datos que luego pasaron por un análisis de la información los cuales fueron ordenados de acuerdo a las fases establecidas anteriormente cuya duración del proceso fue aproximadamente ocho (8) meses iniciando en el mes de noviembre del año 2019 y finalizando en el mes de Junio del año 2020.

4.1 Fase 1. Definición de las características de la zona en estudio en la Planta De Tratamiento Alejo Zuloaga Valencia del Estado Carabobo.

- Reconocimiento preliminar y ubicación geográfica.

El sistema de acueductos del estado Carabobo está conformada por dos sistemas de bombeo conocidos como Sistema Regional del Centro (SRC) I y II , el sistema SRC-I, que es el interesa en este estudio fue diseñado para suministrar agua potable a las poblaciones ubicadas en el Estado Carabobo, su fuente principal de abastecimiento la constituye el Embalse Pao Cachinche ubicado en la región centro norte ($9^{\circ}53' N - 68^{\circ}08' W$), en el límite entre los estados Carabobo y Cojedes, cerca de la ciudad de Valencia con aguas afluentes de los ríos Paito y Chirgua, en las cuencas alta y media del río Pao, el cual cuenta con una cota de 353 m.s.n.m., ocupando un área de 16.100.000 m² y un volumen de 200.000.000 m³, su profundidad media es de 10,6 m y el agua allí almacenada es enviada por gravedad a estación de bombeo Cachinche e impulsada hasta la planta de tratamiento “Alejo

Zuloaga”, construida en el año 1973, ubicada en el sector San Luis, del municipio Valencia, estado Carabobo.

Adicionalmente el sistema recibe los aportes provenientes de diferentes pozos profundos ubicados en toda la zona, así como caudales de fuentes superficiales menores: Torito en Libertador, Alto Cabriales en Naguanagua y La Cumaca en San Diego. Además, se incluye el Sistema Tirgua en el estado Cojedes, relacionado con el acueducto de Valencia por medio del alimentador Tinaquillo-Estanque La Pedrera, cuyo aporte es variable, dependiendo del volumen de agua tratada en la planta Alejo Zuloaga y de las condiciones de operación del sistema de distribución, perteneciendo este sistema a la C.A. Hidrológica del Centro, según coordenadas Este y Norte especificada en la figura 11 y en la Tabla 3 respectivamente.



Figura 11. Ubicación de Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo.

Fuente: Google Earth (2020)

Tabla 3. Coordenadas de ubicación de Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo.

ESTE(m)	NORTE(m)
604761,4778	1113770,8205
604377,1824	1113445,4968
604758,9241	113393,6186
604782,9969	1113602,8594

Fuente: Google Earth (2020)

Igualmente se determinó el área aproximada de 85.755,59 m² y un perímetro de 1147,18 m ver figura 12.



Figura 12. Área Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo.

Fuente: Google Earth (2020)

- **Características generales de la infraestructura**

Esta planta Potabilizadora “Alejo Zuloaga” está dividida en dos instalaciones diferentes respecto a la tecnología utilizada, la primera o planta original construida en el año 1973 funciona con un sistema convencional de potabilización y la segunda planta denominada Degremont de tecnología francesa realizada en el año 1980, donde los componentes de la planta original son los siguientes:

Rompe carga: Es una estructura que mitiga la velocidad del agua cruda proveniente del embalse; reduciendo la presión existente en las líneas de conducción, formando un flujo laminar por diferencia de nivel al resto de las unidades.

Coagulación o mezcla rápida: Contrarresta las fuerzas de repulsión que dan origen a un lento agrupamiento de las partículas coloidales mediante la adición de un coagulante de sulfato de aluminio, neutralizando las cargas coloidales y permitiendo que las partículas se adhieran cuando hacen contacto, dosificando con carbón activado para la eliminación de olores y sabores característicos del agua cruda.

Floculación o mezcla lenta: Consiste en aprovechar las colisiones que se dan entre las partículas desestabilizadas durante la conducción del agua por los canales de estos tanques, formándose “flóculos”, esta agitación se da mecánicamente, para aumentar la frecuencia de los choques, mejorando las características de tamaño y densidad de los aglomerados.

Sedimentación: Es el proceso utilizado para separar el agua clarificada de los flóculos, debido a la mayor densidad, provocando su depósito en el fondo de los tanques, mientras el líquido asciende y se recolecta en la parte superior.

Filtración: Es el proceso de remoción final de partículas no decantadas, eliminando las partículas que no alcanzaron a separarse en el sedimentador, permeando por gravedad el agua sedimentada, a través de un lecho filtrante compuesto de antracita, arena y grava de diferentes granulometrías, de manera

tradicional (de arriba hacia abajo), reteniéndose los sólidos por su baja densidad o por ser de geometría irregular no fueron separados del agua.

Pozo de succión: Almacena transitoriamente el agua potabilizada antes de enviarla a la red de distribución, y también se aplica la post - cloración.

Post-Cloración: Se utiliza con la finalidad de garantizar una concentración de cloro residual, impidiendo la proliferación de organismos patógenos.

Estación de bombeo: El agua procesada en ambas plantas se une para su posterior distribución.

Red de distribución: Es la última etapa del proceso de abastecimiento, aquí el agua ya tratada en ambas plantas, es distribuida en los municipios de los estados Carabobo y Cojedes.

Embalse: Como se describió anteriormente, es el embalse Pao Cachinche, en esta etapa se inyecta oxígeno gaseoso, y también una aireación al agua contenida en esta cuenca.

Pre-Cloración: Consiste en aplicar gas cloro a una corriente de agua, formando ácido hipocloroso oxidando los organismos infecciosos presentes en ella (bacterias patógenas, virus, algas, protozoarios).

Aireación: Se adiciona al proceso de tratamiento y, es necesaria para proporcionar oxígeno al agua que se quiere tratar.

Igualmente, la segunda planta es de tecnología europea desarrollada por Degremont C.A, está conformada por los siguientes elementos:

Obra de llegada: Se realiza el mejoramiento de las condiciones físico-químicas del agua cruda procedentes del embalse, aplicando aireación, estabilización del flujo, desarenación y la dosificación química.

Decantación: Es un proceso físico-químico que aprovecha el crecimiento de los coágulos a través del contacto con una masa uniforme de lodo, reteniendo los

sólidos o impurezas del agua, en esta etapa se utilizan decantadores acelerados o de contacto de fangos. Dado que, el encuentro de las partículas aumenta con su concentración en el agua, en los decantadores de fango se combina la floculación y la decantación en un aparato único, con este sistema se consiguen precipitados densos, generando un aumento de la velocidad ascensional del agua.

Mezcla rápida: Es un arreglo de salto hidráulico constituido por tres canaletas Parshall que aprovecha el cambio de sección transversal, para aumentar la velocidad del fluido y, de igual manera obtener una mejor dilución de los agregados químicos. En esta etapa se agrega sulfato de aluminio, carbón activado y un polímero actuante mejoramiento del agua a tratar. Cabe destacar que las etapas, filtración, postcloración, estaco, red de distribución, embalse y pre-cloración, cumplen la misma función de la planta convencional.

- **Estado actual de la Planta de potabilización**

La Planta de potabilización “Alejo Zuloaga” posee una capacidad nominal total de 8.500 l/s, fraccionada en una planta convencional que aporta 3000 l/s en y otra de tecnología francesa que produce 5000 l/s, pero durante el año 2018 fue sometida a un proceso de rehabilitación integral, para dar cumplimiento a la normativa y los estándares de calidad, ya que a la fecha solo tenía la capacidad de procesar el 50% de lo que proviene del embalse Pao Cachinche, saliendo de estas instalaciones solo cuatro mil litros por segundos, cuando tendrían que ser ocho mil quinientos, donde esta cifra era insuficiente, para poder cubrir las necesidades de la población que viven en los municipios: San Diego; Naguanagua, Libertador, Los Guayos y Valencia sumado que existían innumerables denuncias de las comunidades y urbanizaciones, principalmente de la zona norte de Valencia; sobre la presencia de sedimentos y mal olor en el agua que llega a los hogares.

Es por ello que en fecha primero de marzo del año 2020 fue inaugurado por el gobernador Rafael Lacava, el viceministro de agua potable y saneamiento Manuel

González y el presidente de Hidro centro Félix Torres la nueva unidad de sedimentación y filtrado en esta planta, con equipos modernos, para solucionar el problema de sedimentos que vienen del Pao-Cachinche, donde el agua cruda llega a estos tanques, pasa por unos filtros gigantes de flotación, que son los primeros que llegan a Venezuela, es la última tecnología con la que cuenta el país.

Cabe destacar que el sistema actual invertirá la dinámica de filtrado tradicional utilizada anteriormente, inyectando aire a presión, con unas bombas especiales, para forzar el paso del agua cruda por un primer grupo de filtros que hacen que la materia orgánica en vez de ir al fondo del tanque, flote hacia la superficie para su remoción mecánica y física posteriormente antes de su tratamiento químico, resolviendo así los problemas de mal olor y presencia de sedimentos en el agua la cual se encuentra en actualmente en periodo de prueba .

- **Fotografías del lugar.**



Figura 13. Estación Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo.

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)



Figura 14. Sedimentadores Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo.

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)



Figura 15. Aeraciones en la Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo.

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)



Figura 16. Controladores eléctricos Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo.

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)



Figura 17. Filtraciones Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo.

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)



Figura 18. Filtraciones Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo.

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)



Figura 19. Obra de Llegada Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo.

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

4.2 Fase 2. Recopilación del registro correspondiente a esta superficie en estudio.

- Origen de los datos.

El punto base de enlace o de amarre fue utilizada una coordenada medida por REGVEN en la estación “Mi Bohío” utilizando el elipsoide GSR20 y Datum NAD83.

Fecha y periodo: 2019-2020.

- Equipos utilizados.

A continuación, se señalan los equipos utilizados para realizar el levantamiento topográfico en Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia, Estado Carabobo lo cual se especifica en la tabla 4.

Tabla 4. Equipos utilizados para el Levantamiento Topográfico.


GPS Ashtech modelo Promark2.	<ul style="list-style-type: none">- 1 receptor GPS, 1 antena y 1 cable serial para transferencia de datos.- 1 flexómetro, 1 software de Post -Proceso.- 1 bastón con gota y 1 trípode de metal.- 1 baterías de Ni-MH recargables.- 1 cargador de baterías.
Estación Total Stonex STS2RP.	<ul style="list-style-type: none">- 1 cargador rápido de batería.- 1 estación Total Stonex Prospector STS2-R de 2” con dos Pantalla.- 1 teclados Numéricos.- 1 base Tribrach.- 1 plomada óptica.- 1 bastón porta prisma de Aluminio de dos metros.- 1 prisma Stonex con caratula metálica, calidad Premium.- 2 pilas de NiMH recargables.- 1 estuche Rígido con correas.- 1 cable de Datos, 1 CD con software de descarga.

<p>Dron Phantom2.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 1 controlador de movimiento y acelerador. - 1 batería recargable. - Puerto de entrenador. - 1 porcentaje de batería de los indicadores LED. - 1 porcentaje de batería de los indicadores LED.
------------------------------	---

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

- **Especificaciones Técnicas o requisitos de los equipos**


Tabla 5. Resumen especificaciones técnicas GPS Ashtech modelo Promark2.

	Especificaciones
	<p>Rastreo de Satélites</p> <p>12 canales independientes, 10 código L1 C/A Rastreo Satelital WASS / EGNOS.</p>
	<p>Funcionamiento de Medición Estática (rms)</p> <p>Precisión Horizontal: 5 milímetros + 1ppm Precisión Vertical: 10 milímetros +2 ppm Acimut <1marco segundos.</p> <p>Tiempo de Observación: de 20 a 60 minutos dependiendo de la distancia entre los receptores.</p>
	<p>Funcionamiento de Medición Cinemático</p> <p>Precisión Horizontal: 12 milímetros + 2.5ppm Precisión Vertical: 15 milímetros +2.5 ppm Tiempo de Observación: de 20 a 30 segundos</p>
<p>-Modalidad de medición estático y cinemático.</p> <p>-En la modalidad de medición, el sistema establece el control de puntos nuevos o existentes en forma precisa y productiva.</p> <p>-GPS no requiere línea visual entre los puntos de medición, logrando así aumentar significativamente la productividad, ya que los tramos transversales pueden ser más largos y a menudo punto a punto ideal para las</p>	<p>Especificaciones Físicas del Aparato:</p> <p>Peso Receptor: de 0.14kg (sin baterías), Ø Antena Externa:0.45kg y Ø Baterías: 0.05kg.</p> <p>Tamaño Receptor 15.8cm x 5.1cm x3.3cm, Ø Antena Externa 19cm x 9.6cm</p> <p>Software Ashtech Solutions: El software de post proceso Ashtech Solutions, simple y preciso,</p>

necesidades de puntos.	incluyen: Planificación de la medición., Procesamiento automático del vector, Ajuste mínimo cuadrado, Herramientas de análisis de datos y control de calidad Transformaciones de coordenadas, Reportes y Exportación.
------------------------	---

Fuente: Manual GPS Ashtech modelo Promark2 (2020)

Tabla 6. Especificaciones técnicas Estación Total Stonex STS2RP.

Especificaciones	
 <p>-Estaciones Totales de Medición sin Prisma</p> <p>Trabaja sin problemas en campo, y cuando no llegue, use la medición sin prisma hasta 300m.</p> <p>Doble pantalla de gran tamaño y alta definición con teclado alfanumérico</p> <p>Los modelos RP incluyen un distanciómetro capaz de medir hasta 300 metros sin prisma</p>	<p>Dimensiones y peso</p> <p>200x180x350mm y 5,8kg</p>
	<p>Medición angular</p> <p>Precisión angular</p> <p>Método de medición Encoder absoluto. Diámetro del círculo 79mm, Lectura Mínima 1''/5'' opcional y Ángulo horizontal y Vertical Dual (dos sensores)</p>
	<p>Medición de Distancia</p> <p>Rango prisma simple 3000m</p> <p>Precisión prisma simple 2mm ± 2ppm</p> <p>Rango prisma triple 5000m</p> <p>Precisión prisma triple 2mm ± 2ppm</p> <p>Rango sin prisma 300m</p> <p>Precisión sin prisma 5mm ± 3ppm</p>
	<p>Tiempo de medida modo preciso 3 segundos</p> <p>Tiempo de medida modo tracking 1 segundos</p> <p>Corrección atmosférica Automática y manual</p>
	<p>Objetivo</p> <p>Imagen Directa, Longitud 154mm, Objetivo 45mm / EDM 50mm. Aumentos 30X, Campo de visión 1°30'</p>

	Resolución de enfoque 3" y Distancia mínima de enfoque 1m.
	<p>Procesador y memoria</p> <p>Velocidad del procesador 32 bits, Memoria interna 16MB y Capacidad de almacenamiento 10.000 puntos</p>
	<p>Compensador</p> <p>Sistema digital Detección electro líquida, Compensador Doble eje, Inicialización No requerida</p> <p>Método de medida Nivel digital en pantalla y Rango operativo $\pm 3'$ y Precisión 1"</p>
	<p>Sensibilidad del nivel</p> <p>Nivel tubular 30" / 2mm y Nivel esférico 8"/2mm</p>
	<p>Plomada Óptica</p> <p>Imagen Directa, Aumentos 3X, Mínimo enfoque 0.5m</p> <p>Y Campo de visión 5°</p>
	<p>Teclado</p> <p>Cantidad Pantalla doble, Tipo LCD iluminado, Líneas de lectura 8 alfanumérico / gráfico y Resolución en pantalla 1"</p>
	<p>Batería y comunicación</p> <p>Tipo Ni-Mh recargable, Voltaje 6V (DC), Duración en medición continua 8 horas y Tiempo de recarga 10 horas con comunicación tipo cableado,</p>

Fuente: Manual Stonex Serie STS2RP (2020)

Tabla 7. **Especificaciones DronPhantom2.**

Especificaciones	
	<p>Aeronave Peso con batería - 1000gr Dimensiones: 29 x 29 x 18 cm. Alcance de 1000 metros sobre el suelo Sensibilidad de planeo Vertical - 0.8m Horizontal - 2.5m Máxima Velocidad de giro horizontal - 200°/s Ángulo máximo de inclinación - 35° Máxima velocidad de ascenso y descenso - 6 m/s Máxima velocidad de vuelo - 10m/x Máxima longitud - 350mm Tiempo de vuelo sin parar - 25min Máximo peso de despegue - 1.3kg Temperatura de trabajo -5°C a 50°C</p>
<p>-Ajuste automático moderno y de seguridad en el vuelo.</p> <p>-Compatibilidad con GoPro. Aunque la cámara no viene incluida en el dron, se puede instalar el accesorio Girbal para colocar la cámara GoPro.</p> <p>-GPS integrado con el sistema de piloto automático que ofrece varias configuraciones: la posición, altitud y el vuelo estable permite que la atención del piloto se centre solamente en las fotos y vídeos. No hay que preocuparse por el dron.</p>	<p>Batería Inteligente 5200mAh Lipo Peso - 340 gr Corriente de carga 4^a</p>
	<p>Mando Frecuencia de operación 2.4GHz ISM Distancia de comunicación 1000m Sensibilidad del receptor (1%PER) -97dBm Batería4 baterías AA Consumo de potencia - 100mA -6V</p> <p>Características GPS Rastrea hasta 12 satélites en el cielo que le ayudan al piloto y son capaces de dejar el aparato completamente parado en el cielo. El GPS «bloquea» el dron en la posición actual y hace que se mantenga inmóvil</p>

Fuente: Manual de especificaciones Dron Phantom2 (2020)

- **Especificación del personal utilizado y rendimiento obtenido.**

Tabla 8. **Personal utilizado y rendimiento alcanzado.**

GPS	<ul style="list-style-type: none"> • 1 topógrafo con conocimiento de manejo de equipos satelitales, 2 ayudantes especializados sobre el tema y 2 obreros para aperturas de picas. • Rendimiento 4 Hectárea por hora (4 ha/Hora) o (8 ha en 2 horas).
Estación Total	<ul style="list-style-type: none"> • 1 topógrafo con experiencia y manejo de programas CAD, 2 ayudantes para transportar los equipos y procesamiento de información y 2 obreros para aperturas de picas. • Rendimiento Hectárea y media por hora (1,5 Ha/hora) (8 ha en 5 horas).
DRON	<ul style="list-style-type: none"> • 1 topógrafo con experiencia en el pilotaje de drones, 2 ayudantes especializados para levantamiento y procesado de información, • Rendimiento 100 a 150 ha/día en este caso (8 ha/hora).

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

• **Identificación de las Normas o Estructuras correctas pertinentes a la evaluación de calidad.**

Norma ISO 17123-4 Certificación de Estaciones Totales, Teodolitos y Niveles.

Norma ISO 17123-8 Diagnóstico de las condiciones de Receptor GNSS RTK.

A la fecha no se cuenta con normativa de certificación de Drones nacionales ni internacionales.

• **Proceso de recolección de los datos con los equipos**

Para la recolección de los datos, se realizó un recorrido en la zona, seleccionado los sitios para realizar las mediciones utilizando los equipos GPS Ashtech modelo

Promark2, Estación Total Stonex STS2RP y Dron Phantom 2, cuyo proceso comprende tres partes:

La primera parte correspondió al levantamiento convencional con GPS, procediendo a la preparación del equipo, transporte del personal en la zona en estudio, ubicación de los puntos de control y del vértice de inicio para conformar una poligonal base o de referencia de este levantamiento, asignando para ello ocho puntos de coordenadas, resumiendo en la Tabla 10 las coordenadas del levantamiento ajustadas.

En la segunda parte se ejecutó el levantamiento con el equipo de Estación Total, se procedió a encender el aparato introduciendo la información solicitada para estacionar el instrumento, orientando con el norte geográfico por medio de una brújula, donde se aseguró que los puntos levantados estaban orientados con el norte geográfico y se procedió a realizar la medición de coordenadas para la generación del plano topográfico, midiendo distancias horizontales y verticales entre puntos del detalle del terreno, utilizado como método el de radiación a través de lecturas con prisma, así como la construcción de la poligonal de apoyo y una vez realizado el registro correspondiente con detalle de coordenadas especificado en la tabla 11.

Finalmente, la última parte pertenece al levantamiento con RPAS, con Dron y control remoto, para ello se preparó el equipo, se elaboró la planificación de vuelo en el programa, procediendo a realizar los ajustes y calibración de parámetros de captura de información como tamaño pixel, altura del vuelo, líneas de vuelo, traslape de imágenes y duración del vuelo que nos permitieron cubrir las hectáreas de terreno en la planta de tratamiento Alejo Zuloaga, en Valencia estado Carabobo.

Ahora bien con el programa y a través del plan de vuelo se buscó el lugar de estudio y se dibujó el polígono, luego se delinearon las líneas de vuelo y en opciones avanzadas se seleccionó el tipo de cámara en este caso la CanonPowersShotx260HS-4,5-4000x3000, se configuro la altura de vuelo a 60

metros, con una velocidad de 7 m/seg para la toma de fotografías aéreas y creo la nubes de puntos y mallas de la superficie de foto control para su posterior georreferenciación, considerando el traslape un overlape de 75% y un sidelap de 75% gravando la imagen para trabajar en campo sin conexión a internet.

Cabe destacar que una vez en el sitio, se identificaron los puntos de despegue, se armó el Dron y cámaras; se procedió a la programación de toma de fotos constatar el plan de vuelo, se sincronizo la computadora con el Dron , y se realizó el vuelo, terminada la cobertura se procedió a aterrizar el Dron con el control remoto y retirar la cámara con su respectiva tarjeta de memoria en donde se encuentran las fotografías a ser procesadas a través de software Pix 4D, AgisoftPHotoScan Professional los cuales son programas fotogramétricos para procesar imágenes aéreas en mapas 2D y Modelo 3D con una precisión de centímetros se obtuvo el Modelo Digital del Terreno indicando las coordenadas y alturas, uniendo las fotos que están referenciadas con un GPS navegador del DRON, se generó el ortofoto, el modelo digital de elevación (DEM), permitiendo realizar corrección con los puntos de control tomados con GPS.

Finalmente se realizó el reporte de precisión, presentando el error en geoposicionamiento del levantamiento topográfico, determinando de esta forma la posición de la ortofoto con los puntos de control con GPS. Posteriormente se exportaron los puntos del terreno natural, ortofoto en formato TIFF y se genera el informe obtenido la precisión del geoposicionamiento de la ortofoto con puntos de control GPS y por último se realizó el procesamiento de las fotos a través de la computadora importando latitud, longitud y altitud y finalizado el proceso se extrajo las coordenadas de apoyo, apoyados en el programa Ashtech Solutions, todo este proceso se puede sintetizar en la figura 20.

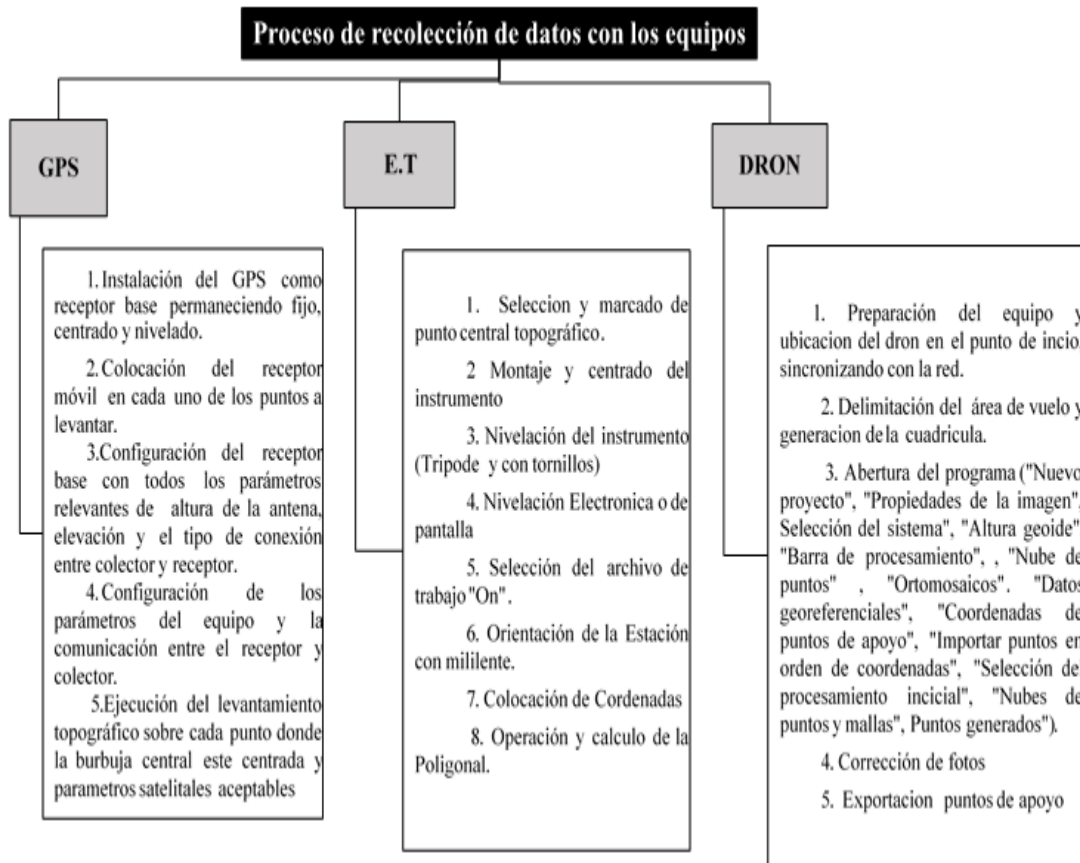


Figura 20. *Proceso de recolección de datos con los equipos.*

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

4.3 Fase 3. Obtención del levantamiento de datos de esta planta potabilizadora de agua.

- Punto base de enlace o de amarre.

Fue utilizada una coordenada medida por REGVEN en la estación “Mi Bohío” utilizando el elipsoide GSR20 y Datum NAD83, para el levantamiento realizado con Estación Total en la Zona en referencia, en donde se especifican la

Coordenada norte y Este, así como la altura elipsoidal cuyos valores extraídos se resumen en la Tabla 9.

Tabla 9. Coordenadas REGVEN del punto de enlace “Mi Bohío”

Coordenada NORTE	1.127.671.292
Coordenada ESTE	617.432.116
Altura elipsoidal	427,824

Fuente: REGVEN (2020)

• **Puntos de Control.**

Los puntos de control (Ground Control Points, GCP en inglés) son puntos de referencia que se colocaron para el control eje poligonal cerrada, los cuales son un conjunto de puntos situados sobre la superficie que detallan los valores de posición con respecto al elipsoide de referencia, con identificaciones de los datos de los lados, rumbo, distancia, vértice, coordenadas norte obtenidos con equipo GPS o RPK estableciendo sus coordenadas geográficas con precisión de cada punto y especificados en la Tabla 10 y representado en la Figura 21, obviamente, los puntos de control fueron colocados antes de comenzar el vuelo, considerando para el mismo tres (3) puntos de control.

Tabla 10. Coordenadas Puntos de control Planta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo.

Lado		Rumbo	Distancia	Vértice	Coordenadas	
EST	PV				Norte	Este
				PC-1	1.113.443, 5660	604.349,4522
PC-1	PC-2	N55°24'09,06"E	202,831	PC-2	1.113.556, 7347	604.516,4144
PC-2	PC-3	S14°15'20,41"E	170,029	PC-3	1.113.393, 9417	604.558,2839

PC-3	PC-1	N76°37'58,18" W	214,647	PC-1	1.113.443, 5660	604.349,4522
------	------	-----------------	---------	------	-----------------	--------------

Fuente: GPS Ashtech modelo Promark2 (2020)

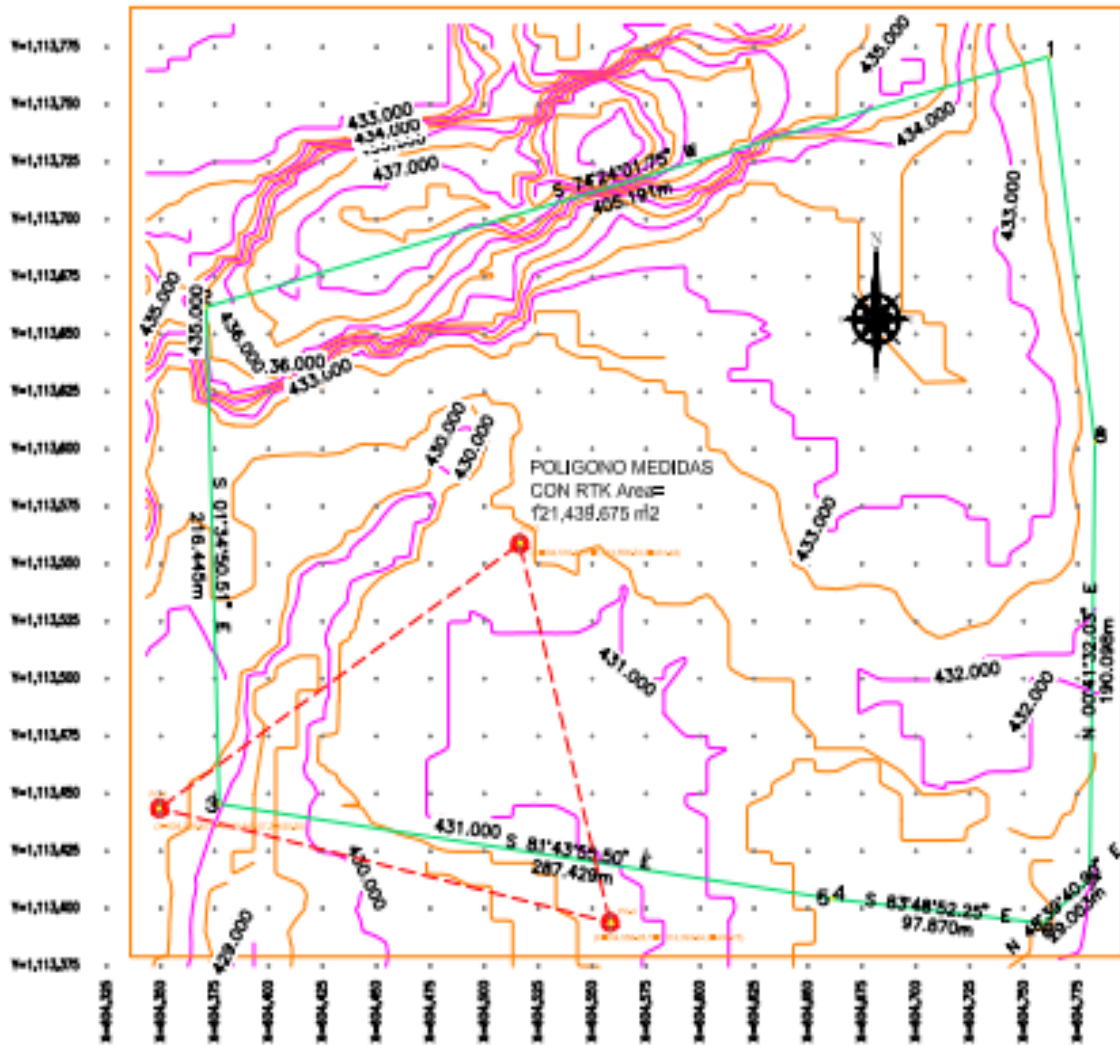


Figura 21. Levantamiento de puntos de referencia Planta de tratamiento Alejo Zuloaga Valencia, estado Carabobo realizado con equipo GPS Ashtech modelo Promark2.

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

- **Reporte Topográfico de coordenadas de la poligonal realizado con equipo GPS Ashtech modelo Promark2.**

Seguidamente se presenta los datos de Coordenadas de Polígono Datum Sigas Regven Huzo 19 realizado con equipo GPS Ashtech modelo Promark2 correspondiente a 8 puntos numerados del 1 al 8, los datos de coordenadas Norte y Este y la Elevación, especificados en la tabla 11 y en la figura 22.

Tabla 11. Coordenadas de polígono Datum Sigas RegvenHuzo19 Planta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo.

Punto	Norte	Este	Elevación
1	604761,4778	1113770,8205	432,0650
2	604371,2117	1113661,8598	435,5610
3	604377,1824	1113445,4968	430,0624
4	604661,6243	1113404,1638	431,5000
5	604661,1336	1113404,2351	431,5000
6	604758,9241	1113393,6186	431,5000
7	604780,7003	1113412,7755	431,0417
8	604782,9969	1113602,8594	432,0304

Fuente: GPS Ashtech modelo Promark2 (2020)

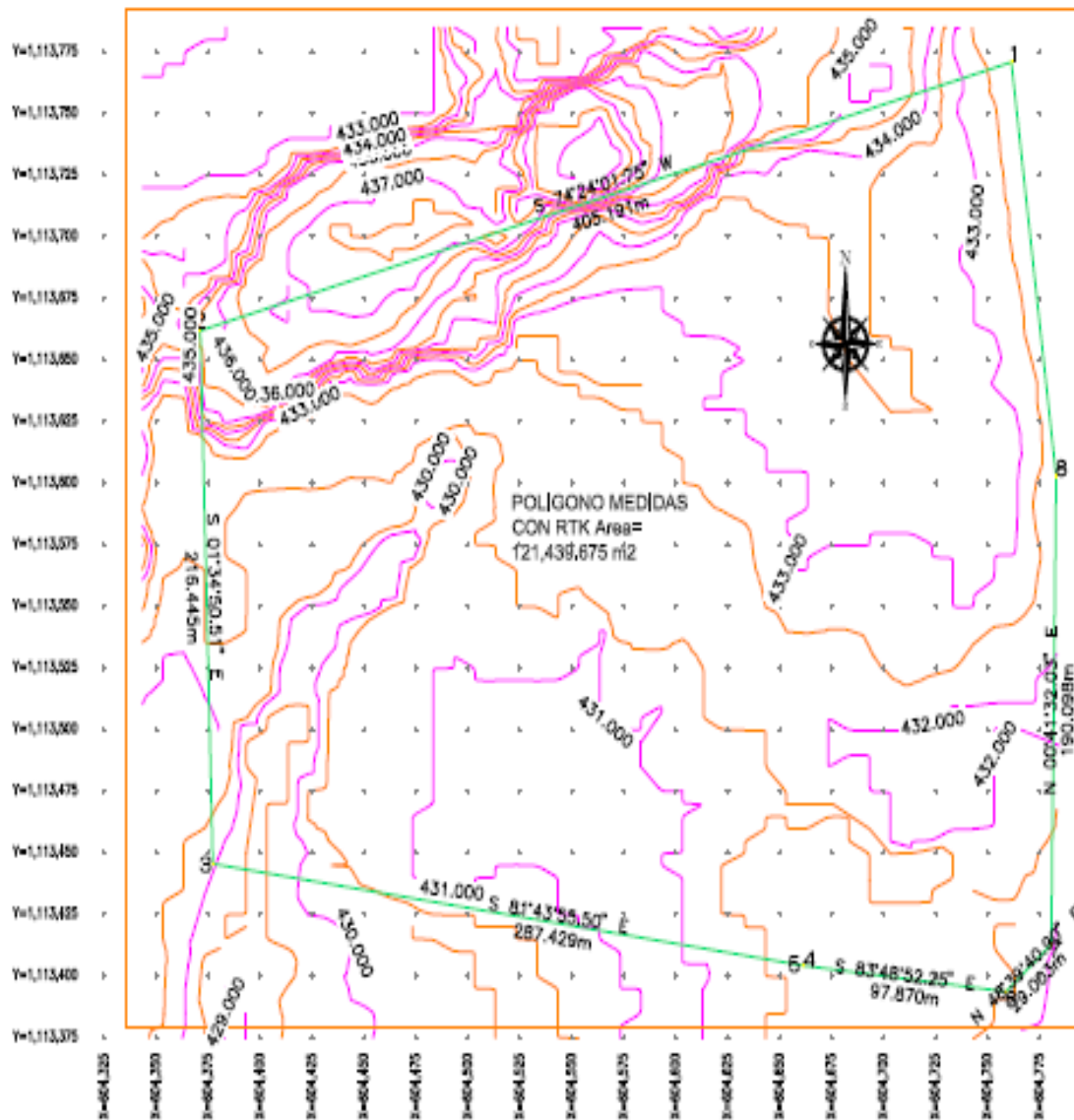


Figura 22. Levantamiento Topográfico de la poligonal cerrada realizado con equipo GPS Ashtech modelo Promark2 en Planta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo.

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

• **Reporte Topográfico realizado con equipo en tierra E.TAshtech modelo PStonex STS2RP.**

Posteriormente se presenta los datos de Coordenadas de polígono Datum Sigas Regven Huzo 19 realizado con equipo Estación Total Stonex STS2RP correspondiente a 8 puntos numerados del 1 al 8, los datos de coordenadas Norte y Este y la Elevación, especificados en la tabla 12.

Tabla 12. Coordenadas de polígono Datum Sigas Regven Huzo 19 en Planta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo.

Punto	Norte	Este	Elevación
1	604761,4678	1113770,8180	432,0750
2	604371,2067	1113661,8553	435,5510
3	604377,1779	1113445,4868	430,0574
4	604661,6133	1113404,1538	431,4900
5	604661,1281	1113404,2326	431,4955
6	604758,9226	1113393,6156	431,4850
7	604780,6903	1113412,7720	431,0387
8	604782,9934	1113602,8554	432,0254

***Fuente:** Estación Total Stonex STS2RP (2020)*

• **Reporte Topográfico realizado con equipo con Equipo Dron Phantom 2**
Datos de calidad del equipo Dron Phantom 2.

Tabla 13. **Resumen de datos de calidad del equipo Dron Phantom 2.**

Procesado	2019-Jan-02 22:54:47
Nombre de la cámara	CanonPowerShotx260HS_4,5_4000x3000(1)
Nombre de la cámara	CanonPowerShotx260HS_4,5_4000x3000(2)
Nombre de la cámara	CanonPowerShotx260HS_4,5_4000x3000(3)
Distancia promedio de muestreo en tierra (GSD)	3,4 cm
Área cubierta	86050Km ² /8,6 Ha
Sistema de coordenadas de imagen	WGS84
Punto de control de tierra (GCP) Sistema coordinado	WC 84/UTM Zona 19 N
Coordenada de salida	WC 84/UTM Zona 19 N
Tipo de procesamiento	Nadir aéreo completo (escala 1)
Control de calidad	
Imágenes	Mediana de 20277 puntos clave por imagen
Conjunto de datos o imágenes calibradas	600 de 1471 imágenes calibradas (97%) 1 imagen deshabilitada
Calidad de optimización de cámara	3.57 % diferencia relativa entre la distancia focal inicial y final
Calidad a juego	Median de 3147 coincidencias por imagen calibradas
Georreferenciación	25 GPS (6 2D, 19 3 D) 0,088 m

Fuente: Dron Phantom 2 (2020)

Los puntos de control establecidos con el GPS RPK se utilizaron para los Drones como referencias visuales en los mapeos y posteriormente se manejaron como puntos estratégicos durante la georreferenciación de las imágenes para posicionar correctamente los resultados y de esta forma, durante el procesado de las imágenes con herramientas de fotogrametría, se estableció una correlación entre las posiciones de los puntos de control de la imagen y las coordenadas reales en las que deberán encontrarse.

Estos puntos sirvieron para posicionar primeramente el mosaico en los tres (3) componentes espaciales de forma habitual y en segundo sirvió como grupo de control para verificar que sus coordenadas se ajustan a las reales cuando ha sido construido el mosaico final, especificado en la figura 23 y 24.

Orto mosaico y modelo de superficie digital (DSM) antes de la densificación.

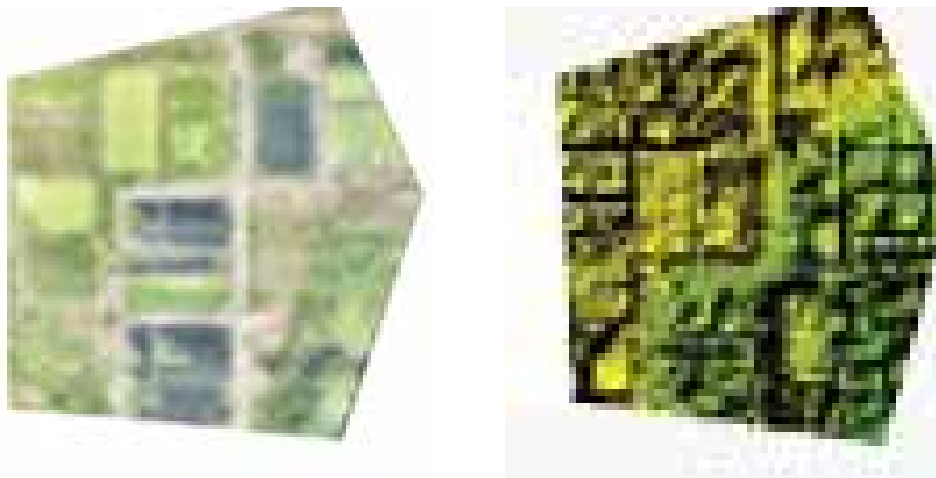


Figura 23. Orto mosaico y el correspondiente modelo de superficie digital escasa (DSM) antes de la densificación de la planta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo.

Fuente: Dron Phantom 2 (2020)

Posición de geo etiquetado.

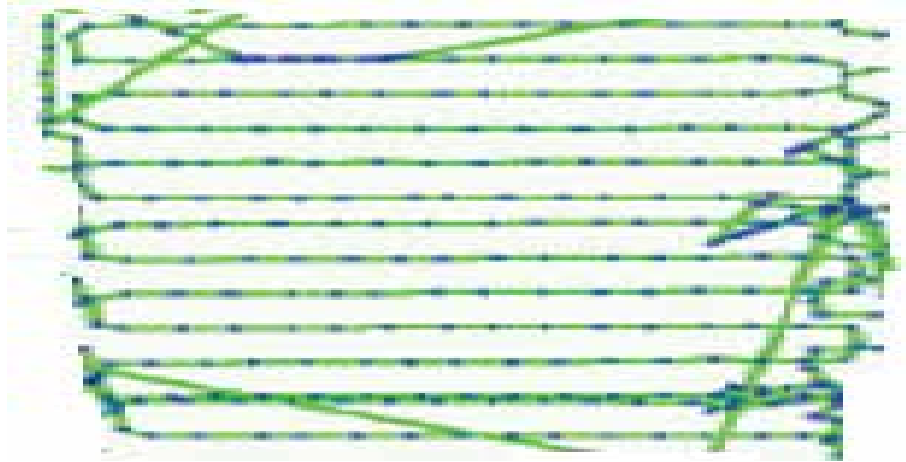


Figura 24. Vista superior de la geo etiqueta. La línea verde sigue la geo etiqueta de las imágenes en el tiempo a partir del punto azul grande Planta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo.

Fuente: Dron PHANTOM 2 (2020)

Geocolación y puntos de control de tierra para las coordenadas de la poligonal.

El objetivo final en esta parte es obtener una tabla de Coordenadas apoyadas en el programa Ashtech Solutions, todo este proceso se puede sintetizar en esta tabla. Especificando valores x , y , z , donde la altura que estamos buscando es la altura ortométrica, que va desde la superficie topográfica del terreno al modelo geode, presentando para ello la Geo colocación y puntos de control en tierra señalando en la tabla 14 los valores obtenidos de tolerancia $X/Y/Z$ en metros y el error en los tres componentes.

Tabla 14. Geo colocación y puntos de control en tierra para la poligonal.

GCP nombre	Tolerancia XY/Z (m)		Error x(m)	Error y(m)	Error Z(m)
GCP:1	0.020/0.020		-0.007	0.007	-0.016
GCP:2	0.020/0.020		0.054	-0.143	
GCP:3	0.020/0.020		-0.009	0.016	
GCP:4	0.020/0.020		0.045	0.003	
GCP:5	0.020/0.020		-0.084	-0.076	
GCP:6	0.020/0.020		0.000	-0.004	0.014
GCP:7	0.020/0.020		-0.039	0.006	0.06
GCP:8	0.020/0.020		0.025	-0.044	-0.042
Media			0.005628	0.002621	0.017661
Suma			0.135778	0.071379	0.058561
RMS error			0.136685	0.071455	0.061290

Fuente: Dron PHANTOM2 (2020)

De igual manera se representa la variabilidad de estos datos respecto a su media, mediante la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de observaciones, especificado en Tabla 15 y 16.

Tabla 15. **Varianza de geo etiqueta absoluta.**

Mn error(m)	Max error (m)	Geotag error X (%)	Geotag error Y (%)	Geotag error z (%)
-	-15	4.26	0.35	0.14
-15	-12	5.38	0.77	0
-12	-9	5.38	2.09	0.07
-9	-6	5.31	2.09	0.35
-6	-3	6.22	2.51	2.798
-3	0	10.2	18.23	29.54
0	3	10.34	37.08	48.39
3	6	12.5	15.43	9.08
Media		2063483	1.721208	0.627562
Suma		9.779349	4.833120	2.263776
RMS error		9.994682	5.130459	2.349152

Fuente: DronPHANTOM2 (2020)

Ahora bien, la precisión de localización por GCP y los errores medios en las direcciones de coordenadas en la última columna cuentan el número de imágenes donde el GCP se ha verificado automáticamente frente a marcado manualmente, especificado en la Tabla 16 la variabilidad de la geo etiqueta relativa.

Tabla 16. **Varianza de geo etiqueta relativa.**

Tolerancia (%)	Imagen x (%)	Imagen Y (%)	Imagen z (%)
10	3.98	11.31	43.44
20	7.61	20.95	65.50
30	11.73	29.75	77.93
40	15.78	39.46	85.13
50	17.53	39.46	88.55
60	20.53	55.31	88.80
70	24.79	61.10	90.43
80	28.49	66.47	90.64
Tolerancia media	4.577514	4.577514	9.155028

Fuente: Dron PHANTOM2 (2020)

Como síntesis se observó pequeñas diferencias de lecturas en el plano horizontal y vertical con los obtenidos con el GPS anteriormente descrito, considerando que una lectura en el mismo punto generará localizaciones diferentes en diferentes momentos del tiempo, cuyos valores de errores medio cuadráticos en x, y, Z en metros fueron de 0.136685, 0.071455 y 0.061290 respectivamente. Con una varianza de Varianza de geo etiqueta relativa con un porcentaje Geotag error X (%), Y (%), z (%) de RMS error medio cuadrático de 9.994682, 5.130459 y 2.349152 individualmente y con una tolerancia media en términos porcentuales de X (%), Y (%), z (%) 4.577514, 4.577514 y 9.155028 proporcionalmente.

Cabe destacar que en los anexo A, B, C, D se muestran las imágenes de las coordenadas de los puntos de control de coordenadas del dron PHANTOM 2, determinando las localizaciones de los puntos de control, su identificación en las fotografías las cuales nos dan la situación exacta de varios zonas del mapa, esta

información se extendió a todos los píxeles de la ortofotografías resultante de forma que la geolocalización de cada uno de sus píxeles es más precisa y que fueron visibles en varias fotografía se idealmente, localizables en varias fotos y claramente identificable desde el aire, cuyas coordenadas obtenidas con este equipo se especifican en la tabla 17 y en la figura 25 se representan el plano definido del levantamiento con el Dron.

Tabla 17. Coordenadas de polígono Datum Sigas Regven Huzo 19 Planta de tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo.

Punto	Norte	Este	Elevación
1	604761,4738	1113770,8180	432,0594
2	604371,2017	1113661,8553	435,5510
3	604377,1789	1113445,4868	430,0574
4	604661,6210	1113404,1613	431,4955
5	604661,1311	1113404,2316	431,4975
6	604758,9141	1113393,6086	431,4955
7	604780,6958	1113412,7710	431,0382
8	604782,9944	1113602,8444	432,0259

Fuente: Dron PHANTOM2; Programa Ashtech Solutions (2020)

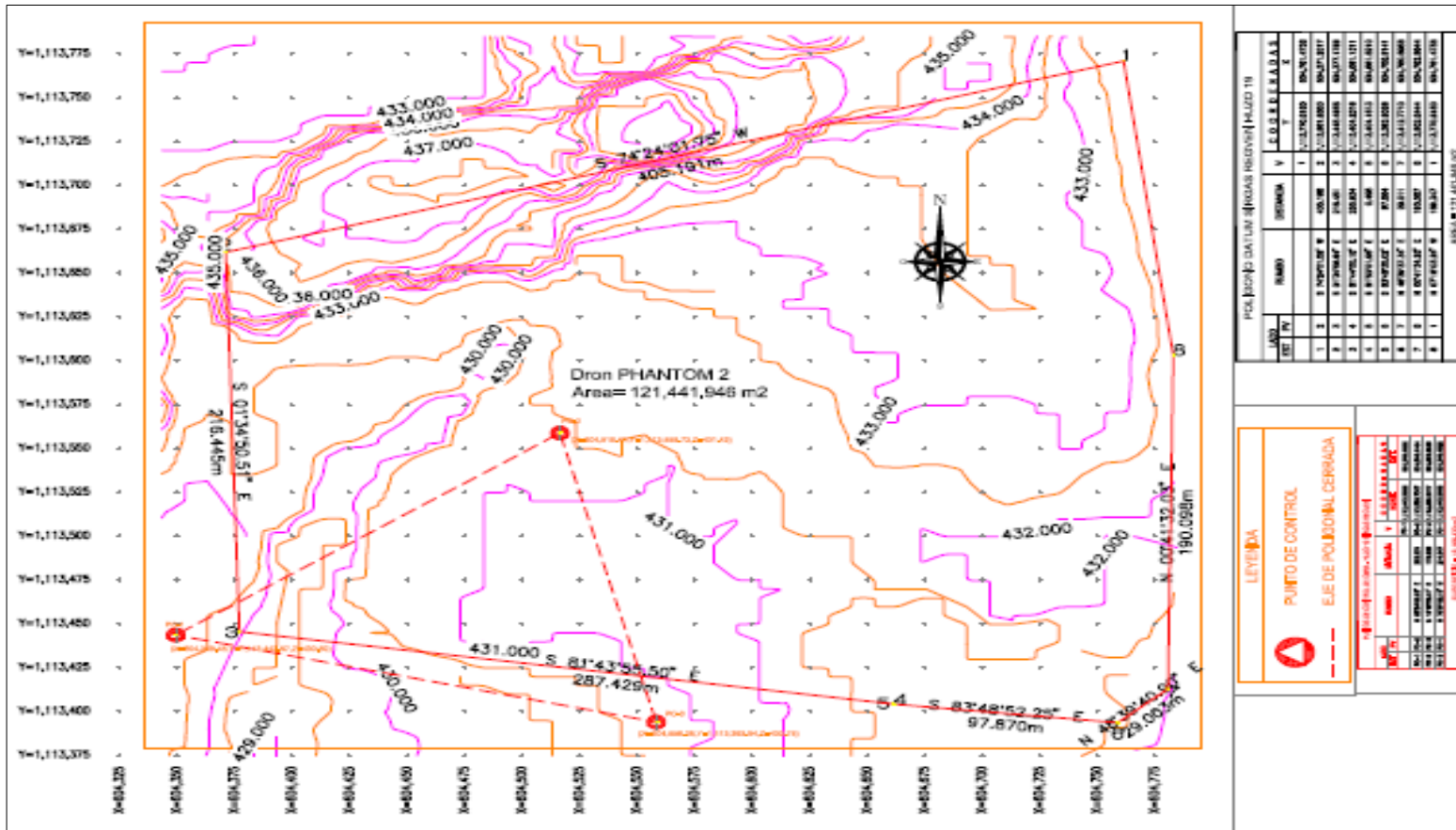


Figura 25. Plano definitivo del levantamiento topográfico. Caso: Planta De Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo con Dron PHANTOM 2.

Fuente: Auto CAD (2020)

4.4 Fase4. Elaboración de un análisis comparativo entre los registros de levantamientos topográficos realizados.

- Resumen de información cuantitativa de los resultados.

Tabla 18. Resumen de información cuantitativa levantamiento realizado en la Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo con equipo DronPhantom2 y GPS Ashtech modelo Promark2.

Punto	DronPHANTOM2			GPS Ashtech modelo PROMARK2		
	Norte	Este	Elevación	Norte	Este	Elevación
1	604761,4738	1113770,8180	432,0594	604761,4778	1113770,8205	432,0650
2	604371,2017	1113661,8553	435,5510	604371,2117	1113661,8598	435,5610
3	604377,1789	1113445,4868	430,0574	604377,1824	1113445,4968	430,0624
4	604661,6210	1113404,1613	431,4955	604661,6243	1113404,1638	431,5000
5	604661,1311	1113404,2316	431,4975	604661,1336	1113404,2351	431,5000
6	604758,9141	1113393,6086	431,4955	604758,9241	1113393,6186	431,5000
7	604780,6958	1113412,7710	431,0382	604780,7003	1113412,7755	431,0417
8	604782,9944	1113602,8444	432,0259	604782,9969	1113602,8594	432,0304

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

Tabla 19. Resumen de información cuantitativa levantamiento realizado en la Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo con equipo Estación Total Stonex STS2RP y Dron Phantom 2.

Punto	Dron Phantom 2			Estación Total Stonex STS2RP		
	Norte	Este	Elevación	Norte	Este	Elevación
1	604761,4738	1113770,8180	432,0594	604761,4678	1113770,8180	432,0750
2	604371,2017	1113661,8553	435,5510	604371,2067	1113661,8553	435,5510
3	604377,1789	1113445,4868	430,0574	604377,1779	1113445,4868	430,0574
4	604661,6210	1113404,1613	431,4955	604661,6133	1113404,1538	431,4900
5	604661,1311	1113404,2316	431,4975	604661,1281	1113404,2326	431,4955
6	604758,9141	1113393,6086	431,4955	604758,9226	1113393,6156	431,4850
7	604780,6958	1113412,7710	431,0382	604780,6903	1113412,7720	431,0387
8	604782,9944	1113602,8444	432,0259	604782,9934	1113602,8554	432,0254

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

- **Control de exactitud posicional mediante T de Student.**

Para ello se realizó la prueba t de Student con los resultados de los reportes obtenidos en el punto anterior de acuerdo a las coordenadas Norte y Este resumidos en la tabla 20, 21, 22 y 23 respectivamente para contrastar la precisión del sistema.

Tabla 20. Control de exactitud posicional Coordenada (Norte) Dron Phantom 2 y GPS Ashtech modelo Promark2 en la Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo.

	Dron Phantom 2	GPS Promark2
Media	604644,4014	604644,4064
Varianza	30175,0895	30174,80511
Observaciones	8	8
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	-5,79992E-05	
P(T<=t) una cola	0,499977271	
Valor crítico de t (una cola)	1,761310136	
P(T<=t) dos colas	0,999954542	
Valor crítico de t (dos colas)	2,144786688	

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

Tabla 21. Control de exactitud posicional Coordenada (Este) Dron Phantom2 y GPS Ashtech modelo Promark2 en la Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo.

	Dron Phantom 2	GPS Promark2
Media	1113511,972	1113511,979
Varianza	21318,02913	21317,95577
Observaciones	8	8
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	-8,98931E-05	
P(T<=t) una cola	0,499964772	
Valor crítico de t (una cola)	1,761310136	
P(T<=t) dos colas	0,999929544	
Valor crítico de t (dos colas)	2,144786688	

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

Tabla 22. Control de exactitud posicional Coordenada (Norte) Dron Phantom 2 y Estación Total Stonex STS2RP en la Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo.

	Dron Phantom 2	Estación Total Stonex STS2RP
Media	604644,4014	604644,4
Varianza	30175,0895	30174,547
Observaciones	8	8
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	1,53993E-05	
P(T<=t) una cola	0,499993965	
Valor crítico de t (una cola)	1,761310136	
P(T<=t) dos colas	0,99998793	
Valor crítico de t (dos colas)	2,144786688	

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

Tabla 23. Control de exactitud posicional Coordenada (Elevación) Dron Phantom 2 y Estación Total Stonex STS2RP en la Planta de Tratamiento Alejo Zuloaga, Valencia Estado Carabobo.

	Dron Phantom 2	Estación Total Stonex STS2RP
Media	431,90255	431,90225
Varianza	2,571161271	2,573866909
Observaciones	8	8
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	0,000374087	
P(T<=t) una cola	0,4998534	
Valor crítico de t (una cola)	1,761310136	
P(T<=t) dos colas	0,9997068	
Valor crítico de t (dos colas)	2,144786688	

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

- **Análisis de la exactitud posicional.**

Para determinar si existe una diferencia significativa entre las medias entre los componentes posicionales obtenidas con equipos de nueva tecnología (DRON) y equipos de tierra (GPS y ET), se utilizó el estadístico T de Student y al comparar los resultados para cada componente X, Y, Y Z o Norte, Este y elevación los valores de $P(T \leq t)$ dos colas alcanzaron 0,99 para cada caso, siendo el mismo mayor 0,05 lo que indica que no hay diferencia significativa entre las coordenadas obtenidas en los distintos levantamientos., lo dicho anteriormente se corrobora, ya que para que exista diferencias significativa el estadístico t de Student tiene que ser mayor que el valor critico t de 2 colas y en estos caso arrojaron valores (t) menor a 2,144786688.

- **Comparación y análisis de indicadores con análisis FODA los resultados obtenidos ventajas, desventajas y exactitud posicional.**

Una vez realizado la identificación de criterios e indicadores y la caracterización de los sistemas topográficos de tecnología avanzada con el uso de Drones, ET y GPS, comparando y analizando el uso de tecnología avanzada en levantamiento topográfico, en la planta de tratamiento Alejo Zuloaga Valencia Estado Carabobo considerando las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, mediante la matriz FODA se especifican los siguientes resultados concisos en las tablas 24 y 25.

Tabla 24. **Matriz FODA Sistema Topográfico de tecnología avanzada (Drones)**

	A nivel topográfico	A Nivel de marco regulatorio
FORTALEZA	La recopilación de datos geoespaciales con un dron fue más rápida siendo su rendimiento estimado de 100 a150 ha/día, mientras que para el GPS es 4	La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), da las pautas para la

	<p>Ha/Hora y para la Estación Total es de 1,5 Ha/Hora.</p> <p>En cuanto a la mano de obra se necesitó menos personal (1 Topógrafo y 2 Ayudantes) para realizar el levantamiento comparado con los equipos en tierra (ET y GPS), ahorrando de esta manera el tiempo de trabajo.</p> <p>El vuelo de un dron produce miles de mediciones, que pueden ser representadas en diversos formatos (orto mosaico, nube de puntos, modelos digitales del terreno y superficie), líneas de contorno, donde cada pixel del mapa producido o punto del modelo 3D contiene datos geográficos.</p> <p>No existe diferencia significativa entre las medias entre las componentes posicionales obtenidas con equipos de nueva tecnología (DRON) y equipos de tierra (GPS y ET) ya que al calcular el estadístico T de Student en este estudio fue menor valor crítico t de 2 colas.</p>	<p>regulación de los RPA, donde varios países han venido promulgando regulaciones provisionales, mientras se expidan requisitos técnicos con mayor profundidad para que el pilotaje de Drones profesionales sea legal y seguro.</p>
OPORTUNIDADES	<p>Permite levantamientos en zonas peligrosas de pendientes empinadas con duras condiciones del terreno no aptas para herramientas tradicionales de medición.</p> <p>Acceso a nuevas tecnologías</p> <p>Obtener información de alta calidad.</p>	<p>Permite levantamiento dentro del espacio aéreo controlado.</p>
DEBILIDADES	<p>Existe poco personal especializado del tema en</p>	<p>A nivel mundial no existe claridad de</p>

	<p>referencia.</p> <p>La distancia de vuelo y el tiempo de duración de la batería limitan su uso.</p> <p>Depende de las condiciones climáticas y de la autonomía del dron.</p>	<p>cómo regular el uso de estos aparatos y su certificación y los países que han regulado el tema lo han efectuado de manera diferente,</p> <p>Venezuela cuenta con una regulación temporal con relación al uso de esta tecnología por lo cual se necesita una normativa permanente vinculadas a todas las actividades que se realicen con los Drones.</p>
AMENAZAS	<p>Reducción en la tasa de empleo</p> <p>Depreciación tecnológica de dispositivos por aparición de nuevas tecnologías.</p>	<p>Falta de regulación legal por el uso de baterías de litio que están consideradas como mercancía peligrosa y tóxicas.</p> <p>Desacato de los técnicos especializados en topografía de las legislación y regulaciones establecidas por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea para Drones.</p>

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

Tabla 25. **Matriz FODA Sistema Topográfico de tecnología tradicional.**

	A nivel topográfico	A Nivel de marco regulatorio
FORTALEZA	<p>Alto grado de precisión – hasta 0,5 segundos de arco.</p> <p>Existencia de personal capacitado.</p> <p>Obtención de más detalles que desde ortofotos pueden estar ocultos por vegetación.</p>	<p>Existe normativa regulatoria de aplicación, certificación y calibración de los equipos ISO17123-4eISO 17123-8</p>
OPORTUNIDADES	<p>Disposición en el mercado laboral de técnicos y empresas especialistas sobre el tema.</p> <p>Innovación tecnológica robótica en estaciones totales.</p>	<p>Permite levantamiento de Información Territorial.</p>
DEBILIDADES	<p>Depende de factores climáticos.</p> <p>Mayor tiempo y personal.</p> <p>Riesgos en sitios de difícil acceso con pendiente y profundidades.</p>	<p>No calibración y certificación de los equipos de acuerdo a la normativa vigente.</p>
AMENAZAS	<p>Puede ser sustituida fácilmente por otras tecnologías.</p> <p>Alto riesgo de sufrir siniestros y daños en los equipos.</p>	<p>Desconocimiento de las regulaciones y normativas relacionadas directamente con los levantamientos topográficos o los planos topográficos en el ámbito nacional.</p>

Fuente: Dubraska Figueroa (2020)

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Entre las principales conclusiones que se derivan del presente estudio se destacan las siguientes:

Del análisis realizado considerando como indicador el tiempo para la recopilación de datos geoespaciales para el levantamiento de ocho (8) hectáreas ocupadas por la planta de tratamiento Alejo Zuloaga, ubicada en Valencia, utilizando diferentes equipos topográficos, se destaca que el equipo DronPhantom2 presentó un rendimiento estimado de 8 ha/hora necesitándose una hora para acometer estos trabajos, mientras el ejecutado con equipo GPS Ashtech modelo Promark2 fue de 4 Ha/Hora equivalente a un tiempo de dos horas para acometer esta actividad y finalmente para el levantamiento utilizando la Estación Total Stonex Serie STS2RPe el rendimiento alcanzado fue de 1,5 Ha/Hora necesitándose 5 horas de trabajo aproximadamente.

En cuanto al análisis de la mano de obra necesaria para realizar el levantamiento topográfico con estos equipos, se destaca que para el sistema con Drones se requirió de menos personal compuesto por 1 Topógrafo con experiencia en pilotajes de drones y 2 Ayudantes especializados sobre el tema de cartografía y para realizar el procesamiento de la información, razón por la cual se requiere una experiencia considerable sobre el tema.

El nivel de significancia entre las medias de las componentes posicionales obtenidas con los diferentes equipos de nueva tecnología (DRON) y equipos de tierra (GPS y ET), utilizando como estadístico la T de Student como referencia, se determinó que no hay diferencia significativa entre la precisión obtenidas en los distintos levantamientos.

En el levantamiento con dron se observó pequeñas diferencias de lecturas en el plano horizontal y vertical con los obtenidos con el GPS anteriormente descrito, considerando que una lectura en el mismo punto generará localizaciones diferentes en diferentes momentos del tiempo, cuyos valores de errores medio cuadrático en x, y, Z en metros fueron de 0.136685, 0.071455 y 0.061290 respectivamente, con una varianza de Varianza de geo etiqueta relativa con un porcentaje Geotag error X (%), Y (%), z (%) de RMS error medio cuadrático de 9.994682, 5.130459 y 2.349152 individualmente y con una tolerancia media en términos porcentuales de X (%), Y (%), z (%) 4.577514, 4.577514 y 9.155028 proporcionalmente.

Entre las ventajas más relevantes del uso de los equipos de tecnologías con Drones aplicadas al caso en estudio, fue más detallado; ya que se obtienen archivos en formatos de imagen como es el ortofoto, permitiendo verificar la información produciendo miles de mediciones, que pueden ser representadas en diversos formatos (orto mosaico, nube de puntos, modelos digitales del terreno y superficie, líneas de contorno, donde cada pixel del mapa producido o punto del modelo 3D contiene datos geográficos en zonas peligrosas de pendientes empinadas con duras condiciones del terreno no aptas para herramientas tradicionales de medición.

Entre las desventajas más importantes del uso de Drones para realizar levantamientos topográficos se pueden mencionar, la poca existencia de personal especializado en el tema; la distancia de vuelo y el tiempo de duración de la batería limitan su uso; el cual muchas veces va a depender de las condiciones climáticas y de la autonomía del dron.

Recomendaciones

Realizar estudio de investigación sobre rendimiento de Drones en condiciones del terreno no aptas que impidan el acceso de manera rápida.

Proponer una normativa permanente vinculada a todas las actividades que se realicen con los Drones en Venezuela adaptado a las nuevas tecnologías.

Diseñar un sistema específico para Dron, donde esta UTM servirán para organizar el acceso a los espacios aéreos y monitorizar los desplazamientos, e integrando de esta manera el sistema UTM con el ATM (Air Traffic Management).

Utilizar computadoras Intel Core 7 ideales para trabajos de ingeniería, con memoria RAM Crucial de 8 a 16 GB, con tarjeta de video de 1GB, disco Duro 1 TB para el procesamiento de las imágenes de las fotografías digitales para lograr que se ejecuten de forma rápida los orto mosaicos, así como la generación de las imágenes TIFF utilizados para almacenar.

Incentivar cursos sobre el manejo de drones donde se impulse la enseñanza de las normativas aeronáuticas, conocimiento general de aeronaves, meteorología, navegación e interpretación de mapas y levantamientos topográficos en el área de la ingeniería civil.

Se recomienda que el operador de manejo de RPAS tenga conocimientos técnicos sobre pilotajes de drones y que sea capaz de controlar, supervisar estos equipos en situaciones de fuerte viento, humo, incendios, lugares de difícil maniobrabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arias (2016) El Proyecto de Investigación: Introducción A La Metodología Científica. Edición séptima. Editorial Episteme.
- Ávila y Giraldo (2018) Comparación Técnica Y Económica Del Monitoreo De Taludes O Laderas Inestables En El Municipio De Zetaquirá – Boyacá Mediante Técnicas Tradicionales De Topografía Y Técnica Moderna De Drones. Trabajo de Grado Universidad de Perú.
- Balestrini (2016) Como se elabora el proyecto de investigación. Editorial: BL Consultores Asociados.
- Bavaresco (2013) Proceso Metodológico en la Investigación. Sexta edición. Imprenta Internacional Compañía Anónima. [Consulta: 2019, noviembre 15].
- Cadenas, G. Sistema de Posicionamiento Global. [Documento en línea] Disponible en: <http://www.cdmagrimensura.com/img/servicios/adjunto-1.pdf>. [Consulta: 2019, noviembre 10].
- Casanova, L. Sistema de Posicionamiento Global. [Libro en línea] Disponible en: <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-> [Consulta: 2019, diciembre 10].
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999) Gaceta Oficial extraordinaria 36880.
- Fernández, T. Proyecciones cónicas y cilíndricas: La UTM. [Documento en línea] Disponible en: http://coello.ujaen.es/Asignaturas/cartografia/cartografia_%20descargas_%20archivos/Tema%204-3.%20UTM.pdf. [Consulta: 2019, diciembre 12]
- Folleto REGVEN (2000) Nueva red Geocéntrica Venezolana, Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.
- Gaceta Oficial N° 36.653 (1999) Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.
- García (2017) Aplicaciones prácticas de la Fotogrametría en Patrimonio, Arquitectura, Agricultura y Obras de Ingeniería.

- González (2017) El uso del dron. [Libro en línea] Disponible en:<https://issuu.com/bryanreyesgonzalez/docs/g2>. articulo. el uso del Dron en t[Consulta: 2019, diciembre 20].
- Hernández Geodesia y Cartografía Matemática. [Libro en línea] Disponible en: http://www.sitopcar.es/modulos/descargas/manuales/Cartografia_Matematica.pdf. [Consulta: 2019, diciembre 10].
- Hernández y Mendoza (2018) Metodología De La Investigación: Las Rutas Cuantitativa., Cualitativa y Mixta. Sexta Edición. Editorial: Mc Graw Hill Interamericana.
- Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional, Publicada en Gaceta Oficial N° 37.002 de fecha 28 de julio de 2000.
- Ley Del Ejercicio Profesional De La Topografía de la Federación de Colegios de Topógrafos de la República Bolivariana de Venezuela.
- Norma ISO 17123-4 Certificación de Estaciones Totales, Teodolitos y Niveles.
- Norma ISO 17123-8 Diagnóstico de las condiciones de Receptor GNSS RTK.
- Normas Técnicas para la Formación y Conservación del Catastro Nacional Resolución N° 54 de fecha 28 de mayo de 2002.
- Pachas (2009) El levantamiento topográfico [Documento en línea] Disponible en: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/academia/article/view/6061>. [Consulta: 2019, diciembre 1].
- Pardinas (2005) Metodología y técnicas de Investigación en Ciencias Sociales. Edición 1a Año: Editorial: Siglo XXI.
- Parra y Soave (2014) Evaluación de la precisión de los métodos de medición de coordenadas (diferencial y posicionamiento de punto preciso) mediante la utilización de un sistema de posicionamiento “GPS. Trabajo de grado Universidad de Carabobo.
- Perdomo, Caicedo y otros (2015) Establecimiento De Puntos De Control Terrestre Para La Corrección Planialtimetrica De Imágenes Tomadas Por Drones Trabajo de grado Universidad Central de Venezuela, Facultad de agronomía.

- Puerta (2017) Tecnología Dron en Levantamiento Topográficos. Escuela de Ingeniería Militares. Ingeniería Civil a distancia Bogotá.
- Sabogal (2016) Medidas de calidad aplicadas a los levantamientos topográficos en Colombia. Trabajo de grado en Maestría en Ingeniería. Universidad EAFIT.
- Santa Paella y Couso (2017) Guía para la elaboración de trabajos de grado. Ministerio Público.
- Silva (2017) Ventajas y desventajas de los Drones. Documento en línea] Disponible en: <https://www.Dronsweb.net/ventajas-desventajas-los-Drons/>. [Consulta: 2019, diciembre 4].
- Taca (2015) Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con Drones al método tradicional. Trabajo de grado realizado en la Universidad Nacional del Anti plano, Perú.
- Tamayo y Tamayo (2013) El Proceso de la Investigación científica. Editorial Limusa
- Torres y Villate (2001) Topografía. Prentice Hall Iberia. Escuela Colombiana de Ingeniería.

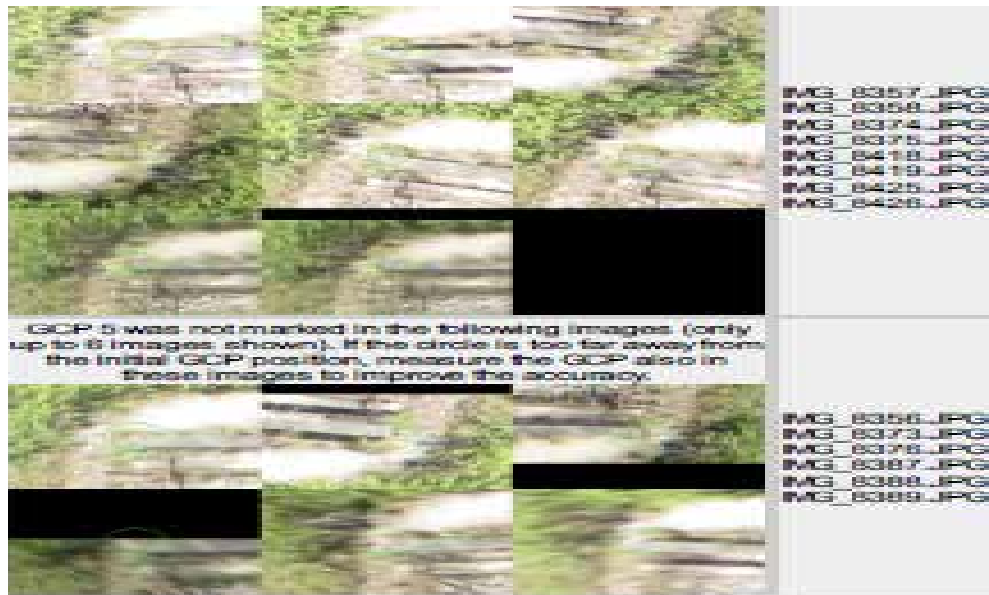
Anexo C. Grupo Control P5 y P6 de la poligonal cerrada en la Planta de Tratamiento “Alejo Zuloaga”

GCP5

604661,1311

1113404,2316

431,4975



GCP 6604758,9141

1113393,6086

431,4955



